

PRÁCTICA EMPRESARIAL: DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN
PRODUCTO LAMINAR DERIVADO DE CELULOSA, ORIENTADO AL SECTOR
DE LA CONSTRUCCIÓN. EMPRESA DERCEL S.A.

NELSON VICENTE CAMACHO MORENO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOMÉCANICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2009

PRÁCTICA EMPRESARIAL: DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN
PRODUCTO LAMINAR DERIVADO DE CELULOSA, ORIENTADO AL SECTOR
DE LA CONSTRUCCIÓN. EMPRESA DERCEL S.A.

NELSON VICENTE CAMACHO MORENO

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Diseñador
Industrial

DIRECTOR:

Arq. JULIO CESAR PINILLOS FONSECA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOMÉCANICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2009

AGRADECIMIENTOS

Es para mí muy importante agradecer a quienes estuvieron presentes en el desarrollo de este proyecto.

A mi esposa Marcela Rondón y a mis hijos Santiago y Catalina quienes con sus sonrisas, besos y abrazos motivaron todo el proceso en la práctica.

A mis padres, Vicente Camacho y Nelba Moreno, a mis hermanos Omar y Yenny por apoyarme en todas las decisiones que he tomado.

A mi director de proyecto, el profesor Julio Cesar Pinillos Fonseca.

A la empresa DERCEL S.A. por permitirme ser parte de su equipo de trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. ETAPA DE INFORMACION	3
1.1 EL PROYECTO	3
1.2 JUSTIFICACION	3
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 LA EMPRESA	5
1.4.1 Reseña histórica	6
1.4.2 Infraestructura productiva	8
2. ETAPA DE INVESTIGACION	12
2.1 CELULOSA	12
2.1.1 Propiedades de la celulosa	13
2.1.1.1 Propiedades Físicas.	13
2.1.1.2 Propiedades Químicas.	15
2.1.2 Producción de celulosa	15
2.1.2.1 Proceso mecánico para la obtención de celulosa.	16
2.1.2.2 Proceso químico para la obtención de celulosa.	16
2.1.3 Derivados de la celulosa	16
2.1.4 Estado actual	18
2.1.5 Productos fabricados con celulosa	19
2.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y/O ARQUITECTONICOS	21
2.2.1 Sistemas estructurales básicos	22
2.2.2 Materiales para elementos estructurales y/o arquitectónicos	23
2.2.2.1 Elementos estructurales en poliestireno	24
2.2.2.2 Elementos estructurales en madera	24
2.2.2.3 Elementos estructurales en yeso	25
2.2.2.4 Elementos estructurales en madera aglomerada	26

2.3	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	27
2.3.1	Tensión	28
2.3.2	Acústica	30
2.3.4	Conductividad Térmica	32
2.4	MERCADO	34
2.4.1	Mercado objetivo	36
2.4.1.1	Perfil del usuario	36
2.4.2	Análisis del estado actual	37
3.	ETAPA DE EXPERIMENTACION	39
3.1	REQUERIMIENTOS Y PARAMETROS DEL PRODUCTO	39
3.1.1	Requerimientos.	39
3.1.1.1	Requerimientos de uso.	39
3.1.1.2	Requerimientos de función	39
3.1.1.3	Requerimientos técnico – productivos.	39
3.1.1.4	Requerimientos de mercado.	39
3.1.1.5	Requerimientos de identidad.	40
3.1.2	Parámetros	40
3.1.2.1	Técnicos.	40
3.1.2.2	Dimensionales.	40
3.1.2.3	Acabados.	41
3.1.2.4	Materia prima.	41
3.1.2.5	Costos.	42
3.2	ELABORACION DE PRUEBAS	43
3.3	CARACTERIZACION DEL MATERIAL	46
3.3.1	Tensión	46
3.3.1.1	Procedimiento prueba de tensión.	47
3.3.1.2	Prueba de tensión	50
3.3.1.3	Resultados prueba tensión.	59
3.3.2	Acústica	60
3.3.2.1	Procedimiento prueba acústica.	60

3.3.2.2	Prueba acústica.	62
3.3.2.3	Resultados prueba acústica.	66
3.3.3	Higroscopicidad	66
3.3.3.1	Procedimiento prueba de higroscopicidad	67
3.3.3.2	Prueba de higroscopicidad.	69
3.3.3.3	Resultados prueba de higroscopicidad.	76
3.3.4	Conductividad térmica	76
3.3.4.1	Procedimiento prueba de conductividad térmica	77
3.3.4.2	Prueba de conductividad térmica	78
3.3.4.3	Resultados prueba de conductividad térmica	79
3.4	ANALISIS DE RESULTADOS	79
4.	ETAPA DE CONSTRUCCION	81
4.1	ALTERNATIVAS ESTETICAS DEL PRODUCTO	81
4.1.1	Textura	81
4.1.2	Color	82
4.1.3	Forma y tamaño	84
4.2	ALTERNATIVAS DE USO	85
5.	LINEA DE PRODUCCION	88
6.	ETAPA FINAL	90
6.1	IMAGEN DEL PRODUCTO	90
	CONCLUSIONES	92
	BIBLIOGRAFIA	94
	ANEXOS	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de producción.....	5
Figura 2. Logotipo de la empresa.....	6
Figura 3. Montaje de maquinaria en la empresa	7
Figura 4. Distribución de planta operativa	8
Figura 5. Estructura de la celulosa	12
Figura 6. Productos derivados de Celulosa.....	17
Figura 7. Productos fabricados con celulosa laminada	20
Figura 8. Productos fabricados con celulosa moldeada.....	20
Figura 9. Envases y empaques formados con celulosa	21
Figura 10. Elementos estructurales y arquitectónicos	23
Figura 11. Grafica de esfuerzo deformación	28
Figura 12. Probeta para el análisis de deformación	29
Figura 13. Perdida por transmisión de sonido	30
Figura 14. Transferencia de calor a través de un solido.....	33
Figura 15. Construcciones nuevas por sector en m ²	35
Figura 16. Importación de Drywall en Colombia en USD.	35
Figura 17. Estratos socioeconómicos en Colombia.....	36
Figura 18. Materias primas.....	41
Figura 19. Laminado, prensado y secado	44
Figura 20. Prueba en la mesa de corte	44
Figura 21. Prueba en la prensa	45
Figura 22. Prueba en el Horno	45
Figura 23. Fotografías microscópicas prueba 3 a 12X.....	46
Figura 24. Maquina de pruebas SCHENCK TREBEL	47
Figura 25. Probeta para prueba de tensión.....	47
Figura 26. Corte, montaje y ruptura de una probeta en prueba de tensión.	48
Figura 27. Recolección de datos prueba tensión.	49

Figura 28. Esfuerzo vs. deformación prueba 1	52
Figura 29. Esfuerzo vs. deformación prueba 2.....	55
Figura 30. Esfuerzo vs. deformación prueba 3.....	58
Figura 31. Modulo de elasticidad pruebas 1, 2 y 3.....	59
Figura 32. Sonómetro utilizado en la prueba de acústica.....	60
Figura 33. Prueba Acústica	65
Figura 34. Elementos de medición prueba de higroscopicidad	67
Figura 35. Probeta para prueba de higroscopicidad.....	68
Figura 36. Prueba de higroscopicidad	68
Figura 37. Resultados prueba 1 higroscopicidad	70
Figura 38. Resultados prueba 2 higroscopicidad.	73
Figura 39. Resultados prueba 3 higroscopicidad	75
Figura 40. Prensa de Laboratorio.....	77
Figura 41. Acabados superficiales texturizados.	82
Figura 42. Tonos cálidos y fríos.	83
Figura 43. Modelado de alternativa de uso	85
Figura 44. División de oficina (alternativa de uso).....	86
Figura 45. Cielorraso (alternativa de uso)	86
Figura 46. Fachada interior (alternativa de uso).....	87
Figura 47. Imagen del producto.....	90
Figura 48. Diagrama de proporción de imagen	91

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de humedad	14
Ecuación 2. Modulo de Young.....	29
Ecuación 3. Esfuerzo y deformación.....	29
Ecuación 4. Relación Acústica	30
Ecuación 5. Calculo de la higroscopicidad	32
Ecuación 6. Ley de Fourier.....	33
Ecuación 7. Transferencia de calor	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sistemas estructurales básicos	22
Tabla 2. Escalas de presión acústica	31
Tabla 3. Conductividad térmica de materiales sólidos entre 0 °C y 100 °C.....	33
Tabla 4. Áreas en construcción I trimestre de 2.009 en m ²	34
Tabla 5. Datos técnicos placas tipo Drywall	37
Tabla 6. Datos técnicos laminas Madeflex	38
Tabla 7. Datos técnicos laminas Triplex	38
Tabla 8. Datos técnicos laminas MDF	38
Tabla 9. Costos de produccion Junio de 2.009	42
Tabla 10. Variables en la prueba de tensión.	49
Tabla 11. Prueba 1 Tensión probetas de la 1 a la 4	50
Tabla 12. Prueba 1 Tensión probetas de la 5 a la 8	51
Tabla 13. Modulo de elasticidad prueba 1	52
Tabla 14. Prueba 2 Tensión probetas de la 1 a la 4	53
Tabla 15. Prueba 2 Tensión probetas de la 5 a la 8	54
Tabla 16. Modulo de elasticidad prueba 2.....	55
Tabla 17. Prueba 3 Tensión probetas de la 1 a la 4	56
Tabla 18. Prueba 3 Tensión probetas de la 5 a la 8	57
Tabla 19. Modulo de elasticidad prueba 3.....	58
Tabla 20. Procedimiento prueba acústica	61
Tabla 21. Prueba 1 Acústica	62
Tabla 22. Prueba 2 acústica.....	63
Tabla 23. Prueba 3 acústica.....	64
Tabla 24. Condiciones iniciales prueba 1 higroscopicidad	69
Tabla 25. Condiciones finales prueba 1 higroscopicidad	69
Tabla 26. Condiciones iniciales prueba 2 higroscopicidad.	71
Tabla 27. Condiciones finales prueba 2 higroscopicidad.	71
Tabla 28. Condiciones iniciales prueba 3 higroscopicidad	74

Tabla 29. Condiciones finales prueba 3 higroscopicidad	74
Tabla 30. Variables prueba de conductividad térmica.....	78
Tabla 31. Prueba de conductividad térmica	79
Tabla 32. Tabla comparativa características técnicas entre láminas	79

ANEXOS

ANEXO A. Norma ICONTEC 2500.....	99
ANEXO B. Catalogo Superboard Colombit	102
ANEXO C. Catalogo TRIPLEX PIZANO.....	103
ANEXO D. Catalogo MDF PLACACENTRO MASISA.....	104



Copacabana, 10 de Noviembre de 2009

Señor:
Escuela de Diseño Industrial
Universidad Industrial de Santander

Atn. Arq. Julio Cesar Pinillos Fonseca
Director de Proyecto

Asunto: Certificación

La empresa DERCEL S.A. identificada con NIT. 900.208.305-0 certifica que el señor NELSON VICENTE CAMACHO MORENO Identificado con cedula de ciudadanía No. 91.157.954 de Floridablanca, cumplió a cabalidad con la practica empresarial denominada "DESARROLLO Y CARACTERIZACION DE UN PRODUCTO LAMINAR ORIENTADO AL SECTOR DE LA CONSTRUCCION". Dicha práctica fue realizada en las instalaciones de la empresa.

Cordialmente,

Raúl Alfonso Calvis Acevedo
Gerente



RESUMEN

TITULO: DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN PRODUCTO LAMINAR DERIVADO DE CELULOSA, ORIENTADO AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.*

AUTOR: NELSON VICENTE CAMACHO MORENO.**

PALABRAS CLAVES:

Celulosa, Construcción, Tensión, Higroscopicidad, Acústica, Conductividad, Térmica, Cielorraso

DESCRIPCIÓN:

El desarrollo de una lamina con fines estructurales y/o arquitectónicos cuya materia prima primordial sea la celulosa reciclada implica el proceso programado de caracterización en el material con el fin de cumplir las normas y los requerimientos del mercado en este tipo de productos.

La tendencia actual es el uso de elementos reciclables o biodegradables que minimicen el impacto ambiental, es por este motivo que se da el objetivo de este proyecto donde se pretende generar una lámina dirigida al sector de la construcción que utilice como materia prima reciclaje.

El uso de texturas colores y formas en la capa superficial de la lámina genera alternativas en el diseño arquitectónico o de interiores que permite concebir ambientes de acuerdo al entorno deseado.

El proceso de laminado en la celulosa requiere identificar características propias del material para identificar el uso del mismo después de su vida útil. La formulación adecuada y los tratamientos post – producción reducen el impacto generado por los productos en la actualidad.

La tendencia mundial adopta productos que minimicen el impacto ambiental, que permitan abordar soluciones reutilizables y biodegradables. Es por este motivo que en algunos países los estatutos ambientales de importación y fabricación de productos rigen de forma estricta.

* Practica empresarial.

** Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director de proyecto: Arq. Julio Cesar Pinillos Fonseca.

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF A PRODUCT FROM LAMINAR CELLULOSIC, ORIENTED TO THE CONSTRUCTION SECTOR.*

AUTHOR: NELSON VICENTE CAMACHO MORENO.**

KEY WORDS:

Cellulose, Construction, Tension, Hygroscopicity , Acoustics, Thermal Conductivity ,Ceiling.

DESCRIPTION:

The development of a laminate for structural or architectural whose primary raw material is recycled cellulose involves the process of programmed material characterization in order to comply with the standards and requirements of the market in such products.

The current trend is the use of recyclable or biodegradable elements that minimize environmental impact, which is why it is the objective of this project which aims to create a foil to the construction industry to use as feedstock recycling.

The use of colors textures and shapes in the surface layer of the film generates alternatives in architectural design or interior design that allows environments according to the desired setting.

The rolling process of cellulose requires identifying characteristics of the material to identify the use of it after its useful life. The proper design and post processing - production reduce the impact generated by the products today.

The global trend takes products that minimize environmental impact, reusable solutions that address and biodegradable. It is for this reason that in some countries environmental statutes import and manufacture products strictly regulated

* Business Practice

** Faculty of Physical and mechanical engineering. School of Industrial Design. Project Manager: Architect Julio Cesar Pinillos Fonseca.

INTRODUCCION

El impacto ambiental que implica el desarrollo de nuevos productos a generado conciencia en el campo empresarial y industrial, ya que este desarrollo desencadena una serie de hechos que ya no solamente afecta a un sector de la economía y la sociedad. En la actualidad se estudia la forma de obtener productos nuevos, cuya materias primas sean los desechos de las industrias y de los hogares, aliviando de cierto modo este impacto ambiental.

