

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

TRABAJO DE DIPLOMA

PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL GUAYABO

(PSIDIUM GUAJAVA L.)

Autor: Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Tutor: Dr. C. Omar González Cueto

Dr. C. Elvis López Bravo

Julio, 2019

Santa Clara
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF GUAVA

Author: Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Tutor: Dr. C. Omar González Cueto

Dr. C. Elvis López Bravo

July, 2019

Santa Clara
Copyright©UCLV

Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Pensamiento

Pensamiento

Una vez en la vida vas a necesitar un médico, un abogado, un arquitecto,

Pero todos los días, tres veces al día vas a necesitar a un agricultor.

Dedicatoria

Dedicatoria

Dedicado a mi familia quienes de una forma u otra todos han incidido en mí, en especial a mi mamá, Vivian del Carmen Suárez Sabin, a mi hermana Vivian Elena Águila Suárez y a mi papá Jorge Eduardo Rodríguez-Gallo Suárez.

Agradecimiento

Agradecimiento

A mi madre Vivian del Carmen Suárez Sabin que todo me lo ha dado en la vida, eres especial, única, eres mi MAMA.

A mi hermana Vivian Elena Águila Suárez que siempre ha estado a mi lado, me ha apoyado, que siendo mi hermana te comportas como mi mamá.

A mi papá Jorge Eduardo Rodríguez-Gallo Pérez que, aunque no esté presente físicamente me apoya de donde este, siempre quiso que estudiara la carrera de Ing. Agrícola.

A mi cuñado José Carlo Gonzales Santander el cual siempre me ha dado su apoyo, su mano, consejos en lo largo de toda mi vida, gracias por ser parte de mi Familia e incidir en mi formación como persona e Ingeniero.

A mis tutores, Dr. C. Omar Cueto y Dr. C. Elvis Bravo, además del profesor Msc. Manuel Darias por guiarme en mi proyecto.

A todos mis abuelos quienes me han ayudado y me han aconsejado con todo.

A la escuela del conservador de Trinidad y en especial al herrero

A los campesinos Yoel Guerra y Yohan Gonzalez por dejarme trabajar en sus campos y la ayuda técnica que me dieron.

A la Empresa Yabú, en especial al Ing. Lester Cardenas por ayudarme en todos los datos y guiarme con el personal en la empresa.

Agradecerle al Centro de Investigación del Agropecuaria, en especial a las profes del laboratorio de suelo, por la ayuda y el aporte brindado a lo largo de mi curso.

A la CCS Orlando Hernández, a su presidente Fermin y Cachita por toda la información brindada y ayuda en mi proyecto.

A Juan Carlos, Dianelis y Familia por la ayuda, el apoyo y los consejos brindados en el transcurso de mi vida universitaria, gracias por ofrecerme su amistad.

A mis amistades y compañeros darle las gracias por todo lo que me han aguantado.

A Zuleika, Ortelio y Familia, agradecerles incondicionalmente por todo el aporte, apoyo, la ayuda y contar con ustedes, darle las gracias.

A todos los profesores que me han impartido clases y han influido en mi vocación como Ing. Agrícola en especial e inigualable a los profes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Resumen

Resumen

La presente investigación consiste en determinar experimentalmente las principales propiedades físico-mecánicas del guayabo, obteniendo información necesaria para estudios de herramientas de poda mecanizada. Se determinan propiedades físicas del guayabo, como densidad y peso, así como el módulo de Young como propiedad mecánica. Mediante el uso de herramientas CAD se diseñó un instrumento para la determinación experimental del módulo de elasticidad de ramas de árboles. Los resultados mostraron una densidad media de las ramas del guayabo que varía, entre 872,9 y 918,6 kg/m³ para diámetros de las ramas entre 5 y 15 mm. No se encontró dependencia de la densidad de las ramas y su diámetro. El módulo de elasticidad del guayabo crece con el diámetro de las ramas, encontrándose una relación directamente lineal entre estos.

Abstract

Abstract

The present investigation consists of experimentally determining the main physical-mechanical properties of the guava, obtaining necessary information for studies of mechanized pruning tools. Physical properties of the guava are determined, such as density and weight, as well as the Young's modulus as mechanical property. Using the CAD tools, an instrument was designed for the experimental determination of the modulus of elasticity of tree branches. The results showed an average density of the branches of the guava tree that varies, between 872.9 and 918.6 kg / m³ for diameters of the branches between 5 and 15 mm. No dependence was found on the density of the branches and their diameter. The modulus of elasticity of the guava grows with the diameter of the branches, finding a directly linear relationship between them.

Índice

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema científico	4
Hipótesis.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO I.....	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 El árbol del guayabo.....	5
1.2 En el mundo.....	5
1.3 En Cuba.....	6
1.4 Características generales del cultivo	9
1.4.1 El sistema radical	11
1.4.2 Tallo	11
1.4.3 Hojas.....	12
1.4.4 Flores.....	13
1.4.5 Fruto	13
1.4.6 Semilla.....	14
1.4.7 Raíz.....	14
1.5 Requerimientos climáticas y edafológicas del cultivo	14
1.5.1 Temperatura.....	15
1.5.2 Altitud.....	15
1.5.3 Viento	15
1.5.4 Luz	15
1.5.5 Humedad	15
1.5.6 Suelo.....	16
1.6 Propagación.....	16
1.7 Época de plantación.....	17
1.8 Riego.....	17
1.9 Nutrición	18

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

1.10 Defoliación	20
1.11 Poda del cultivo.....	20
1.11.1 Época de poda.....	22
1.11.2 Diferentes tipos de podas	23
1.11.2.1 Poda en la plantación.....	23
1.11.2.2 Poda de árboles jóvenes	23
1.11.2.3 Poda de Producción	23
1.11.2.4 Poda de fructificación	24
1.11.2.5 Poda de renovación.....	25
1.11.2.6 Poda de rejuvenecimiento	25
1.11.2.7 Poda de formación.....	26
1.11.2.8 Poda Fitosanitaria	27
1.11.2.9 Poda sanitaria.....	27
1.11.2.10 Raleo o aclareo de frutos	27
1.12 Uso de poda en frutales.....	27
1.13 Plagas y enfermedades.....	29
1.14 Cosecha y poscosecha.....	29
1.15 Uso e importancia del guayabo.....	30
1.16 Cultivares	31
1.16.1 Enana Roja el cultivar la E.E.A. 18-40.....	31
1.16.2 E.E.A. 1-23.....	32
1.16.3 White x Supreme	32
1.16.4 Stone Ruby.....	32
1.16.5 Media China	32
1.16.6 Cultivares N1 al N9	32
1.16.7 Suprema Roja	33
1.16.8 Cotorrera o Criolla.....	33
1.17 Propiedades físicas-mecánicas de los productos agrícolas	33
1.18 Propiedades físicas de los productos agrícolas	33
1.18.1 Densidad.....	34
1.18.1.1 Densidad básica.....	36
1.18.1.2 Densidad Nominal.....	37

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

1.18.1.3 Densidad de Ensayo	37
1.18.1.4 Densidad Anhidra.....	37
1.18.1.5 Densidad Verde.....	37
1.18.1.6 Densidad Seca al Aire.....	38
1.19 Propiedades mecánicas de productos agrícolas.....	38
1.19.1 Flexión.....	38
1.19.2 Elasticidad de la madera.....	39
CAPÍTULO II	39
MATERIALES Y MÉTODOS	39
2.1 Metodología para la caracterización del área experimental	39
2.2 Metodología empleada para la determinación de las propiedades físicas del guayabo	39
2.3 Metodología para el desarrollo del instrumento para la determinación de la elasticidad de las ramas del guayabo	41
2.4 Metodología para la determinación del módulo de Young.....	41
2.5 Metodología para los análisis estadísticos	43
CAPÍTULO III	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
3.1 Tipologías de los terrenos de investigación	44
3.2 Resultados de las propiedades físicas.....	45
3.2.1 Densidad.....	45
3.3 Diseño de la pieza para el análisis mecánico	48
3.4 Calibración de la celda de carga	49
3.5 Resultados de las propiedades mecánicas	50
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	53
Referencias Bibliográficas.....	54
Anexos	58
Figuras del implemento diseñado	58
Dibujos técnicos de la pieza desarrollada	61

Introducción

INTRODUCCIÓN

La familia Myrtaceae está representada por aproximadamente 133 géneros y 300 especies. En el género *Psidium*, representado por aproximadamente 150 especies, se destaca la guayaba por su importancia económica. La guayaba (*Psidium guajava* L.), se encuentra entre los 0 a 2 000 msnm, en una amplia variedad de climas, con precipitaciones de 1 000 a 2 000 mm año⁻¹, temperaturas medias entre 20 y 30° C; requiere buena exposición solar. Se cultiva comercialmente en muchos países tropicales y subtropicales del mundo, siendo India el mayor productor, seguido por Pakistán, México y Brasil, además son países productores Egipto, Tailandia, Colombia, Indonesia, Venezuela Sudan, Bangladesh, Cuba, Vietnam, Malasia, Puerto Rico, Australia y Estados Unidos (Parra-Coronado, 2014).

La producción mundial de guayaba es de alrededor de 1,2 millones de toneladas, la India y Pakistán aportan el 50%, México produce el 25% y el resto lo aportan otros países como Colombia, Egipto y Brasil (Yam *et al.*, 2010). Cuba hasta el 2017, cuenta con una superficie cosechada de frutales de 80 781 ha. De ellas, el 11 % corresponden al cultivo de la guayaba, que ocupa una superficie de 8 525 ha a nivel nacional (ONEI, 2018).

El uso popular de la guayaba en productos elaborados tales como néctar, jugo, conservas, mermeladas, fruta en almíbar, alimentos para niños, refrescos, lácteos y panadería, la convierten en una de las frutas favoritas de miles de millones de personas en todo el mundo, particularmente en los trópicos y en los subtropical cálidos y se están volviendo cada vez más populares en los mercados de Europa y América del Norte (Parra-Coronado, 2014).

Es la reina de la vitamina C, superando cinco veces al contenido de la naranja. Se destaca por su alto contenido en ácido ascórbico (vitamina C), que en ocasiones sobrepasa los 400 mg por 100 g de pulpa; además es rica en carbohidratos, fósforo y calcio Otro parámetro digno de mencionarse son sus características nutricionales elevadas en contenido de hierro, tiamina, niacina y riboflavina, principalmente (Mendoza *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2007)

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

En Cuba en el año 1958 se introdujeron algunos cultivares de guayaba desarrollados en Florida (EUA) y a partir de éstos se realizaron nuevas selecciones y entre estas la Enana Roja, que es un material de porte bajo, muy ramificado y que puede llegar a rendimientos superiores a 100 t ha⁻¹ de fruta fresca, lo que lo hace un material promisorio para su propagación y mejoramiento genético (Collado *et al.*, 2002).

En la guayaba, la actividad de poda es de vital importancia, ya que la producción se produce en los brotes nuevos (brindillas). Incrementa los rendimientos, posibilita el empleo de altas densidades de plantación. La poda constituye el paso inicial en los trabajos para el reinjerto (cambio de copa) de las plantaciones (Agricultura, 2011).

La poda en los árboles frutales tropicales constituye una de las prácticas con mayores posibilidades de mejorar la producción a corto plazo. La poda también acelera la floración y formación de frutos debido a que promueve el crecimiento de retoños que es donde se forman las flores y los mejores frutos (Quijada *et al.*, 2009).

La poda es una de las operaciones agrícolas más importantes que se le realizan al guayabo, dado su influencia determinante en la producción de guayabas del árbol. Actualmente se realiza de forma manual, mientras el desarrollo de nuevas herramientas para su realización mecanizada puede permitir incrementar la productividad del hombre durante la operación, reduciendo los costos y garantizando la realización de esta dentro de los períodos más favorables obteniéndose una mayor producción. Para el desarrollo de nuevas herramientas es necesario conocer las propiedades físico-mecánicas del guayabo.

El árbol de guayabo es de consistencia dura y leñosa. Estos son los factores que principalmente influyen sobre las propiedades físico-mecánicas de las plantas agrícolas. Lo cual ha reportado altos valores de la desviación media cuadrática de tales propiedades. Esto quiere decir que existen diferencias entre un árbol y otro (incluso de la misma plantación, edad, variedad) (Carballosa *et al.*, 2014).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

El conocimiento de estas propiedades mecánicas es de gran importancia para tomar decisiones en cuanto al uso que va a tener este material, por lo tanto, es de alto valor en la ingeniería, construcción, arquitectura entre otros campos de acción (Méndez-Mejías, 2015).

La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera es un requisito indispensable para asignar los usos más adecuados a cada especie, las investigaciones de la madera no pueden realizarse en forma arbitraria, las mismas deben obedecer a patrones previamente establecidos a nivel internacional, con el fin de poder establecer comparaciones entre las especies estudiadas por diferentes laboratorios en diferentes partes del mundo. Las propiedades físicas y mecánicas de las maderas deben ejecutarse en muestras pequeñas de maderas libres de defectos y de acuerdo a normas establecidas internacionalmente (Crespo *et al.*, 2008).

Los factores que principalmente influyen sobre las propiedades físico-mecánicas de las plantas agrícolas, en relación con el proceso de corte, se encuentran el tipo y variedad de cultivo la edad (madurez) de la planta, la humedad y el área (diámetro) de la sección de corte. Los requerimientos de energía para el corte de diferentes cultivos varían, lo que es atribuido al incremento del diámetro y de la resistencia de los tallos (Özgüven y Vursavuş, 2005; Cárcel *et al.*, 2012; Gogacz *et al.*, 2017; Seyam *et al.*, 2017).

Los estudios de las propiedades mecánicas conjuntamente con las propiedades físicas constituyen una base objetiva fundamental para determinar los posibles usos a que puede ser destinada una madera (Crespo *et al.*, 2008).

Para variedades de guayaba que se cultivan en Cuba, no se han determinado las propiedades físico mecánicas, las cuales sería muy importante obtener para su uso en el desarrollo de herramientas para la poda del guayabo. Una propiedad mecánica fundamental para el desarrollo de estos medios es el módulo de elasticidad, el cual se obtiene mediante el uso de equipamiento y medios especializados. Sin embargo, no se dispone de medios como estos por lo tanto se hace necesario desarrollar un equipo que permita la determinación experimental del módulo de elasticidad del guayabo.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

A partir de estos elementos se realiza esta investigación que tiene como:

Problema científico: ¿cuáles serán las principales propiedades físico mecánicas del guayabo?

Hipótesis: si se determinan propiedades físico mecánicas del guayabo como densidad y módulo de elasticidad, se podrá obtener información imprescindible para el desarrollo de herramientas para la poda del guayabo.

Objetivo general: determinar experimentalmente las principales propiedades físico-mecánicas del guayabo.

Objetivos específicos:

Determinar propiedades físicas del guayabo, como densidad y peso.

Diseñar mediante el uso de herramientas CAD un instrumento para la determinación experimental del módulo de elasticidad de ramas de árboles.

Determinar la propiedad mecánica módulo de elasticidad del guayabo.

Revisión Bibliográfica

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 El árbol del guayabo

La guayaba, *Psidium guajava* L. pertenece al género *Psidium*, familia Myrtaceae del orden Myrtales (Martínez y Pinto, 2015).

La guayaba ha sido cultivada y distribuida principalmente por el hombre, los pájaros, y varios animales, por lo que su lugar de origen es incierto (Mendoza *et al.*, 2005).

Es una especie de origen americano, pero fue introducida a otras regiones del mundo donde actualmente se encuentra naturalizado. Constituye uno de los frutales tropicales y subtropicales de mayor valor nutricional; dado fundamentalmente por su aporte de vitaminas y minerales. A esta especie también se le atribuyen propiedades medicinales y se ha utilizado en la medicina tradicional en diferentes países. Todo lo anterior, unido a lo rentable de su cultivo, ha posibilitado que adquiriera gran importancia económica en varias regiones tropicales y subtropicales del mundo (Rodríguez *et al.*, 2010).

1.2 En el mundo

Se reporta en las Indias occidentales desde 1526, fue introducido a la Florida en 1847 y antes de 1886 ya era común en más de la mitad de ese estado. Los colonizadores españoles y portugueses la llevaron a Guam y a las Indias Orientales. Pronto fue adoptado como cultivo en Asia y en las zonas calientes de África, se cree que de Egipto paso a Palestina, Argelia y a la costa mediterránea de Francia. (García, 2010) (Mendoza *et al.*, 2005).

En la India en 2005 se ha estimado que la guayaba se cultiva en 50,720 ha, que producen 273,190 toneladas anualmente. La guayaba es una de las principales frutas de México donde se le cultiva anualmente en 14,750 ha y donde se cosecha un total de 192,850 toneladas (Mendoza *et al.*, 2005).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

La producción mundial de guayaba hasta el 2010 es de alrededor de 1.2 millones de toneladas, la India y Pakistán aportan el 50%, México produce el 25% y el resto lo aportan otros países como Colombia, Egipto y Brasil (Yam *et al.*, 2010).

