

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

**DISEÑO DEL PROTOTIPO DE UNA CAJA PARA EMBALAJE UTILIZANDO EL
RESIDUO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL FRUTO DE LA PIÑA (*ananas
sativus*)**

Tesis Profesional para obtener el Título de Ingeniero en Diseño

Presenta:

Cindy Agustina Hernández Castillejos

Con la dirección de:

M.C. Ricardo Acevedo Gómez

LOMA BONITA, OAXACA., FEBRERO DE 2014

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico primeramente a Dios por permitirme llegar hasta este momento, por haberme dado salud para lograr mis objetivos, mostrándome su infinito amor, además que me han enseñado a valorarlo cada día más porque todo lo que tengo y recibo es regalo que él me ha dado.

A mis padres Arturo y Lulú por su apoyo, consejos, comprensión, amor, por ayudarme con los recursos necesarios para terminar mis estudios académicos, me han dado lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño, mi perseverancia.

A mis hermanos Arturo y Mariam siempre he contado con ellos, gracias por la confianza que siempre nos hemos tenido.

A mi director de tesis el M.C. Ricardo Acevedo Gómez, le agradezco por todo el apoyo brindado, por sus conocimientos, experiencia, paciencia y su motivación me sirvieron de gran ayuda para la culminación de mis estudios profesionales.

“Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora”

Eclesiastés 3:1

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Papaloapan (UNPA) por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva, apoyándome en mi formación profesional, además de darme el acceso a los talleres y laboratorios para el desarrollo de la presente tesis.

Gracias a mis revisores la Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez, el Dr. Roberto Suarez Orduña y el Dr. Axel Villavicencio Torres por el apoyo, experiencia que me brindaron para culminar este último pasó en mi carrera profesional.

Un agradecimiento a mis profesores que durante cinco años aportaron con un granito de arena en mi formación académica al M.A.V. Alejandro Bravo Guzmán, M.B.A. Enrique Valdés Pliego, M. Arch. Nidia Iliana Pérez Lobato, gracias por todos los consejos y apoyos recibidos de parte cada uno de ustedes.

A mis compañeros de la Universidad Ángela, Armando, Denisse, Fabiola, Geovanny, Idalia, Jazmín, Luis, Víctor, gracias por los buenos momentos que vivimos durante nuestra estancia en la Universidad.

Índice

índice de Figuras	VI
índice de Tablas	IX
índice de Planos	X
Resumen	IX
Capítulo I	1
1. Antecedentes	1
1.1. Generalidades de la piña	1
1.1.1. Composición química.....	2
1.1.2. Producción mundial de piña.....	2
1.1.3. Producción nacional de piña.....	3
1.1.4. Producción de piña por municipio	4
1.1.5. Procesamiento de la piña y sus residuos	4
1.1.1. Tamaños o calibres	5
1.2. Cartón corrugado.....	6
1.2.1. Los papeles y su resistencia.....	8
1.2.2. Papeles utilizados en el cartón corrugado.....	9
1.2.3. Tipos de cartón corrugado	11
1.3. Diseño estructural de la caja	13
Capítulo II	14
2. Consideraciones teóricas del Diseño	14
2.1. Definición de embalaje	14
2.2. Legislación en relación al embalaje.....	14
2.3. Necesidad del embalaje	14
2.4. Dimensiones antropométricas relacionadas al envase y al embalaje.....	15
2.4.1. Antropometría estática.....	15

Capítulo III.....	17
3. Estudio de ámbito real	17
3.1. Materiales de embalaje.....	17
3.1.1. Materiales naturales.....	17
3.2. Decisión sobre el embalaje.....	22
3.3. Puntos a considerar en el desarrollo de un embalaje.....	24
Capítulo IV.....	26
4. Objetivo General	26
4.1. Objetivos específicos	26
4.2. Hipótesis	26
4.3. Justificación	26
Capítulo V.....	28
5. Metodología.....	28
5.1. Etapa 1	30
5.1.1. Diseño de moldes para la elaboración del corrugado y las placas lisas del cartón corrugado.....	30
5.2. Etapa 2	31
5.2.1. Recolección y separación de los residuos agroindustriales producidos por la industria de la región de Loma Bonita Oaxaca.....	31
5.3. Etapa 3	32
5.3.1. Evaluar la resistencia del cartón formado	32
5.4. Etapa 4	34
5.4.1. Evaluar la funcionalidad del prototipo conceptual de la caja para embalaje	34
Capítulo VI.....	36
6. Resultados y discusiones	36
6.1. Etapa 1	36
6.1.1. Diseño de moldes para la elaboración del corrugado y las placas lisas del cartón corrugado.....	36
6.2. Etapa 2	38

6.2.1. Recolección y separación de los residuos agroindustriales producidos por la industria de la región de Loma Bonita Oaxaca.....	38
6.2.1.1. Preparación de la pasta	38
6.3. Etapa 3	45
6.3.1. Evaluar la resistencia del cartón formado	45
6.3.2. Diseño conceptual del prototipo de la caja para embalaje	48
6.4. Etapa 4	56
6.4.1. Evaluar la funcionalidad del prototipo conceptual de la caja para embalaje	56
7. Conclusiones	58
8. Bibliografía.....	60

Índice de Figuras

Figura 1: Aspecto de una planta de piña en campo	2
Figura 2: Fruto de piña fresca en rebanadas.....	5
Figura 3: Empaque de fruta de piña en cajas.....	6
Figura 4: Estructura del cartón corrugado	7
Figura 5: Columnas de una construcción	7
Figura 6: Fibra reciclada.....	9
Figura 7: Papel Liner	10
Figura 8: Papel onda	10
Figura 9: Cartón corrugado Sencillo.....	11
Figura 10: Cartón corrugado doble.....	12
Figura 11: Modelo de Caja de cartón liner Kraft.....	12
Figura 12: Caja de madera para frutas y verduras	19
Figura 13: Cajas para frutas y hortalizas.....	20
Figura 14: Cajas de cartón para frutas y verduras	20
Figura 15: Caja de polietileno.....	21
Figura 16: Saco de yute de Papas	22
Figura 17: Saco de malla para cebollas	22
Figura 18: Sacos de papel para embalaje.....	23
Figura 19: Diagrama de la Metodología	30
Figura 20: Construcción del bastidor.....	30
Figura 21: Molde de flautas.....	33
Figura 22: Recolección de la planta de Piña.....	33
Figura 23: Recolección de la corona y cascara.....	33

Figura 24: Máquina de tracción	34
Figura 25: Sujeción de la caja	36
Figura 26: Colocación de las guías	36
Figura 27: Colocación del Router	37
Figura 28: Prueba de Molde de flautas	37
Figura 29: Molde de las flautas	37
Figura 30: Positivo y Negativo de los moldes de las flautas.....	37
Figura 31: Recolección de las Coronas de Piña.....	38
Figura 32: Recolección de las plantas de Piña.....	38
Figura 33: Separación de los residuos agroindustriales.....	39
Figura 34: Trituración de las plantas de piña.....	39
Figura 35: Cocimiento de la planta y corona de piña	39
Figura 36: Cocimiento con el polimero natural	40
Figura 37: Licuado de Fibras.....	40
Figura 38: Mezcla del residuo fibroso.....	41
Figura 39: Recolección de las plantas de Piña.....	41
Figura 40: Colocación del fieltro	42
Figura 41: Malla invertida	42
Figura 42: Secado natural del papel.....	42
Figura 43: Muestra del Papel de Piña	43
Figura 44: Prensado de los moldes.....	44
Figura 45: Prensado de los moldes.....	44
Figura 46: Muestra de las flautas	44
Figura 47: Cartón corrugado	45
Figura 48: Sujeción de la probeta.....	46

Figura 49: Tensión de la probeta.....	46
Figura 50: Rotura de la probeta.....	47
Figura 51: Valor N de la resistencia	47
Figura 52: Balanza analítica para pesar las muestras.....	48
Figura 53: Secado del cartón en el horno	48
Figura 54: Desarrollo original de la caja para embalaje de piñas.....	50
Figura 55: Desarrollo abierto en isométrico del boceto de la caja	51
Figura 56: Vistas del en isométrico del boceto	51
Figura 57: Vistas del en isométrico del boceto	51
Figura 58: Desarrollo de la caja para embalaje.....	52
Figura 59: Desarrollo en isométrico de la caja	52
Figura 60: Vista de la Caja en isométrico.....	52
Figura 61: Propuesta final de la caja para embalaje.....	54
Figura 62: Vista en isométrico de la caja para embalaje (render)	54
Figura 63: Render de la propuesta de la caja para embalaje	55
Figura 64: Vista de la caja cerrada para embalaje	55
Figura 65: Render de la caja cerrada para embalaje.....	55

Índice de Tablas

Tabla 1: Producción mundial de piña	3
Tabla 2: Producción nacional de piña	4
Tabla 3: Producción de Piña por Municipio en Oaxaca	4
Tabla 4: Tipos de Flautas	8
Tabla 5: Calibres de la Piña.....	16
Tabla 6: Medidas Básicas Promedio Población Adulta.....	17
Tabla 7: Probetas sometidas a las pruebas de tracción	46
Tabla 8: Contenido de humedad.....	47

Índice de Planos

Plano 1: Desarrollo de la caja para embalaje	53
---	----

Resumen

La ciudad de Loma Bonita Oaxaca se encuentra a una altitud de 30 msnm, a una latitud de 18° 06' Norte y una longitud de 095° 53' oeste, es un lugar donde se localizan industrias, empacadoras del fruto de piña entre otras microempresas dedicadas a la extracción de jugo del mismo fruto, las cuales no cuentan con un plan definido para el tratamiento de los residuos agroindustriales.

Estos residuos agroindustriales se generan a partir de la cosecha, producción y transformación de la piña, se han venido utilizando como alimento para el ganado vacuno de forma estratégica emergente para enfrentar las sequias de la región. El presente proyecto, se enfoca en proporcionar una propuesta de utilización de estos residuos agroindustriales, en la elaboración de cajas para embalaje y transportación de piña, ayudando principalmente al manejo sustentable de los residuos, dando una alternativa para apoyar a los microempresarios de la región, dedicados a la extracción de jugo de piña. Para la realización del proyecto, se investigó los antecedentes del cartón corrugado y los tipos de embalaje que hay en el mercado. Concluyendo que la estructura del cartón corrugado es la más resistente. La resistencia del cartón corrugado se basa en el trabajo conjunto de su estructura (una primer tapa el liner, la flauta y una segunda tapa liner) un sándwich.

Teniendo dicha información se procedió a la construcción de los moldes de las placas lisas y las flautas para la elaboración del cartón corrugado. Se recolecto el material de los residuos agroindustriales del fruto de la piña, con los pequeños microempresarios dedicados a la venta de jugo de piña, ubicados en la avenida Ferrocarril de esta ciudad, ellos proporcionaron cascara y corona de piña, la planta se recolecto de los campos Piñeros que se encuentran ubicados a los alrededores de la ciudad de Loma Bonita Oaxaca.

Se comenzó por triturar los residuos hasta quedar en pequeñas partes, de manera que estas pudieran ser más factibles a la molienda que se efectuó después de la

cocción. Se realizaron pruebas con diferentes polímeros naturales como el almidón de yuca, papa, trigo y maíz. Para demostrar con que polímero se adherían más rápidamente entre sí las fibras, el polímero que resultó poseer mayor poder de adhesión fue el trigo, debido que la cantidad de carbohidratos que contiene es mayor que los polímeros que se probaron. En general los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen.