La celulosa es una materia prima que se obtiene de la naturaleza. Actualmente en el mundo se han fabricado millones de toneladas en productos con esta materia prima, siendo la tala de árboles la consecuencia directa en este proceso. Debido a este hecho se han propuesto líneas de procesamiento de celulosa regenerada o reciclada, que involucran el desarrollo de nuevos productos con bajo impacto ambiental.

La economía cambiante involucra diversos sectores de la sociedad, siendo el sector de la construcción y remodelación de vivienda un aspecto muy importante dentro de este ámbito, ya que muchos aspectos giran en torno a este sector.

En la industria de la construcción es evidente el uso de materiales que permiten aplicaciones arquitectónicas diversas. Sin embargo la remodelación y la aplicación de elementos estructurales implican que el desarrollo sostenible se vea involucrado en este campo.

El sistema constructivo liviano en seco ha permitido aumentar la destreza de los constructores, ya que el tiempo y los costos en construcción nueva o remodelada disminuyen sustancialmente, además permiten aplicar nuevos conceptos que están a la vanguardia.

Recientemente las fibras naturales han estimulado las investigaciones entre científicos por las ventajas técnicas, económicas y ambientales que pueden derivarse de su empleo en la industria.

Al abordar la situación en Diseño Industrial se contemplaron aspectos estéticos y técnicos que permitieron dar solución a las condiciones planteadas para la evolución del proyecto.

Se implantó una metodología que permitió la interacción del grupo de trabajo dentro de la empresa.

1. ETAPA DE INFORMACION

1.1 EL PROYECTO

La nueva administración y la reestructuración de la empresa DERCEL S.A., plantea el desarrollo y concepción de nuevos productos que se encuentren enmarcados dentro de un aspecto tecnológico y ambiental. Para la empresa es muy importante este proceso, pues su política es plantear innovación y calidad desde la primer etapa en el desarrollo de cada producto.

La empresa DERCEL S.A. garantiza la calidad de sus productos basándose en su equipo técnico y humano, además en los procedimientos que se utilizan para el tratamiento de los mismos. Se integra la disciplina del diseño industrial con el fin de implementar nuevos conceptos que aseguren el buen desarrollo en todas las etapas de producción, preliminar, manufactura y post-producción.

Se proyecta concebir una lamina cuya principal materia prima sea la celulosa, que cumpla con las características técnicas y estéticas del mercado al cual será dirigida, “soluciones de tipo estructural y arquitectónico en el sector de la construcción”.

Debido a la reciente demanda que se presenta en el sector de la construcción para este tipo de productos, la empresa DERCEL S.A. decide incursionar en el desarrollo de este producto, implementando la tecnología y los recursos con que cuenta la empresa en la actualidad.

1.2 JUSTIFICACION

En el desarrollo de productos es evidente el uso de materiales que contaminan y desperdician nuestros recursos. La incursión del desarrollo sostenible dentro del

ámbito empresarial implica la intervención de diversas disciplinas que permitan minimizar costos, innovar y tecnificar procesos de producción, integrando el factor humano y ambiental dentro de este contexto.

La concepción de productos necesita estructurar su desarrollo, tendiente al análisis del comportamiento de estos durante y después de su vida útil. Esto implica la interacción del diseñador industrial en cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la fabricación del producto.

La Empresa DERCEL S.A. se interesa por integrar al diseñador industrial UIS en este proyecto, por su perfil en diseño y sus conocimientos ingenieriles que permitirán abordar soluciones de tipo técnico, estético y formal.

Al ampliar su catalogo de productos la empresa DERCEL S.A. pretende implementar nuevos productos que brinden soluciones de tipo arquitectónico y/o estructural que cumplan con la demanda con que cuenta para este tipo de productos actualmente. Asimismo es visión particular de la empresa en este proyecto el disponer del material para generar otro tipo de soluciones que se encuentren enmarcadas dentro del mismo contexto, por este motivo se da la incursión del diseñador industrial desde los orígenes del mismo.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar y caracterizar una lámina para la empresa DERCEL S.A., cuya materia prima principal debe ser la celulosa y que además tenga como mercado objetivo el sector de la construcción.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar características físicas, estéticas y formales para el entorno en el cual se encuentra enmarcado el producto a desarrollar.
- Realizar un estudio del estado actual, analizando cualidades y fallas que se destacan en el producto.
- Especificar cualidades mecánicas, térmicas y de higroscopicidad para el producto a desarrollar.
- Proponer soluciones estéticas de tipo textura, color y forma durante el desarrollo del proyecto.

1.4 LA EMPRESA

DERCEL S.A. Derivados de celulosa S.A. Es una empresa manufacturera dedicada al procesamiento de celulosa reciclada, cuyos productos principales en la actualidad son Ecoflex y Maxiflex, que son láminas para el armado y el montaje del calzado.

Figura 1. Planta de producción



Fuente: El autor

DERCEL S.A. se encuentra ubicada en la calle 46 No. 78 – 335 en la ciudad de Copacabana, Antioquia.

Figura 2. Logotipo de la empresa



Fuente: El autor

Misión: Dar tributo a los recursos naturales de nuestra región, investigando, innovando, transformando y comercializando nuestros productos generando así menor contaminación.

Permitir el desarrollo humano y generar valor a sus socios y la comunidad en general.

Visión: En 2.012 DERCEL S.A. Será reconocida a nivel local, nacional e internacional como empresa líder en la transformación de celulosa reciclada, implementando un amplio catálogo de productos.

Las alianzas estratégicas con empresas del sector y con proveedores afines permitirán el mejor desempeño.

1.4.1 Reseña histórica

La empresa DERCEL S.A. se constituye el 26 de marzo de 2.008 en la ciudad de Copacabana, Antioquia, bajo la dirección del Ingeniero Raúl Alfonso Galvis Acevedo, quien acompaña a la empresa desde sus inicios en el año 2.003 cuando la razón social de la misma era ECOCARTON S.A.

Figura 3. Montaje de maquinaria en la empresa



Fuente: La empresa

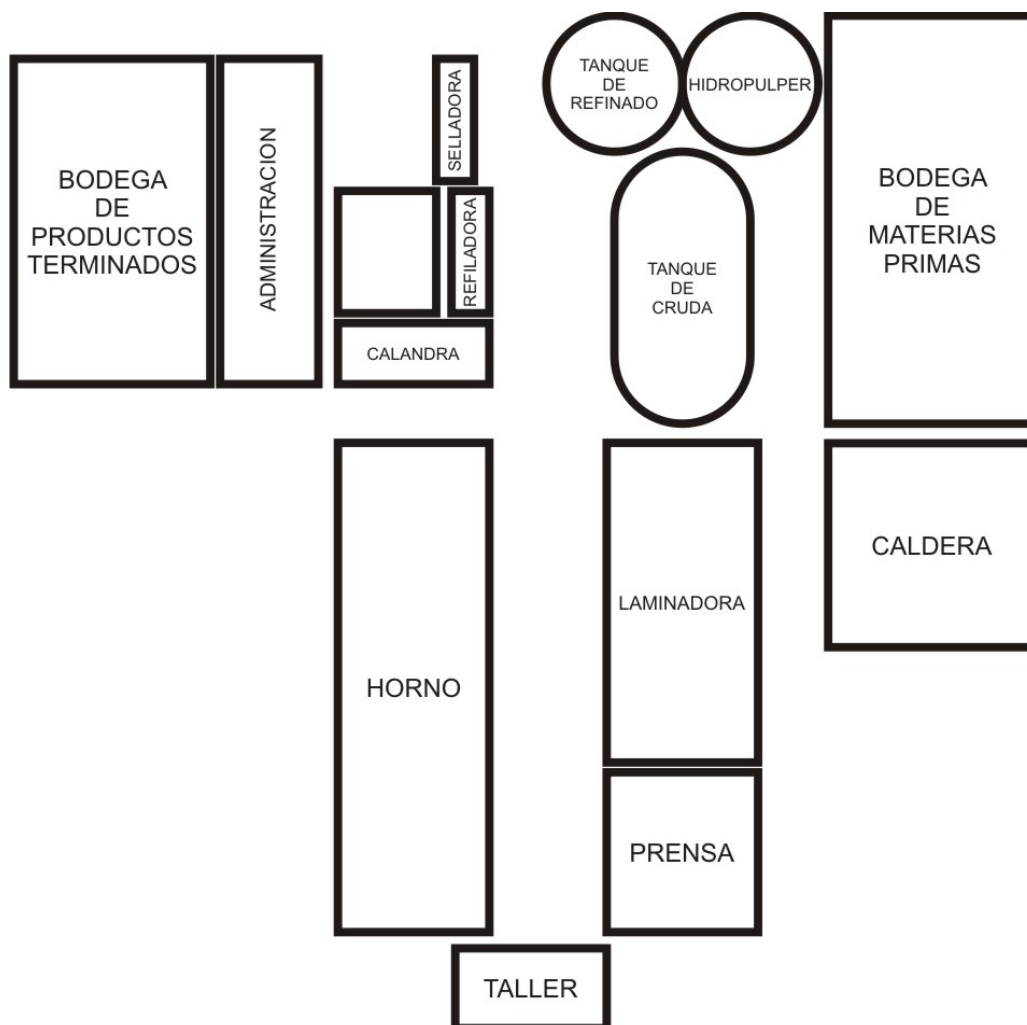
ECOCARTON S.A. fue una empresa que surgió como resultado de la proyección de C.I. COLCUEROS S.A. quien instalo la planta operativa productora de cartón reciclado con el fin de suplir las necesidades con que cuenta este mercado a nivel nacional e internacional.

C.I. COLCUEROS S.A. en su visión de la empresa, sede esta posesión al Ingeniero Raúl Galvis y sus Socios con el fin de continuar proyectando la empresa no solo en la producción de cartón reciclado sino que también como productora de derivados de celulosa.

Actualmente la empresa DERCEL S.A. esta posicionada en Colombia como fabricante de productos para la elaboración del calzado, como lo son la plantilla, el recuño y el tacón.

1.4.2 Infraestructura productiva

Figura 4. Distribución de planta operativa



Fuente: La empresa

BODEGA DE MATERIAS PRIMAS

Este sitio se encuentra ubicado en el comienzo del proceso productivo, para facilitar la labor de los operarios que realizan la mezcla. Aquí laboran 3 operarios que desembran, organizan y transportan la materia prima hasta el primer proceso.

El área aproximada de la bodega de materias primas es de 500 m², la distribución de esta permite el acceso a vehículos de cualquier tipo.

En la bodega de materias primas se almacena: Aglomerado de cuero, Papel reciclado, cartón reciclado, colorantes y químicos.

PLANTA DE PRODUCCION

La planta de producción encierra todo el proceso productivo y la sección administrativa. El área aproximada de la planta de producción es de 1450 m². En la planta de producción se ubican el hidropulper, los tanques de refinado y de cruda, la laminadora, la prensa, el horno, la calandra, la refiladora y la selladora.

- Hidropulper: Es la máquina mezcladora donde se agrega agua con la pulpa seca, la cual comienza a girar y logra crear una mezcla. En este proceso con el cual se inicia la fabricación del producto, la pulpa se compone de 90% de Agua y 10% de fibras, durante todo el proceso de fabricación se le va exprimiendo y secando el agua al producto. Esta máquina es controlada por un solo operario, quien agrega la pulpa manualmente, controla la maquina y supervisa los tanques de refinado y de cruda.

- Tanques de refinado y de cruda: Las fibras en suspensión se tratan físicamente mediante un proceso de fricción, para aumentar su capacidad de unirse entre sí. Cada tipo de fibra usa una refinación distinta que se adecua a cada necesidad. Al aumentar el grado de refinación de una pasta disminuye su opacidad, aumenta la resistencia a la tracción y disminuye la porosidad. Una vez refinado, pasa al tanque de cruda donde se le añaden aditivos tales como colorantes, cargas minerales y productos especiales.

- Laminadora: Consta de varios cilindros formadores que presan la pasta entre ellos y una banda fieltro que transporta la pasta formada hasta el cilindro formato que es el que le da las dimensiones primarias y el espesor primario a la lamina.

- Prensa: Al retirar la pasta laminada del cilindro formato se corta a la mitad, pues esta área es la que se puede presar. El proceso de prensado se da con una prensa hidráulica mono golpe, donde la lámina se exprime durante un tiempo determinado y a una presión determinada para cada tipo de producto. Tanto la laminadora como la prensa son operadas por una sola persona, quien determina la velocidad de la maquina, el calibre de la lamina, la presión y el tiempo de prensado y supervisa el buen funcionamiento de estos procesos.

- Horno: Es un habitáculo que encierra un conjunto de cilindros que se calientan mediante un sistema de calefacción que es alimentado por la caldera. Los cilindros transportan y secan las láminas. Este sistema es operado por dos personas, uno alimenta el horno y el otro transporta las láminas desde el horno a la calandra.

- Calandra: consiste en un conjunto de cilindros que calibran y dan rigidez o flexibilidad a las láminas.

- Refiladora: aquí se le dan las dimensiones finales a las laminas. En este punto se realiza el control de calidad y el primer embalaje para distribución, estas operaciones las realiza un solo operario.

- Selladora: Es la maquina que marca las laminas según las ordenes de despacho.

En la sección administrativa se ubica el laboratorio de pruebas y control de calidad, el departamento comercial, el departamento de diseño, la sección contable y la gerencia administrativa y operacional.

2. ETAPA DE INVESTIGACION

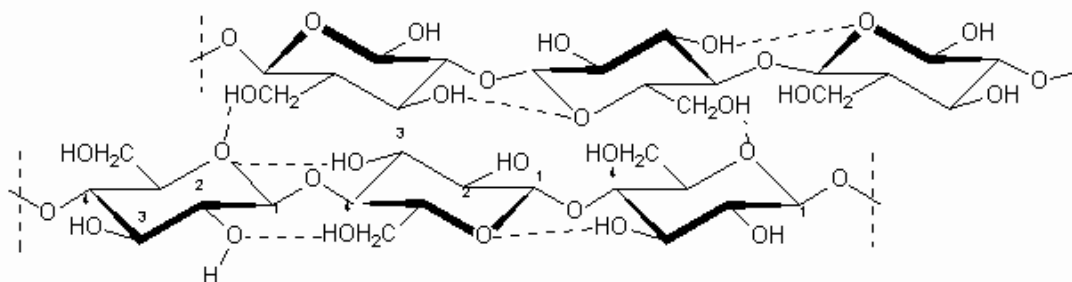
2.1 CELULOSA

Es el componente principal de la pared de todas las células vegetales, en términos generales se puede definir como un polisacárido constituido por moléculas de glucosa. La celulosa se obtiene de la madera, el algodón, el lino, el yute, el cáñamo, la paja, y de plantas de crecimiento rápido¹. Salvo algunos insectos, ningún animal tiene en los tejidos verdadera celulosa.