En el mercado para los productos industrializados internacional se ha determinado que existe demanda potencial de guayaba en países como: Estados Unidos, Israel, República Federal Alemana, Unión de Repúblicas Soviéticas y Japón (Mendoza *et al.*, 2005).

1.3 En Cuba

Durante el período de demanda alta durante la II Guerra Mundial, se estimó que la cosecha de guayaba silvestre de Cuba era de (9,000 TM), y se exportaron más de 6,500 toneladas (6,000 TM) de subproductos de guayaba (Mendoza *et al.*, 2005).

En Cuba se comenzó el cultivo organizado de la guayaba después del Triunfo de la Revolución y en los últimos años se ha promovido por tener producciones altas y precoces que contribuyen rápidamente al alimento de la población y la economía del productor para lo cual se han desarrollado las variedades Enana Roja EEA 18-40 y 1-23 además de una técnica de enraizamiento de esquejes que permite rápida multiplicación del cultivar (Pardo y Pérez, 2001).

Los principales indicadores que caracterizan la actividad de la agricultura -cañera y no cañera-, y la pecuaria -vacuna, porcina, avícola y otras ganaderías; incluye, además, datos sobre la tenencia y utilización de la tierra, silvicultura y la captura de la pesca por grupos de especies. Los datos sobre la tenencia y utilización de la tierra tienen como fuente los resultados del Balance de Uso y Tenencia de la Tierra elaborado por el Ministerio de la Agricultura con fecha 30 de junio de 2017 (ONEI, 2018).

Jorge Armando Rodríguez Gallo Suárez

La tierra dedicada a un cultivo en la Tabla 1.1, considerándose el área sembrada en preparación, en descanso o en espera de la preparación para la siembra, incluyéndose en la misma los caminos, guardarrayas, canales de riego, drenaje y otros que constituyen áreas imprescindibles para su explotación (ONEI, 2018).

Tabla 1.1: Superficie existente sembrada de cultivos permanentes seleccionados de la agricultura no cañera, miles de hectáreas.

<i>Cultivo</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>
Sector estatal						
Guayaba	2,8	2,7	2,2	2,4	2,0	2,0
Sector no estatal						
Guayaba	9,7	10,4	10,8	11,7	9,8	9,8
Total						
Total	12,5	13,1	13,0	14,1	11,8	11,8

En el caso de cultivos temporales generalmente se denomina superficie cosechada en la Tabla 1.2, aquella en que se ha recolectado el fruto agrícola o parte aprovechable de la planta. La superficie de cultivos permanentes en la cual el cultivo ya ha alcanzado la edad de fructificación y ha dado frutos aprovechables, como mínimo una vez. Cuando en un año determinado no se obtiene producción por falta de agua, a consecuencia de plagas o cualquier otra causa, se considera dentro de esta categoría el área afectada (ONEI, 2018).

Serge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Tabla 1.2: Superficie cosechada y en producción de cultivos seleccionados de la agricultura no cañera, hectáreas.

<i>Cultivo</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>
Sector estatal						
Guayaba	834	1 180	705	991	817	742
Sector no estatal						
Guayaba	7 870	8 912	9 108	11 118	9 398	8 151
Total	8 704	10 092	9 813	12 109	10 215	8 893

Los productos cosechados en su forma natural en la Tabla 1.3, antes de toda elaboración ulterior, independientemente del fin a que se destinen. Se incluye la producción con destino para la venta, el autoconsumo y el insumo productivo, entre otros (ONEI, 2018).

Tabla 1.3: Producción agrícola por cultivos seleccionados de la agricultura no cañera, toneladas.

<i>Cultivo</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	2017
Sector estatal						
Guayaba	8 559	15 344	11 232	12 296	11 573	10 625
Sector no estatal						
Guayaba	94 632	109 621	169 165	146 424	149 160	129 364
Total	103 191	124 964	180 397	158 720	160 733	139 989

Los cultivos temporales en la Tabla 1.4 se determinan dividiendo la producción total (Tabla 1.3) entre la superficie cosechada (Tabla 1.2). En el caso de los permanentes, se determina dividiendo la producción total entre la superficie en producción (ONEI, 2018).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Tabla 1.4: Rendimiento agrícola por cultivos seleccionados de la agricultura no cañera, toneladas por hectáreas.

<i>Cultivo</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	2017
Sector estatal						
Guayaba	10,26	13,00	15,94	12,41	14,17	14,32
Sector no estatal						
Guayaba	12,02	12,30	18,57	13,17	15,87	15,87
Total	11,86	12,38	18,38	13,11	15,74	15,74

1.4 Características generales del cultivo

Es un árbol o arbusto perennifolio o caducifolio, que alcanza de 5-10 m de altura en promedio, pero si se maneja adecuadamente con podas, no sobrepasa los tres metros y con un diámetro a la altura del pecho de hasta 6 x 10-2 m (Bandera y Pérez, 2015).

La posición taxonómica del guayabo, según estudios filogenéticos recientes en la Tabla 1.5 (Bandera y Pérez, 2015):

Tabla 1.5: Taxonomía del guayabo.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Subfamilia	Myrtoideae
Tribu	Myrteae.
Género	Psidium
Especie	Psidium guajava L.

El doctor Teodoro Soto, especialista en Fruticultura del Servicio de Extensión de Puerto Rico da a conocer la muestra de la composición química en 100 gramos de pulpa del fruto del guayabo en la Tabla 1.6 (Torrellas, 2000; Agricultura, 2011).

La Tabla 1.6: Composición química del fruto de guayaba en 100 gramos de pulpa.

Composición Química del Fruto	
Elemento	%
Agua	77
Proteínas	0.95
Grasas	0.45
Azúcares	0.85
Carbohidratos	2.75
Fibras	8.15
Taninos	0.95
Ceniza	0.95

1.4.1 El sistema radical

Es muy superficial, pero el árbol lo compensa con la extensión y el número de raíces, que sobrepasan la proyección de la copa. Esto es lo que incrementa su posibilidad de sobrevivir en áreas donde frecuentemente se tienen problemas con ciclones y le permite, además, que se desarrolle en casi todos los tipos de suelos (Bandera y Pérez, 2015).

1.4.2 Tallo

Puede alcanzar entre 2 y 9 metros de altura, con un diámetro de hasta 30 cm, con tendencia a ramificarse profusamente, aún desde brotes radicales. Su consistencia es dura y leñosa (Agricultura, 2011).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

El tronco es corto y muestra escamas en distintos tonos de color desde marrón a verde. Su copa es redondeada y de pequeña altura (Fernández y Hernández., 2013).

Su copa es irregular (Bandera y Pérez, 2015).

El tronco es, generalmente, torcido y muy ramificado, con ramas gruesas, ascendentes y retorcidas. La corteza externa es escamosa en piezas lisas, delgadas e irregulares, pardo rojizo y escamas grisáceas (Bandera y Pérez, 2015).

La corteza interna es fibrosa, ligeramente amarga, de color crema rosada o pardo rosada, cambiando a pardo oscuro; grosor total de 5×10^{-3} a 8×10^{-3} m (Bandera y Pérez, 2015).

1.4.3 Hojas

Presentan pecíolo corto, son coriáceas, oblongas, elípticas y dispuestas en pares alternos a lo largo de las ramas. El tamaño es de 7,5 y 15 cm, en algunos casos presentan una fina pubescencia. La nervadura se distingue fácilmente y es mucho más pronunciada en el envés. Tienen un aroma característico al ser estrujadas (Agricultura, 2011).

Las hojas son opuestas decusadas, de forma elíptica a oval, coriáceas, perenne, con venas paralelas sobresalientes en el envés y de hasta 15 cm de longitud (Fernández y Hernández., 2013).

Decusadas simples, oblanceoladas, oblongas o elípticas, margen entero; verde brillantes a verde parduscas; dispuestas en pares alternos a lo largo de las ramas, poseen vellosidades finas y suaves en ambos lados, con una nervadura central y varias secundarias que resaltan a simple vista. Presentan un aroma específico al ser estrujadas, que proviene de un aceite esencial y el olor depende del cultivar (Bandera y Pérez, 2015).

1.4.4 Flores

Las flores son blancas, hermafroditas, de 3 a 5 cm, con 4 o 5 pétalos y numerosos estambres; salen en las axilas de las hojas de brotes del año, solitarias o en grupos de 2 a 3 (Fernández y Hernández., 2013).

Son solitarias o en cimas, axilares; dulcemente perfumadas, actinomorfas; sépalos de cuatro a cinco, verdes en el exterior y blancos en el interior; pétalos cuatro a cinco, blancos. El estilo es filiforme, liso, de color verde amarillento. La floración puede mantenerse todo el año, si las condiciones fitotécnicas son buenas y las condiciones ambientales lo permiten (Bandera y Pérez, 2015).

1.4.5 Fruto

El fruto es una baya globosa o piriforme con numerosas semillas, piel fina de color verde o amarillo y pulpa jugosa de color desde crema a rojo, pasando por rosa; de sabor agrídulce y aroma característico más o menos penetrante (Fernández y Hernández., 2013).

Son blancas, grandes, pueden aparecer solitarias o formando grupos variables (dos ó tres) en el extremo de cada yema floral o brindilla. La floración puede mantenerse durante todo el año en dependencia del manejo del cultivo y si las condiciones ambientales la favorecen (Agricultura, 2011).

Es una baya que se desarrolla a partir de un ovario compuesto de forma variada. Pueden ser redondeados, oblongos y piriformes y pesar hasta 400 g. La piel puede ser lisa y cética, el color de la pulpa puede ser blanco, amarillo, rosado o rojo, con olor característico y textura variada. Las de mejor calidad la tienen suave y fina, otras la tienen arenosa. El sabor varía desde dulce, ácido y muy ácido, en pocos casos insípido. El número de semillas es variable desde 100 hasta 500 aproximadamente (Agricultura, 2011).

El color de la pulpa y de la cáscara dependen de la variedad. Lo más común es el fruto en bayas hasta de 8 x 10-2 m de diámetro, globosas a ovoides, con el cáliz persistente en el ápice, carnosas, de color crema amarillento a rosado y de olor fragante. El sabor varía desde dulce a ácido o muy ácido. La cáscara

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

exterior es fina, de color amarillo; el fruto contiene numerosas semillas (Bandera y Pérez, 2015).

1.4.6 Semilla

Son pequeñas, en forma reniforme, con bordes lisos y con una corteza dura. Pueden ser numerosas en el fruto (112 a 535), aunque algunas guayabas no tienen semillas o presentan muy pocas (Bandera y Pérez, 2015)

1.4.7 Raíz

Presenta buen desarrollo y ramificación, con poder de penetración, motivando que las plantas se desarrollen bien en la mayoría de los tipos de suelos. Aparentemente las raíces del guayabo tienen un marcado efecto alelopático, es decir, inhiben el desarrollo de malezas debajo del árbol (Agricultura, 2011).

1.5 Requerimientos climáticas y edafológicas del cultivo

El guayabo se adapta con facilidad a distintas condiciones climáticas, a pesar de su origen tropical. Sin embargo, su área ecológica se encuentra en una franja comprendida entre los 30° de latitud Norte y Sur (Agricultura, 2011).

El mejor clima para el guayabo es el comprendido entre los 25 y 30° C., siendo muy sensible a temperaturas bajas. Las plantas jóvenes pueden morir a -1° C. si están sometidas varias horas a esta temperatura. Los árboles en producción se resienten a los - 3° C., pudiendo helarse, aunque con un rebaje del tronco vuelven a brotar, estando en producción al cabo de los tres años (Torrellas, 2000).

Puede cultivarse con éxito en distintas clases de suelos. Prefiere los sueltos arenosos o francos bien drenados, siempre que tengan humedad suficiente y en los que no prosperen los aguacates y cítricos. Admite desde terrenos ácidos (pH 5) a alcalinos (pH 8), suelos calizas y margas, siempre que se abonen en condiciones (Torrellas, 2000).

El guayabo es un frutal muy adaptable a distintas condiciones climáticas, incluso puede resistir heladas ligeras. Es un árbol rústico, aunque prefiere suelos ácidos y bien drenados, siendo relativamente tolerante a la salinidad

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

(CE<5,7 dS/m). Las precipitaciones en su área de origen se sitúan en torno a los 1000 mm/año, aunque se adapta a períodos cortos de sequía (Fernández y Hernández., 2013).

La guayaba se adapta a regiones tropicales y subtropicales, subhúmedas y semiáridas (Mendoza *et al.*, 2004).

Se desarrolla muy bien en aquellos lugares con temperaturas entre los 16-34°C, con una humedad de 36 a 96%, condiciones que lo vuelven cultivable desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, y con una precipitación anual de 1000-1800 mm(García, 2010)

1.5.1 Temperatura

Los más altos rendimientos se obtienen con una temperatura media anual de 23 a 28°C. Sin embargo, el guayabo puede tolerar temperaturas de 45°C o más. Es sensible a las bajas temperaturas; las plantas jóvenes pueden morir a -1,7°C, mientras que las adultas pueden tolerar periodos cortos de hasta -3,3°C (Agricultura, 2011).

1.5.2 Altitud

Esta especie puede cultivarse desde el nivel del mar hasta una elevación de 1500 m. Se ignora si la altitud afecta la calidad de la fruta (Agricultura, 2011).

1.5.3 Viento

Los vientos fuertes son perjudiciales para el follaje, la floración y los frutos en crecimiento, ya que además de ocasionar quebraduras y otros daños mecánicos, incrementan la evapotranspiración (Agricultura, 2011).

1.5.4 Luz

La luz del sol debe penetrar al centro del árbol (Mendoza *et al.*, 2004).

1.5.5 Humedad

El guayabo se desarrolla en áreas que reciben precipitación media anual entre 1000 y 2000 mm. También puede prosperar en condiciones de mayor humedad, pero la calidad de los frutos disminuye. El guayabo es resistente a la

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

sequía, pues logra producciones en regiones donde se presenta una estación seca prolongada de cinco o más meses. En zonas cálidas con precipitaciones bien repartidas durante todo el año se logra una producción continua (Agricultura, 2011).

1.5.6 Suelo

Suelos arcillosos y orgánicos con buen drenaje y los arenosos y calcáreos con una fertilización adecuada. No obstante, se desarrolla mejor si éstos son profundos, fértiles y bien drenados. Por tener un sistema radical fasciculado, no exige suelos muy profundos, sin embargo, en los fértiles y medianamente compactos puede emitir raíces hasta 4 metros de profundidad. Prospera en suelos con pH de 4,5 a 8,2 y para una óptima producción los valores de pH deben oscilar entre 5,0 y 7,0 (Agricultura, 2011).

Prefiere suelos francos, limosos y franco-arcillosos; tolera un nivel considerable de sales (Mendoza *et al.*, 2004).

Los suelos que le favorecen son los francos a franco arcilloso con buen contenido de materia orgánica, por el contrario, los suelos arenosos no le son muy favorables, manifestándose en un desarrollo lento y débil. El pH está en el rango de 6 a 7; es una planta bastante tolerante a la humedad pero no por periodos prolongados (García, 2010).

1.6 Propagación

La propagación del guayabo se puede realizar por dos vías: sexual y asexual o vegetativa (Agricultura, 2011).

La propagación por injerto es una de las vías más empleadas. Existen diversos tipos de injertos que utilizan tanto material verde como con mayor grado de madurez o lignificación (Agricultura, 2011).

En la producción de posturas en Cuba, por la vía vegetativa se emplean dos tipos de tecnologías: injerto y enraizamiento de esquejes. En ambas el objetivo esencial es lograr la mejor calidad del material de propagación, ya que ello representa uno de los pilares básicos para lograr altos rendimientos (Agricultura, 2011).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Existen diferentes tipos de injertos como Forkert, el cual es una modificación al injerto de parche; injerto de escudete, estacado en verde, acodo aéreo (Mendoza *et al.*, 2004).

Estaquilla herbácea:

Se usan brotes terminales cuyo tallo no haya pasado a color marrón y que tengan un par de hojas (Fernández y Hernández., 2013).

Injerto Chapa:

Se realiza en época de crecimiento activo cuando la corteza se desprende fácilmente, usando anillos completos incluyendo las dos yemas opuestas (Fernández y Hernández., 2013).

Injerto de púa lateral o terminal:

Se utilizan púas con dos hojas cortadas a la mitad (Fernández y Hernández., 2013).

1.7 Época de plantación

Aunque se puede plantar en cualquier época, es preferible en primavera o desde final de verano a inicio de otoño (Fernández y Hernández., 2013).

La guayaba se puede plantar durante todo el año dependiendo de las condiciones locales y las posibilidades de suplir las necesidades hídricas de las plantas. Es por ello que el periodo lluvioso constituye la mejor época para realizar la plantación (Agricultura, 2011).