Dicho polímero se agregó a la fibra de corona y planta de piña cuando se colocaron a ebullición realizándose su curado en combinación con las fibras, se procedió a licuar dicha mezcla, para después obtener fibras de entre 2 y 5 mm de longitud en forma de pasta acuosa.

La pasta se vertió en un depósito de 1.5x1.5 m, agregando agua para la dispersión de las fibras, se sumergió una malla metálica de 3 mm de separación entre la trama y la ordimbre, para extraer las fibras en forma de lienzo y de esta forma provocar la escorrentía para eliminar la mayor parte de agua, quedando una película de fibras húmedas que constituyen la hoja de papel; la deshidratación se realizó por medio de dos métodos: el primero fue en una estufa a 80°C durante 30 min. El segundo se realizó por medio de secado convencional natural, dicho proceso duro de 12 a 18 horas.

Al pasar este tiempo las fibras se adhirieron fácilmente con el polímero utilizado formando el papel. Siendo esta la primera tapa o liner de 230 g/m², médium de 120 g/m² y liner 2 de 225 g/m², además del adhesivo para obtener un promedio de 0.882 Kg/m².

En las flautas se fabricaron moldes de prueba, la pasta acuosa tomara esta forma, se trabajó con una prensa hidráulica para transmitir una fuerza de 50 N sobre los moldes, quedando de esta forma las flautas sobre moldes. El proceso de secado de las flautas fue por convención natural. Al tener la estructura, Inmediatamente después, a las tapas (liners) se les coloca una película del polímero como adhesivo, fueron pegados ambos lados en las flautas, obteniendo una estructura con elevada resistencia y rigidez en relación a su peso.

Se realizó el ensayo de tracción del cartón corrugado formado que consistió en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produjo la rotura teniendo un resultado de 141.50 kgf/m^2 . Con esto se determinó que el cartón corrugado tiene adecuada resistencia para ser ocupado como embalaje del producto de la piña

Abstract

The city of Loma Bonita Oaxaca is located at an altitude of 30 meters above sea level, at latitude 18° 06' North and a longitude of 095° 53' West, is a place where industries are located, packing the fruit pineapple and other micro-industries dedicated to the extraction of juice from the same fruit, which do not have a definite plan for the treatment of agro-industries waste.

These agro-industrial waste generated from harvesting, production and processing of pineapple, and have been used as food for cattle strategically to address emerging droughts in the region, this research focuses on providing a specific use in the manufacture of packaging boxes and transportation of this fruit fresh preventing blows that could contribute to the decline in the quality of this, mainly helping the sustainable management of this waste and supporting the economy of the region.

This project focuses on providing a proposal for use of these agro-industrial wastes in developing boxes for packaging and transportation of pineapple, primarily helping the sustainable management of waste, giving an alternative to support entrepreneurs in the region, dedicated to the extraction of pineapple juice. For the project, the background of corrugated cardboard and packaging types on the market was investigated. Concluding that the corrugated structure is stronger. The resistance of corrugated board is based on the joint work of its structure (a first cap liner, flute and a second cap liner) a sandwich.

Initially we proceeded to the construction of the molds of smooth plates and flutes for corrugated board production. We collected material from agro-industrial waste from pineapple fruit, with small entrepreneurs engaged in the sale of pineapple juice, located on Ferrocarril Avenue in this city, they provided shell and pineapple crown, the plant was collected from the Pineapple Growers fields that are located around the city of Loma Bonita Oaxaca.

It began by grinding the waste to be in small parts so that these may be more feasible to milling was performed after cooking. Tests were performed with different natural polymers such as starch, cassava, potato, wheat and corn. To demonstrate

that polymer fibers adhered together quickly, the polymer proved to have greater adhesion was wheat, due to the amount of carbohydrate it contains is greater than the polymers were tested. Generally the polymers have excellent mechanical strength due to large polymer chains which attract. This polymer was added to the fiber crown and pineapple plant when placed in boiling performing curing in combination with the fibers, we proceeded to liquefy said mixture, then obtain fibers of between 2 and 5 mm in long aqueous paste.

The paste was poured into a deposit of 1.5x1.5 m, adding water to the dispersion of the fibers was immersed 3mm metal mesh to extract the fibers in the form of linen and thus cause runoff to remove most water, leaving a film of wet fibers constituting the sheet of paper, and the dehydration was conducted through two methods, the first being in an oven at 80 ° C for 30 min. The second was made by means of conventional drying naturally, the process drive of 12 to 18 hours.

By spending this time the fibers are easily adhered to the polymer used to form the paper. Being the first lid or liner of 230 g/m², the medium 120 g/m² and the second lid of 225 g/m², and the adhesive for an average of 0.882 kg/m².

In Flutes test molds were made, the slurry take this form, we worked with a hydraulic press to transmit a force of 50 N on the molds, thus being flutes on molds. The drying process was flutes natural convection. By having the structure, immediately after the covers (liners) are fitted with a polymer film as an adhesive, were glued both sides on flutes, obtaining a structure with high strength and stiffness to weight ratio.

Test conducted corrugated board traction formed which consisted of subjecting a standard specimen to an increasing tensile axial stress until breakage occurred obtained result of 141.50 kgf/m². This was determined that the corrugated board has adequate resistance to be occupied as product packaging pineapples.

Capítulo I

1. Antecedentes

1.1. Generalidades de la piña

La piña (*Ananas sativus*) es una fruta tropical originaria de Brasil. La encontraron los españoles durante la conquista de América. Los indígenas la llamaban Ananas, que significa "fruta excelente".

La piña es una fruta de la familia de las Bromeliáceas, es no climatérica que produce pequeñas cantidades de etileno en términos para la maduración (Somogyi L.P. and Ramaswamy H.S., 1996), planta vivaz con una base formada por la unión compacta de varias hojas formando una roseta (Figura 1). De las concavidades de las hojas pueden surgir retoños con pequeñas rosetas basales, que facilitan la reproducción vegetativa de la planta, tienen un tallo después de 1-2 años que crece longitudinalmente y forma en el extremo una inflorescencia, sus hojas son espinosas que miden 30-100cm de largo, sus flores son de color rosa y tres pétalos que crecen en las axilas de unas brácteas apuntadas y de ovario hipógino. Son numerosas se agrupan en inflorescencias en espiga de unos 30cm. de longitud de tallo engrosado, las flores dan fruto sin necesidad de fecundación y del ovario hipógino se desarrollan unos frutos en forma de baya, que conjuntamente con el eje de la inflorescencia y las brácteas, dan lugar a una infrutescencia carnosa (sincarpio). En la superficie de la infrutescencia se ven únicamente las cubiertas cuadradas y aplanadas de los frutos individuales (Revista Claridades Agropecuarias No. 86 Octubre de 2000, ASERCA, SAGARPA).



Figura 1: Aspecto de una planta de piña en campo, mostrando la Arquitectura de sus hojas, fruto y corona.

1.1.1. Composición química

La composición de la parte comestible del fruto de la piña presenta variaciones relacionadas con el manejo de la plantación (Rebolledo Martínez, A., Uriza Ávila, D. E., 2011), ambiente y grado de madurez. Tiene un contenido de agua del 81 al 86%, quedando el restante 14 a 19% como sólidos totales: de ellos la sacarosa, glucosa y fructuosa son los principales componentes, con valores de 11 a 17°Bx; en conjunto, los carbohidratos representan hasta el 85% de los sólidos totales y la fibra del 2 al 3%. De los ácidos orgánicos, el cítrico es el más abundante, con cantidades que varían entre 0.4 a 1.2%. La pulpa se caracteriza por la presencia de bajas cantidades de cenizas y compuestos nitrogenados en 0.01%. Del 25 al 30% de los compuestos nitrogenados corresponden a la proteína, de la que casi el 80% tiene actividad enzimática proteolítica, y es conocido como bromelina.

1.1.2. Producción mundial de piña

México se reporta como el noveno productor mundial de piña fresca, en el periodo de 2006 a 2011 como se muestra en la Tabla 1.

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Tailandia	2705180	2815280	2278570	1894860	1924660	2593207
Brasil	2560630	2676420	2491970	1471000	2120030	2365458
Filipinas	1833910	2016460	2209340	2198500	2169230	2246806
Costa Rica	1805000	1968000	1678130	1870120	1976760	2268956
Indonesia	1427780	2237860	1272760	1558050	1390380	1540626
China	1382289	1381901	1385693	1477329	1518900	1351367
India	1262600	1362000	1245000	1341000	1420400	1415000
Nigeria	895000	900000	810332	898376	1052000	1400000
México	633747	671131	685805	685000	701746	742926

Fuente: FAO STAT, 2013.

1.1.3. Producción nacional de piña

En el lapso del 2012, señalan datos del SIAP, los tres estados que aportaron más del 90 por ciento de la producción nacional de piña (ver Tabla 2), Veracruz con 538 mil 749 toneladas; Oaxaca con 103 mil 115 toneladas y Tabasco 47 mil 505 toneladas (SAGARPA).

Estados	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Veracruz	468199	495708	504516	517578	515007	545,730	538749
Oaxaca	101337	100000	118756	157530	104685	98,705	103115
Tabasco	35650	35901	42400	42106	41575	42,360	47505
Nayarit	17253	27402	39062	19306	18350	25,341	27375
Quintana Roo	4678	4360	2641	9705	36050	14,822	10920

Fuente: SIAP, 2013.

La piña que se produce en el país tiene tres usos como destino final. El primero es el consumo de fruto fresco como principal destino con aproximadamente el 70%; la segunda es la industrialización del fruto dedicada a la elaboración de almíbar y jugo representando alrededor del 23-25 % de la producción; y finalmente la tercera con el 5 -7 % destinada al mercado de exportación de piña en fresco.

1.1.4. Producción de piña por municipio

Loma Bonita es el municipio que está obteniendo los mejores resultados a nivel nacional en cuanto a producción de piña (Tabla 3).

Estados	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Loma Bonita	66000	66000	84000	122850	71675	69380	73,324.00
Tuxtepec	30800	29568	30800	31200	29337	28399	28,981.00
San Agustín Chayuco	3,800	3800	3200	3000	3100	28399	0
Santa María Zaniza	320	260	408	259	3850	252	210
San Lorenzo Texmelucan	297	234	159	122	3800	123	166

Fuente: SIAP, 2013.

1.1.5. Procesamiento de la piña y sus residuos

Las formas más comunes de industrialización son las rebanadas y trozos en almíbar enlatados, purés y jugo (Figura 2). Los desechos de la industrialización de la piña constituyen hasta el 65% del fruto, utilizándose solo el restante 35-44 %, lo que representa una gran merma. Mediante procesos especiales suelen aprovecharse sobre una base comercial los desperdicios de la piña, los cuales todavía contienen el 11% de sólidos solubles, de los cuales del 75% a 80% son azúcares, del 7% a 9% ácido cítrico (Felton, G.E., 1949). Además de los residuos provenientes del fruto, se genera el rastrojo, el cual corresponde al material vegetal de la planta. El aprovechamiento de las fibras de rastrojo de piña en materiales compuestos, es una alternativa a las prácticas de eliminación de estos desechos. Dichos residuos fibrosos son considerados lignocelulósicos por estar formados principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, esta composición les confiere propiedades y estructura para ser usados en composta, textiles, en la manufactura de pulpa, papel, producción de combustibles alternativos, enzimas, entre otros. Particularmente las fibras de la hoja de la piña están constituidas principalmente del 85% de homocelulosa, de la cual aproximadamente el 74% lo representa la α -celulosa, teniendo un bajo contenido de lignina de alrededor de 10 % (Khalil A., 2006).