La celulosa puede ser descrita como un polímero lineal renovable, siendo esta una de las materias primas más antiguas en la industria química. La celulosa es insoluble en todos los disolventes comunes y se separa fácilmente de los demás componentes de las plantas.

La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas muy resistentes e insolubles al agua. De esta manera, se originan fibras compactas, dándoles así la necesaria rigidez.

Figura 5. Estructura de la celulosa



Fuente: OTT, Emil. SPURLIN, Harold. Cellulose and cellulose derivatives. Parte I. 2ed. New York: Interscience Publishers. 1954.

¹ Hans Beyer (1987). "Manual de química orgánica". Reverté. Barcelona.

La celulosa se extrae mediante procesos que pueden ser mecánicos o químicos donde la principal fuente de materia prima para la obtención de celulosa es la madera

2.1.1 Propiedades de la celulosa

La extensa unión no covalente entre glucanos adyacentes en una microfibrilla de celulosa le dan a esta estructura propiedades características. La celulosa tiene una fuerza de tensión alta, equivalente a la del acero. La celulosa también es insoluble, químicamente inestable y relativamente inmune al ataque químico y enzimático. Estas propiedades hacen de la celulosa un excelente material estructural para la construcción de una pared celular fuerte.²

2.1.1.1 Propiedades Físicas. Las propiedades físicas de la celulosa son aquellas características que pueden ser determinadas sin alterar su integridad ni su composición química. Estas propiedades se pueden dividir en dependientes de la estructura e independientes de la estructura.

El color, el olor y el gusto en la celulosa son propiedades físicas que no dependen de la estructura, por consiguiente estas propiedades están definidas por las sustancias resinosas, curtientes y colorantes que impregnan sus paredes. Las coloraciones químicas no ejercen influencia en las propiedades físico-químicas de la celulosa, influyendo únicamente en su punto de vista estético.

Otra propiedad física que no depende de la estructura es la humedad. La humedad en la celulosa está definida como la relación que existe entre la masa de agua que se encuentra en un volumen dado y la masa de este volumen de material absolutamente seco.

² Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger (2006). "Plant Physiology". Universidad Jaume.

Ecuación 1. Contenido de humedad

$$H = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Fuente: Norma ICONTEC 2500

H = contenido de humedad expresado en %

P_h = Peso húmedo de la probeta

P_s = Peso anhidro de la probeta

La dureza en la celulosa es una propiedad física que depende de la estructura y está directamente relacionada con su peso específico y la humedad que contenga.

La densidad en la celulosa es una propiedad que suma importancia tanto para la resistencia mecánica de esta, como para su maquinabilidad.

La dilatación, la conductividad térmica y el calor específico son aspectos que determinan las propiedades térmicas en la celulosa.

El coeficiente de dilatación tiene valores muy pequeños y frecuentemente la dilatación viene enmascarada por la contracción que la pérdida de agua origina, por lo que el fenómeno de dilatación por elevación de la temperatura se considera despreciable.

La termoconductividad de la celulosa seca es insignificante con relación a la húmeda, considerando que en la celulosa seca todos los espacios inter e intra celulares están llenos de aire, por otra parte al estar húmeda el agua llena estos espacios y su propiedad conductora cambia.

La celulosa en estado anhidro es un material resistente al paso de corrientes eléctricas, con el orden del billón de ohmios.

La resistencia acústica en la celulosa es el doble que la del agua y alrededor de 6000 veces superior a la del aire.³

La viscosidad de las soluciones de celulosa es una de las propiedades que más se utiliza para caracterizar esta y sus derivados, porque puede ser fácilmente medible y tiene correlaciones con propiedades importantes como la resistencia mecánica, punto de fusión, punto de ablandamiento y grado de polimerización.

2.1.1.2 Propiedades Químicas. Debido a la estructura macromolecular de la celulosa el comportamiento químico se produce mediante reacciones complejas, que ocurren por la presencia en su estructura de grupos funcionales.

La reactividad de la celulosa está presidida por su estructura física y química. Con referencia a la estructura química, los grupos hidroxilos rigen como agentes de sustitución y adición, los grupos acetales pueden sufrir hidrólisis tanto en medio ácido como en básico.

2.1.2 Producción de celulosa

La limpieza de las fibras de celulosa es la principal misión de la fábrica de pastas celulósicas. No siempre se usa la celulosa pura con un rendimiento pastero bajo, a veces se realizan procesos mixtos para obtener pastas de calidad intermedia, como la pasta mecánica, que es menos blanca y resistente al ataque fotónico de

³ Eduardo Torroja (1979). "Aportes sobre materiales de construcción y su patología" Tomo II

la luz. Por razones económicas también se pueden emplear mezclas de celulosa y pasta mecánica.

Además hay la pasta semiquímica, o mediapasta, con un coste menor al de la celulosa pura y la pasta química, con fibras de mejor calidad, más blancas consiguiendo, así, un papel más resistente y duradero.

2.1.2.1 Proceso mecánico para la obtención de celulosa. La elaboración de celulosa mediante el proceso mecánico se inicia con la introducción de los troncos de madera, previamente descortezados en un dispositivo dentro del cual gira una piedra tipo esmeril, la madera al ser presionada por el movimiento giratorio sobre la piedra rugosa, se convierte en una masa fibrosa, esta masa es mezclada con agua, tamizada y luego almacenada.

2.1.2.2 Proceso químico para la obtención de celulosa. La pasta química se obtiene de la cocción intensa de pequeñas partículas de la madera con intervención de ciertos agregados químicos, como lo son la soda caustica y el sulfato de cal. Lo anterior se logra disolviendo y extrayendo los materiales cementales de la madera, principalmente la lignina y la hemicelulosa.

2.1.3 Derivados de la celulosa

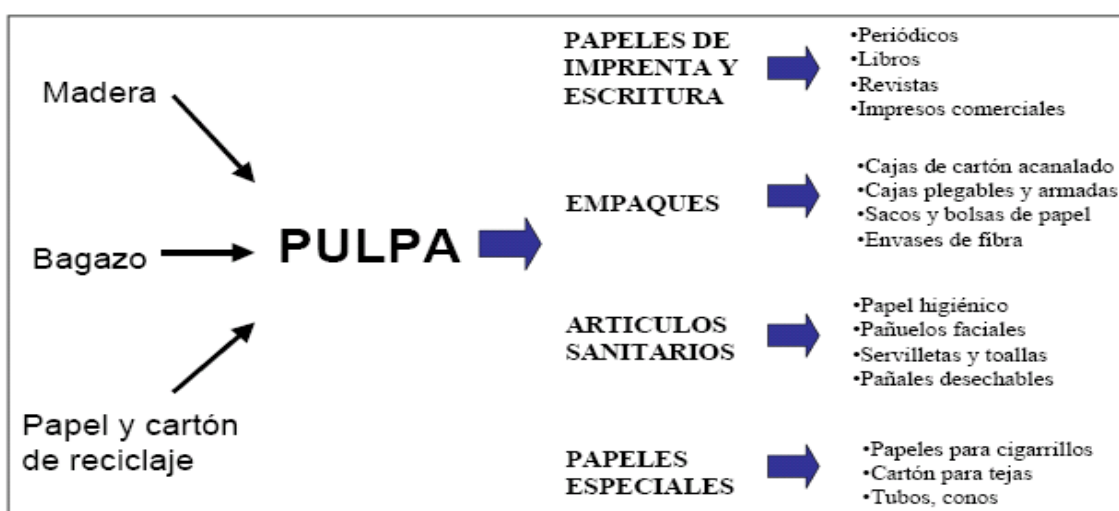
Los derivados de la celulosa son formas de celulosa, un polímero que se encuentra en la madera, el algodón y el papel, los cuales han sido modificados químicamente. El primero apareció en 1845, cuando el científico Christian Friedrich Schönbein hizo reaccionar la celulosa, en la forma de algodón, con el ácido nítrico. El resultado fue nitrato de celulosa, que resultó ser un poderoso explosivo.

La celulosa puede utilizarse de tres formas distintas:

1. Por su estructura fibrosa, aglomerándola (afieltrandola) para formar laminas
2. Por su naturaleza química, aprovechando la reactividad de los grupos funcionales de su macromolécula para dar directamente productos de interés industrial (éteres celulósicos y la nitrocelulosa) o como paso intermedio para otras transformaciones (fibras artificiales, plásticos, etc.)
3. Por los productos de su degradación hidrolítica, constituidos por azúcares de distintos tipos, aprovechables como tales, o susceptibles de transformación en alcoholes, ácidos, etc.

Los derivados de la celulosa son principalmente ésteres o éteres⁴, sin embargo el estudio en este proyecto y las intenciones de la empresa definen como derivados de celulosa los productos industriales que se puedan fabricar a partir de fibras celulósicas. Estas fibras de celulosa se preparan a partir de pastas que proceden de procesos papeleros. Estos procesos dan como resultado pastas que deben cumplir con características específicas como larga longitud de cadena para mejorar las propiedades mecánicas del papel y la preservación de hemicelulosas que ayudan a mejorar su rendimiento.

Figura 6. Productos derivados de Celulosa



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos51/papel-carton/papel-carton2.shtml>

⁴ Walter William Linstromberg (1979). "Organic Chemistry; a brief course". D C Heath & Co. P.389

2.1.4 Estado actual

La industria de la celulosa ha tenido trascendencia histórica desde las épocas de florecimiento de las culturas china y egipcia, cuando empezaron a utilizar el papel como un producto muy rudimentario del tratamiento de las fibras celulósicas de las plantas. Con el tiempo y en virtud de la demanda creciente de la celulosa, se han desarrollado diferentes tipos de procesos físicos y químicos. Debido a la variedad de vegetales que se emplean como materia prima, aun en los pinos, materia principal para la producción a nivel mundial de celulosa, se presentan variedades que repercuten en los procesos y por lo mismo en las características y calidad de las celulosas y los productos de papel.

A partir de las pulpas obtenidas de la madera, los industriales elaboran infinidad de tipos de papel. En ocasiones estas pulpas se mezclan entre sí y con otras procedentes del algodón, esparto, trapos, papeles y cartones reciclados, etc., con lo que se consiguen mezclas de propiedades y características determinadas, con las que fabricar tipos concretos de papeles y productos derivados.

Hasta el siglo XVII, la fabricación de papel era una labor artesanal, que no alteraba en ningún caso la estabilidad ni el equilibrio ecológico de los ecosistemas naturales, debido a su escaso volumen e implantación.

A partir del año 1660, la industria de fabricación de papel se desarrolló a ritmo acelerado, los descubrimientos de la ciencia y los avances técnicos (calidades y texturas de papel, la imprenta de Gutenberg), así como el desarrollo y expansión de la cultura, catapultaron el papel como el soporte comunicativo de masas en el ámbito mundial. Esto trajo consigo el consumo generalizado y masivo de papel de fibra vegetal y con ello el abuso y desgaste de los bosques del planeta. Hubo una transformación revolucionaria del proceso de fabricación. Se abandonaron los métodos y productos tradicionales para incorporar:

- Las pastas semiquímicas.
- Productos auxiliares: Para dar resistencia. Para colorear. Para impermeabilizar. Etc.
- Nuevos procedimientos en la disposición de fibras y el acabado de superficies.
- Automatización de controles y proceso de fabricación.

Actualmente una tonelada de papel reciclado evita la tala de 10 a 12 árboles, así mismo la fabricación de productos nuevos a partir de papel reciclado supone un ahorro de 63% de energía y un ahorro de agua del 86%.⁵

Aunque el papel y el cartón representan la categoría más grande de residuos sólidos mundiales los esfuerzos por reciclar han tenido un éxito limitado. Esto atribuido a tres factores:

- La abundancia de fibra virgen a bajo costo
- Las grandes distancias entre plantas procesadoras.
- La capacidad limitada de fábricas que utilizan este producto como materia prima.

Según la CDMB, en el área metropolitana de Bucaramanga existen cooperativas dedicadas al reciclaje, que registran un promedio mensual de 25 toneladas entre papel y cartón reciclado.

2.1.5 Productos fabricados con celulosa

En la actualidad existe una alta variedad de productos fabricados con materia prima celulósica, que van desde los papeles ordinarios hasta productos de uso industrial. Actualmente existen más de 450 variedades de papeles según la clasificación de la “International Pulp and Paper Directory”.

⁵ www.tierra.org

Figura 7. Productos fabricados con celulosa laminada



Fuente: www.familiainstitucional.com, www.foldex.com, www.dispapeles.com.co

En Colombia existen varias empresas dedicadas a la manufactura de celulosa virgen y reciclada, que procesan productos como son papel sanitario, papel de cocina, carpetas, cuadernos, agendas, papel bond, papel periódico, cartulinas, papeles especiales, vasos desechables, empaques, cajas de cartón, mobiliario y otros.

El mayor porcentaje de productos manufacturados con celulosa se fabrican mediante el proceso de laminado, que consiste en preparar la pasta celulósica para hacerla pasar por entre varios rodillos formadores y una banda que afieltra la pasta.

Figura 8. Productos fabricados con celulosa moldeada



Fuente: Embapack, Carficol Ltda.

Otra alternativa reciente para la manufactura de celulosa es utilizarla como empaques y embalajes que ayudan a proteger productos frágiles y/o alimentos perecederos, para tal fin se utiliza el proceso de moldeo. En este proceso se maneja una matriz que generalmente está dispuesta en un rodillo, por donde atraviesa la pasta que es vaciada.

Los empaques y embalajes fabricados a partir de celulosa están reemplazando el uso de polímeros en esta práctica de protección y amortiguamiento de productos en su transporte.

Figura 9. Envases y empaques formados con celulosa



Fuente: Procopack s.a., www.tetrapack.com.co

Se ha emprendido la búsqueda de soluciones que impliquen el uso de celulosa laminada por sus beneficios ecológicos y económicos como ejemplo esta el remplazo de envases plásticos por envases de cartón y recientemente envases de tetrapack.

2.2 ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y/O ARQUITECTONICOS

Los elementos estructurales y/o arquitectónicos corresponden a las partes funcionales o decorativas de una edificación. Estos cuerpos son capaces de resistir cargas sin que exista deformación excesiva.

Una edificación es el producto de un sistema de relaciones geométricas y resistentes que permiten dar forma y función a cada uno de los componentes que la constituyen. Actualmente existen materiales como la madera, el metal, los polímeros y los algunos minerales que permiten explorar las formas cuidando la estructura en la edificación.

Generalmente se construye una estructura solida la cual permite revestir sus paredes, techos, columnas y demás elementos con diferentes acabados que ofrecen en el mercado actualmente. La construcción liviana en seco ha revolucionado el sistema constructivo convencional, debido a su practicidad y economía.