1.8 Riego

Para que el guayabo exprese su potencial productivo, es obligatorio mantener la humedad uniforme durante todo el ciclo productivo. El riego se realiza preferiblemente por aspersión bajo el follaje de la planta, y de forma localizada, en la zona de goteo. En dependencia del tipo de suelo se emplea una norma neta parcial de 250 a 380 m³/ha en el segundo año y de 310 a 570 m³/ha en el primer año, de 280 a 480 m³/ha para el resto de los años. Para los sistemas de aspersión y aniego el intervalo de riego puede oscilar entre 4 y 6 días en los primeros 6 meses después de la plantación.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Posteriormente se puede alargar, en dependencia de las condiciones edafoclimáticas, hasta los 7 o 10 días. Para el sistema de riego localizado se recomienda regar diariamente (Agricultura, 2011).

Los requerimientos hídricos para árboles en producción son del orden de 7.000 m³/ha y año, siendo los períodos más críticos la brotación, floración-cuajado y desarrollo del fruto (Fernández y Hernández., 2013).

1.9 Nutrición

La extracción de los principales nutrientes (en kg) para producir una tonelada de fruto es de: 4.1 de nitrógeno; 0.5 fósforo; 5.0 potasio; 2.9 de calcio; 0.4 de magnesio. Las necesidades de la planta, en la etapa de plena producción, están alrededor de los 180, 60 y 120 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. La aplicación de materia orgánica a razón de 10-20 kg/árbol constituye una práctica imprescindible para la obtención de altos rendimientos. (Agricultura, 2011)

De forma orientativa se puede aplicar la siguiente relación: 0,4 N, 0,1 P₂O₅ y 0,5 K₂O en kg/planta (Fernández y Hernández., 2013).

En la Tabla 1.7 se muestran las características de los abonos orgánicos de mayor disponibilidad en Cuba (Agricultura, 2011).

La Tabla 1.7: Características de los abonos orgánicos de mayor disponibilidad.

Tipo de abono orgánico	Parámetros					
	Humedad %	Relación C/N	M.O. %	N %	P %	K %
Estiércol vacuno	80.0	20:1	11.5	0.33	0.23	0.72
Estiércol Equino	67.4	30:1	17.9	0.34	0.13	0.35
Estiercol de cerdo	72.8	19:1	15.0	0.45	0.20	0.60
Estiercol de ovino	61.6	15:1	21.1	0.82	0.21	0.84
Compost	75.0	16:1	13.8	0.50	0.26	0.53
Gallinaza	75.0	22:1	15.5	0.70	1.03	0.49
Guano de murciélago	23.0	8:1	13.2	0.96	12.0	0.40
Turba	70.0	42:1	14.4	0.20	0.17	0.12
Cachaza fresca	71.0	30:1	16.4	0.32	0.60	0.17
Cachaza cruda	54.5	15:1	28.9	1.11	1.11	0.15
Humus de lombriz	42.5	15:1	60.4	2.36	0.88	0.22

Cuando no se tengan datos para calcular las dosis de abono orgánico y su complemento con fertilizantes químicos, se pueden asumir las dosis que se muestran en la Tabla 1.8 (Agricultura, 2011).

Tabla 1.8: Dosis de abonos orgánicos según el tipo de suelo (t/ha).

Tipos de suelo	Humus de lombriz	Compost	Otros materiales orgánicos
Rojos latosolizados	6	8	10
Arcillosos pardos	5	6	8
Arenosos	7	10	12

1.10 Defoliación

En la actualidad existen métodos para lograr la brotación simultánea y la floración uniforme, que a la vez facilite la poda (Mendoza *et al.*, 2004).

Permite regularizar, uniformizar y mejorar la eficiencia productiva, a través del mantenimiento del equilibrio fisiológico de la planta (Abanto *et al.*, 2014).

Diferentes métodos de defoliación entre ellos la defoliación manual y la defoliación química, la primera es una labor muy costosa y además gran parte de las ramas y yemas resultan dañadas, por lo que la defoliación química ha cobrado gran importancia en zonas tropicales (Abanto *et al.*, 2014).

1.11 Poda del cultivo

La poda de guayaba es una de las prácticas más importantes que influyen en el vigor, la productividad y la calidad de los frutos. Los niveles de poda en guayaba en condiciones de alta densidad han alcanzado una gran importancia, ya que la poda es necesaria para la construcción de bastidores de los árboles

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

en los primeros años y para mantener el vigor, el rendimiento, la productividad y la calidad de los frutos en los últimos años (Lakpathi *et al.*, 2013).

Los árboles, al igual que otros seres vivos, tienen como finalidad reproducirse, para lo cual producen la mayor cantidad de semillas, sin importar la calidad del fruto y con un desarrollo de copa moldeado por el ambiente (vientos, lluvias, plagas etc). Como el hombre pretende un aprovechamiento eficaz, selecciona variedades más adecuadas y realiza prácticas de manejo para obtener mejores frutos. Una de estas prácticas es la poda (Graziano, 2013).

La poda en los árboles frutales tropicales constituye una de las prácticas con mayores posibilidades de mejorar la producción a corto plazo. La poda también acelera la floración y formación de frutos debido a que promueve el crecimiento de retoños que es donde se forman las flores y los mejores frutos (Quijada *et al.*, 2009)

La actividad de poda es de vital importancia, ya que la producción se produce en los brotes nuevos (brindillas). Además, incrementa los rendimientos, posibilita el empleo de altas densidades de plantación, la realización de las actividades culturales y la ejecución eficiente de la cosecha. Por otra parte, la poda constituye el paso inicial en los trabajos para el injerto (cambio de copa) de las plantaciones (Agricultura, 2011).

Como no siempre es posible podar cuando se quiere, es más recomendable atrasar la poda que adelantarla, pues el peligro de una poda temprana es más grave que el de la tardía (Delito y Naturales, 2017).

El trabajo de poda también permitirá aplicar agrobio-insecticidas para disminuir las condiciones para el desarrollo de plagas y enfermedades (Abanto *et al.*, 2014).

Recae en gran medida la productividad de la huerta, ya que es posible distribuir bien las ramas en el árbol, además de regular su tamaño para facilitar la cosecha y tener control sobre el número de frutos por árbol e incrementar la calidad de la fruta (Mendoza *et al.*, 2004).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

En relación con el proceso de corte, se encuentran el tipo y variedad de cultivo la edad (madurez) de la planta, la humedad y el área (diámetro) de la sección de corte (Carballosa *et al.*, 2014).

La formación sobre el suelo de una cobertura de hojas procedentes de las podas contribuiría a protegerlo de la erosión y propiciaría el material necesario para mejorar los ciclos biogeoquímicos (Boudet *et al.*, 2010).

Tan solo la eliminación de madera muerta y la supresión de partes enfermas o dañadas pueden considerarse como claramente beneficiosas para las plantas (Carballosa).

Razones de la poda (Graziano, 2013):

Para dar a la planta una forma adecuada que permita su aprovechamiento.

Para mantener una buena sanidad en el árbol.

En el caso de frutales, para mejorar calidad de frutos.

Para limitar el crecimiento de la planta.

Para atenuar alternancias en la producción.

1.11.1 Época de poda

La época de poda comienza ni bien caen las últimas hojas, hasta finales de invierno cuando todavía las yemas están en reposo (mayo, junio, julio y agosto) También se puede hacer una poda “en verde”. En octubre se pueden eliminar brotes excesivamente numerosos y en febrero se pueden despuntar ramas de más de 30cm, a 5 hojas, a fin de favorecer yemas de flor. En el caso de un monte frutal familiar el manejo de las plantas, si bien debe favorecer la producción de fruta, no es tan estricto como el caso de un monte frutal de producción extensiva (Graziano, 2013).

La poda en el mes de agosto reduce en tres meses las necesidades de atenciones manuales al guayabo. En el mes de abril compacta las brotaciones. En los meses de abril y agosto no reduce la producción (Pardo y Pérez, 2001).

1.11.2 Diferentes tipos de podas

1.11.2.1 Poda en la plantación

Esta se realiza para estimular la brotación vegetativa y compensar la pérdida de raíces, consiste en cortar la mitad del follaje y eliminar la parte radical que esté seca o enrollada (Mendoza *et al.*, 2004).

1.11.2.2 Poda de árboles jóvenes

La formación inicial del árbol se debe realizar en los dos primeros años de vida a una altura de 60 a 90 centímetros, y se debe formar una estructura de cuatro ramas fuertes, radiales a los puntos cardinales y separadas tan lejos como sea posible (Mendoza *et al.*, 2004).

1.11.2.3 Poda de Producción

Es importante considerar aspectos como: la variedad, el clima, la fertilización, el riego, etc. La mayoría de las ramas al despuntar o podar producen flores, indistintamente de la práctica que se utilice (Carballosa).

Con esta poda se cortan las ramas partidas, enfermas, entrecruzadas, que impiden las atenciones culturales, las de excesivo tamaño y los brotes del patrón. Cuando se realiza esta práctica se eliminan de la plantación los frutos enfermos o afectados por cualquier daño que puedan ser hospederos de patógenos. Esta poda de mantenimiento es una labor que debe realizarse durante toda la vida del guayabo (Agricultura, 2011).

La mayoría de las ramas al despuntar o podar producen flores, indistintamente de la práctica que se utilice. La poda o despunte se realiza en el 2º a 4º nudo después de la fruta. A los 28 días después de la poda aparecen los botones florales, el botón tarda entre 28 y 30 días para abrir y de aquí en adelante tarda 3 ½ meses para cosechar la fruta; dependiendo de la temperatura este proceso puede adelantarse o atrasarse unos 10 días (Barrantes, 2006).

1.11.2.4 Poda de fructificación

Tiene por objetivo mejorar el desarrollo de yemas de flor, conservando un equilibrio entre la producción de frutos y de hojas. Tiene distintas características para los frutales de pepita que para los de carozo, según se aclaró en las reglas generales de poda. Esta poda se realiza a partir de la entrada en producción de la planta (Graziano, 2013).

Consiste en la eliminación ordenada de las estructuras aéreas de la planta, para fomentar el crecimiento de nuevos brotes, equilibrar la actividad vegetativa y reproductiva del arbusto, mediante una adecuada iluminación, para producir una eficiente fotosíntesis y aeración (Abanto *et al.*, 2014).

Da como resultado mayor número de ramas delgadas (Mendoza *et al.*, 2004).

El guayabo produce flores en brotes del año, por lo que se debe realizar la poda de terminales para promover crecimientos nuevos (Fernández y Hernández., 2013).

Estimular la floración, recordando que las flores únicamente se forman en ramas jóvenes y no en maduras (color café y de forma cilíndrica) (Carballosa).

Consiste en podar la planta después de cada cosecha para generar la formación de nuevo tejido. Este trae consigo nuevas flores que posteriormente serán frutos. Si la poda no se realiza, la planta producirá menor cantidad de yemas florales, lo que incide negativamente en la producción general (Leiva, 2012).

Se poda cuando las ramas tienen 5 nudos y no tienen frutos para estimular los nuevos brotes (INTA, 2018).

1.11.2.5 Poda de renovación.

A los ocho años la planta ha alcanzado hasta 2 m de altura; en este momento se recomienda. Para Cuba, por las condiciones de clima (época seca: noviembre a abril, época lluviosa: mayo a octubre) es en el mes de febrero o principios de marzo para que los primeros brotes que vienen con mala producción o nada de fruta, salgan en época lluviosa ya que es la época en la que el precio es bajo. En los meses de agosto a septiembre se realiza una segunda poda, siguiendo las recomendaciones de poda para producción. Aunque estas épocas varían de una provincia a otra (Carballosa) (Barrantes, 2006).

Cada año se reduce la altura de la copa para que facilite el embolsado de frutos, control de plagas y enfermedades (INTA, 2018).

1.11.2.6 Poda de rejuvenecimiento

Se realiza cada tres a cuatro años, cuando los árboles tienen demasiada madera gruesa improductiva; es decir, ramas con un diámetro mayor a 2 cm y sin brotes o cuando los árboles son grandes o viejos (Mendoza *et al.*, 2004).

A los ocho años la planta ha alcanzado hasta 2 m de altura. La forma de poda consiste en eliminar todas las ramas, dejando las 4 ramas madre con una longitud de 40 cm (Fig. 3), luego se recomienda aplicar Benomil a razón de 1 g.L-1 de agua con el fin de limpiar el árbol, además cubrir el corte con Benzotiazol o Caldo Bordelés (Carballosa).

Se realiza con el árbol ya formado eliminando chupones, ramas rotas, viejas o enfermas. Se puede realizar al final de la cosecha y aprovechar para eliminar ramas fructíferas viejas y dar oportunidad a nuevas ramas de fructificación. También aquí se pueden podar ramas para limitar la altura de la copa y la extensión de ramas guía (Graziano, 2013).

1.11.2.7 Poda de formación

Con el objetivo de formar una planta ramificada, con buena estructura y productiva, en las plantas propagadas por injerto se suprimen todos los brotes que salgan por debajo del injerto y se elimina la yema terminal a una altura del suelo entre 2530 cm y se mantiene el pinzado de los brotes terminales cada 6 pares de hojas (Agricultura, 2011).

Se debe realizar un despunte alrededor de los 70 cm de altura, eligiendo posteriormente tres brotes bien situados para lograr una formación en vaso (Fernández y Hernández., 2013).

Consiste en cortar el eje principal de la planta, a una altura de 0.60 m sobre el nivel del suelo, cuando esta alcanza una altura de 0.80 m (Carballosa).

consiste en retirar los chupones para darles la arquitectura adecuada a las plantas, las cuales deben tener un solo tronco (Leiva, 2012).

Se realiza en la planta joven para orientar su desarrollo, se realiza durante los cuatro primeros años desde la plantación, hasta que la copa tenga la forma deseada (Graziano, 2013).

Se considera más sencilla que la que se realiza en otros frutales, ya que la variedad de guayaba con la que se trabaja aunado al clima, permite cosechar a los seis meses después de la siembra mediante una poda adecuada (Barrantes, 2006).

Se realiza cuando alcanza una altura de 1 a 1.5 metros después del trasplante, la segunda, tercera y cuarta poda cuando las ramas tienen 30 centímetros, se podan dejando 25 centímetros de largo estimulando nuevos brotes, se eliminan ramas del centro para ir formando una copa (INTA, 2018).

1.11.2.8 Poda Fitosanitaria

Se realiza durante todo el ciclo del cultivo y consiste en retirar el material identificado con problemas de plagas y enfermedades (Leiva, 2012).

1.11.2.9 Poda sanitaria

Se realiza para eliminar ramas muertas, así como las que interfieran en las labores de manejo y cosecha (Mendoza *et al.*, 2004).

Son indispensables para eliminar focos de diseminación de enfermedades, y consiste en retirar todas aquellas ramas con síntomas de enfermedad, además de las que se rozan entre sí, las que se quiebran y las que bajan hasta el nivel del suelo (Carballosa).

1.11.2.10 Raleo o aclareo de frutos

Cuando los árboles producen asimismo fuertemente las ramas pueden romperse, por consiguiente se recomienda el aclareo dando como resultado frutas más grandes (Mendoza *et al.*, 2004).

Consiste en eliminar todas las flores o frutos que se formen durante los tres meses siguientes al trasplante y hasta completar diez. Esto garantizará que, en esa etapa inicial, se forme una planta con mayor vigor, capaz de producir mejores cosechas por un tiempo prolongado (Leiva, 2012).

1.12 Uso de poda en frutales

La poda se puede utilizar para que no se produzcan grandes diferencias de producción de unos años a otros, sin llegar a eliminar completamente la alternancia (Delito y Naturales, 2017).

Un árbol frutal bien formado y equilibrado permite (Delito y Naturales, 2017):

- Facilitar la iluminación y la entrada de productos fitosanitarios en los tratamientos.
- Distribuir los frutos en las zonas más adecuadas.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

- Aumentar tamaño y color de los frutos.
- Regular la producción evitando años abundantes o de escasez en floración y fructificación (vecería).
- Mantener un equilibrio entre los órganos de vegetación y producción.
- Suprimir las ramas enfermas, secas o improductivas para evitar el envejecimiento del árbol y la propagación de plagas y enfermedades.

La poda sigue representando un gasto importante, pero si se efectúa de manera adecuada, los árboles estarán configurados de forma que su efecto beneficioso se va a dejar sentir en otros aspectos y podremos afirmar que (Delito y Naturales, 2017):

- Los tratamientos serán más efectivos, al llegar más fácil al interior del árbol.
- La recolección más cómoda y frutos mejor distribuidos.
- Poda más fácil y rápida a lo largo de los años.

Cuanto más largos sean los periodos entre poda y poda (Delito y Naturales, 2017):

- Más gruesas serán las ramas a cortar.
- Más tiempo se necesitará para cortarlas
- Más grandes serán las heridas.
- Más riesgos de entrada de enfermedades.