Figura 2: Fruto de piña fresca en rebanadas

1.1.1. Tamaños o calibres

De acuerdo con el convenio establecido con los clientes, se establecen los tamaños de la fruta requerida. Los tamaños se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Calibres de la Piña	
CALIBRE (Número de frutas por caja)	Peso promedio por Fruto(Kg)
4	2.83
5	2.26
6	1.89
7	1.62
8	1.41
9	1.26
10	1.13

Por lo general, las frutas más preferidas por Estados Unidos y Canadá son de calibre 5 y 6 (Figura 3); con poca frecuencia se tiene demanda de los demás calibres, que tienen precios regularmente más bajos por la caja (Mejía García D., 2002).



Figura 3: Empaque de fruta de piña en cajas

1.2. Cartón corrugado

El cartón corrugado es el papel más comúnmente utilizado para la fabricación de embalajes, dado a sus características mecánicas, de resistencia a la carga es un material que ha ido desplazando eficientemente el uso de embalajes de madera y otros materiales. Es uno de los materiales más usados para envase y embalajes debido a sus diversas ventajas como la protección de su contenido durante su transporte, almacenamiento; identificación e imagen; economía; así como su naturaleza reciclable y reciclada. El cartón corrugado se estructura por dos capas de papel (liners o caras) pegadas con un adhesivo a base de almidón de maíz en las crestas de la onda (Figura 4). Cumplidas las etapas anteriores, el cartón pasa a secado y al formateo de dimensión de las planchas. Una vez dimensionadas, las planchas transitan al proceso de conversión, donde el cartón puede ser transformado en dos tipos de cajas: una es la caja normal, que no requiere de una matriz para ser fabricada (Smook G.A.1990).



Figura 4: Estructura del cartón corrugado

La estructura confiere una gran resistencia mecánica, porque se basa en el trabajo conjunto y vertical de estas tres láminas de papel.

Se puede hacer una analogía entre las columnas que forman el cartón corrugado y las columnas de una construcción (Figura 5).



Figura 5: Columnas de una construcción

El cartón corrugado pierde su resistencia si la onda sufre aplastamientos o quebraduras producidos por fuerzas externas. El diseño estructural del cartón corrugado es de vital importancia porque de este depende que el producto llegue en las mejores condiciones.

Tabla 4: Tipos de Flautas			
	Flautas xm		Grosor
Tipo de flauta	ASTM	Ajustados	Mm
Flauta K	90 a 100	100	7
Flauta A	100 a 120	120	5
Flauta C	120 a 140	130	4
Flauta B	145 a 165	150	3
Flauta E	280 a 310	300	1.6

En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de flautas (ver Tabla 4), desde la k hasta la E, teniendo la primera un grosor total de la estructura de 7 mm, mientras que la E tiene un grosor de 1.6 mm, resulta muy importante mencionar que el grosor es uno de los puntos de caracterización del cartón sin embargo resulta importante considerar el número de flautas por unidad lineal, se puede dar el caso de que se suministre una flauta demasiado comprimida que se tiende a caracterizar como una flauta diferente a la real (Rodríguez Tarango J.A., 2009).

1.2.1. Los papeles y su resistencia

El envasado, el almacenamiento, la distribución y el uso por parte de los usuarios finales, son algunas de las etapas a través de las cuales debe pasar una caja hasta llegar a su destino. Por lo tanto, son muy altas las exigencias que enfrenta una caja de cartón corrugado para mantener su resistencia a la constante manipulación. Los pasos que conforman su recorrido generan inevitables desgastes, los que deben ser contemplados en las fases de diseño y fabricación de la caja, con el fin de asegurar sus necesarias propiedades de resistencia.

Son varios los factores que inciden en la resistencia del cartón; entre ellos, el papel su principal materia prima, cumple un rol primordial.

Una diferencia fundamental para determinar la resistencia del papel está constituida por el tipo de fibra que lo estructura. Esta puede ser fibra virgen o fibra reciclada sus propiedades y atributos son distintos: la fibra virgen proviene

del árbol; es más larga y, al existir una relación directa entre la longitud de la fibra y la resistencia, el papel obtenido de esta fibra será más resistente. La fibra reciclada proviene de papel reciclado es más corta, el reciclaje del papel implica someterlo a procesos de reutilización (Figura 6).

Dependiendo del uso que se le dará al papel, en su fabricación se puede utilizar una mezcla de los diferentes tipos de fibra, las que aportarán sus características específicas al producto final (Smook G.A.1990).



Figura 6: Fibra reciclada

1.2.2. Papeles utilizados en el cartón corrugado

Papeles liners (de 126 a 440 g/m²)

- Kraft liner. Es el papel de mayor resistencia mecánica. Está compuesto por un alto porcentaje de fibra virgen y una pequeña proporción de fibra reciclada.
- Test liner. Posee una resistencia mecánica menor que el Kraft liner, está constituido por fibra reciclada. Papel de superficie irregular, su uso es ideal cuando no existen mayores requerimientos de impresión; así mismo, y cuando las exigencias de resistencia para una caja no son muy altas, su rendimiento es óptimo (Figura 7). Se trata de un papel más económico en comparación con los papeles Kraft liner de similar gramaje (Gary A, Smook., 1990).



Figura 7: Papel Liner

Papales (de 90 a 195 g/m²)

- Onda semiquímica. Es un papel que ha sido sometido a procesos semiquímicos de fabricación, lo que le confiere mejores valores físicos-mecánicos.
- Onda corriente. Su proceso de fabricación es en base a papel reciclado cien por ciento (Figura 8).

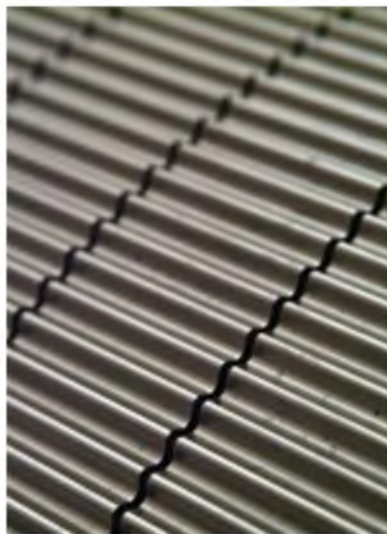


Figura 8: Papel onda

1.2.3. Tipos de cartón corrugado

Corrugado sencillo

Se compone de una flauta y dos tapas liner (Figura 9). Este tipo de cartón es el más utilizado para los embalajes, debido a que se adapta bien a los productos y es fácil de transportar (Smook G.A.1990).

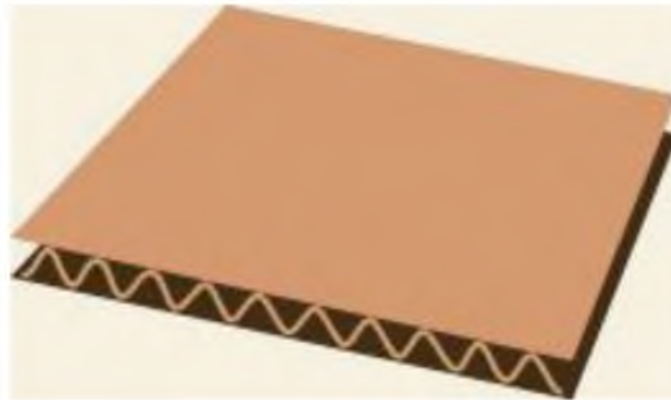


Figura 9: Cartón corrugado Sencillo

Corrugado doble

Las cajas de cartón corrugado doble son más resistentes que las de corrugado sencillo porque son ideales para el almacenaje de productos más pesados y permiten estibar más cajas una sobre otra. El cartón corrugado doble requiere de cinco papeles: tres liners y dos papel onda (Figura 10).

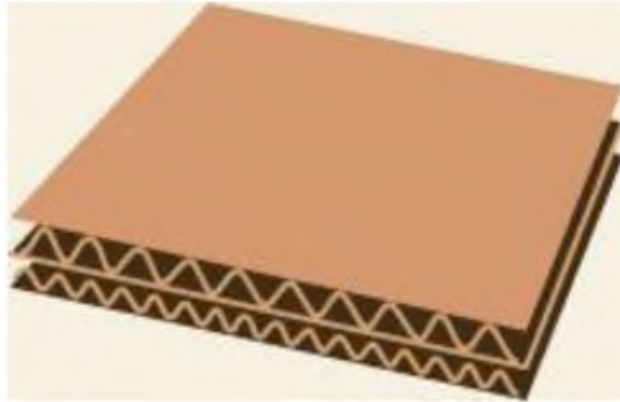


Figura 10: Cartón corrugado doble

Liner Kraft

Las cajas de cartón Kraft son las más utilizadas en la industria ya que por su practicidad y precio económico funciona para todo tipo de empaque (Figura 11).



Figura 11: Modelo de Caja de cartón liner Kraft.

1.3. Diseño estructural de la caja

El diseño de una caja de cartón corrugado deberá considerar el tipo de producto en términos de sus características físicas y químicas, principalmente (En línea <http://www.cajasmex.com/informacion/diseno-estructural>);

Dimensiones: a partir de ellas se definirán las dimensiones internas de las cajas expresadas en largo, ancho y alto.

Manejo, transporte y almacenamiento: definirán la resistencia de la caja en términos de los papeles utilizados así como de la resistencia propia del diseño estructural.

Condiciones climáticas: es importante considerarlas porque dependiendo del tipo de producto podrán tener diferentes reacciones:

Es importante tomar en cuenta que:

- El cartón corrugado es un papel 100% reciclable y no daña el medio ambiente
- El cartón corrugado es plegadizo y ocupa menos espacio en inventario.

Capítulo II

2. Consideraciones teóricas del Diseño

2.1. Definición de embalaje

Según la Norma Mexicana de Envase y Embalaje No. 148 expedida y publicada en 1982, con el título Terminología Básica, en el inciso 3.1.13.

Embalaje.-Es todo aquello que envuelve, contiene y protege debidamente los productos envasados, que facilita, protege y resiste las operaciones de transporte y manejo, e identifica su contenido.

Digiola M. A. (1995), Menciona que el embalaje tiene como finalidad dar al producto envasado una mayor protección para el manipuleo y transporte.

2.2. Legislación en relación al embalaje

Dos aspectos sociales que el ingeniero debe tomar en cuenta son las legales y las ambientales. Toda empresa debe funcionar dentro de las leyes que gobiernan su ramo. Cuando se hace diseño es importante que el ingeniero conozca los aspectos legales, NORMA DEL CODEX DE PIÑA CODEX STAN 182, (1993), que tal vez afecten el producto diseñado.