2.2.1 Sistemas estructurales básicos

Se presentan sistemas estructurales que trabajan a tracción o compresión, y sistemas estructurales que trabajan a flexión, esto depende de la función para lo cual se diseñaron.

Otra forma de observar los sistemas estructurales es por su estética, puesto que los espacios entre habitaciones y entre pisos se pueden adecuar aplicando cambios decorativos a la estructura o simplemente adicionando objetos como cielorrasos y divisiones.

Tabla 1. Sistemas estructurales básicos

TRACCION O COMPRESION	FLEXION
- Cables	- Vigas
- Arcos	- Dinteles
- Cerchas planas	- Pilares
- Cerchas espaciales	- Pórticos

Fuente: Aprendiendo a construir la arquitectura.

Los cielorrasos y las divisiones generalmente se encuentran estructuradas por vigas y cables en aluminio o madera, que permiten tornar la forma de acuerdo al espacio interior. La arquitectura moderna ha conquistado más espacio evolucionando con la naturaleza, constituyéndose los cielorrasos y las divisiones, en una solución que crea ambientes donde se personaliza el entorno y aliviana la estructura.

El cielo raso es considerado como un falso techo o superficie superior de una estancia cubierta. Normalmente el término se aplica a una superficie plana surcada por vigas o cóncava, que se corresponde con la cara inferior de la cubierta o del forjado. El cielo raso es un elemento decorativo y funcional, pues permite ocultar toda la estructura de funcionamiento de un recinto, como lo es la tubería y las instalaciones.

2.2.2 Materiales para elementos estructurales y/o arquitectónicos

Los elementos estructurales y/o arquitectónicos actualmente se fabrican en diferentes materiales tales como poliestireno, madera, yeso (drywall), madera aglomerada y otros. De acuerdo al material con que se constituye, se dan las características que favorecen a cada uno respecto a los demás.

Figura 10. Elementos estructurales y arquitectónicos



Fuente: Eternit, Maderformas

2.2.2.1 Elementos estructurales en poliestireno. El poliestireno es un material que tiene hasta un 98% de su volumen ocupado por aire, un metro cúbico de este material contiene de 3 a 6 mil millones de celdillas cerradas llenas de aire y perfectamente estancas.

Propiedades:

- No absorbe humedad del aire y su absorción en presencia del agua es casi nula, por carecer de capilaridad.
- Bajo coeficiente de conductividad térmica.
- Elevada resistencia mecánica.
- No envejece con el tiempo
- Resistentes a hongos, bacterias de putrefacción.
- Dificil inflamabilidad, soporta temperaturas entre 90 y 150 °C.

Los elementos en poliestireno se utilizan como aislante térmico y acústico tanto en cubiertas como paredes. Se debe tener cuidado con los disolventes o aplicación de adhesivos o pinturas no acuosas. También sirven para revestir conductores de agua caliente o vapor de agua.

2.2.2.2 Elementos estructurales en madera. Los elementos en madera son discontinuos, no son húmedos, su superficie es rígida, tienen una buena estabilidad, permiten la instalación de accesorios sin deteriorar sus propiedades.

La madera es un material compuesto por fibras huecas, alineadas de forma axial a la longitud del tronco, estos espacios huecos contienen aire atrapado que les proporcionan cualidades en el aislamiento acústico y térmico. Con relación al aislamiento acústico la madera tiene valores muy superiores al hormigón y las paredes de ladrillos. Con relación al aislamiento térmico la madera es excelente. Una constatación práctica de esta característica es que difícilmente sentimos la

madera extremadamente fría o caliente cuando la tocamos, como sucede con otros materiales.

Sabemos que la conducción térmica de la madera es 1300 veces menor que el acero, 10 veces menor que el concreto y 40 veces menor que el ladrillo de Arcilla. Este es uno de los principales motivos que los elementos de madera son fundamentales en países con importante variación climática como Estados Unidos, Canadá y países de Europa.

2.2.2.3 Elementos estructurales en yeso. El Sistema de Construcción en Seco, comúnmente conocido como **Drywall**, por su origen americano que significa "muro seco", ya que los materiales que lo componen no requieren mezclas húmedas. Es un sistema multifuncional no convencional de tabiques ligeros compuestos de placas de yeso o fibrocemento, modulados con ejes de fácil estructuración e instalación que puede ser utilizado tanto para interiores como exteriores.

Gracias al corto tiempo de instalación, los costos administrativos y financieros se reducen un 40% en comparación con el sistema tradicional; liviano, por su peso de 25 Kg. /m² aprox. una plancha de drywall equivale a 2.98 m² aprox; Fácil instalación, con este sistema, las instalaciones (eléctricas, telefónicas, de cómputo, sanitarias, etc.) van empotradas y se arman simultáneamente con las placas; de cómodo transporte, por ser un producto liviano, el transporte se facilita empleando el mínimo de operarios; versátil, el producto permite desarrollar cualquier tipo de proyecto arquitectónico, ya sea volúmenes especiales, cielos rasos o tabiquería ligera; recuperable, por las características en la construcción del Drywall se puede recuperar el 80% del material para ser empleado nuevamente.

Propiedades:

- Térmico, le permite mantener cada ambiente con su propia temperatura, evitando pérdidas de energía en lugares con aire acondicionado o calefacción gracias a su conductibilidad térmica de 0.38 Kcal/mh^{°c}
- Incombustible, las planchas de placas de yeso están compuestas por un 20% de agua cristalizada que al entrar en contacto con el fuego, liberan el líquido evitando así su propagación
- Asísmico, por ser montado sobre una estructura metálica, ofrece mayor seguridad que el sistema tradicional.
- Acústico, la ASTM en su proceso E90-75 califica al drywall como un material altamente acústico.

2.2.2.4 Elementos estructurales en madera aglomerada. Los tableros utilizados de fibra de madera aglomerada se utilizan con una versatilidad no igualada en sus aplicaciones y manejo. Virtualmente, todos los sectores de la industria de la construcción y muchos otros campos se benefician con su uso. Son extremadamente durables. Exhiben características uniformes garantizadas, sin los defectos naturales de la madera. Son particularmente resistentes a la humedad y al ataque de hongos e insectos. Poseen valiosas propiedades de resistencia mecánica que garantizan su exitoso empleo para hacer elementos estructurales, como vigas y paredes. Se puede obtener decoraciones y acabados no igualados en su calidad y economía. El sellamiento y lisura de su superficie permiten aplicar una amplia gama de pinturas y laminaciones. El aislamiento térmico es muy significativo. Por su naturaleza homogénea, puede ser cortado, perforado o laborado en finos detalles y a tolerancias precisas. Puede ser doblado con técnicas sencillas en formas complejas. Esto no solo provee formas satisfactorias y efectos no usuales, sino que, además, aumenta la resistencia y rigidez del diseño.

Dada su gran versatilidad. Puede tener una infinidad de usos, tales como en la industria del mueble superficie exteriores, superficies curvas, cajonería, respaldo de muebles y sillas, entrepaños, en la construcción puertas, divisiones, cielos rasos, closet, tazas prefabricadas, además empaques, exhibidores, carteles, material didáctico, etc.

2.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

El comportamiento de los materiales está definido por su estructura. A nivel microscópico, la estructura electrónica de un átomo determina la naturaleza de los enlaces atómicos que a su vez contribuye a fijar las propiedades de un material dado.

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

En el diseño de cualquier estructura es necesario especificar los cálculos que caracterizaran calificaran y cuantificaran el elemento a diseñar. El tamaño, las dimensiones y la estabilidad en cualquier elemento dependen no solo de la constitución interna del mismo material sino también de los esfuerzos a los cuales están sometidos, por esta razón la estática se vuelve fundamental para el cálculo en el diseño estructural.⁶

Para definir los cálculos según el material con que se va a diseñar los elementos estructurales o arquitectónicos, se deben realizar pruebas que caractericen y definan constantes que permitirán efectuar estos cálculos, de esta forma se obtienen datos como el coeficiente de deformación y la grafica de esfuerzo deformación.

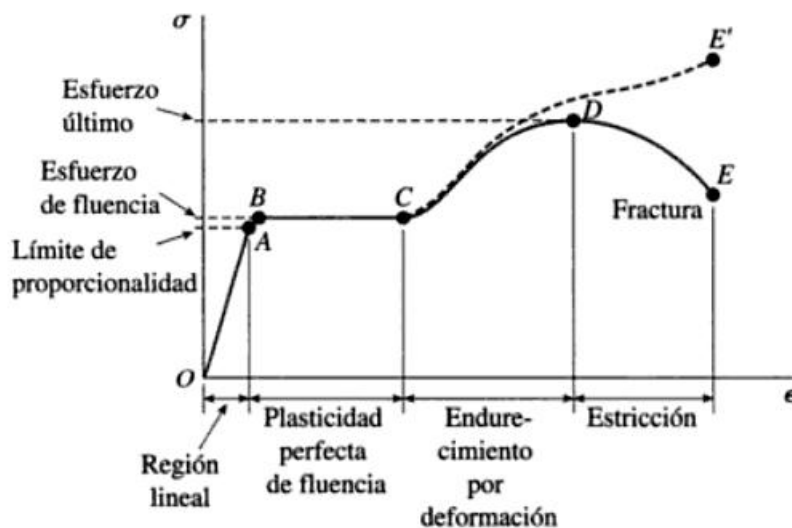
⁶ Russell Charles Hibbeler (2.006). Mecánica de materiales. Pearson Educación

2.3.1 Tensión

Ingenierilmente se denomina tensión al valor de la distribución de fuerzas por unidad de área para un material determinado. La tensión se mide basándose en la elasticidad, que es una propiedad de los materiales que consiste en recuperar el tamaño y la forma original después de comprimir o estirar el material.

La relación entre el esfuerzo y la deformación, denominada modulo de elasticidad, así como el límite de elasticidad están determinados por la estructura del material.

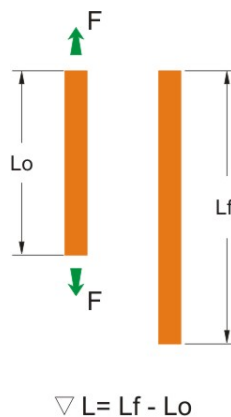
Figura 11. Grafica de esfuerzo deformación



Fuente: James M Gere, James M. Gere Stephen P. Timoshenko, Raúl Arrijoa Juárez (2.006). Mecánica de materiales. Cengage Learning Editores. Pág. 15

Todo cuerpo al soportar una fuerza aplicada trata de deformarse en el sentido de aplicación de la fuerza, en el caso del ensayo de tracción la fuerza se aplica en dirección del eje de ella y por eso se denomina axial, la probeta se alarga en dirección de su longitud y se encoge en el sentido o plano perpendicular, aunque el esfuerzo y la deformación ocurren simultáneamente en el ensayo, los dos conceptos son totalmente distintos.

Figura 12. Probeta para el análisis de deformación



Fuente: El autor

Para calcular el modulo de elasticidad o modulo de Young (Y), sometemos una probeta con longitud inicial (L_0) y sección transversal (S) del material a evaluar, en la máquina de ensayos aplicamos una fuerza (F) y entonces evaluamos el modulo de elasticidad utilizando la ecuación correspondiente.

Ecuación 2. Modulo de Young

$$\frac{F}{S} = Y \frac{\Delta L}{L_0}$$

Fuente: James M Gere, James M. Gere Stephen P. Timoshenko, Raúl Arrijoa Juárez (2.006).
Mecánica de materiales. Cengage Learning Editores.

Al tener caracterizado el material en cuanto a su elasticidad se pueden realizar cálculos para el mismo dependiendo de la carga a soportar, en consecuencia se obtienen las ecuaciones para el esfuerzo (σ) y la deformación (ϵ).

Ecuación 3. Esfuerzo y deformación.

$$\sigma = \frac{F}{S} ; \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

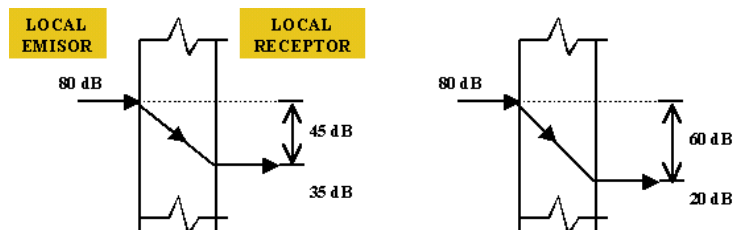
Fuente: James M Gere, James M. Gere Stephen P. Timoshenko, Raúl Arrijoa Juárez (2.006).
Mecánica de materiales. Cengage Learning Editores.

2.3.2 Acústica

La acústica es la propiedad que estudia el comportamiento de las ondas mecánicas que se propagan a través de la materia, es decir estudia la producción, transmisión, almacenamiento y precepción o reproducción del sonido.

El aislamiento acústico es la pérdida de energía que experimentan las ondas sonoras al atravesar un material. Al chocar contra una pared, una parte de la energía incidente se refleja, otra parte la atraviesa y durante ese tránsito se debilita y el resto se transmite al otro lado de la pared. Se define entonces como aislamiento acústico de un elemento constructivo a la diferencia entre los niveles de presión sonora incidente y transmitida.⁷

Figura 13. Perdida por transmisión de sonido



Fuente: Nota técnica No. 30. Aislamiento acústico Construcción Liviana en Seco. Colombit

Para expresar la relación acústica se utiliza como unidad de medida el decibelio, que es una unidad logarítmica utilizada en la acústica y en la electrónica para medir ondas.

El nivel de intensidad acústica en decibelios viene dado por la relación:

Ecuación 4. Relación Acústica

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Fuente: Philippe Deslandes. Enciclopedia de la construcción. Pag. 3-3380

⁷ Nota técnica No. 30. Aislamiento acústico Construcción Liviana en Seco. Colombit

Siendo I la intensidad acústica al paso de una onda sonora. I Se expresa en vatios/m². I_0 es la intensidad acústica de referencia y es igual a 10⁻¹² vatios/m². La presión acústica más baja que el oído humano es capaz de percibir es 0 dB.

Tabla 2. Escalas de presión acústica

NIVEL DE PRESION ACUSTICA (dB)	AMBIENTE TIPICO
140	DOLOR
120	AVION DESPEGANDO
100	MARTILLO NEUMATICO
80	TRAFICO INTENSO
60	OFICINA
40	BIBLIOTECA
20	CAMPIÑA
0	UMBRAL DE AUDICION

Fuente: Mateo Floria Pedro. Gestión de la higiene industrial en la empresa. Pag. 315

El oído humano no percibe igual las distintas frecuencias y alcanza el máximo de percepción en las medias, de ahí que para aproximar más la unidad a la realidad auditiva se ponderen las unidades. Por este motivo se definió el decibelio A (dBA), una unidad de nivel sonoro medido con un filtro previo que quita parte de las bajas y las muy altas frecuencias. De esta manera, después de la medición se filtra el sonido para conservar solamente las frecuencias más dañinas para el oído.