En los cítricos distinguimos las siguientes clases de poda (Delito y Naturales, 2017):

- De Plantación
- De Formación
- De Mantenimiento (Fructificación)
- De Regeneración o Renovación

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

En España, en el cultivo de los cítricos es tradicional la poda de fructificación o mantenimiento, práctica dirigida a controlar el volumen de los árboles, adaptándolos a sus condiciones de cultivo, y a equilibrar la relación hoja/madera, posibilitando así la formación de ramos fructíferos que aseguren el mantenimiento de la producción. Los frutales de hueso (ciruelo y melocotonero), es habitual la poda mecanizada de los árboles a fin de reducir costes. En relación a los cítricos, la poda mecanizada empezó a desarrollarse en EE. UU. en la década de los cincuenta, alcanzando poco a poco un gran incremento, hasta tal punto que actualmente en muchos países productores de cítricos la usan como pre poda en naranjos, mandarinos, limoneros y pomelos. (Arenas y Hervalejo, 2014).

1.13 Plagas y enfermedades

La principal plaga es la mosca *Ceratitis capitata*, que tiene una gran incidencia sobre ésta especie, siendo indispensable su control. Otra plaga frecuente es la cochinilla (Fernández y Hernández., 2013).

1.14 Cosecha y poscosecha

La tecnología de manejo de los cultivares enanos EEA 18- 40 y EEA 1- 23 posibilita la recolección durante todo el año. Sin embargo, en el país existen dos épocas definidas de producción: de marzo a abril y la otra de agosto a octubre, la primera es de menor magnitud (Agricultura, 2011).

Los frutos de guayaba son muy susceptibles al daño por frío, debiéndose almacenar a una temperatura adecuada de 5-10° C. A medida que transcurre el periodo poscosecha aumenta la pérdida de masa, los sólidos solubles y el pH y disminuye la firmeza del fruto y el ángulo (Parra-Coronado, 2014).

El fruto tiene una piel delicada por lo que debe de manejarse con sumo cuidado, presentando una vida comercial corta (Fernández y Hernández., 2013).

La fruta puede ser consumida como fruta fresca durante los primeros 4-5 días, en los días 5-6 puede ser consumida como jugos y el día 7 se recomienda ser procesada industrialmente (Yirat *et al.*, 2009).

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

En Cuba la cosecha de la guayaba es manual, para la recolección se emplean latas, jolongos de tela, cubo plástico, cubo metálico, cesta de fibra vegetal y pales. El producto cosechado se deposita en cajas de madera o plásticas, las cuales tienen diferentes dimensiones, siendo las cajas de madera las más utilizadas por su disponibilidad al nivel de productor. Se han ido introduciendo Cajas plásticas de mayores dimensiones y de un adecuado acabado superficial, lo cual minimiza los daños mecánicos en los frutos y hace más eficiente el proceso al tener la posibilidad de mantener las cajas con una adecuada limpieza y estado técnico (Martínez y Álvarez, 2005).

El manejo poscosecha se hace sin ninguna protección al fruto; para el caso de transporte se hace a granel, en cajas, hasta llenar los camiones, es en esta etapa donde los frutos sufren los peores daños (Yam *et al.*, 2010).

1.15 Uso e importancia del guayabo

El guayabo se consume en fresco, siendo una de las frutas con mayor contenido en vitamina C, concentrándose en la piel del fruto, con valores del orden de 250 mg/100 g de fruta, unas 5 veces el contenido de la naranja. También es rico en otras vitaminas y en calcio, teniendo un aporte calórico muy bajo (Fernández y Hernández., 2013).

En el año 2002 Cuba comenzó las exportaciones al mercado de Montreal, Canadá, el fruto del guayabo, el cual se destinan también a la transformación industrial como purés y néctares, para la comercialización (Sánchez *et al.*, 2007).

Parámetro digno de mencionarse son sus características nutricionales elevadas en contenido de ácido ascórbico, fósforo, calcio, hierro, tiamina, niacina y riboflavina. Las raíces, corteza, hojas y frutas inmaduras, debido a su astringencia, se emplean normalmente para gastroenteritis, diarrea y disentería en todas las regiones tropicales. Las hojas molidas se aplican en heridas, úlceras y lugares con reuma, las hojas se mastican para aliviar dolor de muelas. Las flores son utilizadas para aliviar resfriados, bronquitis y “mal de ojo” (Mendoza *et al.*, 2004).

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Se cultiva principalmente para consumo fresco, pero con el desarrollo de la agroindustria se han encontrado muchos productos que se pueden elaborar de este fruto, entre los cuales podemos mencionar: néctares, mermeladas, jaleas, frozen, sorbete, gelatinas, existe también un producto conocido en el caribe como cascós de guayaba, además se obtiene el concentrado que es la base para la industria panadería y dulcerías (García, 2010).

Esta fruta también tiene usos medicinales, se utiliza como astringente, contra la diarrea y contra la indigestión, evita la caída del cabello, contra la ictericia, contra llagas e hinchazones, como desparasitante y contra el reumatismo (García, 2010).

El uso popular de la guayaba en productos elaborados tales como néctar, jugo, conservas, mermeladas, fruta en almíbar, alimentos para niños, refrescos, lácteos y panadería (Parra-Coronado, 2014).

Son una excelente fuente de antioxidantes, tales como ácido ascórbico, carotenoides y fenoles, los cuales cumplen un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas y degenerativas. También es abundante en fibra dietética (48-49% en base a materia seca), vitamina A, vitaminas del grupo B (tiamina y niacina) pectina, fósforo, calcio, hierro y potasio; tiene alto contenido de licopeno y posee características funcionales anticancerígenas. Los compuestos orgánicos volátiles predominantes incluyen los ácidos cítrico, láctico, málico, ascórbico y galacturónico, cuyo contenido cambia dependiendo de los cultivares y las condiciones de cultivo (Parra-Coronado, 2014).

Recientemente se ha desarrollado el mercado del “guatchup” que es un mojo agridulce preparado a base de guayaba, como sustituto del ketchup, entre otros productos informados (Bandera y Pérez, 2015).

1.16 Cultivares

1.16.1 Enana Roja el cultivar la E.E.A. 18-40

Se caracteriza por su alta productividad, fruto de mayor tamaño peso (Martínez y Pinto, 2015).

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

De pulpa rosada muy gruesa con pocas semillas, aroma de intensidad media. Árbol de tamaño pequeño (Fernández y Hernández., 2013).

Árbol de porte pequeño, con frutos de diferentes formas y tamaños, pero generalmente en forma de pera, de pulpa roja - rosada. Es un cultivar de alto potencial productivo (más de 70 t/ha/año a densidades superiores a las 800 plantas por hectárea en los primeros 5 años de plantada. El follaje es de color verde oscuro (Agricultura, 2011).

1.16.2 E.E.A. 1-23

La cual tiene un alto potencial productivo (Martínez y Pinto, 2015).

Es un árbol de porte pequeño, más ancho que alto. Frutos ovalados de tamaño mediano a grande con pulpa de color rosado. Alto potencial productivo (50 t/ha/año a 5,0 x 2,0 m) y las hojas son grandes de color verde claro (Agricultura, 2011).

1.16.3 White x Supreme

De pulpa blanca, gruesa y con pocas semillas, aroma poco intenso, forma redonda. Puede consumirse en estado firme justo previo a la maduración (Fernández y Hernández., 2013).

1.16.4 Stone Ruby

De pulpa roja y gruesa, aroma poco intenso, forma aplanada. Es buen productor y tiene un hábito de crecimiento pendular (Fernández y Hernández., 2013).

1.16.5 Media China

Es oblonga, con cáscara lisa amarilla y pulpa dulce cremosa-blanca (Mendoza *et al.*, 2004).

1.16.6 Cultivares N1 al N9

Cultivares de porte alto, con frutos ovalados, de tamaño mediano a grande, donde los denominados del 1 al 6 son de pulpa roja y los del 7 al 9 de pulpa blanca (Agricultura, 2011).

1.16.7 Suprema Roja

Cultivar de porte alto, fruto redondeado y grande con pulpa de color rojo, muy apreciado como fruto para consumo fresco (Agricultura, 2011).

1.16.8 Cotorrera o Criolla

Los árboles se originan de semillas, de porte alto, con frutos pequeños, el color de la pulpa varía desde blanca, amarilla, rosada o roja. Se emplea esencialmente como patrón o porta injerto (Agricultura, 2011).

Otras variedades de la colección son: Hong Kong Pink, Thai White, Paluma, Stone, White x Supreme Guadalupe, Homestead, Seedless y Supreme Ruby (Fernández y Hernández., 2013).

1.17 Propiedades físicas-mecánicas de los productos agrícolas

La evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la madera son realizadas a través de ensayos en los que se utilizan diversos dispositivos o máquinas que en su mayoría son lentos o necesitan de una gran cantidad de materia prima para su ejecución (Méndez-Mejías, 2015).

Las propiedades físico-mecánicas provienen como resultado de la realización de diferentes mediciones tradicionales en los que una máquina de ensayos juega el papel preponderante (Yoza *et al.*, 2014).

Los métodos de ensayo no destructivos, son técnicas que permiten examinar la madera y sus componentes sin causar afectación en sus propiedades, integridad y su posterior uso (Méndez-Mejías, 2015).

La medición de la densidad se debe hacer antes de la prueba de módulo de elasticidad y resistencia a la flexión (Montoya *et al.*, 2008).

1.18 Propiedades físicas de los productos agrícolas

El árbol de guayabo es de consistencia dura y leñosa, existen diferencias entre un árbol y otro (incluso de la misma plantación, edad, variedad) (Carballosa *et al.*, 2014).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Son aquellas que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química o mecánica de su estructura (Pérez, 2014).

El comportamiento físico de la madera está constituido por una serie de propiedades, las cuales en conjunto pueden definirse como propiedades físicas de la madera (Crespo *et al.*, 2008).

Las propiedades físicas de las plantas es un conjunto de propiedades que caracterizan el comportamiento físico de las mismas, el contenido de humedad, el peso específico o densidad, la contracción e hinchamiento son propiedades físicas que también definen a las plantas (Carballosa *et al.*, 2015).

1.18.1 Densidad

Se define la densidad como la relación que existe entre la masa y el volumen. Cuanto más leñoso sea el tejido de una madera y compactas sus fibras, tendrá menos espacio libre dentro de éstas, por lo que pesará más que un trozo de igual tamaño de una madera con vasos y fibras grandes. La densidad de la madera varía con la humedad (12% es la humedad normal al abrigo y climatizada) Las maderas se clasifican según su densidad aparente, en pesadas, ligeras y muy ligeras (Pérez, 2014).

Una definición básica es la relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo, al final se puede determinar que el peso específico es la relación entre el peso de la madera, a un determinado contenido de humedad y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera (Sánchez y ROA, 2015) fórmula general es:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde;

ρ = Densidad de la madera expresada en g·cm⁻¹ o kg·m⁻¹.

m = Masa de la madera, en g o kg.

v = Volumen de la madera, en cm o m.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Esta varía dentro de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie, aunque sus definiciones varían constantemente se toma la definición siguiente, es el cociente entre la masa del material seco con estufa, dividido por la masa del agua desplazada y por su volumen verde (Sánchez y ROA, 2015).

El valor de la densidad o peso específico puede ser un indicativo de propiedades de resistencia, tasas de contracción, capacidad aislante de la madera, etc. La densidad de la madera es considerada como una de las propiedades físicas más importantes debido a la relación que tienen con otras propiedades y con la utilización de la madera (León, 2010).

Es importante notar que la realización de ensayos para determinar la densidad o peso específico nos proporciona valores puntuales, pero no nos indica que tan uniforme se mantiene ese valor a través de toda la pieza de madera y la homogeneidad o heterogeneidad del peso específico va a incidir directamente sobre el comportamiento de la madera tanto en el procesamiento como en la utilización de la misma. Conocer cómo influye cada característica anatómica sobre el peso específico (densidad) de la madera nos proporciona la información necesaria para saber qué tipo de variaciones se presentan dentro de una misma pieza de madera y su posible efecto en su comportamiento (León, 2010).

La densidad o peso específico es una de las propiedades más importantes de la madera ya que es un indicativo del comportamiento de otras propiedades físico-mecánicas (León, 2010).

El peso de la madera por unidad de volumen, es decir la densidad de ésta, es afectado por el contenido de humedad y este varía entre 100% en madera recién cortada y 0% al estado anhidro (Cisternas, 1994).

La densidad básica, una de las propiedades físicas más importantes de la madera, expresa la cantidad de sustancia leñosa seca presente en un volumen dado de madera, cuando esta se encuentra a un contenido de humedad igual o mayor al punto de saturación de las fibras (Cisternas, 1994).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

La densidad de la madera es propia de cada especie vegetal, depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen (Ordóñez *et al.*, 2015).

La densidad varía dentro de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie (Carballosa *et al.*, 2015).

Relación entre la masa de los elementos de la madera y el volumen que ellos ocupan. Existen diversas expresiones de la densidad, que dependen del contenido de humedad de la medición (Hernández y Pinilla, 2010).

La densidad de la madera es uno de los parámetros de más frecuente utilización en la cuantificación de las plantaciones y la caracterización de sus propiedades. Se utiliza tanto en ambientes madereros como en la industria de la pulpa y papel. Su versatilidad se debe a que reúne las características de ser un buen indicador de calidad y de que su determinación es sencilla y económica (Núñez, 2007).

Algunas propiedades físicas de los granos de cebada son afectadas por el contenido de humedad (que oscila entre el 10% y el 14%) sobre la densidad aparente, la densidad real, el ángulo de fricción interna, la porosidad y el coeficiente estático de fricción de los granos de cebada de la variedad Fahrettinbey (Sologubik *et al.*, 2013).

1.18.1.1 Densidad básica

Es la definición más usada y representa el peso seco de la sustancia madera encerrado en un volumen invariante, como es el volumen existente cuando las paredes celulares están saturadas de agua. Para la mayoría de las especies las paredes se encuentran saturadas cuando el contenido de humedad (CH) está en torno al 30%. El utilizar un volumen invariante permite hacer comparaciones de propiedades mecánicas sobre la base de una definición común de densidad (Cisternas, 1994).

La densidad básica se considera una característica de importancia económica, sirve para clasificar a las maderas, ya que determina en gran medida la calidad del producto final (Carballosa *et al.*, 2015).

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Es la relación entre el peso mínimo del material, es decir seco en estufa a 105-110°C, y su volumen verde, como se halla en el apeo del árbol. Es la más utilizada en la industria forestal y se usa para conocer la cantidad de masa seca del volumen verde medido en una plantación. Su uso se ha extendido a la industria de la pulpa y el papel (Núñez, 2007).

1.18.1.2 Densidad Nominal

Es la densidad medida en una condición distinta a la de condición verde. No es posible medir la densidad básica directamente sobre madera secada a un coeficiente de humedad menor al punto de saturación de las fibras (psf), debido a que no se puede medir el volumen verde. La densidad nominal siempre debe estar asociada al coeficiente de humedad al cual se obtuvo (Cisternas, 1994).

1.18.1.3 Densidad de Ensayo

Es la densidad de la madera al momento del ensayo o uso. Esta es la densidad que deben usar los ingenieros, arquitectos, constructores etc., en la estimación de las cargas para diseño, y debe tener asignado un coeficiente de humedad (Cisternas, 1994).

1.18.1.4 Densidad Anhidra

Relaciona peso y volumen sin humedad. Esta densidad también se utiliza para determinar efectos sobre propiedades mecánicas, ya que el peso seco también es invariante (Cisternas, 1994).

1.18.1.5 Densidad Verde

Es la densidad de la madera cuando, por ejemplo, ha sido recién volteado un árbol. No puede ser precedida a partir de otras densidades debido a que en el peso está incluido un componente variable de agua libre (Cisternas, 1994).

Es la que posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Esta forma se utiliza principalmente para los cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración (Núñez, 2007).

1.18.1.6 Densidad Seca al Aire

Es la densidad a un contenido de humedad en equilibrio con una atmósfera estándar de 20 °C y una humedad relativa de 65%. Esta atmósfera da un contenido de humedad de equilibrio para la madera de 12%. Debido a esta razón también se conoce a esta densidad como densidad al 12% de coeficiente de humedad (Cisternas, 1994).

Se entiende la relación natural entre el peso de una madera estacionada que se halla en equilibrio con la atmósfera, y el volumen correspondiente a esas condiciones. En general se toma que su humedad es del 12%, valor más frecuentemente encontrado en estas condiciones. La densidad seca se define como la relación entre el peso y el volumen del material exento de agua, es decir secado a 105-110°C (Núñez, 2007).

1.19 Propiedades mecánicas de productos agrícolas

Las propiedades mecánicas de la madera son la expresión de su comportamiento bajo la aplicación de fuerzas o cargas. Este comportamiento puede sufrir varias modificaciones, dependiendo del tipo de fuerza aplicada y de las diferencias básicas en la organización estructural de la madera. El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera proporciona los datos básicos requeridos por la ingeniería en el cálculo y diseño para la construcción y otros usos (Crespo *et al.*, 2008).