2.3. Necesidad del embalaje

En la mayor parte del mundo se utilizan cestos, sacos de papel, sacos de malla, bandejas, entre otros, para transportar los productos al mercado. Estos embalajes son baratos y están fabricados con materiales fáciles de conseguir, cumplen su función cuando los productos frescos sólo tienen que recorrer distancias cortas,

pero presentan muchos inconvenientes para los grandes cargamentos que han de recorrer largas distancias.

El objetivo es proteger el producto de los daños que pueda sufrir durante la manipulación, el transporte, el almacenamiento, proporcionando embalajes de tamaño uniforme que sean fáciles de manejar y de contar, además de reducir al mínimo las pérdidas y deseando que estos sean económicos.

En el mercado existe una gran cantidad de tipos de embalaje de papel, madera, plásticos, tanto flexibles como rígidos. Cada uno de estos embalajes, se examinara más adelante, en función de su utilidad, costo y las desventajas que puede presentar cada uno.

2.4. Dimensiones antropométricas relacionadas al envase y al embalaje

La antropometría es la ciencia que aporta los promedios de las medidas totales del cuerpo humano, así como las medidas parciales de los miembros y articulaciones que participan en determinada actividad.

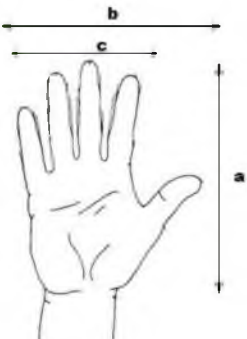
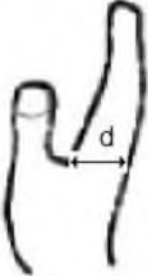

2.4.1. Antropometría estática

Mide las diferencias estructurales del cuerpo humano en diferentes posiciones sin movimiento. Las medidas se toman en posiciones neutras, por eso es indispensable detectar los movimientos que intervienen en la ejecución de la actividad (sus ángulos y medidas principales) claro esta información variara de acuerdo con la raza, edad, sexo.

Teniendo en cuenta que nuestro producto se manipulara en México se tomaron algunas referencias de las tablas ergonómicas de Dreyfuss (Tabla 6).

Niels D., Alvin R. T., Jhoan C.B. (1981). Humanscale 4/5/6 designed by Henry Dreyfuss (1ªed.).Massachusetts Institute of technology Cambridge: The NIT Press.

Tabla 6: Medidas Básicas Promedio Población Adulta

Posiciones básicas de la mano		Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
	<p>a=</p> <p>b=</p> <p>c=</p>	<p>178 mm</p> <p>94 mm</p> <p>86 mm</p>	<p>193 mm</p> <p>104 mm</p> <p>86 mm</p>	<p>205 mm</p> <p>91 mm</p> <p>96 mm</p>
	<p>d=</p>	<p>28 mm</p>	<p>30 mm</p>	<p>33 mm</p>
	<p>e=</p> <p>f=</p>	<p>43 mm</p> <p>94 mm</p>	<p>51 mm</p> <p>104 mm</p>	<p>53 mm</p> <p>112 mm</p>

Capítulo III

3. Estudio de ámbito real

3.1. Materiales de embalaje

Existen varios tipos de materiales de embalaje:

3.1.1. Materiales naturales

Los embalajes contruidos con materiales naturales como cestos, contenedores tradicionales con bambú, retén, paja, hojas de palma, su costo del material y de la mano de obra suele ser bajo, si están bien hechos, los embalajes pueden volverse a utilizar (FAO., 1993).

Desventajas:

- Son difíciles de limpiar cuando los han atacado los organismos de la descomposición;
- No son rígidos, por lo que se deforman cuando permanecen algún tiempo apilados durante el transporte a larga distancia;
- Su forma dificulta la carga;
- Cuando se llenan en exceso pueden causar daños por presión;
- Presentan a menudo bordes cortantes o astillas que pueden rasgar y pinchar el producto.

Madera

Las cajas de madera son rígidas, se pueden volver a utilizar, son de tamaño

uniforme, se pueden apilar bien en camiones (Figura 12). Con frecuencia se utilizan chapas de madera para fabricar cajas o cajones reutilizables, aunque en últimamente se emplea menos este material debido a su elevado costo.



Figura 12: Caja de madera para frutas y verduras

Desventajas:

- Son difíciles de lavar para volverlas a utilizar;
- Son pesadas y costosas de transportar;
- Suelen tener bordes cortantes, astillas y clavos salientes, por lo que es preciso forrar el interior para proteger el contenido.

Cartón

Con cartón macizo o acanalado se fabrican cajas de tapa plegadiza o telescópica (separada), así como bandejas, menos profundas y abiertas por arriba. (Figura 13 y Figura 14).



Figura 13: Cajas para frutas y hortalizas



Figura 14: Cajas de cartón corrugado para frutas y verduras

Las cajas de cartón son ligeras y limpias, puede imprimirse fácilmente sobre ellas publicidad e información sobre el contenido, las cantidades y los pesos. Se presentan en gran variedad de tamaños, diseños y resistencias (FAO., 1993).

Desventajas:

- Si sólo se utilizan una vez pueden constituir un costo recurrente bastante oneroso (si, por el contrario, han de volverse a utilizar, las cajas vacías pueden doblarse para que ocupen menos espacio);
- Se estropean fácilmente si no se pone cuidado al manipularlas y apilarlas;
- Se ablandan por la humedad;

- Sólo resultan económicas cuando se adquieren en grandes cantidades; en pequeñas cantidades pueden ser prohibitivamente caras.

Plásticos vaciados

Las cajas vaciadas de polietileno son resistentes, rígidas de superficie lisa, se limpian sin dificultad y pueden encajarse unas dentro de otras cuando están vacías, a fin de ganar espacio (Figura 15).



Figura 15: Caja de polietileno

Desventajas:

- Sólo pueden producirse económicamente en grandes cantidades, y resulta costoso
- En la mayoría de los países en desarrollo tienen que importarse, lo que aumenta el costo
- Suelen tener muchos usos alternativos, por lo que es frecuente que las roben;
- Se deterioran rápidamente cuando se exponen al sol

A pesar de su costo puede resultar una inversión rentable, pues su resistencia las hace idóneas para el uso reiterado (FAO., 1993).

Fibras naturales y sintéticas

Las bolsas o sacos que se fabrican de fibras naturales como el yute o sisal o con cintas sintéticas polipropileno en forma de red, son utilizados generalmente para cargar productos bastantes resistentes, como papas y cebollas, pero deben manipularse con cuidado para evitar daños. Suelen tener una capacidad de alrededor de 15 kg (Figura 16 y 17).



Figura 16: Saco de yute

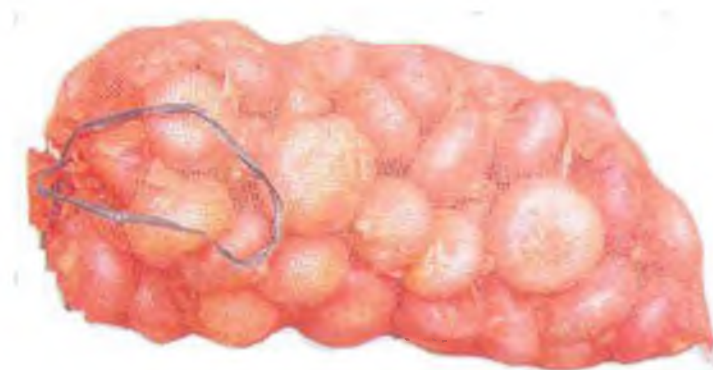


Figura 17: Saco de malla

Desventajas:

- No son suficientemente rígidas y resultan demasiado grandes, por lo que en su manipulación puede dañarse el producto;

- Su superficie es demasiado lisa, que dificulta su apilamiento estable; agregando que se obstaculiza la ventilación cuando tienen un tejido demasiado apretado.

Capas de papel

Los sacos de papel están compuestos de hasta seis capas de Kraft (papel pesado de embalaje). Tienen una capacidad de carga de 25 kg (Figura 18).



Figura 18: Sacos de papel para embalaje

Desventajas:

- Las paredes de papel son penetrables al agua, al vapor y a los gases
- El calor tarda más en dispersarse de las pilas de productos empacados, lo que propicia el deterioro de la fruta y de las hortalizas de hoja comestible;
- El contenido no está suficientemente protegido contra la manipulación indebida de los sacos.

3.2. Decisión sobre el embalaje

Antes de decidir qué tipo de embalaje utilizar, el agricultor o el gerente del almacén de embalaje ha de tomar en consideración muchos factores a fin de asegurarse de que el costo no sea superior a los beneficios. La decisión final ha de tomarse después de consultar a los vendedores, a los proveedores de

embalajes, a los transportistas y al personal de extensión después de la cosecha. Los factores que hay que tener en cuenta son los siguientes:

- Tipo de producto;
- Nivel actual de pérdidas del producto durante el proceso de comercialización;
- Costos respectivos del embalaje actual y del mejorado;
- Reducción prevista de las pérdidas si se mejora el embalaje (sobre la base de los resultados de las investigaciones);
- Aumento previsto de los ingresos por la reducción de las pérdidas;
- Disponibilidad de un tipo uniforme de embalaje; el costo unitario del embalaje disminuye considerablemente cuando se compra en grandes cantidades; el embalaje de diseño especial resulta muy costoso;
- Disponibilidad de un suministro regular del nuevo embalaje;
- Disponibilidad de suficiente espacio de almacenamiento y de montaje para evitar que se estropeen los materiales de embalaje antes de su utilización;
- Acogida que tendrá el nuevo embalaje en el mercado.

Si la introducción de un nuevo tipo de embalaje no aumenta las ganancias, no puede ser económicamente viable. La experiencia indica en general que el buen producto bien embalado tiene una ventaja sobre el producto deficientemente embalado, que las ganancias resultantes pueden cubrir el costo de la inversión. Por consiguiente, un buen embalaje puede considerarse eficiente en función de los costos.

No hay garantías de que, por sí mismo, el nuevo embalaje vaya a eliminar o a reducir considerablemente las pérdidas de producto fresco después de la cosecha, pues el embalaje no es sino un factor más en el esfuerzo por mejorar los procedimientos de manipulación en todas las etapas del proceso de comercialización (FAO., 1993).

3.3. Puntos a considerar en el desarrollo de un embalaje

La función del embalaje es permitir la manipulación, almacenamiento y transporte del producto, por lo que es un material indispensable en la estructura de un producto. La selección del embalaje es determinante en el nivel de daños de un producto, así si tenemos un producto con un embalaje de bajo costo y poca protección tendremos un nivel de daños alto, por el contrario si se tiene un embalaje sobre especificado el nivel de daños será menor, por lo que siempre se deberá considerar el punto de equilibrio de esta relación (Rodríguez Tarango, J. A. ,2009).