El filtro de decibelios C es prácticamente lineal a lo largo de varias octavas y es adecuado para mediciones, es muy subjetivo a altos niveles de presión sonora. El filtro de decibelios B está entre C y A.⁸

2.3.3 Higroscopicidad

La higroscopicidad es conocida como la variación del peso específico del material, cuando su contenido de humedad varía porcentualmente.

⁸ Philippe Deslandes (1982). Enciclopedia de la construcción. Reverte.

Ecuación 5. Cálculo de la higroscopicidad

$$h = \frac{(1-v) * r_{12}}{100}$$

Fuente: Rafael Capuz Lladró (2.005). Gestión de la edificación. Universidad Politécnica de Valencia. Pág. 24

h = Higroscopicidad en Kg/m³.

v = Coeficiente de contracción volumétrica en %.

r₁₂= Peso específico en Kg/m³. al 12% de humedad.

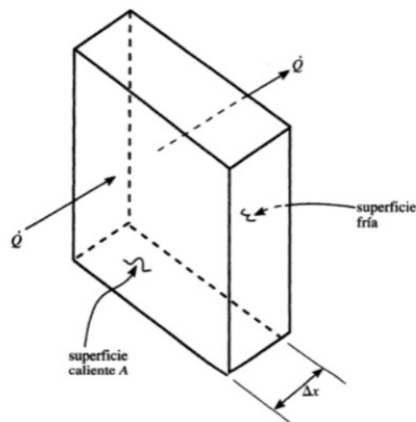
2.3.4 Conductividad Térmica

La conductividad térmica indica la tasa a la cual el calor fluye dentro y a través de un material.⁹ De acuerdo a su composición los materiales se pueden separar en conductores y aislantes térmicos. Los metales están considerados como buenos conductores térmicos, por otra parte los polímeros, los cerámicos y la celulosa se consideran aislantes térmicos.

La conducción térmica está determinada por la ley de Fourier. Establece que la tasa de transferencia de calor por conducción en una dirección dada, es proporcional al área normal a la dirección del flujo de calor y al gradiente de temperatura en esa dirección.

⁹ Serope Kalpakjian (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. Pearson Educación.

Figura 14. Transferencia de calor a través de un sólido



Ecuación 6. Ley de Fourier

$$k = \frac{-Q \cdot \Delta x}{A \cdot \Delta T}$$

Fuente: Kurt C. Rolle (2.006). Termodinámica. Pearson Educación. Pág. 513

k = Conductividad térmica en W/m. x °C.

Q = Transferencia de calor.

Δx = Espesor en el material en m.

A = sección del material en m.

ΔT = Diferencia en la temperatura en °C.

Tabla 3. Conductividad térmica de materiales sólidos entre 0 °C y 100 °C

Material	Coficiente de conductividad térmica W/(m · K)
Arena seca	0,349-0,814
Amianto	0,151
Corcho	0,047
Esmalte	0,872-1,163
Hielo	2,33
Hormigón	1,28
Lana de vidrio	0,035-0,070
Madera (pino) a lo largo de las fibras	0,384
Madera (pino) a través de las fibras	0,140-0,174
Ladrillo aislante	0,116-0,209
Ladrillo	0,698-0,814
Plástico vinílico	0,163
Vidrio	0,698-0,814
Acero	46,5
Acero inoxidable	17,5
Aluminio	203,5
Bronce	64,0
Cobre	384
Fundición de hierro	46,5-93,0
Latón	93,0
Plomo	34,9

Fuente: Costa López (2.002). Curso de Ingeniería Química. Reverte. Pág. 322

2.4 MERCADO

El decrecimiento que se ve reflejado en el sector de la construcción en el último año es consecuencia de los manejos mercantiles dados por las políticas económicas y la situación financiera mundial, sin embargo la tendencia de los constructores es reducir costos e implementar sistemas vertiginosos que les permitan cumplir y ser competitivos, por esta razón la construcción liviana en seco se ha visto como una alternativa que cumple con estas expectativas, es por este motivo que aunque el sector de la construcción está decreciendo, el mercado para la construcción en liviana en seco está creciendo.

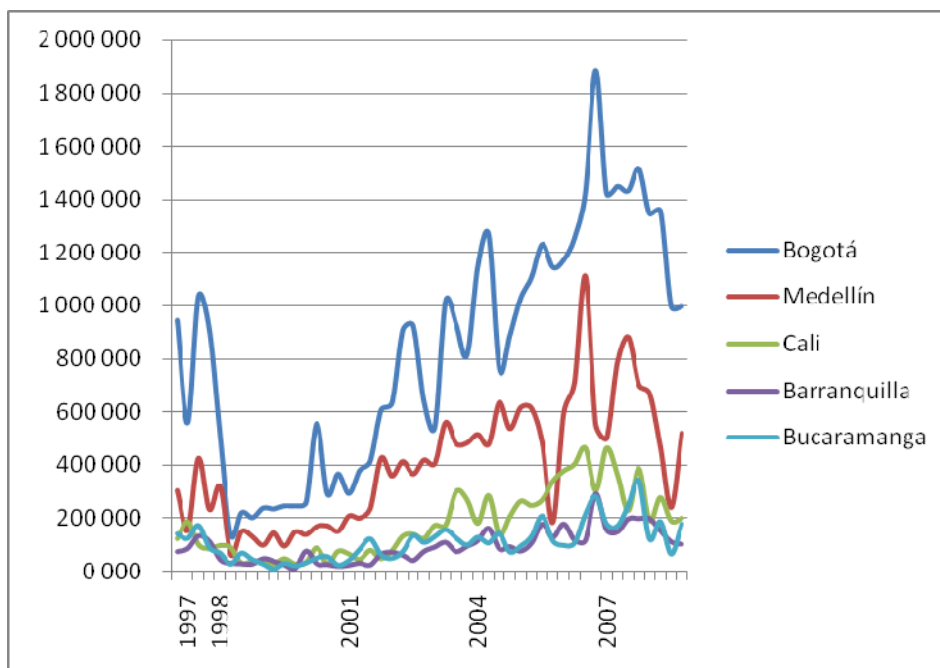
Tabla 4. Áreas en construcción I trimestre de 2.009 en m²

Destinos	Bogotá	Medellín	Cali	B/quilla.	B/manga.
Apartamentos	4 477 490	1 698 212	664 627	370 097	707 565
Casas	384 571	135 853	236 439	109 181	134 391
Oficinas	945 005	131 143	24 837	36 060	41 618
Comercio	474 781	419 447	122 107	110 187	18 102
Bodegas	158 767	104 106	25 369	153 630	18 262
Educación	178 438	70 953	16 515	18570	5 544
Hoteles	206 340	107 551	33522	42 937	7 692
Hospitales	38 967	51 952	79 275	12 781	3 600
Administración pública	141 647	27 767	539	2 498	-
Otros	84 375	241 608	19 183	6 307	8 905
Total	7 090 381	2 988 592	1 222 413	862 248	945 679

Fuente: www.dane.gov.co citado el 17/04/09

Aunque el sistema constructivo en seco se introdujo a Colombia a mediados de la década de los 80 solo alrededor de 1.995 cobro importancia, en los últimos años el sistema ha tenido un crecimiento acelerado y ha ganado mucha popularidad, desplazando el sistema constructivo tradicional en un alto porcentaje.

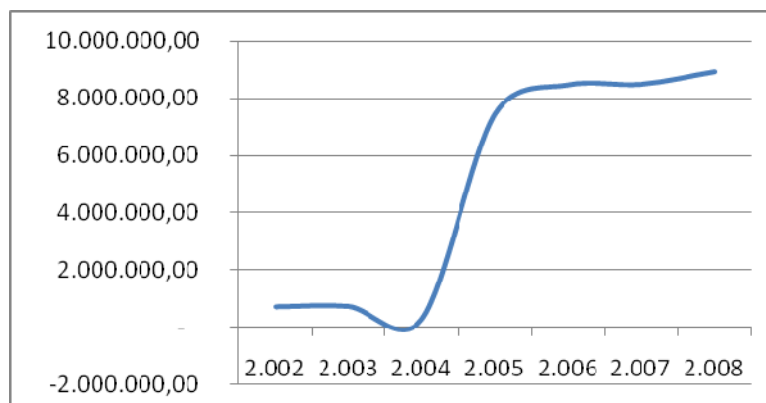
Figura 15. Construcciones nuevas por sector en m².



Fuente: www.dane.gov.co citado el 17/04/09

Actualmente en Colombia existen varias empresas dedicadas a la fabricación y/o a la importación de elementos estructurales para la construcción liviana, entre las cuales se destacan Colombit S.A. y Eternit con productos de fibro-cemento o yeso-cartón.

Figura 16. Importación de Drywall en Colombia en USD.

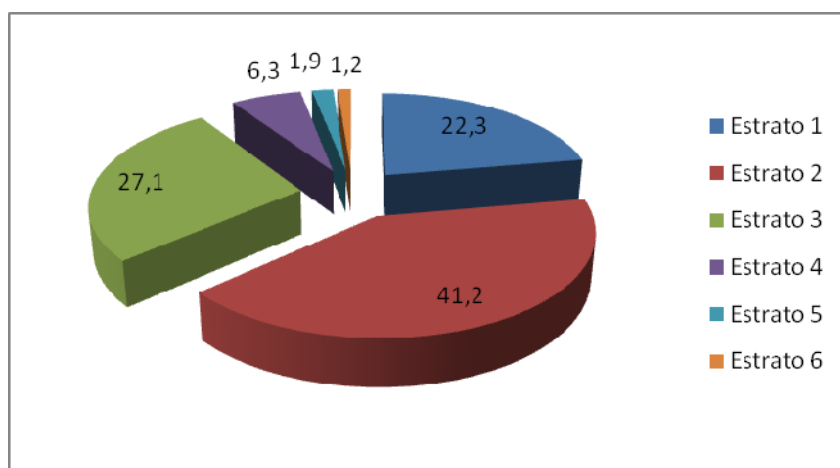


Fuente: Ministerio de Industria y Comercio

2.4.1 Mercado objetivo

El mercado objetivo esta segmentado en dos partes, primero la construcción nueva o remodelada en los estratos socio-económicos 3, 4, 5 y 6. Ya que tienen el poder adquisitivo para invertir en el mejoramiento de los espacios interiores e implementar arquitectura sofisticada. El segundo son las VIS, viviendas de interés social, el cual se tendrá en cuenta en la segunda fase del proyecto.

Figura 17. Estratos socioeconómicos en Colombia



Fuente: DANE documento CONPES 3386

2.4.1.1 Perfil del usuario. En este caso se encuentran dos usuarios directos que indagaran acerca de la viabilidad de este producto:

Se define como primer usuario al personal encargado de instalación y montaje, ya que son los responsable de realizar criticas en cuanto a las características de transporte, ensamble y versatilidad del producto.

Otro tipo de usuario es el usuario comprador, que emitirá apreciaciones correspondientes a la textura, al color, a la forma y al impacto ambiental.

2.4.2 Análisis del estado actual

La arquitectura moderna ha conquistado más espacio evolucionando con la naturaleza, constituyéndose los cielorrasos y las divisiones, en una solución que crea ambientes donde se personaliza el entorno y aliviana la estructura.

El cielo raso es considerado como un falso techo o superficie superior de una estancia cubierta. Normalmente el término se aplica a una superficie plana surcada por vigas o cóncava, que se corresponde con la cara inferior de la cubierta o del forjado. El cielo raso es un elemento decorativo y funcional, pues permite ocultar toda la estructura de funcionamiento de un recinto, como lo es la tubería y las instalaciones que sean necesarias.

Actualmente se ofrecen soluciones arquitectónicas en diferentes tipos de acuerdo a la necesidad. Aislantes acústicos, aislantes térmicos, soportes estructurales y otros.

Tabla 5. Datos técnicos placas tipo Drywall

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUPERBOARD			
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
En húmedo	En equilibrio*		
10 Mpa	14 Mpa		
(*) Entiéndase equilibrio como condiciones ambientales normales			
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	ENSAYO
Absorción	30 - 35	%	ASTM D1037
Densidad (seco al horno)	1,25	Kg / m ³	ASTM D1037
Contenido de humedad	10-12	%	ASTM D1037
Variación lineal con cambio de humedad			
De seco al ambiente a saturado	0,6	mm / m	ASTM D1037
De seco al horno a saturado	2,4	mm / m	
Coefficiente de expansión térmica	4x10 ⁻⁶	m / m °C	ASTM D 696
Módulo de elasticidad (seco al horno)	68.521-6.722	Kg / cm ² - MPa	ASTM C 120
Conductividad térmica	0,283	W / m °K	ASTM C 518
Resistencia a la tracción del clavo			
En húmedo	32,0	Kg	ASTM D1037
En seco	64,7	Kg	
Resistencia al impacto - Charpy	2,1	KJ / m ²	ASTM D 256

Fuente: Nota técnica Nro. 23 Colombit

Tabla 6. Datos técnicos laminas Madeflex

	Standard	Standard
Espesor Nominal (mm.)	2.5	3.0
Espesor Máximo (mm.)	2.7	3.2
Espesor Mínimo (mm.)	2.3	2.8
Módulo de Ruptura (Kg/Cm2)	350-500	35-500
Resistencia a la Tención Perpendicular (Kg/cm2)	10 Min.	10 Min.
Resistencia a la Tención Paralela (Kg/cm2)	220	220
Módulo de elasticidad (Kg/cm2)	35.000-55.000	35.000-55.000
Absorción de agua (%) (24 horas a 20°C)	30-35	30-35
Absorción superficial lado liso (%)	10-15	10-15
Expansión de espesor (%)	15-25	15-25
Cambios típicos de longitud para variación de humedad relativo desde 33 - 90 %	0.13-0.32	0.13-0.32
Densidad (gr/cm3)	0.98-1.03	0.98-1.03
Peso por medio cuadrado (Kg.)	2.5	3.0
Tolerancia en largoa para todos los tableros (m.m/m)	2.0	2.0

Fuente: <http://www.madeflex.com.co/portal/madeflex.htm> citado el 06/01/2.009

Tabla 7. Datos técnicos laminas Triplex

DIMENSIONES Y PESOS				LAMINA 2.44 X 1.22 m		
CALIBRE NOMINAL (mm)	4	7	9	12	15	18
TOLERANCIA EN CUADRATURA (mm)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
PESO APROXIMADO (kg)	7	12	14	19	22	33
CALIDADES Y CALIBRES						
CALIDADES	PIZANO	OKUME	ANDES	BARU	ESTRUCTURAL	
CALIBRES (mm)	4 - 7 - 9 - 15 - 18	4	4 - 7 - 9 - 12 - 15 - 18	4	7 - 9 - 12 - 15 - 18	
TOLERANCIA EN CALIBRE	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.8	
TIPO	I	I	I	I	I	

PORCENTAJE DE HUMEDAD

MOMENTO DE DESPACHO	5 al 11%
EN PLAZA SE ESTABILIZA	7 al 10%

Fuente: Manual de producto PIZANO S.A.