Capacidad de la madera para resistir solicitaciones externas, las cuales tienden a deformarla o alterar sus dimensiones. Respecto de la forma de aplicación de la carga se reconocen los ensayos de flexión, compresión, tracción, dureza, cizalle, clivaje, tenacidad y extracción de clavo (Hernández y Pinilla, 2010).

1.19.1 Flexión

La madera presenta una notable resistencia a la flexión, sobre todo si se compara con su densidad. La flexión de una pieza genera tensiones de compresión y de tracción paralelas a la fibra, que adoptan valores máximos en las fibras externas de la pieza y nulos en la fibra neutra (Pérez, 2014).

1.19.2 Elasticidad de la madera

Las propiedades mecánicas pueden ser mejoradas a través de técnicas o métodos ingenieriles como el uso de madera laminada, incorporación de pegamentos entre otros. Se destaca la rigidez, determinada a través del módulo de elasticidad, la cual corresponde a la capacidad de un material de retornar a su forma original luego de ser deformado por una fuerza bajo el límite proporcional. Lo que permite determinar usos adecuados del material tomando en cuenta su capacidad de deformación al aplicarle una fuerza. Debido a esto, en los últimos años se han utilizado diferentes técnicas de evaluación no destructivas para la selección y clasificación de la madera y sus derivados (Méndez, 2015).

El módulo de elasticidad no muestra una relación lineal, pero si hay incrementos de los valores de resistencias con los aumentos de peso específico (León, 2010).

La elasticidad, corresponde a la capacidad de un material de retornar a su forma original luego de ser deformado por una fuerza bajo el límite proporcional. Lo que permite determinar usos adecuados del material tomando en cuenta su capacidad de deformación al aplicarle una fuerza (Méndez-Mejías, 2015).

Se denomina módulo de elasticidad a la razón entre el incremento de esfuerzo y el cambio correspondiente a la deformación unitaria. Si el esfuerzo es una tensión o una compresión, el módulo se denomina módulo de Young y tiene el mismo valor para una tensión que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico (Martínez y Azuaga, 1997).

El diseño ingenieril con madera demanda cualidades específicas de las propiedades físicas de este material. Estos requisitos se expresan, por ejemplo, como baja densidad, alta elasticidad y conveniente resistencia mecánica. Con el objeto de solucionar estos requerimientos, se procede inicialmente a separar y clasificar un repertorio de materiales, en este caso un inventario de especies de maderas, que posean características físico-mecánicas específicas que las

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

catalogue candidatas para satisfacer el proyecto de diseño (Ramírez y Sotomayor, 2014).

Un elemento estructural en una edificación y solicitada principalmente en tensión a lo largo de su eje principal, requiere, por ejemplo, un valor alto en la relación rigidez- peso, la cual puede ser expresada por el módulo de elasticidad específico, que es definido por la relación, E/ρ donde E es el módulo de Young y ρ es la densidad. El módulo de elasticidad se calculó con la ecuación utilizada por Ramírez y Sotomayor (2014):

$$E = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot y \cdot I_r}$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad ($N \cdot m^{-2}$)

P = Fuerza aplicada (N)

I_r = Momento de inercia (m^4);

L = Longitud de la rama (m)

y = Desplazamiento (m)

El módulo de elasticidad como se muestra es una relación entre la carga aplicada y la deformación generada, en aquellas zonas en donde su comportamiento es aproximadamente lineal (Montoya *et al.*, 2008).

Materiales y Métodos

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Metodología para la caracterización del área experimental

El área experimental se ubicó en campos de producción de guayaba de la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú” en Santa Clara, Villa Clara. Mediante entrevistas y encuestas a directivos de la empresa y productores agrícolas, así como la revisión de informes, se obtuvo la información necesaria para la caracterización del área experimental. También se hizo uso del software Google Earth para la localización de los campos.

2.2 Metodología empleada para la determinación de las propiedades físicas del guayabo

Para la obtención de las muestras se seleccionaron 10 ramas del guayabo de diferentes diámetros de: 5, 7, 9, 11, 13, 15 mm; con una longitud de 70 mm, los cuales fueron medidos utilizando un pie de rey con una precisión de 0,01 mm.

El volumen se determinó considerando la masa de las probetas utilizadas, medidas en una balanza digital KERN modelo PRS 320-3 de 0,01 g de precisión. Para determinar la densidad básica se utilizó el principio de Arquímedes, ya que se considera uno de los más prácticos y precisos (Arango *et al.*, 2011; Asoiro y Ani, 2011). Se midió el volumen de la probeta de madera en función del peso del líquido desplazado por inmersión, o sea por medición del empuje. Al sumergir la pieza en un recipiente con etanol se produce una diferencia de volumen, equivalente al peso del etanol desplazado Figura 2.1. La diferencia de peso es igual al volumen de la muestra de madera. Se asumió que la densidad del etanol es igual a $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ que equivale al volumen de la pieza sumergida expresión 2.1, y por la expresión 2.2 se calculó la densidad de las probetas experimental (Figuroa, 2007).



Figura 2.1. Realizando el método de Arquímedes (Arango *et al.*, 2011; Asoiro y Ani, 2011), para el cálculo de densidad.

$$V = V_i - V_f \quad (2.1)$$

Dónde:

V_i = Volumen inicial, cm^3 ;

V_f = volumen final, cm^3 .

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.2)$$

Dónde:

m = Masa de la probeta, g;

v = Volumen de la probeta, cm^3

2.3 Metodología para el desarrollo del instrumento para la determinación de la elasticidad de las ramas del guayabo

El instrumento se desarrolló en base a equipamiento obtenido para la determinación del módulo de Young de la madera (Ramírez y Sotomayor, 2014). El diseño utilizado fue similar al existente, en función de las dimensiones de las probetas a ensayar. En la fase de diseño se utilizó el software Solidworks 2017.

Para la determinación de la fuerza aplicada y la deformación se utilizó una celda de carga Zemic modelo B3GC3 con carga límite de 500 kg. Los valores obtenidos se registraron con un Data Logger NI-CRio 9012 National Instrument y con Tarjeta de Adquisición de datos extensométrica NI-92 37.

2.4 Metodología para la determinación del módulo de Young

Con la utilización del implemento desarrollado se realizó el trabajo para determinar el módulo de Young, procesando 10 muestras de diferentes diámetros en intervalo de: 10-15 mm, 15,01-20 mm, 20,01-25 mm, 25,01-30 mm y de 30,01-35 mm. Las ramas del guayabo fueron medidas para obtener el diámetro medio de ellas. Posteriormente se pusieron en los soportes del equipo desarrollado y se sometieron a flexión

El desplazamiento se realizó a intervalos de 1,15 mm mediante el giro del husillo roscado de paso 2,3 como se muestra en la Figura 2.2.

EL módulo de Young se calcula por la ecuación 2.3 según Martínez y Azuaga (1997).



Figura 2.2. Implemento con el cual se hallaron las mediciones mecánicas.

$$E = \frac{P.L^3}{48.y.Ir}, \text{ N}\cdot\text{m}^{-2} \quad 2.3$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad ($\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$)

P = Fuerza aplicada (N)

Ir = Momento de inercia (m^4);

L = Longitud de la rama (m)

y = Desplazamiento (m)

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

El momento de inercia es una propiedad geométrica de la sección transversal de los elementos estructurales. Se calculó teniendo en cuenta la forma de las ramas del guayabo respecto al eje neutro, por su forma cilíndrica y por lo tanto su ecuación 2.4 se calcula según CASIOPEA (2012).

$$I_r = \frac{1}{4} * 3.14 * \left(\frac{0.0122}{2}\right)^4, \text{ m}^4 \quad 2.4$$

2.5 Metodología para los análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron con el Microsoft Excel y el programa Stat Graphics 5. Se determinaron los estadígrafos fundamentales, se realizaron análisis de varianza y pruebas de contraste de rangos múltiples.

Resultados y Discusión

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Tipologías de los terrenos de investigación

Las mediciones se realizaron en los laboratorios del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, el trabajo experimental se llevó a cabo en la CCS Orlando Hernández, perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, provincia de Villa Clara. Se desarrolló en los campos trabajados por Yoel Guerra y Yoan González.

Se recolecto información del Centro Meteorológico de Yabú, con el fin de obtener el conocimiento de la temperatura y humedad de los días que se obtuvieron las muestras del Guayabo.

EL 10 de diciembre de 2018 se realizó el muestreo físico al campo de Yohan González ubicado a $22^{\circ}27'34''N$ $79^{\circ}59'25''W$, a una temperatura media de $23.3^{\circ}C$ y una humedad relativa media de 86 %. Cultiva la variedad cubana de guayabo, Enana Roja Cubana de la línea AA-1-23 en 5 ha, con $2\frac{1}{2}$ año de edad, en suelos parados con carbonato. Realiza una poda empírica cada 2 meses y realiza diferentes tipos de podas como la de fructificación y de sanidad. Mantiene un riego 2 veces por semana por aniego. La protege con una sanidad vegetal al fruto con la utilización de azufres y VIL-58. Realiza una cosecha aleatoria.

El 12 de diciembre de 2018 se realizó el muestreo físico al campo de Yoel Guerra ubicado a $22^{\circ}26'56''N$ $79^{\circ}59'56''W$, a una temperatura media de $19.8^{\circ}C$ y una humedad relativa media de 74 %. Cultiva la variedad cubana de guayabo, Enana Roja Cubana de la línea AA-1-23 en 12 ha, con 7 años de edad, en suelos pardos con carbonato. hace la poda en cuarto menguante, en dependencia del tipo de poda a realizar cuidando la forma de la copa del guayabo. Realiza un riego por aniego y su cosecha es aleatoria.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

El 7 de mayo de 2019 se realizó el muestreo mecánico en el campo de **Yoel Guerra** a una temperatura de media de 26,5 °C y una humedad relativa media de 80 %, para el análisis de elasticidad.

3.2 Resultados de las propiedades físicas

3.2.1 Densidad

La densidad de la madera se considera uno de los atributos más importantes dado que es un índice de calidad respecto a su uso y está correlacionada con la mayoría de las propiedades físicas y mecánicas Igartúa y Monteoliva (2009). Los valores de las densidades obtenidas se encuentran en el intervalo entre 872,9 kg/m³ y 918,6 kg/m³ valor este poco inferior al obtenido por Carballosa *et al.* (2015), a plantas de guayabo de 10 años de edad, en México.

La densidad del guayabo es superior a muchas de las especies maderables comerciales, por ejemplo, la densidad de *Acacia melanoxylon* fue de entre 414 y 589 kg/m³ (Igartúa y Monteoliva, 2009); para *Pinus radiata* Fernández-Golfin y Diez (1994) obtuvieron valores de 550 kg/m³; para *Pinus Pinaster* Fernández-Golfin y Diez (1994) encontraron densidades entre 518 y 530 kg/m³ y López y Valencia (2001) determinaron densidad de 470 kg/m³ en *Pinus greggii*.

En la Figura 3.1 se muestra la media de las densidades de la madera para cada uno de los diámetros de las ramas del guayabo estudiados. Debido a que la poda de fructificación se realiza sobre retoños jóvenes, los tallos investigados son delgados, lo cual puede explicar la muy similar densidad de cada uno de los intervalos de diámetros investigados.

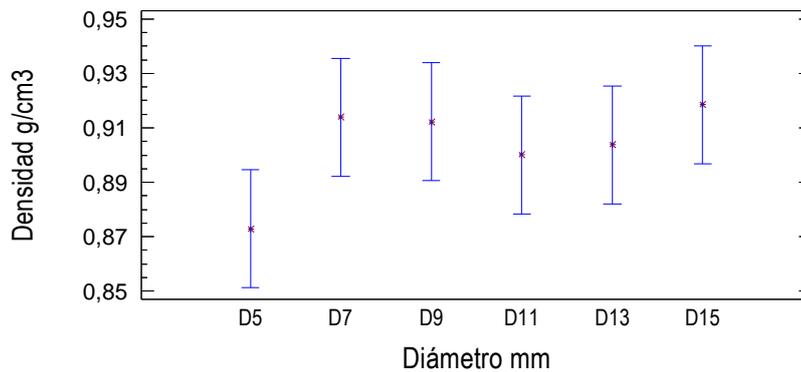


Figura 3.1. Media de las densidades del guayabo, para cada uno de los diámetros del tallo investigados (Procedimiento de Fisher de las mínimas diferencias significativas LSD, para un intervalo de confianza del 95%).

Al realizar un análisis de varianza de las medias, se corroborara el resultado anterior, dado que no existen diferencias significativas entre las medias investigadas. La Tabla 3.1 muestra los resultados del contraste de rangos múltiples, donde se puede apreciar que solo existen diferencias significativas entre las medias de la densidad de las ramas de 5 mm y de 15 mm. Una razón adicional, a la juventud de los brotes puede ser que el intervalo de diámetros del tallo estudiado fue muy pequeño, por lo tanto no se encontraron diferencias en las densidades de los tallos.

Tabla 3.1. Prueba contraste de rangos múltiples (LSD <95%). Iguales letras señalan que no hay diferencias estadísticas significativas.

<i>Diámetros (mm)</i>	<i>Medias (kg/m³)</i>	<i>Diferencias estadísticas significativas</i>
5	872,9	a
7	900,1	ab
9	903,7	ab
11	912,2	ab
13	913,9	ab
15	918,6	b

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Los resultados muestran que no hay una dependencia de la densidad del árbol respecto al diámetro de la rama analizada. Este resultado es similar al de otros autores que han evaluado la variabilidad de la densidad de la madera. Fernández-Golfin y Diez (1994) encontró en seis especies de eucalipto que la velocidad del crecimiento no influye en la densidad de la madera. Igartúa y Monteoliva (2009) determinaron que la diferencia entre los árboles de pinus no influyó en la densidad de la madera; sin embargo, Igartúa y Monteoliva (2009) encontraron en unos casos variaciones de la densidad y en otros no encontraron diferencias en la densidad de árboles de la misma especie y años de plantados.

López y Valencia (2001) no encontraron diferencias entre la densidad del *Pinus greggii* con respecto al diámetro y Pereyra y Gelid (2002) demostraron que la densidad de la madera depende de la edad de la planta, en edades tempranas las plantas poseen mayor densidad. Sin embargo, en las plantaciones analizadas en este trabajo, sobre guayabos de 2 y 7 años de edad, se encontró que no existen diferencias significativas en la densidad de la madera de ambas plantaciones, como muestra la Figura 3.2. donde se aprecian las medias y desviaciones típicas de la densidad de la madera en ambas plantaciones.

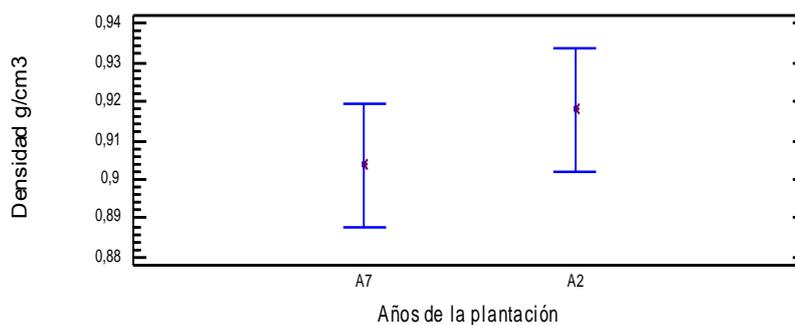


Figura 3.2. Medias y desviaciones típicas de la densidad de la madera en ambas plantaciones.

El resultado presentado aquí, de iguales densidades de la madera en guayabos de dos y siete años, se puede explicar por las muestras seleccionadas para los ensayos.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

La poda se realiza en los nuevos brotes, y estos fueron los que se tomaron para la determinación de las propiedades en ambas plantaciones, pues entonces las muestras seleccionadas eran de aproximadamente la misma edad ya que aunque había diferencia en las edades de las plantas, no así en sus brotes.

3.3 Diseño de la pieza para el análisis mecánico

Con la ayuda del programa SOLIDWORKS 2017 se diseñó un implemento para determinar la flexión de las ramas del guayabo. En los Anexos se muestran las piezas por las cuales fue ensamblado el instrumento de la Figura 3.3. Está conformado por una base donde descansan las ramas del guayabo durante el ensayo (Anexo 1; Dibujo Técnico 2). El dispositivo contiene un sensor de la celda de carga Zemic modelo B3GC3 (Anexo 2; Dibujo Técnico 4), en el cual en la parte superior va enroscado un tornillo (Anexo 3; Dibujo Técnico 5) que une al sensor con el tornillo que aplica la carga a la muestra (Anexo 5; Dibujo Técnico 1). En la parte inferior del sensor va enroscada la pieza encargada de hacer contacto con la muestra (Anexo 4; Dibujo técnico 6). Todo va ensamblado en el cuerpo conformado por planchas cabillas cuadradas y vigas (Anexo 6; Dibujo Técnico 3). Fue diseñado para realizar análisis mecánicos como: flexión y rotura.