En el desarrollo de un embalaje deben considerarse varios aspectos como son:

a) Análisis del producto. Un primer paso en el desarrollo de un embalaje siempre consiste en analizar las características propias del producto a embalar, porque lo que debe evaluarse aspectos como los siguientes:

- Costo
- Peso
- Volumen
- Capacidad de carga
- Estructura rígida o deformable con poco peso
- Fragilidad
- Afectación por humedad
- Afectación por luz
- Deformación temporal
- Deformación permanente
- Importancia de ralladuras
- Posición durante la transportación y almacenamiento
- Producto clasificado como peligroso
- Centro de gravedad

b) Sistema de almacenamiento. Una función primaria de los embalajes, es la de proteger el producto, durante las maniobras de almacenamiento y de estiba, por lo que se debe considerar:

- Forma de estiba (estiba sencilla, doble, triple estiba)
- Forma de conformar los pedidos
- Volumen del producto
- Tipo de almacén (con o sin racks, computarizados o manuales)
- Temperatura y humedad de almacenamiento

c) Sistema de transportación. Un aspecto muy relevante es el diseño de un embalaje es la forma en que será transportado, ya que esto definirá muchos de los elementos del embalaje:

- Tipo de sistema de transporte que se utilizará
- Cargas unitarias o granel
- Tiempo de trayecto
- Condiciones de humedad y temperatura del trayecto
- Transportación normal, refrigerada o congelada.

Capítulo IV

4. Objetivo General

Diseñar conceptualmente el prototipo de una caja para embalaje utilizando el residuo de la industrialización del fruto de la piña (*ananas sativus*), además de evaluar la resistencia a la tracción y a la humedad del cartón que se utilizará para la construcción del mismo.

4.1. Objetivos específicos

- Diseñar moldes para la elaboración del corrugado y las placas lisas de cartón
- Recolectar y separar los residuos agroindustriales producidos por la industria de la región de Loma Bonita Oaxaca.
- Evaluar la resistencia del cartón corrugado formado.
- Evaluar la funcionalidad del prototipo conceptual de caja para embalaje

4.2. Hipótesis

El diseño conceptual del prototipo de una caja para embalaje utilizando el residuo de la industrialización del fruto de la piña permitirá que sea factible su construcción como prototipo real tomando como base las pruebas de resistencias mecánicas.

4.3. Justificación

Una manera de darle valor agregado de forma sustentable y que genere un costo-beneficio a la comunidad de esta región, es la utilización de los desechos agroindustriales generados por la industrialización del fruto de la piña, en la producción de fibras para textil, en combinación con resinas para la realización de muebles entre otros.

Para efectos de esta investigación se tomara la elaboración del prototipo de una caja para embalaje, utilizando la corona y la planta de la piña, como desechos de esta industrialización; la evaluación de esta investigación, se realizara estableciendo las metodologías adecuadas para la obtención de fibras productos de estos desechos de las plantas empacadoras de piña en la región como recurso sustentable.

Capítulo V

5. Metodología

El diagrama siguiente describe el método para el desarrollo del producto utilizando el diseño en ingeniería fusionándolo con el Diseño por excelencia aplicando la técnica del Diseño para el medio ambiente (Figura 19).



Figura 19: Diagrama de la metodología

El diseño en ingeniería tiene elementos tanto funcionales como estéticos para la creación de productos, que cumpla los deseos y las necesidades del consumidor, con un costo de producción bajo, seguro para el cliente, el medio ambiente y rentable para la compañía (Bertoline G. R., Wiebe E. N., Miller C. L., Mohler J. L., 1999).

Para esta etapa se fusiona con el Diseño por excelencia aplicando la técnica del Diseño para el medio ambiente que pretende integrar factores medioambientales en el proceso de diseño de nuevos productos (Miranda, F. 2000). En concreto, los factores ambientales, que se tomaron en cuenta a la hora de proceder al diseño del producto, son los siguientes:

- 1.- Uso de materiales.- Se utilizaron materiales renovables, que en su mayoría son residuos agroindustriales y polímeros, se redujo al mínimo el número de para llegar al producto final.
- 2.- Consumo de energía.- Se obtuvo una reducción de energía en la fabricación de la caja, al utilizar el método de convección natural para el secado de las placas lisas y las flautas del cartón corrugado.
- 3.- Prevención de la contaminación.- Durante el proceso de producción se ocupó material fibroso incapaz de contaminar el aire.
- 4.- Residuos sólidos.- Se redujo al máximo el volumen de residuos sólidos durante su proceso de fabricación. Por ello los materiales de diseño como los biopolímeros de almidón de trigo y los residuos agroindustriales de la piña que se ocuparon para hacer la estructura del cartón corrugado, son reutilizables y reciclables.

5.1. Etapa 1

5.1.1. Diseño de moldes para la elaboración del corrugado y las placas lisas del cartón corrugado

El cartón corrugado es una estructura formada por un nervio central de Papel onda, reforzado extremadamente por dos capas de papeles liners. En la primera etapa se empezó con la construcción de los moldes.

Para las tapas lisas (liners) del cartón corrugado, se construyó un bastidor con malla metálica de 3 mm con su contramarco (Figura 20).



Figura 20: Construcción del bastidor

Para las flautas (ondas) del cartón corrugado, se realizaron varias pruebas, para obtener el tipo de flauta C (Figura 21). Las herramientas que se ocuparon para hacer las flautas, fue un router para madera con una broca de 3/4”.



Figura 21: Moldes de flautas

5.2. Etapa 2

5.2.1. Recolección y separación de los residuos

agroindustriales producidos por la industria de la región de Loma Bonita Oaxaca

La recolección de la cascara y planta de la piña fue a través de los pequeños microempresarios dedicados a la venta de Piña, la planta se adquirió con algunos de los productores dedicados al cultivo de piña (Figura 22 y Figura 23) que se encuentran ubicados sobre la avenida Ferrocarril en la ciudad de Loma Bonita Oaxaca a una altitud de 30 msnm, a una latitud de 18° 06' Norte y una longitud de 095° 53' oeste.

La planta se recolecto de los campos de piña localizados en los alrededores de la ciudad de Loma Bonita Oaxaca, México.



Figura 22: Recolección de la planta de Piña



Figura 23: Recolección de la corona y cascara

5.3. Etapa 3

5.3.1. Evaluar la resistencia del cartón formado

5.3.1.1. Pruebas de tracción

La resistencia a la tracción, es la fuerza de tracción máxima desarrollada en una muestra de ensayo antes de la ruptura, en un ensayo de tracción llevado a la ruptura en las condiciones prescritas.

El aparato que se utilizó para realizar las pruebas según la norma para propiedades de tensión del papel y cartón con elongación constante T 494 om-06

consistió en dos mordazas de sujeción, cada uno con una línea de contacto para sujetar la muestra, con la línea de contacto perpendicular a la dirección de la carga aplicada, con medios para controlar y ajustar la presión de sujeción, dichas pruebas se realizaron en el laboratorio de químico biológico de la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita Oaxaca (Figura 24).



Figura 24: Maquina de tracción

5.3.1.2. Prueba de humedad

La cantidad de humedad se mide como un porcentaje de su masa relativa a la masa total del papel, y se asume que la humedad se distribuye uniformemente en él.

Método

Se colocan 5 g de cartón en un embudo, se agrega agua hasta saturar el cartón, se le coloca una cubierta al embudo y se deja reposar hasta el momento en que ya no drene el agua y finalmente se pesa el cartón.

Cálculo

$$\%Humedad = \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} \times 100$$

Donde W = peso

5.4. Etapa 4

5.4.1. Evaluar la funcionalidad del prototipo conceptual de la caja para embalaje

En el diseño del prototipo de la caja de embalaje para transportar la piña, se tomaron en consideración las medidas antropométricas, para ser más exacta la antropometría estática de la mano, la cual se relaciona con las posiciones del movimiento de la mano (Figura 25), detectando los movimientos que intervienen en la actividad (sus ángulos y medidas principales). Por esta razón se realizaron algunas propuestas de cajas con distintas ranuras, para finalmente dejar que se adecuó más al usuario y que no le cause dificultad cuando manipule el embalaje en su transportación.

La funcionalidad de este prototipo conceptual se llevó a cabo tomando como base los resultados de la resistencia a la tracción y la humedad que es capaz de retener el cartón que previamente se construyó, sin embargo, es posible que estos resultados marquen la pauta para el aumento o disminución de la carga que soportará esta caja.

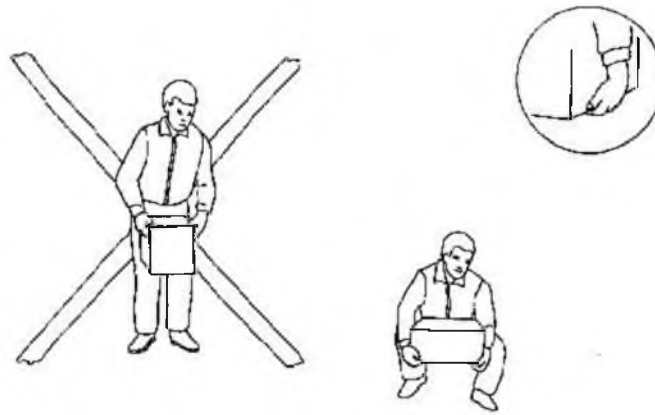


Figura 25: Sujeción de la caja

Capítulo VI

6. Resultados y discusiones

6.1. Etapa 1.

6.1.1. Diseño de moldes para la elaboración del corrugado y las placas lisas del cartón corrugado

En la construcción del molde de las flautas. Se cortaron dos bloques de Madera de pino de 45 cm x 20 cm, se colocaron guías a los extremos de las tablas (Figura 26).



Figura 26: Colocación de las guías

Se ajustó la profundidad del router estableciendo el tope en la base del enrutador (Figura 27). Esto permitió que el motor bajara a la profundidad que se deseaba para hacer el corte (Figura 28).



Figura 27: Colocación del Router



Figura 28: Prueba de Molde de flautas

Al final se obtuvo la flauta del tipo C adecuada a los moldes (Figura 29), teniendo el positivo y negativo de los moldes para que estos embonaran y al hacer las pruebas quedarán las flautas formadas (Figura 30).



Figura 29: Molde de las flautas



Figura 30: Positivo y Negativo de los moldes de las flautas

6.2. Etapa 2

6.2.1. Recolección y separación de los residuos agroindustriales producidos por la industria de la región de Loma Bonita Oaxaca

6.2.1.1. Preparación de la pasta

Teniendo recolectada la cascara y planta de la piña a través de los pequeños microempresarios dedicados a la venta de Piña (Figura 31 y Figura 32).



Figura 31: Recolección de las Coronas de Piña



Figura 32: Recolección de las plantas de Piña

Se separó por cascara, planta y corona, se cortaron los residuos hasta quedar en pequeñas partes de manera que estas pudieran ser más factibles de cocer y utilizar (Figura 33 y Figura 34).



Figura 33: Separación de los residuos



Figura 34: Trituración de las plantas de piña

Las fibras cortadas se colocaron en un vaso de precipitado, en una plancha electrónica llamada termoagitador a su temperatura de ebullición más alta, hasta quedar cocido, después de su cocimiento la fibra permitió desdoblar sus azúcares, el material se volvió más fibroso (Figura 35).



Figura 35: Cocimiento de la planta y corona

Después de tener cocida la fibra se prosiguió a realizar las distintas pruebas con los polímeros de trigo, maíz, yuca y papa (Figura 36). El polímero funciona como

un adherente para que las fibras se unan más rápido. La cantidad de carbohidratos de la yuca 19%, maíz 72 %, trigo 78 % y papa 23 % determino que el polímero a utilizar es el de trigo por tener un alto contenido de carbohidratos.