Tabla 8. Datos técnicos laminas MDF

Standard	Unidades	Espesor (mm)				
		3	4	5,5	9 a 20	25 a 30
Propiedades						
Densidad	kg/m2	800	800	800	700	700
Flexión	N/mm2	49	44	44	36	31
Módulo de elasticidad	N/mm2	3380	3380	3380	2940	2750
Agarre de tornillo	N	-	-	-	1270	1270
Hinchamiento 24hrs	%	30	30	25	11	8
Humedad	%	5-8	5-8	5-8	5-8	5-8

Fuente: <http://www.placacentro.com/col/esp/productos/tableros/mdf> citado el 06/01/2.009

3. ETAPA DE EXPERIMENTACION

3.1 REQUERIMIENTOS Y PARAMETROS DEL PRODUCTO

3.1.1 Requerimientos.

3.1.1.1 Requerimientos de uso. Son los requerimientos que permiten disponer de la interacción puntual entre el usuario y el producto.

El producto debe estar enmarcado dentro de las reglas de seguridad industrial que se establecen para este tipo de productos, (peso, dimensión, espesor, cantos).

Se deben tener en cuenta los cambios abruptos de clima que presentan la región andina.

3.1.1.2 Requerimientos de función. Este tipo de requerimientos reseña los aspectos técnicos del funcionamiento del producto.

Los cálculos deben establecer variables que permitan diseñar en base a estos y así, proponer alternativas de solución.

3.1.1.3 Requerimientos técnico – productivos. Los requerimientos técnico-productivos hacen referencia a los medios y métodos de manufactura utilizados en el proceso.

La utilización de la maquinaria actual para la definición de pruebas.

Los costos de producción deben estar contenidos dentro de la propuesta financiera de la empresa.

3.1.1.4 Requerimientos de mercado. Se refieren a la comercialización del producto por parte de la empresa.

La empresa con sus políticas de implantación de precios en sus productos establecerá el precio acorde al mismo.

Actualmente la empresa se encuentra desarrollando en paralelo un proyecto de comercialización y posicionamiento de sus productos, el cual le permitirá distribuir eficazmente este producto.

3.1.1.5 Requerimientos de identidad. Son las ilustraciones que tendrá el producto ya sea para identificarse o dar a conocer las operaciones que debe ejecutar el usuario para su mantenimiento y reparación.

El producto debe tener una marca que lo identifique.

Se debe realizar un material grafico de apoyo para el reconocimiento del producto en el mercado.

3.1.2 Parámetros

3.1.2.1 Técnicos.

1. El modulo de elasticidad en el material debe estar entre 35.000 y 65.000 kg/cm².
2. La densidad del material debe estar entre 500 y 1250 kg/m³.
3. El porcentaje de humedad del material en seco no debe pasar del 10%
4. La absorción acústica del material debe ser mayor a 10 dB A
5. La conductividad térmica del material debe estar entre 0,1 y 0,3 W (m.K)

3.1.2.2 Dimensionales. El parámetro dimensional esta dado por dos aspectos;

1. La maquina actualmente permite elaborar laminas de 1,50 x 2,00 m. por este motivo se proponen dimensiones que eviten desperdicio.
2. Los estándares comerciales indican una medida patrón la cual se debe acomodar a las necesidades actuales de la empresa.
3. El espesor del material debe estar condicionado a la estabilidad estructural de armado con el fin de evitar el pandeo y alivianar la estructura.

3.1.2.3 Acabados. Los acabados deben permanecer en la línea ecológica en la que se enmarca el producto, a demás no deben ser tóxicos ni perjudiciales.

3.1.2.4 Materia prima. La empresa actualmente procesa sus productos con materias primas que en un alto porcentaje son reciclaje urbano o de otras industrias.

De acuerdo con las intenciones del proyecto la materia prima principal para el producto objetivo debe ser celulosa reciclada.

Figura 18. Materias primas



Fuente: El autor

3.1.2.5 Costos. Actualmente la empresa cuenta con unos costos que se promedian según la tabla 9 con el fin de establecer los costos de venta mes a mes.

Tabla 9. Costos de producción Junio de 2.009

DETALLE	VALOR
MANO DE OBRA DIRECTA	26.423.564,00
ARRENDAMIENTOS	22.000.000,00
SERVICIOS	34.447.284,00
IMPUESTOS	432.600,00
FINANCIEROS	1.027.886,11
GASTOS EXTRAS	5.155.449,22
MATERIAS PRIMAS	19.315.504,00
COSTOS INDIRECTOS	2.283.055,00
MANTENIMIENTO	2.021.240,00
TOTAL	113.106.582,33

Fuente: La empresa

Sin embargo existen otras variables que se controlan a la hora de fijar los precios de venta, ya que el promedio de láminas producidas en un mes es de 60.000 láminas. Estas variables son:

1. Rango de equilibrio en producción
2. Calibres producidos en el mes
3. Calidad producida en el mes
4. Estado actual de la competencia
5. Necesidades actuales de la empresa
6. Inventario actual de la empresa

Por otra parte se encuentran los costos de instalación, que involucran materiales adicionales que se fijan para el montaje del producto.

3.2 ELABORACION DE PRUEBAS

De acuerdo con las disposiciones del grupo de trabajo en la empresa, se establecieron cuatro pruebas con el fin de equilibrar las características que ofrece la competencia y además cumplir con las siguientes normas:

- ICONTEC 2500 Ingeniería Civil y arquitectura, uso de la madera en la construcción.

- ASTM D 1037 Métodos de Prueba Estándar para la Evaluación de Propiedades de la madera - base de fibras y de partículas.

- ASTM C 120 Prueba Estándar Métodos de ensayo de flexión de láminas (carga de rotura, módulo de rotura, módulo de elasticidad).

- ASTM C 518 Método de estado estacionario de transmisión térmica Propiedades por medio del aparato medidor de flujo de calor.

Es importante resaltar que con estos requerimientos y la implantación de las políticas y procedimientos ecológicos de la empresa se está buscando la certificación ISO 9000 y ISO 14001

En la primer prueba se utilizo la formula citada por el ingeniero y se procedió con el proceso normal, donde se aplican 10 vueltas en el cilindro formato con una solución de agua del 98% luego se dan 27 segundos de prensado a 110 bar de presión, para así pasar al horno y entonces aplicar 45 minutos de secado a una temperatura de 100 °C.

Figura 19. Laminado, prensado y secado



Fuente: El autor

En vista de los resultados obtenidos se procede a una segunda prueba, donde interviene el cambio de formula y se procede a aplicar 13 vueltas en el cilindro formador. Para esta prueba se dan tres resultados:

1- En la mesa de corte: se aplica el procedimiento normal pero no se le aplica presión ni secado en horno, con el fin de mejorar la densidad y realizar pruebas de textura.

Figura 20. Prueba en la mesa de corte



Fuente: El autor

2- En la prensa: se lleva el procedimiento sin secar la lámina en horno con el fin de comparar el secado y evitar alabeos y pandeos.

Figura 21. Prueba en la prensa



Fuente: El autor

3- En el horno: se procede de forma normal y solamente se cambia la formulación en pulper, estas láminas son el punto de comparación para con las dos anteriores.

Figura 22. Prueba en el Horno



Fuente: El autor

De acuerdo a los parámetros y las exigencias establecidas para las láminas es obligatorio proceder con una tercer prueba, donde además de manejar las tres condiciones que se utilizaron en la segunda prueba se procede a recurrir a las laminas como capas utilizando un adherente entre ellas generando laminas de menor espesor en la maquina formadora y posteriormente implementando un proceso de adhesión entre laminas.

Figura 23. Fotografías microscópicas prueba 3 a 12X



Fuente: El autor

3.3 CARACTERIZACION DEL MATERIAL

3.3.1 Tensión

El objetivo de la prueba es determinar el comportamiento del material cuando se somete a cargas axiales de tensión.

La prueba se realizó en los laboratorios de caracterización de materiales de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, bajo la supervisión de los técnicos de turno.

La máquina utilizada para realizar los ensayos es una máquina universal marca SCHENCK TREBEL con una capacidad máxima de 40 toneladas. La máquina permite variar el rango de carga en tres escalas: 0 - 4 toneladas, 0 - 20 toneladas y 0 - 40 toneladas. La máquina está provista de dispositivos que aseguran la aplicación axial de la carga.

Adicional a la máquina se utilizó un deformímetro y un calibrador con el fin de obtener datos dimensionales que aseguren el éxito de la prueba.

Figura 24. Maquina de pruebas SCHENCK TREBEL



Fuente: El autor

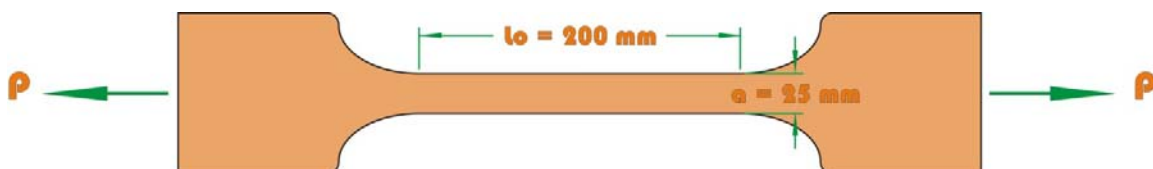
3.1.1.1 Procedimiento prueba de tensión. Consiste en someter las probetas a una carga axial gradual de tensión para lo cual se fijan a las mordazas de la maquina, teniendo en cuenta que la longitud entre las mordazas debe ser la longitud de ensayo L_0 .

Se procede a ubicar el deformimetro en la probeta entre las marcas de la longitud establecida L_0 .

Se aplica la carga, que para efectos de este ensayo está dada en Kg-f.

Se toman los datos de carga aplicada vs. deformación, teniendo en cuenta que el deformimetro indica unidades de 0,01 mm. Los datos se toman hasta el punto de máxima carga o punto de ruptura del material.

Figura 25. Probeta para prueba de tensión



Fuente: El autor.

Debido a la precisión solicitada en la prueba a nivel dimensional, fue necesario realizar corte de estas en laser, con el fin de garantizar la fiabilidad en los datos generados en la prueba.

Las dimensiones sugeridas por el técnico en el laboratorio para las probetas son las siguientes: $L_0 = 200 \text{ mm}$, $a = 25 \text{ mm}$, $e = 4 \text{ mm}$.

Figura 26. Corte, montaje y ruptura de una probeta en prueba de tensión.



Fuente: El autor.

Como se muestra en la Tabla 10 se manejaron diversas variables, que permiten obtener el modulo de elasticidad en el material.

De acuerdo a la investigación previa se establece que el modulo de elasticidad se obtiene de la grafica esfuerzo deformación y es equivalente a la pendiente de la tangente a la curva generada.

Tabla 10. Variables en la prueba de tensión.

VARIABLES
Lo = Longitud inicial (mm.)
e = espesor (mm.)
a = ancho (mm.)
P = Carga (kg-f.)
$\delta 1$ = deformacion [(1/100)mm.]
$\delta 2$ = deformacion (mm.)
A1 = area de la seccion transversal (mm. ²)
A1 = area de la seccion transversal (cm. ²)
σ = esfuerzo (kg-f./cm. ²)
σ = esfuerzo [PSI (lb./pulg. ²)]
ϵ = deformacion (mm./mm.)
Lu = Longitud final (mm.)

Fuente: El autor.

Figura 27. Recolección de datos prueba tensión.



Fuente: El autor

Los datos en la muestra de tensión se consignaron de acuerdo al procedimiento de laboratorio, donde se registran las cargas que la maquina muestra y en ese preciso instante se registra la información que arroja el deformimetro.

3.3.1.2 Prueba de tensión

Tabla 11. Prueba 1 Tensión probetas de la 1 a la 4

PRUEBA 1																	
PROBETA	Lo	e	a1	a2	a3	a4	a5	P	δ1	δ2	A1	A2	σ	σ (psi)	ε	Lu	
1	250	4	28	27	27,7	27,7	28	0	0	0	110,72	1,1072	0	0	0	251,5	
								20	34	0,34			18,0636	256,932	0,00136		
								40	84	0,84			36,1272	513,865	0,00336		
								60	175	1,75			54,1908	770,797	0,007		
								80	285	2,85			72,2543	1027,73	0,0114		
								100	450	4,5			90,3179	1284,66	0,018		
2	249	4	27	25	27,4	26	27	0	0	0	106,16	1,0616	0	0	0	250,4	
								20	70	0,7			18,8395	267,969	0,00281		
								40	120	1,2			37,679	535,937	0,00482		
								60	171	1,71			56,5185	803,906	0,00687		
								80	116	1,16			75,358	1071,87	0,00466		
								90	263	2,63			84,7777	1205,86	0,01056		
3	250	4	28	28	26,5	27,7	26	0	0	0	109,08	1,0908	0	0	0	250,3	
								20	52	0,52			18,3352	260,795	0,00208		
								40	100	1			36,6703	521,59	0,004		
								60	146	1,46			55,0055	782,386	0,00584		
								80	220	2,2			73,3407	1043,18	0,0088		
								90	280	2,8			82,5083	1173,58	0,0112		
4	200	4	25	25	25	25	25	0	0	0	100	1	0	0	0	203,5	
								20	35	0,35			20	284,475	0,014		
								40	82	0,82			40	568,951	0,0328		
								60	154	1,54			60	853,426	0,0616		
								80	208	2,08			80	1137,9	0,0832		
								100	255	2,55			100	1422,38	0,102		
								120	345	3,45			120	1706,85	0,138		
								130	470	4,7			130	1849,09	0,188		
								140	600	6			140	1991,33	0,24		
								150	800	8			150	2133,57	0,32		
160	930	9,3	160	2275,8	0,372												