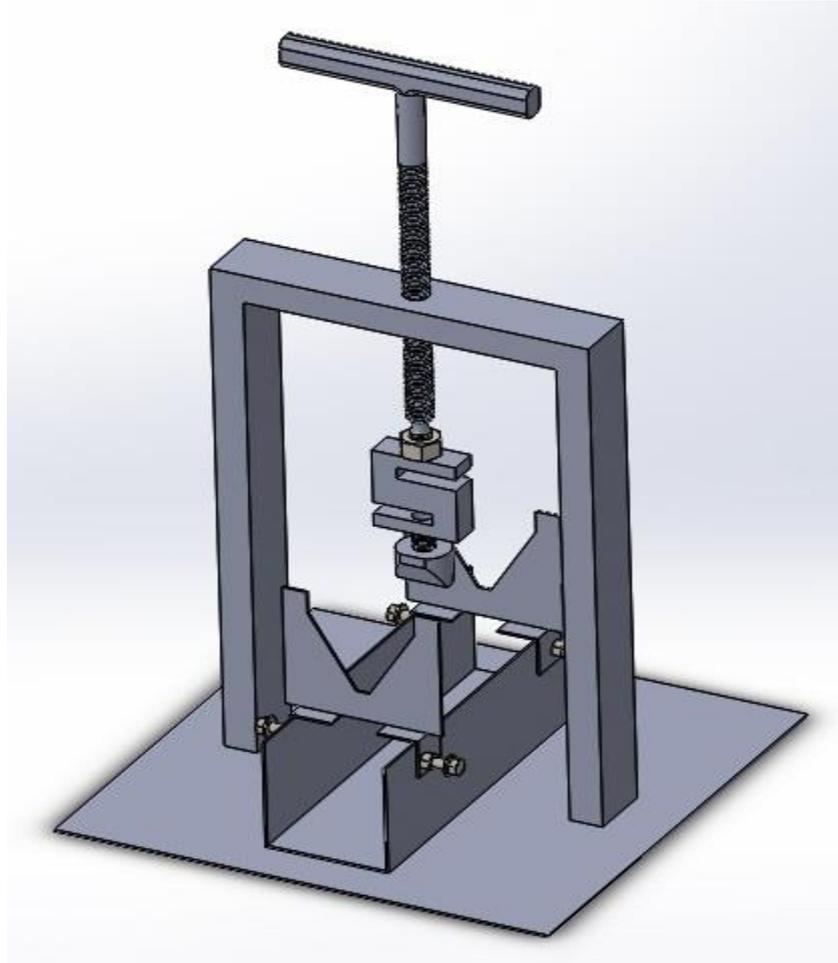


Figura 3.3. Implemento en el cual se realizó las pruebas mecánicas del guayabo.

3.4 Calibración de la celda de carga

La calibración de la celda de carga se realizó mediante el método gravimétrico, para ello se empleó el Data Logger NI-CRio 9012 y se agregaron las cargas entre 5 y 25 kg al extremo de la celda de carga. Los resultados de los registros de la variación de la amplitud de la señal se muestran en la Fig. 3.4 donde se muestra la linealidad de la misma con un Coeficiente de Ajuste R^2 de 100% en el intervalo analizado. La ecuación de regresión obtenida se emplea para realizar los cálculos de lectura de esfuerzos resultando en newton (N)

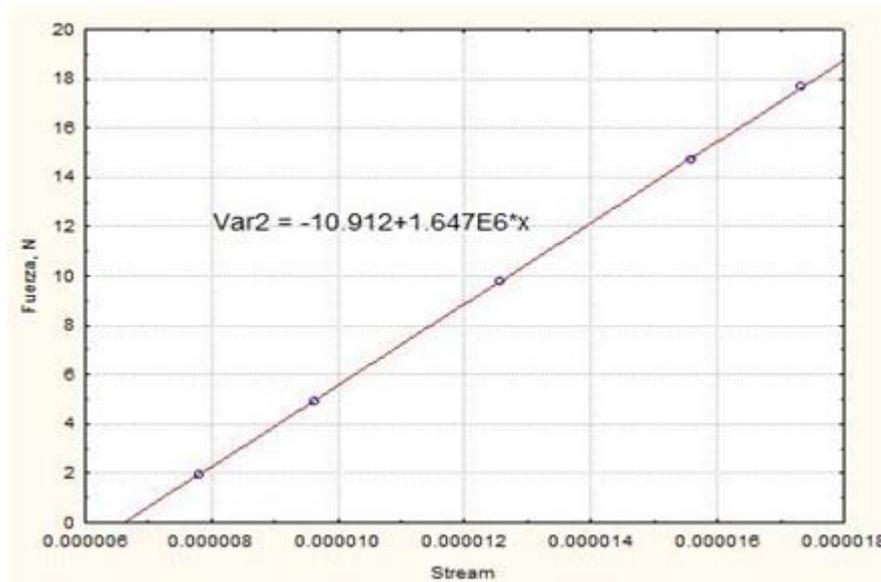


Figura 3.4. Calibración del sistema de carga.

3.5 Resultados de las propiedades mecánicas

La Tabla 3.2 muestra los resultados del módulo de Young para cada diámetro de las ramas investigado. En la Figura 3.5 se aprecia como en la medida en que aumenta el diámetro de la rama se incrementa el módulo de Young. Este resultado es el esperado, debido a que el incremento del diámetro de la rama hace que esta sea más resistente y rígida.

Jorge Armando Rodríguez Gallo Suárez

Tabla 3.2. Diámetro medio en mm, de cada probeta de ramas del guayabo y la media del módulo de Young.

<i>Muestra</i>	<i>Diámetro, mm</i>	<i>Módulo de Young N·m⁻²</i>
2,1	11	682,3881726
2,2	13	666,0573989
2,3	11.5	464,4943412
2,4	12.5	761,8019481
2,5	12.5	466,733004
3,1	16	822,6970352
3,2	16.2	1482,551044
3,3	16	1201,385426
3,4	18	1335,320662
3,5	16.3	1609,993058
4,1	22	7795,33974
4,2	21	8834,272866
4,3	20.5	6678,495948
4,4	21.5	8050,119786
4,5	22.4	9862,29886
5,1	30	20587,6123
5,2	31	16642,32664
5,3	30	18637,64467
5,4	28	19912,01248
5,5	26	11783,22507

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

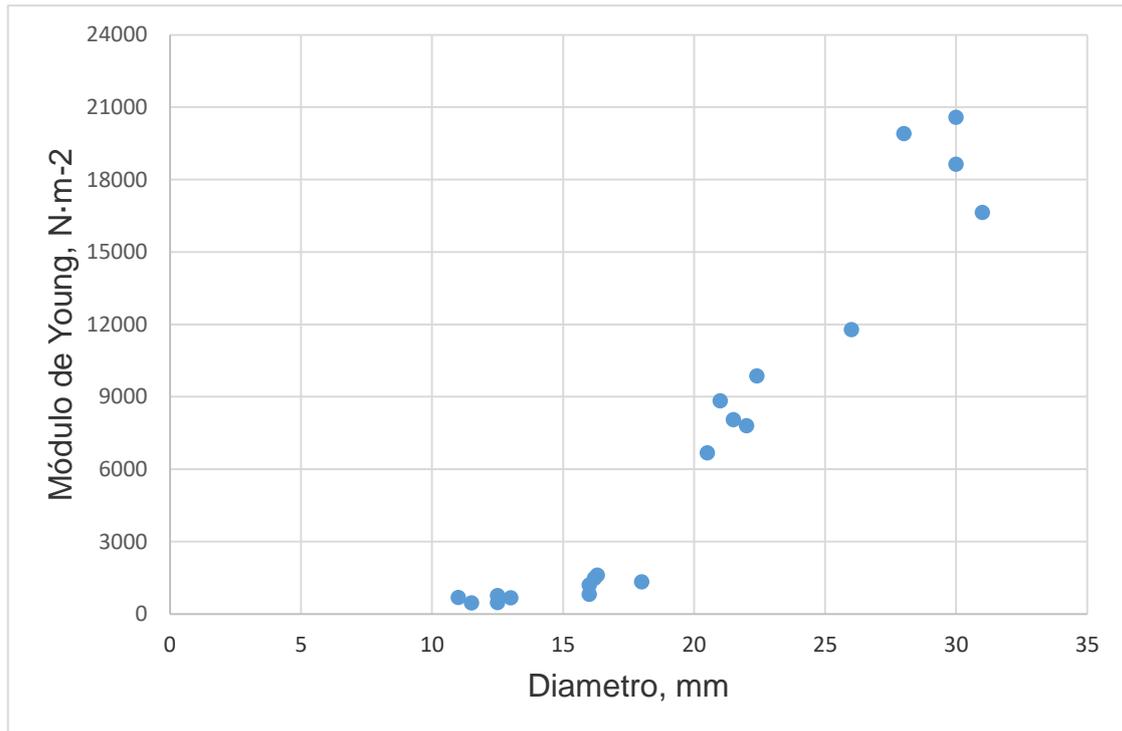


Figura 3.5. Módulo de Young en función del diámetro de la rama.

La Figura 3.6. muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre Módulo de Young y Diámetro. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Módulo de Young} = -13884 + 1051.99 \cdot \text{Diámetro}$$

El estadístico R cuadrado indica que el modelo tal como está ajustado explica el 91.3714% de la variabilidad en Módulo de Young, el cual junto con el coeficiente de correlación igual a 0.955884 expresa una relación relativamente fuerte entre las variables.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

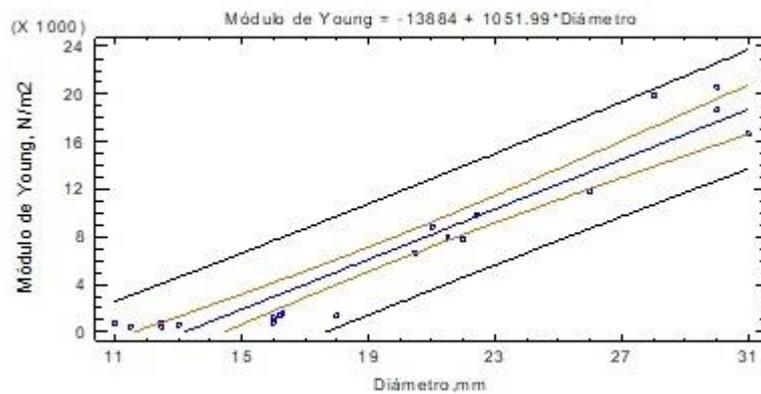


Figura 3.6. Muestra la relación de los diámetros del guayabo con los resultados obtenidos por el módulo de Young.

Conclusiones

Conclusiones

1. Con el trabajo desarrollado se determinaron las principales propiedades físico mecánicas, como densidad y módulo de Young de las ramas del guayabo que son sometidas a poda de fructificación.
2. Se determinó que la densidad media de las ramas del guayabo varía, entre 872,9 y 918,6 kg/m³ para diámetros de las ramas entre 5 y 15 mm.
3. Se determinó que la densidad de las ramas es independiente del diámetro de la rama.
4. Se determinó que existe una relación directamente lineal con una alta correlación entre el módulo de Young y el diámetro de las ramas.

Recomendaciones

Recomendaciones

Continuar el estudio de las propiedades físico-mecánicas de diferentes variedades del guayabo, para obtener la información necesaria para el desarrollo de herramientas para la poda mecanizada.

Referencias Bibliográficas

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

Referencias Bibliográficas

- ABANTO, C.; M. PINEDO; R. BARDALES; E. ALVES: "Efecto de la poda de fructificación y defoliación en el proceso productivo de Camu Camu en la región Ucayali-Perú", *Folia Amazónica*, 23(1): 17-24, 2014.
- AGRICULTURA, M. D. L.: *Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba*, Ed., 2011.
- ARANGO, A.; G. HOYOS; J. FELIPE; C. VÁSQUEZ; A. MARÍA: "Variación de la densidad básica de la madera de eucalyptus grandis en arboles de siete años de edad", *Revista Facultad Nacional de Agronomía medellín*, 54(1 y 2): 1275-1284, 2011.
- ARENAS, F.; A. HERVALEJO: "Avances en la poda mecanizada de los cítricos", *Vida RURAL*: 2014.
- ASOIRO, F.; A. ANI: "Determination of some physical properties of African yam beans", *The Pacific Journal of Science and Technology*, 12(1): 6, 2011.
- BANDERA, E.; L. PÉREZ: "Mejoramiento Genético de Guayabo (Psidium Guajava L.)", *Cultivos Tropicales*, 36(Especial): 96-110, 2015.
- BARRANTES, N.: "Poda y ajuste de la época de producción en el cultivo de guayaba.": 2006.
- BOUDET, A.; A. BOICET; Y. PITERSON: "Estrategia para el manejo sostenible del agroecosistema de guayaba (Psidium guajava L.) en una Finca Agropecuaria ", *Centro Agrícola*, 37(4): 5-8, 2010.
- CARBALLOSA, A.: *Importancia de poda en el cultivo de la Guayaba (Psidiumguajava L.)*, [en línea] Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos96/importancia-poda-cultivo-guayaba-psidiumguajaval/importancia-poda-cultivo-guayaba-psidiumguajaval.shtml> [Consulta]
- CARBALLOSA, A.; B. GASKINS; A. CONSTANTINO: "Determinación de las propiedades elásticas del cultivo de guayaba de la variedad Calvillo Medio Chino": 2014.
- CARBALLOSA, A.; B. GASKINS; O. GONZÁLEZ: "Determinación de propiedades físicas del Guayabo (Psidium guajava L.)", *INGENIERÍA AGRÍCOLA*: 2015.
- CÁRCEL, L. M.; J. BON; L. ACUÑA; I. NEVARES; M. DEL ÁLAMO; R. CRESPO: "Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from Pinus pinea L", *Journal of Food Engineering*, 110(2): 294-297, 2012.
- CASIOPEA: *Momento de Inercia*, [en línea] Disponible en: https://wiki.ead.pucv.cl/Momento_de_Inercia. [Consulta].2012
- CISTERNAS, A.: "Conversion de densidades de la madera.", *Ciencia e Investigación Foreslal*, 8: 1994.
- COLLADO, R.; D. AGRAMANTE; J. PÉREZ; M. PÉREZ; O. GUTIÉRREZ; F. JIMÉNEZ; D. RAMÍREZ: "Selección de líneas clonales de guayaba del cultivar Enana roja (EEA 18-40) para su uso en mejoramiento genético y propagación", *Bioteología vegetal*: 2002.
- CRESPO, R.; E. JIMÉNEZ; P. SUATUNCE; G. LAW; C. SÁNCHEZ: "Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de fernán sánchez (Triplaris cumingiana Fish. Mey.) de quevedo y balzar.": 2008.
- DELITO, O. D. L. N. U. C. L. D. Y. E.; M. I. D. R. NATURALES. *Manual para el productor poda de cítricos.*, Ed., 2017.