Figura 36: Cocimiento con el polímero natural

Este polímero con base de trigo se agregó a la fibra de corona y planta de piña, se colocaron a ebullición realizándose su curado en combinación con las fibras, se procedió a licuar dicha mezcla, para después obtener fibras de entre 2 y 5 mm longitud en forma de pasta vistosa acuosa (Figura 37).



Figura 37: Licuado de fibras

Una vez que se ha dado las propiedades necesarias a la pasta con la celulosa del papel y se prepararon convenientemente la mezcla de materias prima (fibras, polímeros), a partir de aquí se realizó la formación de la hoja (Figura 38).



Figura 38: Mezcla del residuo fibroso

6.2.1.2. Elaboración de los lienzos y el corrugado

La pasta se vertió en un deposito de 1.5 x 1.5 m, agregandole agua para la dispersion de las fibras, se sumergio una malla metalica para extraer las fibras en forma de lienzo (Figura 39), quedando una película de fibras húmedas que constituyen la hoja de papel, con un grosor de 1 mm y un gramaje de 250 g/m².



Figura 39: Recolección de las platas de Piña

Se colocó un fieltro (Figura 40) sobre la hoja de celulosa que se formó, para absorber el agua gracias a su alto poder de adsorción. A lo largo de su recorrido el fieltro será lavado y secado para un nuevo contacto con el papel.



Figura 40: Colocación del fieltro

La malla se volteo junto con el fieltro para ejercer presión sobre ella y tratar de absorber la mayor cantidad de agua (Figura 41).



Figura 41: Malla invertida

También se realizó el deshidratado por medio un secado por convención natural (Figura 42), dicho proceso de secado duro de 12 a 18 horas (secado natural).



Figura 42: Secado natural del papel

Al pasar este tiempo las fibras se adhirieron fácilmente con el polímero utilizado formando el papel. Siendo esta nuestra primera tapa o liner de 250 g/m^2 (Figura 43).



Figura 43: Muestra del Papel de Piña

Para las flautas, la pasta acuosa tomará la forma de los moldes que previamente fueron diseñados y fabricados, se trabajó con una prensa hidráulica tipo “H” de piso, con las siguientes especificaciones: MEGA carrera de cilindro 95 M, longitud D, Mega 30 t, kck-30 A.

La prensa hidráulica transmitió una fuerza de compresión de 50 N sobre los moldes, debido a que este fue el resultante de la carga máxima que pudo soportar, quedando de esta forma las flautas (Figura 44 y Figura 45). El prensado húmedo se realizó haciendo pasar la pasta en contacto con un fieltro, en medio de los moldes. De esta forma se consigue eliminar gran parte del agua. Esta función de prensado permitió la extracción de mayor cantidad de agua posible, y ahorro de tiempo en la operación, para terminar el secado por convección natural.



Figura 44: Prensado de los moldes



Figura 45: Prensado de los moldes

Para finalmente después del secado convencional de 12 a 18 horas se tuviesen las flautas ya formadas (Figura 46).



Figura 46: Muestra de las flautas

A los cartones planos se le agrego un adhesivo con base de almidon de trigo, ambos liners son pegados a las flautas, formando la estructura del cartón corrugado (Figura 47).



Figura 47: Cartón corrugado

Los gramajes que conformaron la estructura de mi cartón corrugado fueron liner 1^a 230 g/m², médium 120 g/m² y liner 225 g/m² a esto se le sumo el adhesivo de 0.307 g/m² incluido en el pegado de los mismos, obteniendo así un peso total de la estructura equivalente a 0.872 kg/m².

6.3. Etapa 3

6.3.1. Evaluar la resistencia del cartón formado

6.3.1.1. Pruebas de tracción

La resistencia a la tracción, es la fuerza de tracción máxima desarrollada en una muestra de ensayo antes de la ruptura, en un ensayo de tracción llevado a la ruptura en las condiciones prescritas.

El aparato que se utilizó para realizar las pruebas según la norma para propiedades de tensión del papel y cartón con elongación constante T 494 om-06 consistió en dos mordazas de sujeción, cada uno con una línea de contacto para sujetar la muestra, con la línea de contacto perpendicular a la dirección de la carga aplicada y con medios para controlar y ajustar la presión de sujeción.

Las superficies de sujeción de las dos mordazas deberán estar en el mismo plano y por lo tanto alineado que llevan a cabo la prueba de espécimen en ese plano durante toda la prueba.

Este ensayo midió la resistencia del material a una fuerza estática o aplicada lentamente.

En las pruebas de tracción del cartón corrugado. Se realizaron probetas siguiendo la norma estipulada para cartón corrugado, la probeta fue colocada en los extremos de dos mordazas en una máquina de ensayo (Figura 48 y Figura 49).



Figura 48: Sujeción de la probeta



Figura 49: Tensión de la probeta

El ensayo de tracción o ensayo a la tensión del cartón corrugado consistió en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produjo la rotura de la probeta (Figura 50 y Figura 51).

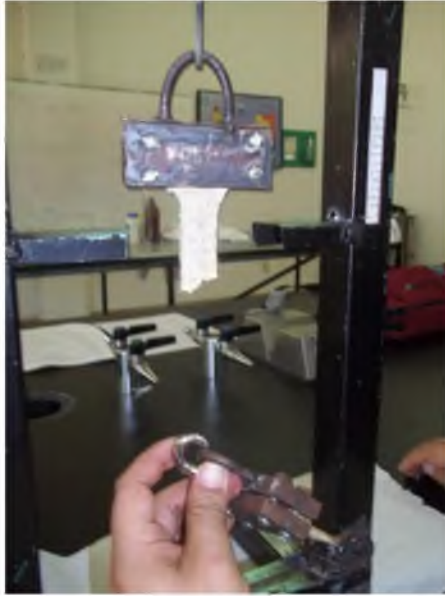


Figura 50: Rotura de la Probeta



Figura 51: Valor en N de la resistencia

Se la sometió a tracción dando como resultado valores similares en casi todas las pruebas (Tabla 7).

N° de Probeta	N (Newton)	Equivalencia en Kgf	Resultado Kgf/m²
1	40	4.08	136.05
2	38	3.88	129.25
3	42	4.29	142.86
4	45	4.59	153.06
5	43	4.39	146.26
PROMEDIO TOTAL		4.24	141.50

6.3.1.2. Capacidad de retención de humedad

La humedad de la celulosa se calcula por la diferencia de peso de una misma muestra húmeda y secada en la estufa hasta obtener peso constante. Para lograr esta prueba se cortaron probetas de 10x10 cm de cartón corrugado colocándolo sobre la balanza analítica para registrar su peso (Figura 52). Se metieron las

pruebas al horno (Figura 53) durante 3 horas a unos 80 °C, para eliminar totalmente la humedad del cartón, cuando estuvieron totalmente secas las muestra se volvieron a pesar cada una por separado y se colocaron sobre un desecador, para tenerla a peso constante.



Figura 52: Balanza analítica para pesar las muestras



Figura 53: Secado del cartón en el horno

Tabla 8: Contenido de humedad			
Nº de Prueba	Peso Seco (g)	Peso húmedo (g)	Resultado %
1	4.90	11.41	132.71
2	4.73	11.25	138.00
3	5.04	11.55	129.36
4	4.91	11.46	133.24
Promedio	4.90	11.42	133.26

6.3.2. Diseño conceptual del prototipo de la caja para embalaje

Después de la obtención del material, se procedió a realizar el diseño de la caja del cartón corrugado, utilizando como materia prima el material obtenido. El embalaje debe presentar resistencia mecánica suficiente para proteger el contenido durante el transporte, el embalaje debe ser adecuado y reciclable.

6.3.2.1. Desarrollo de la caja para embalaje

En la realización del diseño de la caja se realizaron varias pruebas, se propusieron de acuerdo para que estas fueran prácticas para el usuario, recordando que el fabricante o comercializador usa las cajas de cartón corrugado como protección, conservación, transportación y/o presentación de su producto. En el diseño de la caja para embalaje se confluieron elementos químicos, mecánicos, técnicos y estéticos a fin de conjugar las necesidades físicas reales de mercado.

La clave del desarrollo radico en brindar a los clientes el diseño de cajas para embalaje más eficiente, simple y estéticamente llamativa, además de que fuera fácil de ensamblar, los cuales proporcionararan rigidez y estabilidad a la caja.

Las cajas más comúnmente usadas en las fábricas de piña de Loma Bonita Oaxaca, llevan una unión en una de las aristas laterales, el método más frecuente empleado para hacer esta unión, es pegarla con un adhesivo resistente al agua. El segundo método de unión es engrapar el cartón se dobla para formar los laterales y cubierta de la caja. El problema que representa el diseño de esta caja (Figura 54), es que no tiene por donde sujetarse la caja, no cuenta con orificios para permitir la ventilación del fruto, y tampoco con un sistema de embalaje interior que proteja el fruto para que este no se golpee y llegue en buenas condiciones hasta su usuario final. La función de la caja para embalaje es el de proteger el producto (piña) del daño mecánico y de las deficientes condiciones ambientales durante su manipulación, almacenamiento y transporte; además de resistir el apilamiento, almacenamiento a bajas temperaturas y los ambientes con altos contenidos de humedad.

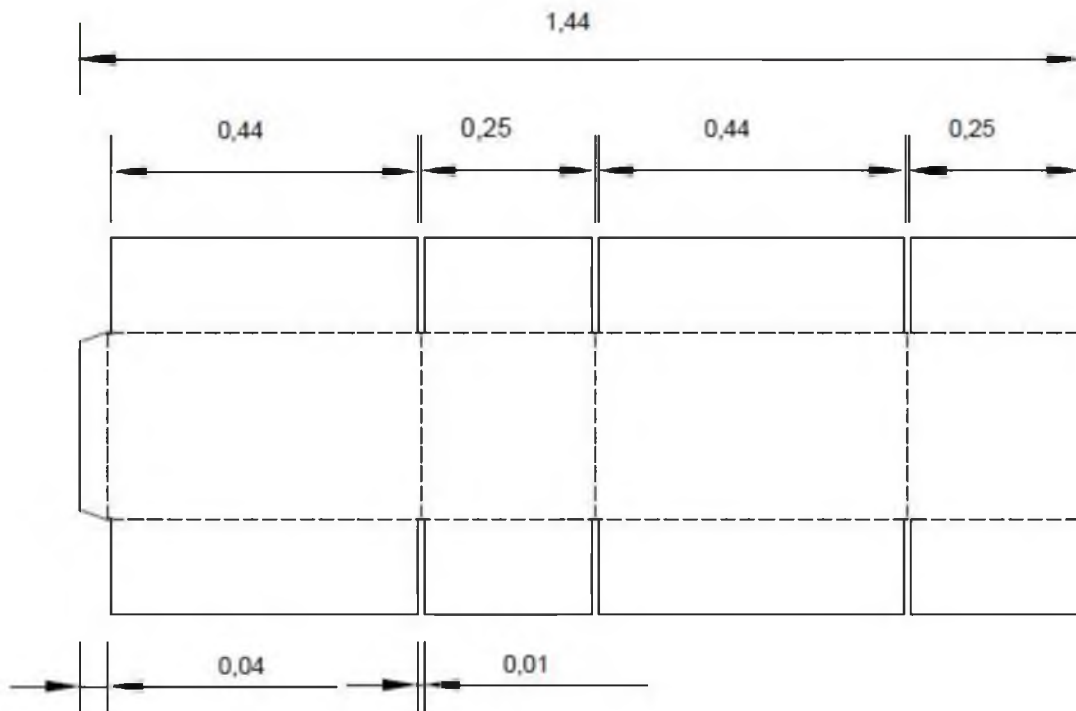


Figura 54: Desarrollo original de la caja para embalaje de piñas (cotas en cm)

6.3.2.2. Bocetos de cajas para embalaje

Como primera propuesta de Diseño se planteó esta caja para embalaje, el cual sigue siendo completamente rectangular, pero su desarrollo es distinto (Figura 55) en este diseño se propuso que se cerrara completamente por ensamble sin necesidad de utilizar algún tipo de pegamentos o grapas. Además se le adherido un divisor interno, como un separador del producto, para que aportara una mayor resistencia a la compresión del embalaje (Figura 56 y Figura 57).