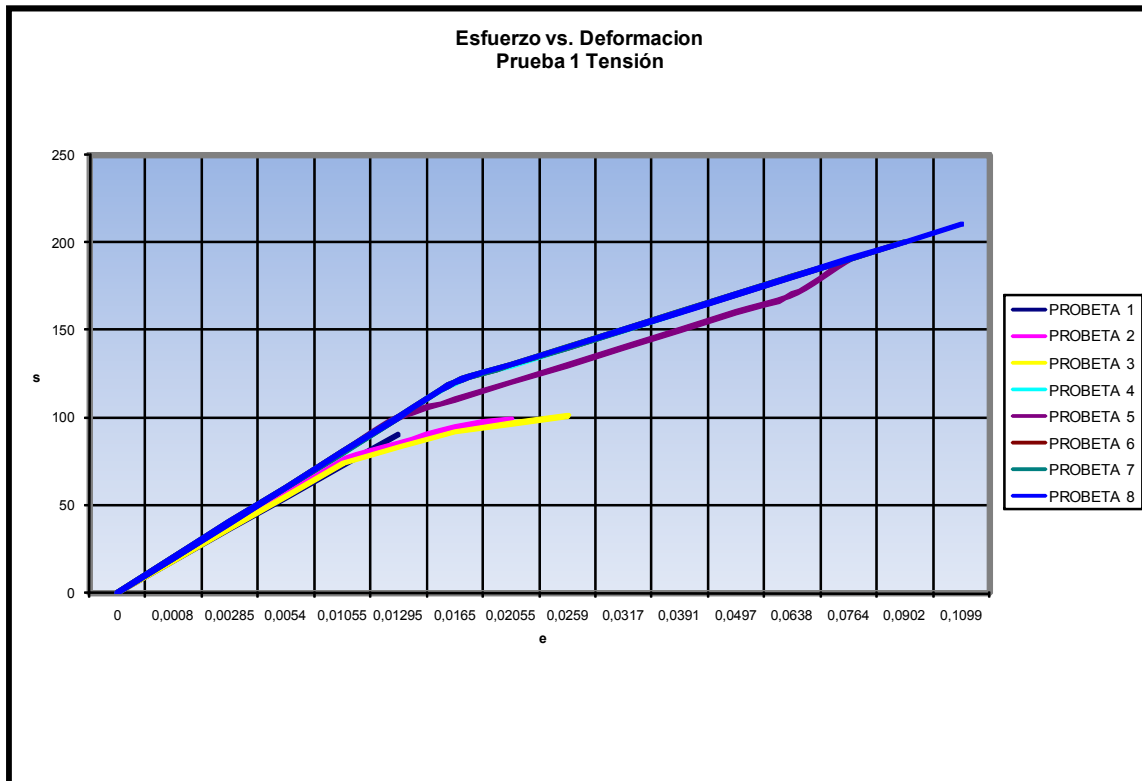
Fuente: El autor.

Tabla 12. Prueba 1 Tensión probetas de la 5 a la 8

PRUEBA 1												
PROBETA	Lo	e	a	P	δ_1	δ_2	A1	A2	σ	σ (psi)	ϵ	Lu
5	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	212,8
				20	24	0,24			20	284,475	0,0012	
				40	58	0,58			40	568,951	0,0029	
				60	112	1,12			60	853,426	0,0056	
				80	182	1,82			80	1137,9	0,0091	
				100	254	2,54			100	1422,38	0,0127	
				110	380	3,8			110	1564,61	0,019	
				120	468	4,68			120	1706,85	0,0234	
				130	638	6,38			130	1849,09	0,0319	
				140	762	7,62			140	1991,33	0,0381	
				150	970	9,7			150	2133,57	0,0485	
				160	1210	12,1			160	2275,8	0,0605	
				170	1553	15,53			170	2418,04	0,07765	
				190	2330	23,3			190	2702,52	0,1165	
6	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	210,3
				20	10	0,1			20	284,475	0,0005	
				40	70	0,7			40	568,951	0,0035	
				60	123	1,23			60	853,426	0,00615	
				80	221	2,21			80	1137,9	0,01105	
				100	274	2,74			100	1422,38	0,0137	
				120	343	3,43			120	1706,85	0,01715	
				130	415	4,15			130	1849,09	0,02075	
				140	570	5,7			140	1991,33	0,0285	
				150	695	6,95			150	2133,57	0,03475	
				160	759	7,59			160	2275,8	0,03795	
				170	1045	10,45			170	2418,04	0,05225	
				180	1270	12,7			180	2560,28	0,0635	
				190	1663	16,63			190	2702,52	0,08315	
200	1995	19,95	200	2844,75	0,09975							
7	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	212,8
				20	18	0,18			20	284,475	0,0009	
				40	52	0,52			40	568,951	0,0026	
				60	125	1,25			60	853,426	0,00625	
				80	210	2,1			80	1137,9	0,0105	
				100	286	2,86			100	1422,38	0,0143	
				120	330	3,3			120	1706,85	0,0165	
				130	377	3,77			130	1849,09	0,01885	
				140	412	4,12			140	1991,33	0,0206	
				150	493	4,93			150	2133,57	0,02465	
				160	629	6,29			160	2275,8	0,03145	
				170	934	9,34			170	2418,04	0,0467	
				180	1057	10,57			180	2560,28	0,05285	
				190	1299	12,99			190	2702,52	0,06495	
200	1644	16,44	200	2844,75	0,0822							
8	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	211
				20	16	0,16			20	284,475	0,0008	
				40	57	0,57			40	568,951	0,00285	
				60	108	1,08			60	853,426	0,0054	
				80	211	2,11			80	1137,9	0,01055	
				100	259	2,59			100	1422,38	0,01295	
				120	330	3,3			120	1706,85	0,0165	
				130	411	4,11			130	1849,09	0,02055	
				140	518	5,18			140	1991,33	0,0259	
				150	634	6,34			150	2133,57	0,0317	
				160	782	7,82			160	2275,8	0,0391	
				170	994	9,94			170	2418,04	0,0497	
				180	1276	12,76			180	2560,28	0,0638	
				190	1528	15,28			190	2702,52	0,0764	
200	1804	18,04	200	2844,75	0,0902							
210	2198	21,98	210	2986,99	0,1099							

Fuente: El autor.

Figura 28. Esfuerzo vs. deformación prueba 1



Fuente: El autor.

Tabla 13. Modulo de elasticidad prueba 1

MODULO DE ELASTICIDAD prueba 1								
PROBETA	1	2	3	4	5	6	7	8
kg-f/cm.²	9.032	9.382	9.550	8.511	11.765	6.667	11.765	9.756
MPA	886	920	936	835	1.154	654	1.154	957
PSI	128.462	133.444	135.827	121.050	167.333	94.822	167.333	138.764

MODULO DE ELASTICIDAD		
9756	11765	kg-f/cm.²
957	1154	MPA
138764	167333	PSI

Fuente: El autor.

Tabla 14. Prueba 2 Tensión probetas de la 1 a la 4

PRUEBA 2												
PROBETA	Lo	e	a	P	δ_1	δ_2	A1	A2	σ	σ (psi)	ϵ	Lu
1	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	213,8
				20	25	0,25			20	284,475	0,00125	
				50	58	0,58			50	711,189	0,00292	
				80	115	1,15			80	1137,9	0,00575	
				110	190	1,9			110	1564,61	0,0095	
				140	270	2,7			140	1991,33	0,0135	
				170	395	3,95			170	2418,04	0,01975	
				200	493	4,93			200	2844,75	0,02465	
				230	710	7,1			230	3271,47	0,0355	
				260	820	8,2			260	3698,18	0,041	
2	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	212,9
				30	28	0,28			30	426,713	0,0014	
				60	69	0,69			60	853,426	0,00345	
				90	230	2,3			90	1280,14	0,0115	
				120	240	2,4			120	1706,85	0,012	
				150	290	2,9			150	2133,57	0,0145	
				180	345	3,45			180	2560,28	0,01725	
				210	415	4,15			210	2986,99	0,02075	
				240	580	5,8			240	3413,7	0,029	
				270	700	7			270	3840,42	0,035	
300	815	8,15	300	4267,13	0,04075							
3	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	213,5
				20	31	0,31			20	284,475	0,00155	
				50	72	0,72			50	711,189	0,0036	
				80	233	2,33			80	1137,9	0,01165	
				110	243	2,43			110	1564,61	0,01215	
				140	293	2,93			140	1991,33	0,01465	
				170	348	3,48			170	2418,04	0,0174	
				200	418	4,18			200	2844,75	0,0209	
				230	583	5,83			230	3271,47	0,02915	
				260	703	7,03			260	3698,18	0,03515	
290	818	8,18	290	4124,89	0,0409							
4	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	213,8
				20	27	0,27			20	284,475	0,00135	
				50	60	0,60			50	711,189	0,00302	
				80	117	1,17			80	1137,9	0,00585	
				110	192	1,92			110	1564,61	0,0096	
				140	272	2,72			140	1991,33	0,0136	
				170	397	3,97			170	2418,04	0,01985	
				200	495	4,95			200	2844,75	0,02475	
				230	712	7,12			230	3271,47	0,0356	
				260	822	8,22			260	3698,18	0,0411	
290	850	8,5	290	4124,89	0,0425							
320	930	9,3	320	4551,61	0,0465							

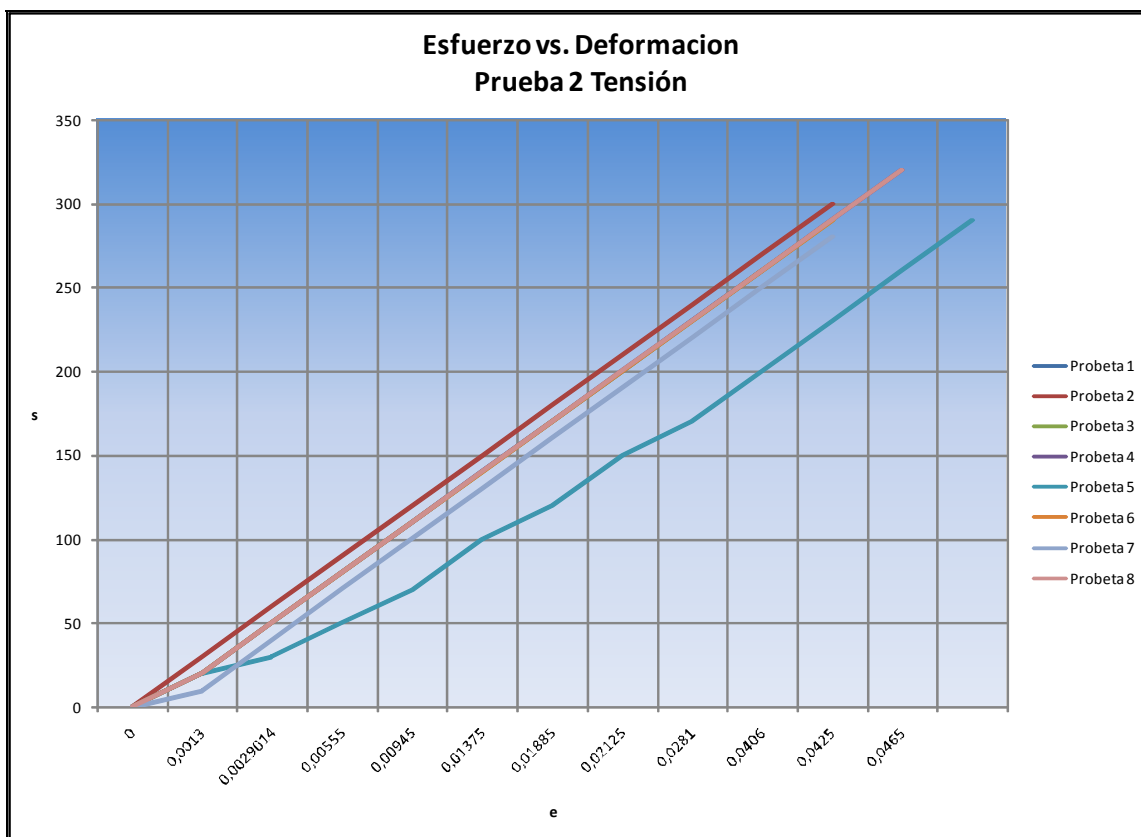
Fuente: El autor.

Tabla 15. Prueba 2 Tensión probetas de la 5 a la 8

PRUEBA 2																			
PROBETA	Lo	e	a	P	δ_1	δ_2	A1	A2	σ	σ (psi)	ϵ	Lu							
5	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	213,8							
				20	24	0,24			20	284,475	0,0012								
				30	56	0,56			30	426,713	0,0028								
				50	109	1,09			50	711,189	0,00545								
				70	187	1,87			70	995,664	0,00935								
				100	273	2,73			100	1422,38	0,01365								
				120	375	3,75			120	1706,85	0,01875								
				150	423	4,23			150	2133,57	0,02115								
				170	560	5,6			170	2418,04	0,028								
				200	615	6,15			200	2844,75	0,03075								
				230	690	6,9			230	3271,47	0,0345								
				260	730	7,3			260	3698,18	0,0365								
				290	810	8,1			290	4124,89	0,0405								
6	200	4	25	0	0	0	100	1	0	0	0	212,9							
				20	30	0,3			20	284,475	0,0015								
				50	71	0,71			50	711,189	0,00355								
				80	220	2,2			80	1137,9	0,011								
				110	235	2,35			110	1564,61	0,01175								
				140	270	2,7			140	1991,33	0,0135								
				170	340	3,4			170	2418,04	0,017								
				200	410	4,1			200	2844,75	0,0205								
				230	570	5,7			230	3271,47	0,0285								
				260	690	6,9			260	3698,18	0,0345								
				290	820	8,2			290	4124,89	0,041								
				7	200	4			25	0	0		0	100	1	0	0	0	213,5
										10	33		0,33			10	142,238	0,00165	
40	74	0,74	40				568,951	0,0037											
70	223	2,23	70				995,664	0,01115											
100	238	2,38	100				1422,38	0,0119											
130	273	2,73	130				1849,09	0,01365											
160	343	3,43	160				2275,8	0,01715											
190	413	4,13	190				2702,52	0,02065											
220	573	5,73	220				3129,23	0,02865											
250	693	6,93	250				3555,94	0,03465											
280	823	8,23	280				3982,66	0,04115											
8	200	4	25				0	0		0	100	1	0			0	0	213,8	
							20	26		0,26			20			284,475	0,0013		
				50	58	0,58	50	711,189	0,0029										
				80	111	1,11	80	1137,9	0,00555										
				110	189	1,89	110	1564,61	0,00945										
				140	275	2,75	140	1991,33	0,01375										
				170	377	3,77	170	2418,04	0,01885										
				200	425	4,25	200	2844,75	0,02125										
				230	562	5,62	230	3271,47	0,0281										
				260	812	8,12	260	3698,18	0,0406										
				290	850	8,5	290	4124,89	0,0425										
				320	930	9,3	320	4551,61	0,0465										

Fuente: El autor.