Sorje Armando Rodríguez-Gallo Suárez

- FERNÁNDEZ-GOLFIN, J.; M. DIEZ: "Influencia de la anchura del anillo de crecimiento en la densidad y otras propiedades físico-mecánicas de la madera estructural de diversas especies", *Centro de Investigación Forestal*, 3: 1994.
- FERNÁNDEZ, D.; P. HERNÁNDEZ.: "El Guayabo": 2013.
- FIGUEROA, A.: *Variación de densidad básica en la madera de Pinus taeda L.*, 47pp., Tesis (Ingeniero en Maderas), Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile 2007.
- GARCÍA, M.: "Guía técnica del cultivo de la guayaba.": 2010.
- GOGACZ, T.; H. MICHALEWSKI; M. MIO; M. SKRZYPCZAK: "Measure properties of regular sets of trees", *Information and Computation*, 256(Supplement C): 108-130, 2017.
- GRAZIANO, J.: "Poda de árboles frutales.": 2013.
- HERNÁNDEZ, G.; J. PINILLA: "Propiedades de las maderas de especies forestales nativas y exóticas en Chile.": 2010.
- IGARTÚA, D.; S. MONTEOLIVA: "Densidad básica de la madera de Acacia melanoxylon R. Br en relación con la altura de muestreo, el árbol y el sitio", *Sistemas y Recursos Forestales*: 2009.
- INTA: "Recomendaciones para la producción de Guayaba Taiwanesa ": 2018.
- LAKPATHI, G.; M. RAJKUMAR; R. CHANDRASEKHAR: "Effect of pruning intensities and fruit load on growth, yield and quality of guava (psidium guajava L.)", *International Journal of Current Research*, 5(12): 4083-4090, 2013.
- LEIVA, L.: "Manejo fitosanitario del cultivo de guayaba (Psidium guajava, L.). Medidas para la temporada invernal": 2012.
- LEÓN, W.: "Anatomía y densidad o peso específico de la madera ", *Forestal Venezolana*, 54: 67-76, 2010.
- LÓPEZ, M.; S. VALENCIA: "Variación de la densidad relativa de la madera de Pinus greggii Engelm. del norte de México", *Madera y Bosques*: 2001.
- MARTÍNEZ, C.; S. ÁLVAREZ: "Tecnología postcosecha de la guayaba (Psidium guajava L.)": 2005.
- MARTÍNEZ, E.; M. PINTO: "Caracterización de guayaba cubana en Caicara de Maturín, estado Monagas": 2015.
- MARTÍNEZ, L.; P. IBARRA; M. NÚÑEZ: "Mezcla de oligogalacturonidos promueve el enraizamiento de esquejes semileñosos de guayaba (Psidium guajava L.) var. 'Enana Roja'", *CitriFrut*: 2007.
- MARTÍNEZ, P.; M. AZUAGA: "Medición del módulo de elasticidad de Young": 1997.
- MÉNDEZ-MEJÍAS, L.: "Determinación del módulo de elasticidad por los métodos dinámico y estático para madera termo-tratada de Gmelina arborea y Tectona grandis", *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 13: 43-50, 2015.
- MÉNDEZ, L.: "Determinación del módulo de elasticidad por los métodos dinámico y estático para madera termo-tratada de Gmelina arborea y Tectona grandis", *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*: 2015.
- MENDOZA, M.; A. AGUILAR; S. CASTILLO; I. VIDALES: "Guayaba (psidium guajava l.) Su cultivo en el oriente de Michoacán": 2004.
- MENDOZA, M.; A. AGUILAR; S. CASTILLO; I. VIDALES: "Diagnostico del manejo actual del cultivo de guayaba en la region oriente de Michoacán": 2005.
- MONTOYA, J.; S. HELLWIG; H. GONZÁLEZ: "Resultados del ensayo del modulo de young y resistencia a la flexion de vigas laminadas de guadua angustifolia kunth. ", *Scientia et Technica*: 2008.

Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

- NÚÑEZ, C.: "Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera.", *Cienc. Tecnol.*: 2007.
- ONEI: "ANUARIO ESTADÍSTICO DE CUBA 2017": 2018.
- ORDÓÑEZ, M.; N. VENEGAS; R. DÁVALOS-SOTELO; J. BENJAMÍN; T. HERNÁNDEZ; A. GALICIA: "Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación", *Madera y Bosques*: 2015.
- ÖZGÜVEN, F.; K. VURSAVUŞ: "Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts", *Journal of Food Engineering*, 68(2): 191-196, 2005.
- PARDO, A.; M. PÉREZ: "Manejo racional de plantaciones de guayaba", *Grupo de Difusión Tecnológica de Cítricos y Frutales*: 2001.
- PARRA-CORONADO, A.: "Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión", *Colombiana de Ciencias Hortícolas.*: 2014.
- PEREYRA, O.; M. GELID: "ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LA DENSIDAD BASICA DE LA MADERA DE *Pinus taeda* PARA PLANTACIONES DE MISIONES Y NORTE DE CORRIENTES", *REVISTA FLORESTA*: 2002.
- PÉREZ, A.: *Comparación de ensayos a compresión de madera estructural mediante norma UNE y norma ASTM*, Tesis ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS, Universidad de Valladolid, 2014.
- QUIJADA, O.; R. RAMÍREZ; G. CASTELLANO; R. CAMACHO; M. BURGOS: "Tipos de poda y producción de guayabo (*Psidium guajava* L.) en el municipio Baralt, estado Zulia, Venezuela", *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2): 304-311, 2009.
- RAMÍREZ, M.; J. SOTOMAYOR: "Módulos de elasticidad y de ruptura de tres maderas angiospermas mexicanas ", *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología*: 2014.
- RODRÍGUEZ, M.; H. VALDÉS-INFANTE; P. VELÁZQUEZ; R. RIVERO; M. SOURD; G. MARTÍNEZ; L. TAMAYO; R. RODRÍGUEZ: "Colección cubana de germoplasma de guayabo (*Psidium guajava* L.): Establecimiento, caracterización y selección de cultivares", *CitriFrut*: 2010.
- SÁNCHEZ, C.; Z. ACOSTA; J. CABALLERO; G. SELEMA; O. LÓPEZ: "Estrategia de la agroindustria frutícola cubana para garantizar la inocuidad y la calidad de la producción de frutos frescos y transformados", *CitriFrut*, 24: 2007.
- SÁNCHEZ, D.; S. ROA: *Correlación entre la densidad y la flexión estática para *eucalyptus globulus* labill. Procedente de la sabana cundiboyacense.* , Tesis (INVESTIGACIÓN), DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS 2015.
- SEYAM, A.-F. M.; A. S. MONTEIRO; M. MIDANI; J. BARUQUE-RAMOS: "Effect of structural parameters on the tensile properties of multilayer 3D composites from Tururi palm tree (*Manicaria saccifera* Gaertn) fibrous material", *Composites Part B: Engineering*, 111(Supplement C): 17-26, 2017.
- SOLOGUBIK, C.; L. CAMPAÑONE; A. PAGANO; M. GELY: "Effect of moisture content on some physical properties of barley", *Industrial Crops and Products*, 43(Supplement C): 762-767, 2013.
- TORRELLAS, J.: "Cultivo de la guayaba.": 2000.

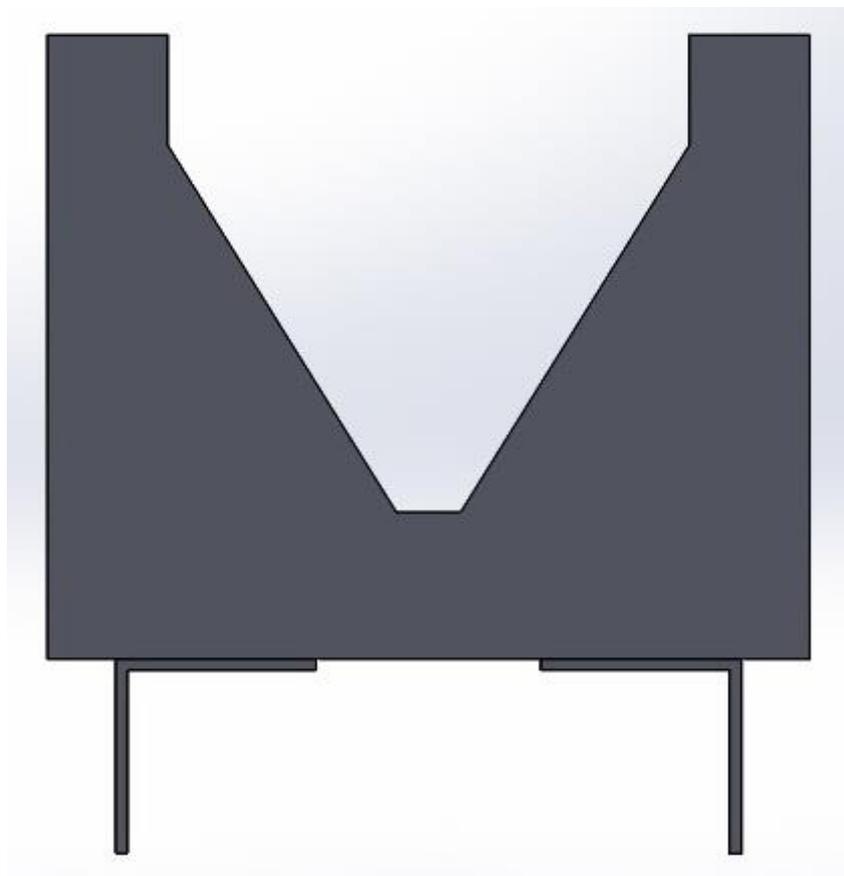
Jorge Armando Rodríguez-Gallo Suárez

- YAM, J.; C. VILLASEÑOR; E. ROMANTCHIK; M. SOTO; M. PEÑA: "Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha ", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*: 2010.
- YIRAT, M.; A. GARCÍA; A. HERNÁNDES; A. CALDERÍN; N. CAMACHO: "Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad enana roja EEA-1-23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente", *Ciencias Técnicas Agropecuarias*: 2009.
- YOZA, L.; E. BARADIT; M. ACEVEDO: "Caracterización de las propiedades físico mecánicas de especies, pino (*pinus patula*) y tornillo (*cedrelinga cateniformis*) provenientes del Perú utilizando técnicas no destructivas.", *Anales Científicos*, 76: 12-16, 2014.

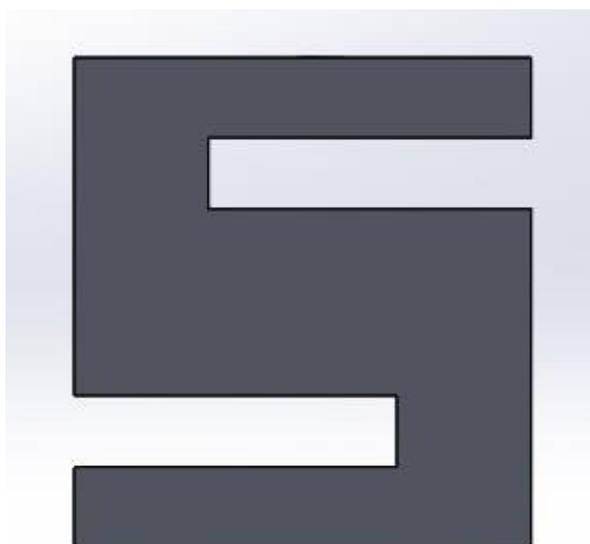
Anexos

Anexos

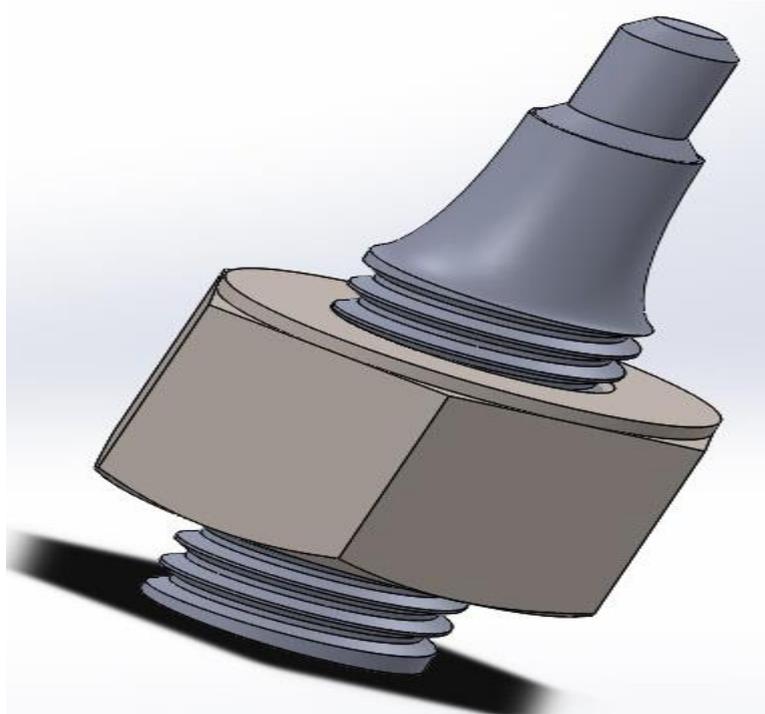
Figuras del implemento diseñado



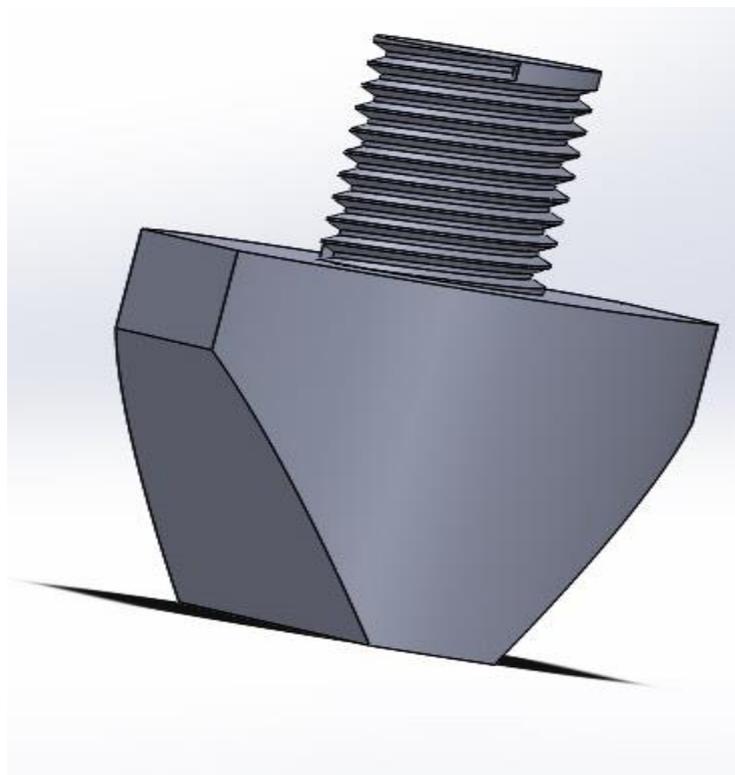
Anexo 1. Base donde descansan las ramas del guayabo para ser procesadas.



Anexo 2. Rediseño del sensor de la celda de carga Zemic modelo B3GC3.



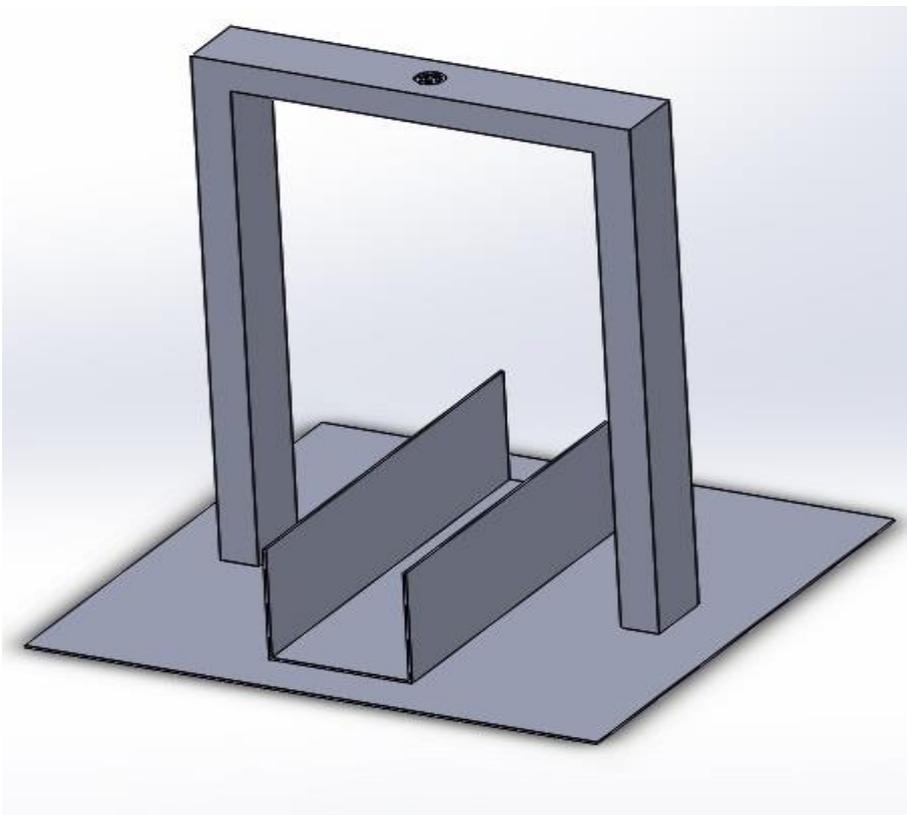
Anexo 3. Va enroscada en la parte de superior del sensor y rota por dentro del tornillo de tal forma que el sensor no de vueltas.



Anexo 4. Va enroscada en la parte inferior del sensor y es la encargada de hacer contacto con las muestras del diseño.