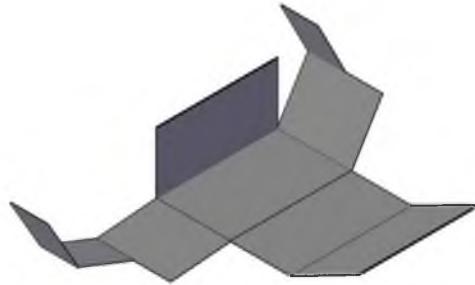
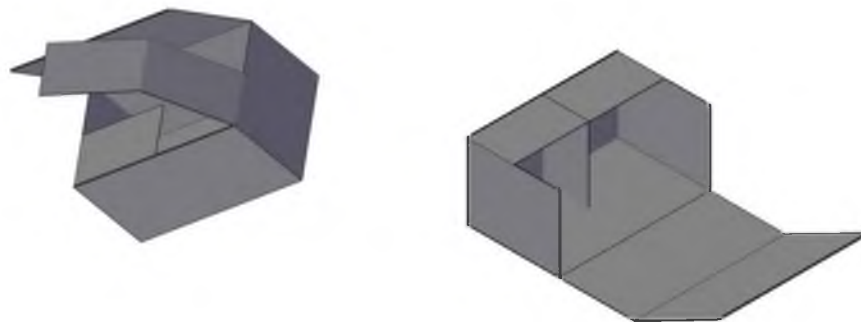


Figura 55: Desarrollo abierto en isométrico del boceto de la caja para embalaje de piñas



Figuras 56 y Figura 57: Vistas del en isométrico del boceto

6.3.2.3. Propuesta Final del Diseño de la caja para embalaje

La propuesta final del Diseño para la caja de cartón corrugado será auto armable; es decir que no se usara ni pegamento ni grapas para armarse (Figura 58). También tendrá su respectivo sistema de ventilación. Esta propuesta de diseño protegerá la piña, manteniéndola inmóvil debido al sistema de embalaje que se creó en el interior de la caja.

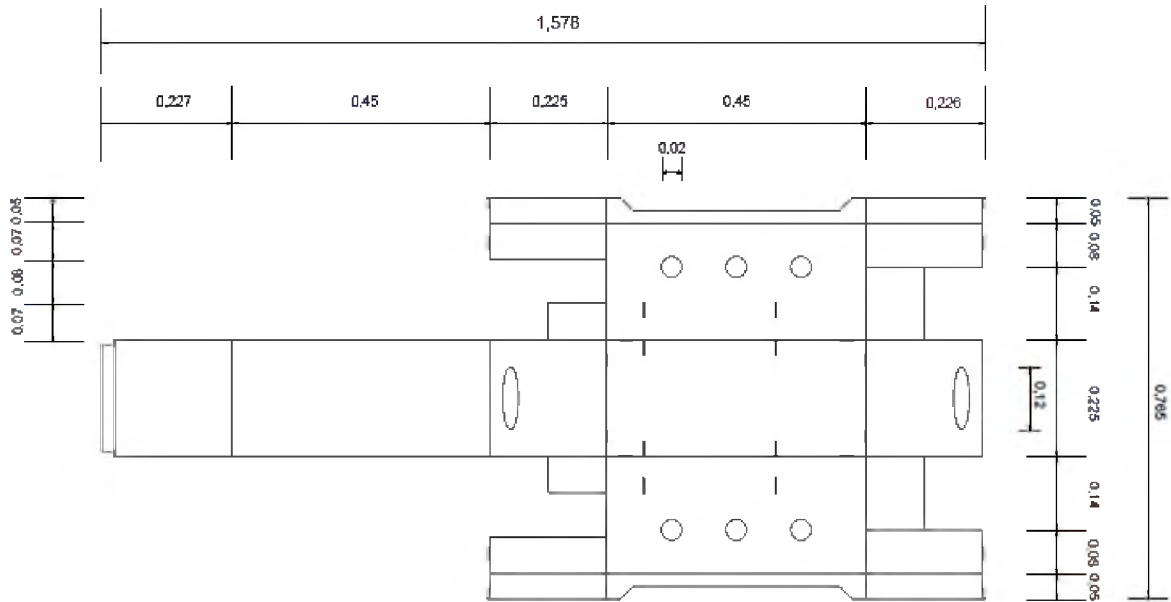


Figura 58: Desarrollo de la caja para embalaje

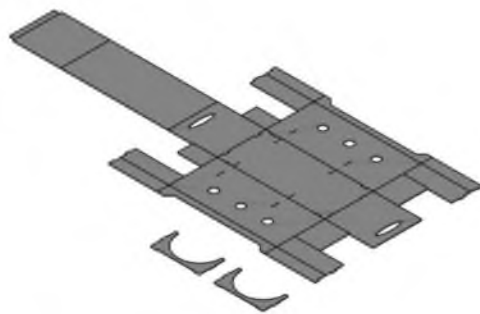


Figura 59: Desarrollo en isométrico de la caja

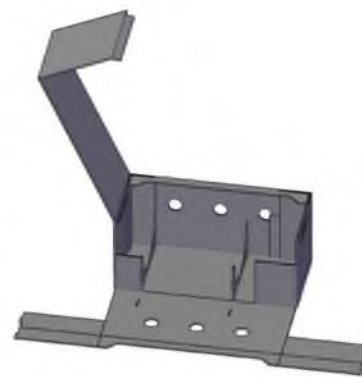


Figura 60: Vista de la Caja en isométrico



Universidad del
Papaloapan
Campus Loma Bonita Oax.

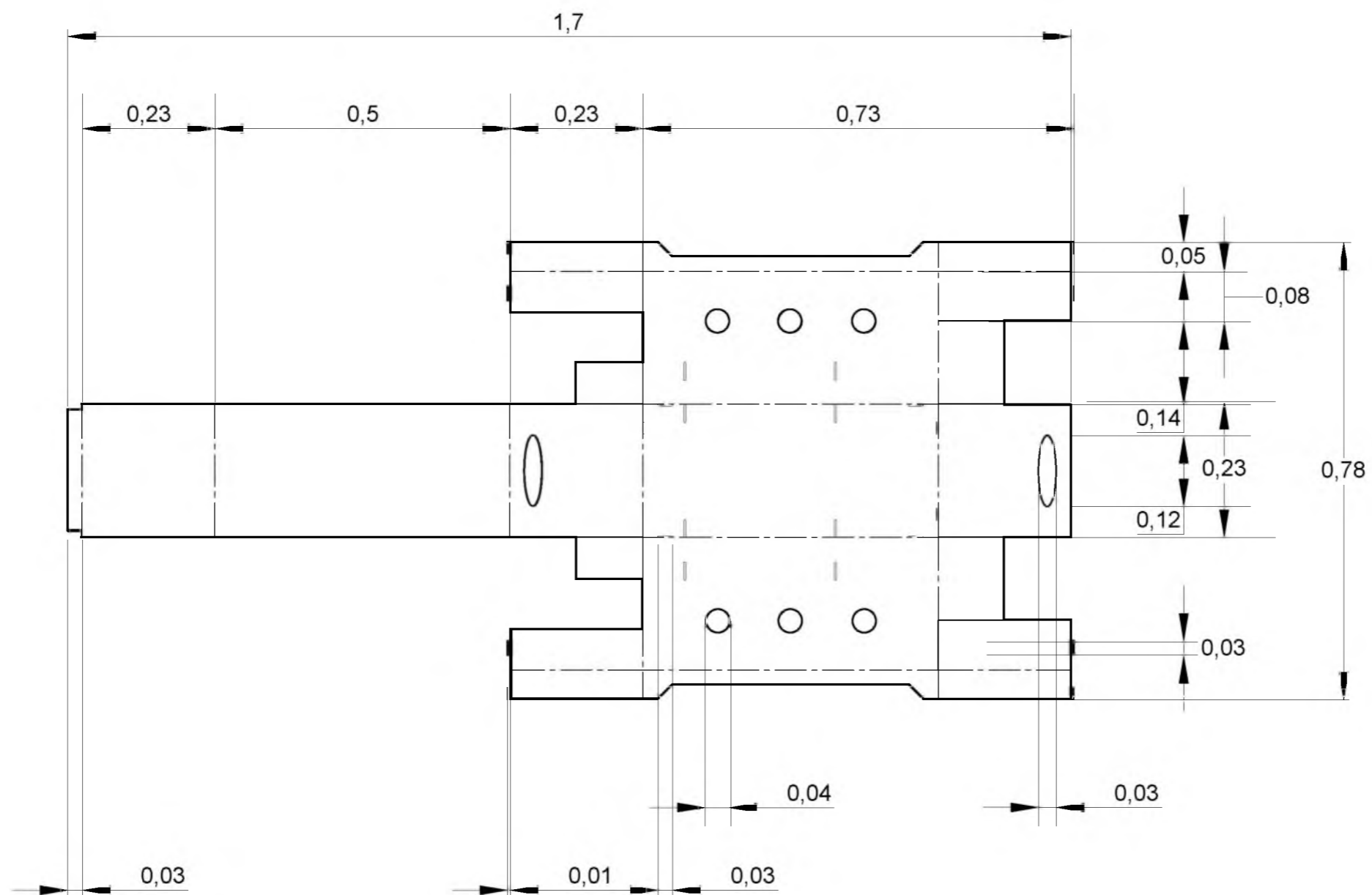
Nombre de la alumna: Cindy
Hernández Castillejos

Nombre del proyecto :
Desarrollo del prototipo para
una caja de embalaje

Tipos de plano:
Plano Industrial

Escala:
1:100

Cotas:
metros



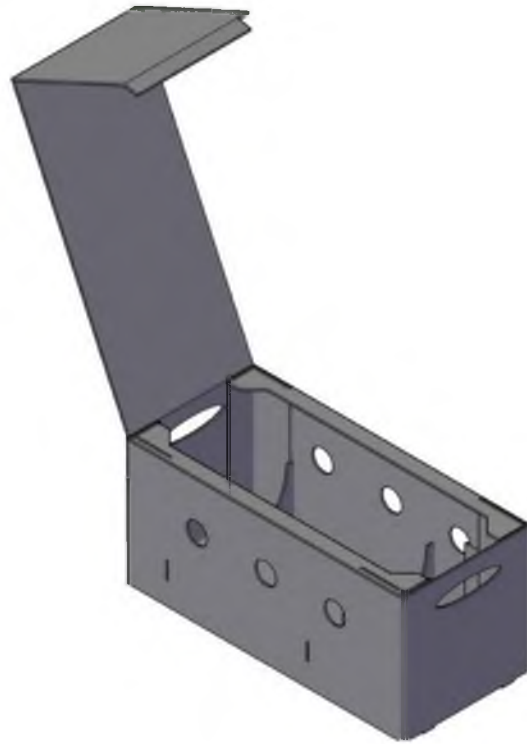


Figura 61: Propuesta final de la caja para embalaje

Los programas que se ocuparon para la realización de los planos y el modelado de la caja en 3D y su respectiva renderización fueron el software de Auto Cad y sketch Up.

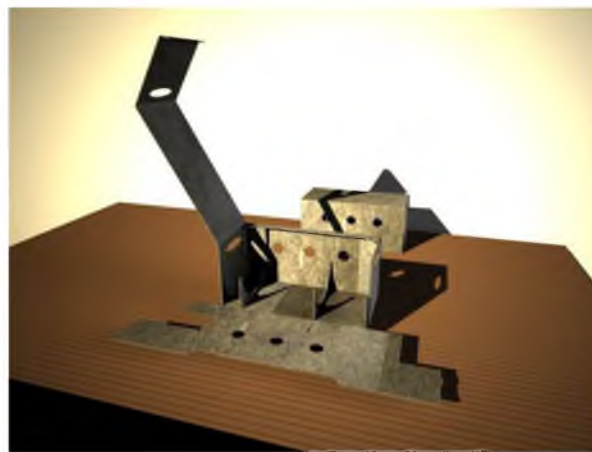


Figura 62: Vista en isométrico de la caja para embalaje (render)

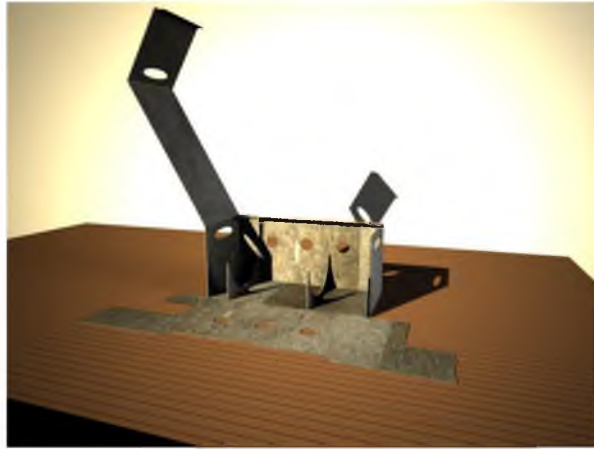


Figura 63: Render de la propuesta de la caja para embalaje



Figura 64: Vista de la caja cerrada para embalaje

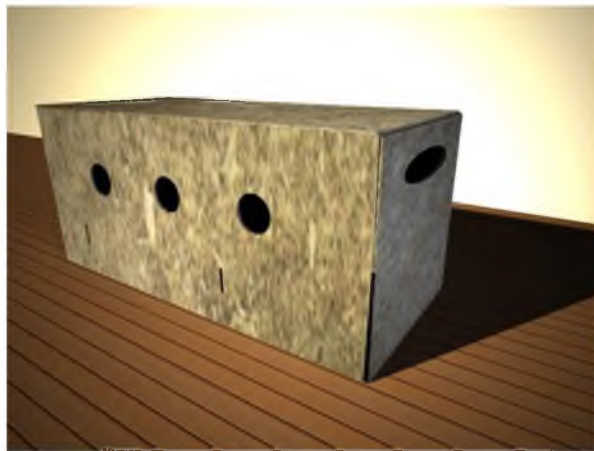


Figura 65: Render de la caja cerrada para embalaje

6.4. Etapa 4

6.4.1. Evaluar la funcionalidad del prototipo conceptual de la caja para embalaje

6.4.1.1. Peso de estructuras y su relación con la resistencia

MULLEN

Este análisis efectuado en cartón corrugado, se han realizado conforme al IMPEE para un solo proveedor (Rodríguez Tarango, J. A. ,2009), por lo que no necesariamente los resultados son de carácter universal. A continuación se muestra la fórmula propuesta por el IMPEE para el cálculo de la prueba de compresión de canto o ECT por sus siglas en inglés (Edge Crush Test), el cual se utilizó para medir la capacidad de una caja para soportar la compresión de la hoja corrugada (medium) y las hojas planas (liners) que van a los extremos del médium:

$$\text{ECT (Lb/pulg)} = 3.656 + 2.068 \times \text{MULLEN (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{ECT} = 3.656 + 2.068 \times 16 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{ECT} = 91.584 \text{ kg/cm}^2$$

6.4.1.2. Fórmula de MCKEE: resistencia a la compresión

La fórmula de MCKEE estima la resistencia a la compresión de la caja de cartón corrugado o la máxima carga que esta caja puede soportar por un momento. Para el valor de resistencia a la compresión se utilizan los valores de ECT, calibre del cartón corrugado y largo, ancho y alto de la caja.

$$C = 5.874 (\text{ECT}) \text{ GXP}$$

Dónde:

C= Compresión total de la caja (kg)

ECT= Resistencia a la compresión de canto de una muestra (kg/cm)

G= Grosor del cartón (cm)

P= Perímetro de la base de la caja 2 largos + 2 anchos (cm)

Si tenemos nuestra caja de cartón corrugado de flauta C (grosor de 4 mm), con un ECT de 91.58 kg/cm², y una base de 45 x 22.5 cm, determinamos la resistencia a la compresión de la caja:

$$C = 5.874(91.58 \text{ kg} / \text{m}^2) \sqrt{0.4 \text{ cm} \times ((45 \text{ cm} \times 2) + (22.5 \text{ cm} \times 2))}$$

$$C = (537.94 \text{ kg}) \sqrt{54}$$

$$C = (537.94) (7.34)$$

$$C = 3953.03 \text{ kg}$$

7. Conclusiones

En el trayecto de la presente Tesis, se realizó el estudio de la manufactura y de pruebas mecánicas de resistencia a la tracción, compresión y capacidad de retención de humedad del material constituido, como cartón para ser utilizado en la construcción de cajas para embalajes.

También se realizaron las distintas pruebas con diferentes biopolímeros como son de maíz, trigo, yuca y papa, en pequeñas proporciones, de 0.5, 10, 15 y 40 g/l (gramos por litro) para observar su viscosidad y la capacidad de mantener las fibras unidas para formar los liners y el corrugado. De los 4 polímeros naturales utilizados el que tiene una excelente resistencia mecánica es el almidón de trigo, por la cantidad de carbohidratos que contiene que es de un 80 %. La cantidad exacta que se necesitó del biopolímero de almidón de trigo fue de 40 g/l.

Las pruebas mecánicas que se realizaron fueron la resistencia a la tracción, compresión y la capacidad de retención de humedad del cartón. El cartón corrugado reporto una resistencia a la atracción de $141.50 \text{ Kg}/\text{m}^2$, la cual es mayor a la que se reporta de un cartón corrugado compuesto del papel reciclado; la resistencia a la compresión es de $C= 3953.03 \text{ kg}$, que nos define como la máxima carga que esta caja puede soportar por un momento; y finalmente la capacidad de retención de humedad que es de 133.26% lo que nos indica que esté cartón tiene alto poder de absorción de la humedad debido a su alto contenido de celulosa virgen y su optimo contenido del biopolímeros que se utilizó.

La función del embalaje es contener, proteger, transportar, y cuidar los productos siendo amigable con el medioambiente; características conceptuales que la propuesta de caja de cartón cumple a la perfección, para facilitar el trabajo de transporte de la piña.

La recuperación del cartón corrugado permite integrarlo nuevamente al ciclo productivo, como fibra reciclada. En el caso de que el cartón corrugado no sea

apto para el reciclaje, gracias a su biodegradabilidad puede ser utilizado para la producción de otros materiales. Los distribuidores necesitan que las cajas sean acordes a los productos que distribuyen, al final se cumple el objetivo al realizar un producto sustentable que no dañe al medio ambiente y genera un costo beneficio para los productores y microempresarios dedicados a la venta de piña.

8. Bibliografía

- Bertoline G. R., Wiebe E. N., Miller C. L., Mohler J. L., (1999). *Dibujo en Ingeniería y comunicación gráfica* (2ªed.). México: McGraw-Hill.
- Rebolledo Martínez, A., Uriza Ávila, D. E., (2011). *La piña y su cultivo en México Cayena Lisa y MD2* (1ªed.). Medellín de Bravo, Veracruz
- Digiola M. A. (1995). *Envases y embalaje como herramientas de la exportación* (1ªed.).Argentina: Machi
- Rodríguez Tarango, J. A. (2009). *Manual de fórmulas y tablas de envase y embalaje* (1ªed.). México: IMPEE
- Ramaswamy H.S., Somogyi L.P., (1996). *Processing fruits science and technology* (1ªed.). EE. UU. CRC PRESS.
- Khalil A. (2006). Chemical Composition, Anatomy, Lignin Distribution, and Cell Wall Structure of Malaysian Plant Waste Fibers. *BioResources* 1(2): 220-232.
- Felton, G.E. (2006).Use of Ion Exchangers in by product Recovery from pineapple Waste. *Food Technol.* 3:40.
- Niels D., Alvin R. T., Jhoan C.B. (1981). *Humanscale 4/5/6* designed by Henry Dreyfuss (1ªed.).Massachusetts Institute of technology Cambridge: The NIT Press.
- Medina De la Cruz J., y Mejía García D. (2002). *OPERACIONES*

- *POSTCOSECHA DE LA PIÑA*. Recuperado el 13 junio del 2006, del sitio web del Instituto Tecnológico de Veracruz Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST): <http://archive.is/uibAm>
- Miranda, F. (2000). *La gestión del proceso de diseño y desarrollo de productos*. Recuperado el 12 de marzo del 2012 del sitio web de la universidad de Zaragoza de España:
<http://ciberconta.unizar.es/leccion/desapro/100.HTM>
- ASERCA. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (2000) *La producción de piña en México, historia de un patrimonio Regional*. Revista Claridades Agropecuarias. N° 86.
- FAO (1993). *Manual de capacitación: Prevención de pérdidas de alimentos pos cosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. (Colección FAO: Capacitación, N° 17/2) ISBN 92-5 302766-5: En línea
<http://www.fao.org/docrep/T0073S/T0073S05.htm#Materiales de embalaje>
- FAO. Organización para la Agricultura y la Alimentación (2012). Estadística de países productores: <http://www.fao.org/home/es/>
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. (2012). Estadísticas de crecimiento de la producción de piña: <http://www.sagarpa.gob.mx/Paginas/default.aspx>
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2012). Estadísticas de la producción de Piña: <http://www.siap.gob.mx/>.
- Norma Mexicana de Envase y Embalaje No. 148 expedida y publicada en 1982, con el título Terminología Básica, en el inciso 3.1.13.

- Norma del Codex de Piña codex stan182, (1993).
- Smook G.A. (1990). *Manual para técnicos de pulpa y papel* (1ªed.). Canadá: Technical Association of the Pulp and Paper Industry
- Estructural de la caja
<http://www.cajasmex.com/informacion/disenio-estructural>