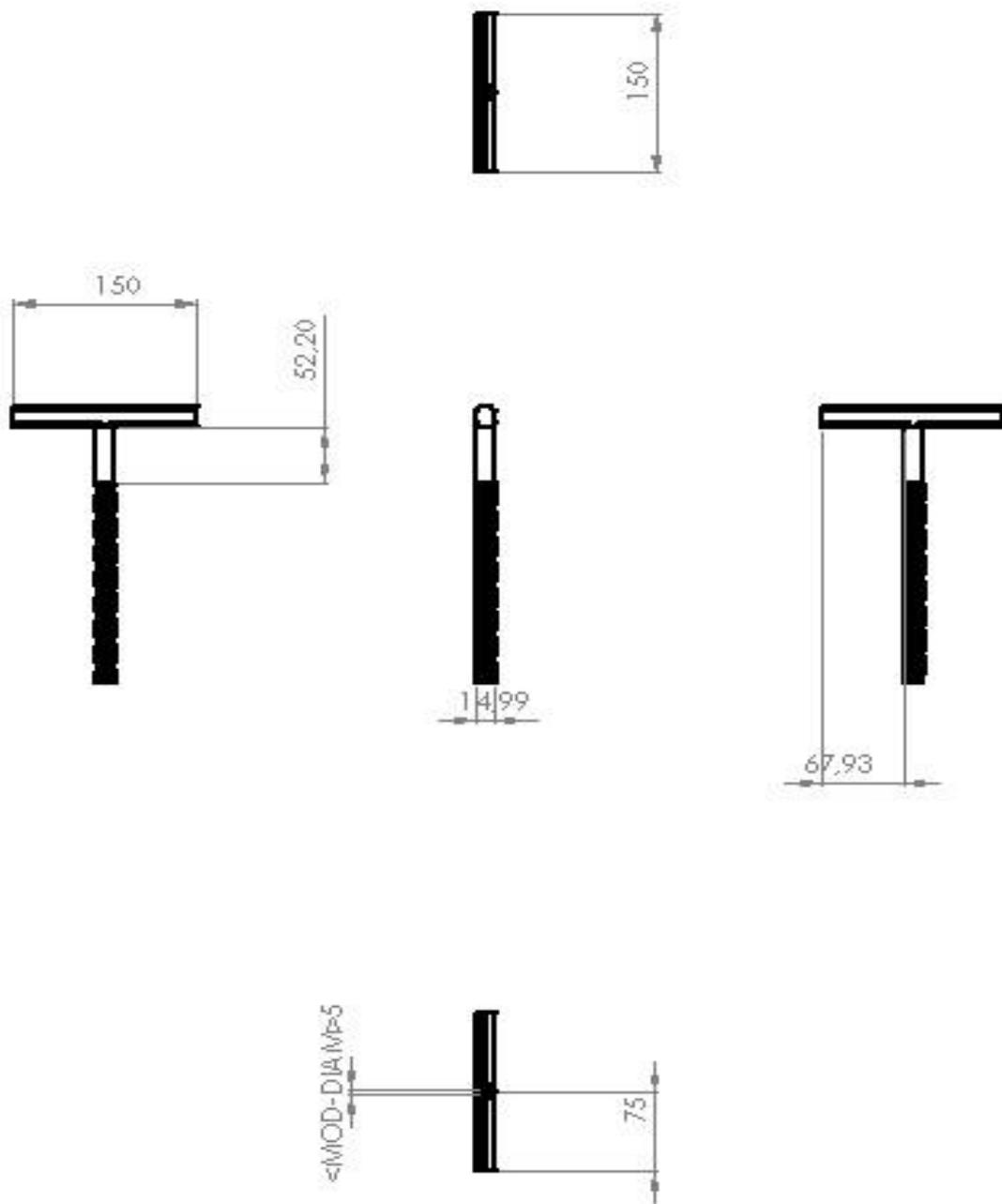


Anexo 5. El tornillo 14 x 2,3, es el encargado de rotar, por el cual se va realizando fuerza a la muestra.

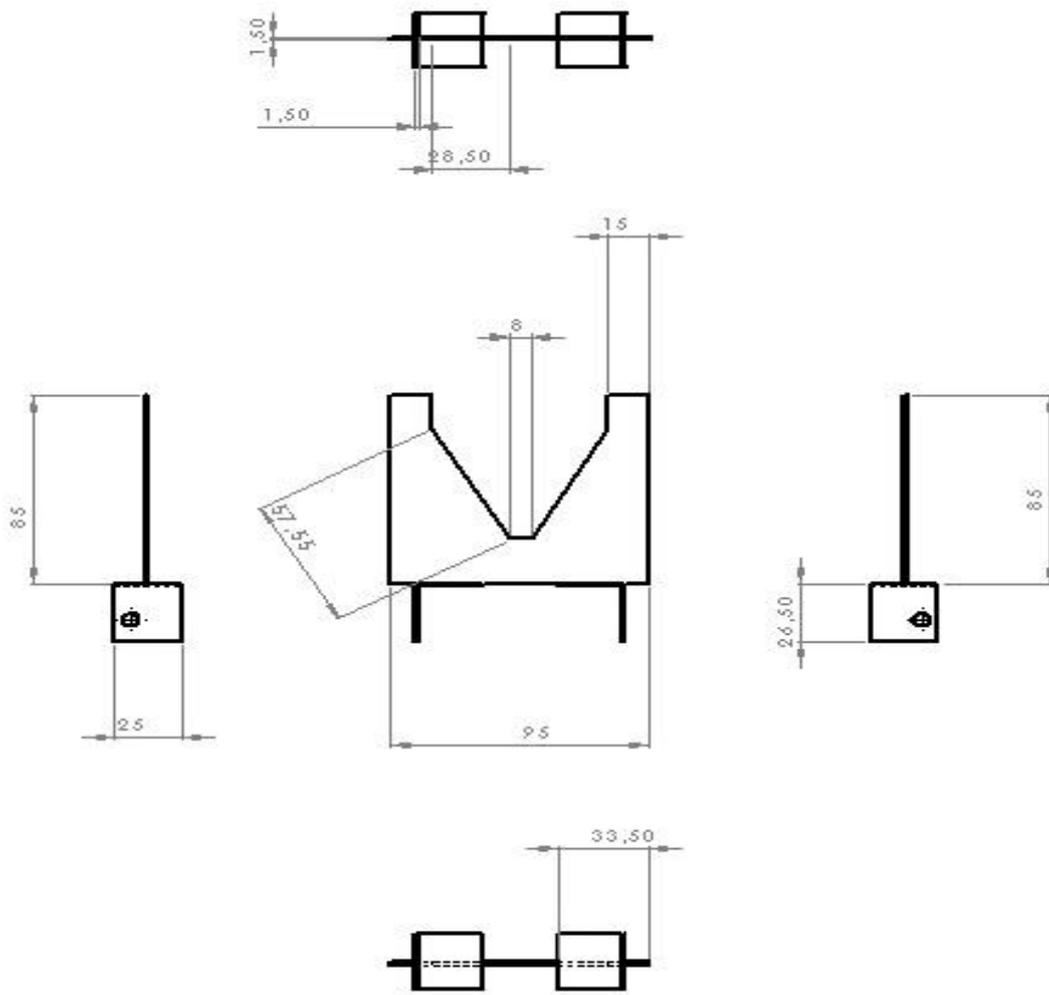


Anexo 6. Esqueleto o armadura en la cual van montadas todas las piezas.

Dibujos técnicos de la pieza desarrollada

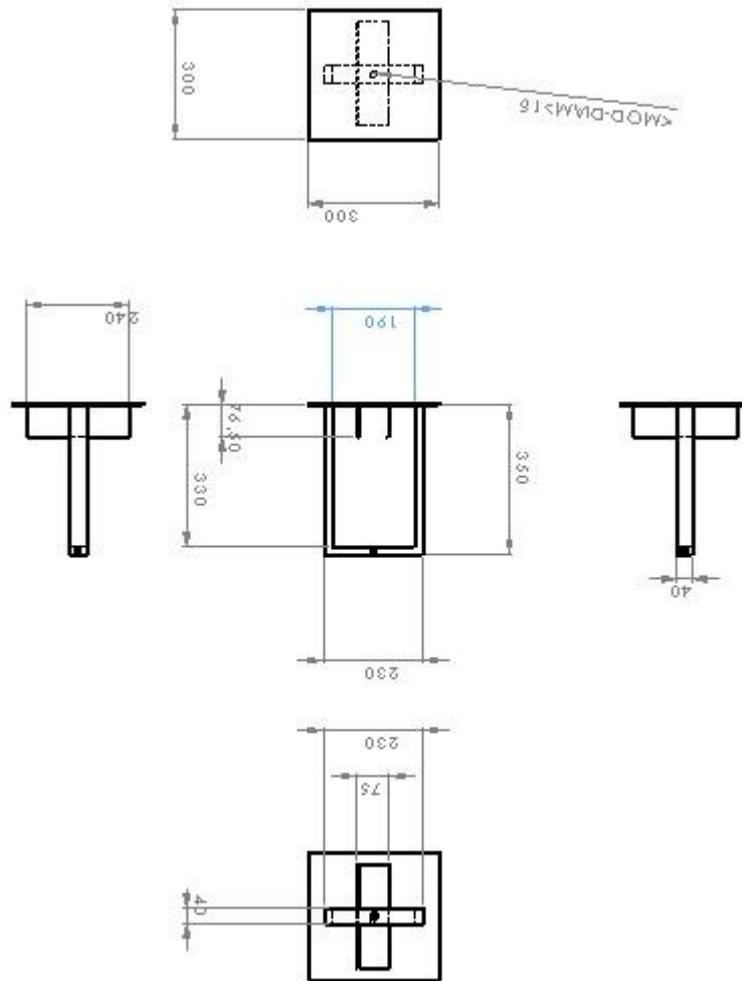


Dibujo Técnico 1. Tornillo.

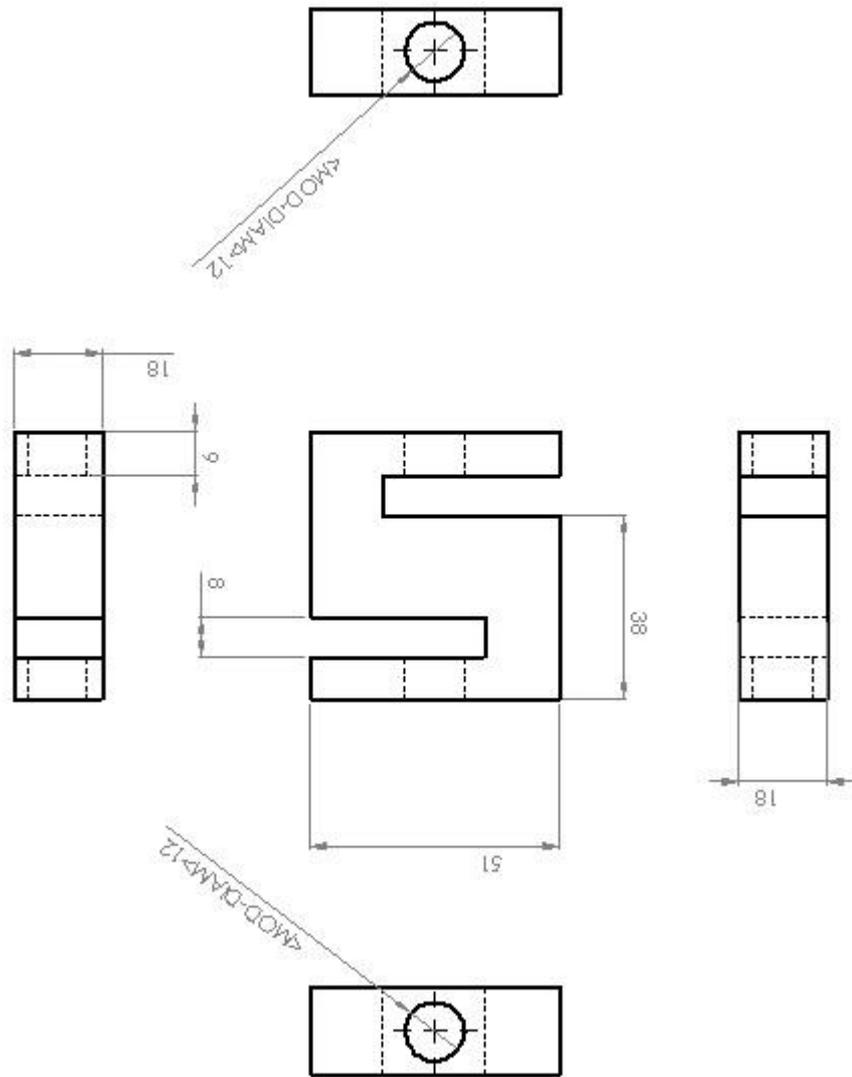


Dibujo Técnico 2. Base donde descansan las muestras.

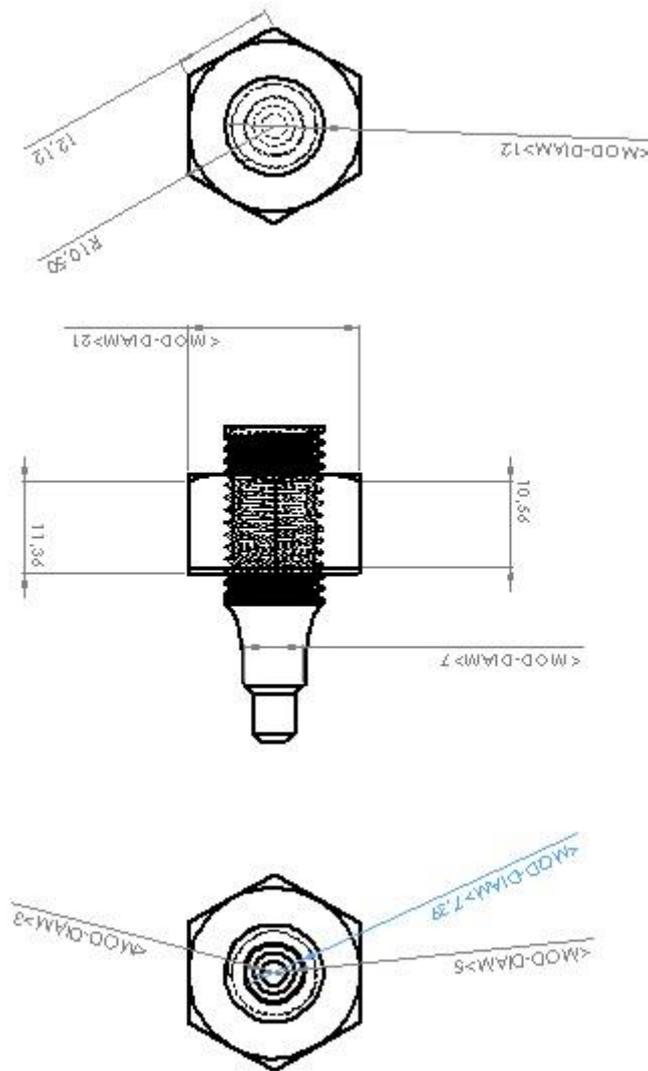
Jorge Armando Rodríguez Gallo Suárez



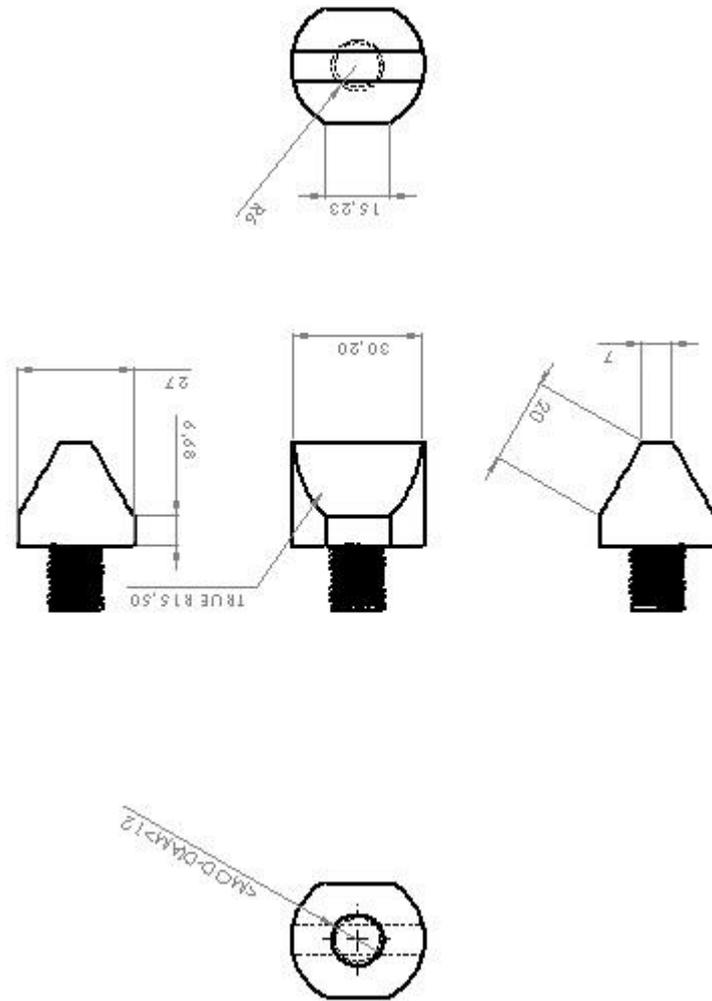
Dibujo Técnico 3. Esqueleto o armadura.



Dibujo Técnico 4. Sensor de la celda de carga Zemic modelo B3GC3.



Dibujo Técnico 5. Va enroscada en la parte de superior del sensor.



Dibujo Técnico 6. Va enroscada en la parte inferior del sensor.