Figura 29. Esfuerzo vs. deformación prueba 2



Fuente: El autor.

Tabla 16. Modulo de elasticidad prueba 2

MODULO DE ELASTICIDAD prueba 2								
PROBETA	1	2	3	4	5	6	7	8
kg-f/cm. ²	10.281	14.634	14.634	17.984	6.245	14.634	14.634	18.734
MPA	1.008	1.435	1.435	1.764	612	1.435	1.435	1.837
PSI	146.224	208.147	208.147	255.796	88.818	208.147	208.147	266.455

MODULO DE ELASTICIDAD		
14634	18734	kg-f/cm. ²
1435	1837	MPA
208147	266455	PSI

Fuente: El autor.

Tabla 17. Prueba 3 Tensión probetas de la 1 a la 4

PRUEBA 3												
PROBETA	Lo	e	a	P	$\delta 1$	$\delta 2$	A1	A2	σ	σ (psi)	ϵ	Lu
1	200	5	25	0	0	0	125	1,25	0	0	0	211,7
				20	25	0,25			16	227,58	0,00125	
				40	34	0,34			32	455,161	0,0017	
				60	43	0,43			48	682,741	0,00215	
				80	52	0,52			64	910,321	0,0026	
				100	61	0,61			80	1137,9	0,00305	
				120	70	0,7			96	1365,48	0,0035	
				140	79	0,79			112	1593,06	0,00395	
				160	88	0,88			128	1820,64	0,0044	
				180	97	0,97			144	2048,22	0,00485	
				200	106	1,06			160	2275,8	0,0053	
				220	115	1,15			176	2503,38	0,00575	
				240	124	1,24			192	2730,96	0,0062	
				2	200	5			25	0	0	
20	24	0,24	16				227,58	0,0012				
40	32	0,32	32				455,161	0,0016				
60	40	0,4	48				682,741	0,002				
80	51	0,51	64				910,321	0,00255				
100	59	0,59	80				1137,9	0,00295				
120	67	0,67	96				1365,48	0,00335				
140	78	0,78	112				1593,06	0,0039				
160	86	0,86	128				1820,64	0,0043				
180	94	0,94	144				2048,22	0,0047				
200	105	1,05	160				2275,8	0,00525				
220	113	1,13	176				2503,38	0,00565				
240	121	1,21	192				2730,96	0,00605				
3	200	5	25				0	0		0	125	1,25
				20	23	0,23	16	227,58	0,00115			
				40	30	0,30	32	455,161	0,0015			
				60	37	0,37	48	682,741	0,00185			
				80	50	0,5	64	910,321	0,0025			
				100	57	0,57	80	1137,9	0,00285			
				120	64	0,64	96	1365,48	0,0032			
				140	77	0,77	112	1593,06	0,00385			
				160	84	0,84	128	1820,64	0,0042			
				180	91	0,91	144	2048,22	0,00455			
				200	104	1,04	160	2275,8	0,0052			
				220	111	1,11	176	2503,38	0,00555			
				240	118	1,18	192	2730,96	0,0059			
				4	200	5	25	0	0	0		
20	23	0,23	16					227,58	0,00115			
40	31	0,31	32					455,161	0,00155			
60	37	0,37	48					682,741	0,00185			
80	51	0,51	64					910,321	0,00255			
100	57	0,57	80					1137,9	0,00285			
120	65	0,65	96					1365,48	0,00325			
140	77	0,77	112					1593,06	0,00385			
160	85	0,85	128					1820,64	0,00425			
180	91	0,91	144					2048,22	0,00455			
200	105	1,05	160					2275,8	0,00525			
220	111	1,11	176					2503,38	0,00555			
240	119	1,19	192					2730,96	0,00595			

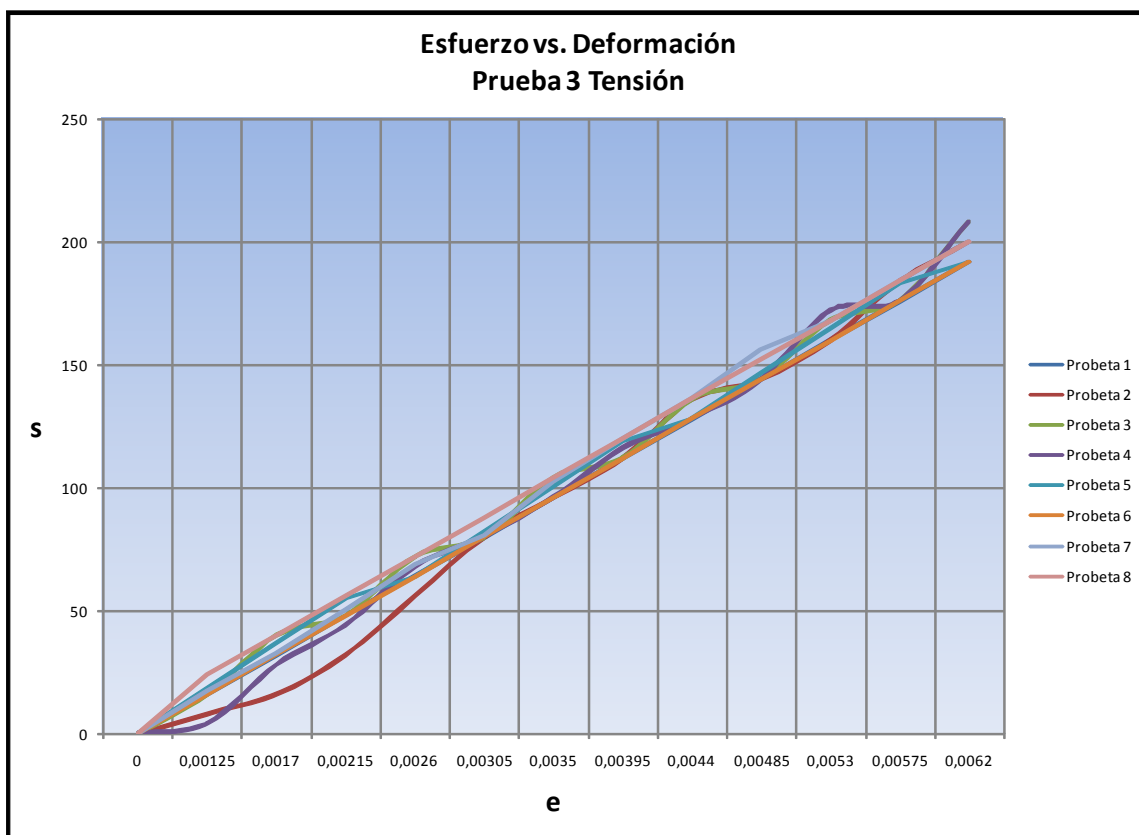
Fuente: El autor.

Tabla 18. Prueba 3 Tensión probetas de la 5 a la 8

PRUEBA 3												
PROBETA	Lo	e	a	P	$\delta 1$	$\delta 2$	A1	A2	σ	σ (psi)	ϵ	Lu
5	200	5	25	0	0	0	125	1,25	0	0	0	208,7
				20	22	0,22			16	227,58	0,0011	
				40	30	0,30			32	455,161	0,0015	
				60	36	0,36			48	682,741	0,0018	
				80	50	0,5			64	910,321	0,0025	
				100	56	0,56			80	1137,9	0,0028	
				120	64	0,64			96	1365,48	0,0032	
				140	78	0,78			112	1593,06	0,0039	
				160	84	0,84			128	1820,64	0,0042	
				180	90	0,9			144	2048,22	0,0045	
				200	104	1,04			160	2275,8	0,0052	
				220	110	1,1			176	2503,38	0,0055	
				240	118	1,18			192	2730,96	0,0059	
				6	200	5			25	0	0	
20	21	0,21	16				227,58	0,00105				
40	30	0,30	32				455,161	0,0015				
60	35	0,35	48				682,741	0,00175				
80	50	0,5	64				910,321	0,0025				
100	55	0,55	80				1137,9	0,00275				
120	64	0,64	96				1365,48	0,0032				
140	77	0,77	112				1593,06	0,00385				
160	83	0,83	128				1820,64	0,00415				
180	89	0,89	144				2048,22	0,00445				
200	104	1,04	160				2275,8	0,0052				
220	109	1,09	176				2503,38	0,00545				
240	117	1,17	192				2730,96	0,00585				
7	200	5	25				0	0		0	125	1,25
				20	22	0,22	16	227,58	0,0011			
				40	30	0,30	32	455,161	0,0015			
				60	36	0,36	48	682,741	0,0018			
				80	50	0,5	64	910,321	0,0025			
				100	56	0,56	80	1137,9	0,0028			
				120	64	0,64	96	1365,48	0,0032			
				140	78	0,78	112	1593,06	0,0039			
				160	84	0,84	128	1820,64	0,0042			
				180	90	0,9	144	2048,22	0,0045			
				200	104	1,04	160	2275,8	0,0052			
				220	110	1,1	176	2503,38	0,0055			
				240	118	1,18	192	2730,96	0,0059			
				8	200	5	25	0	0	0		
20	20	0,2	16					227,58	0,001			
40	28	0,28	32					455,161	0,0014			
60	34	0,34	48					682,741	0,0017			
80	48	0,48	64					910,321	0,0024			
100	56	0,56	80					1137,9	0,0028			
120	64	0,64	96					1365,48	0,0032			
140	78	0,78	112					1593,06	0,0039			
160	84	0,84	128					1820,64	0,0042			
180	90	0,9	144					2048,22	0,0045			
200	104	1,04	160					2275,8	0,0052			
220	110	1,1	176					2503,38	0,0055			
240	118	1,18	192					2730,96	0,0059			

Fuente: El autor.

Figura 30. Esfuerzo vs. deformación prueba 3



Fuente: El autor.

Tabla 19. Modulo de elasticidad prueba 3

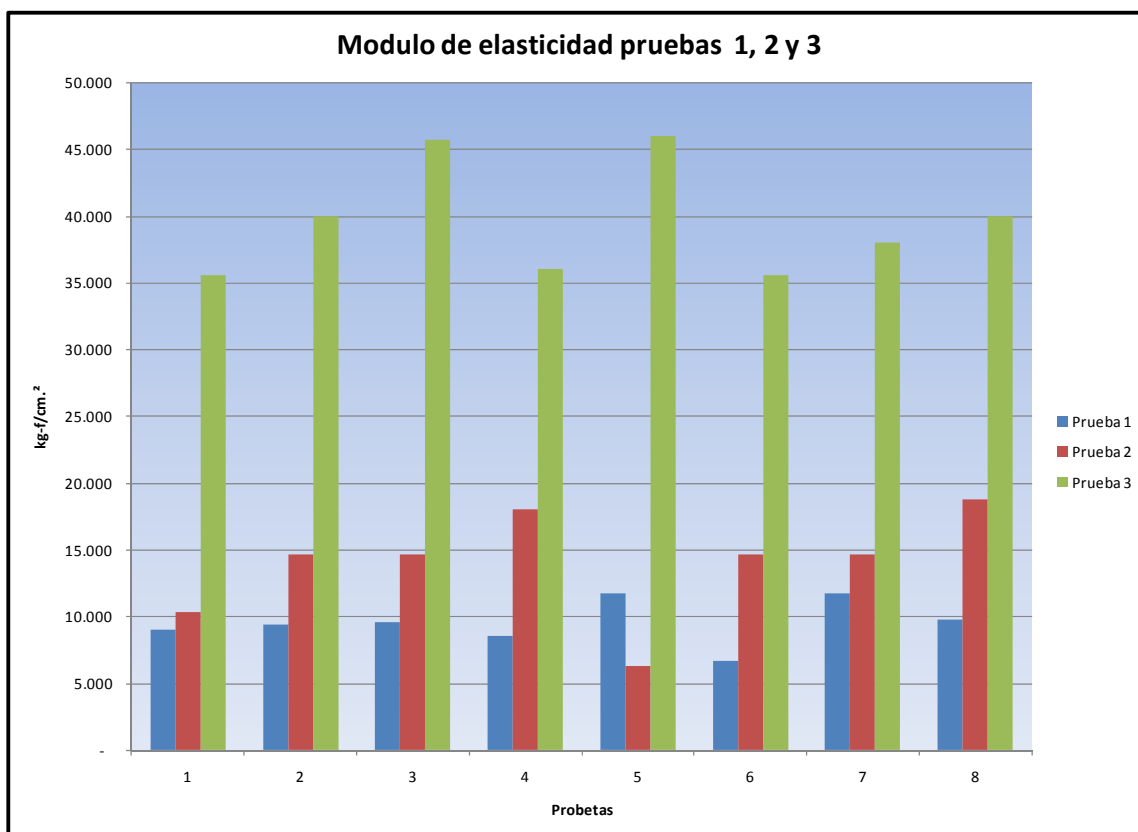
MODULO DE ELASTICIDAD prueba 3								
PROBETA	1	2	3	4	5	6	7	8
kg-f/cm. ²	35.556	40.000	45.714	36.000	46.000	35.556	38.000	40.000
MPA	3.487	3.923	4.483	3.530	4.511	3.487	3.727	3.923
PSI	505.719	568.934	650.210	512.040	654.274	505.719	540.487	568.934

MODULO DE ELASTICIDAD		
35556	40000	kg-f/cm. ²
3487	3923	MPA
505719	568934	PSI

Fuente: El autor.

3.3.1.3 Resultados prueba tensión. De acuerdo con los parámetros establecidos, se logro el objetivo en cuanto al modulo de elasticidad del material, al proceder con las pruebas de acuerdo a las consideraciones del equipo de trabajo se obtuvo el resultado esperado.

Figura 31. Modulo de elasticidad pruebas 1, 2 y 3



Fuente: El autor.

Se toman como rango los valores de 35.000 a 45.000 Kg-f/cm² para la caracterización del material en cuanto a su modulo de elasticidad.

3.3.2 Acústica

La prueba de acústica en el material se establece con el fin de determinar el comportamiento del material cuando existen diversas fuentes sonoras entre habitaciones que se encuentren colindantes entre si y que estén separadas con el material a analizar.

La prueba se realizo en los talleres de la Escuela de Diseño Industrial, específicamente en el taller de cerámica. Con el fin de garantizar la insonorización máxima posible en el ambiente, la prueba se realizo un día sábado ya que es el día que presenta menor escala de fuentes sonoras respecto a los demás días de la semana.

El dispositivo utilizado para la medición fue un sonómetro marca Quest modelo 2700 el cual cuenta con un rango en el medidor de 35 a 140 dB.

Figura 32. Sonómetro utilizado en la prueba de acústica.



Fuente: El autor.

3.3.2.1 Procedimiento prueba acústica. Para realizar la prueba acústica se procede con dos elementos obligatorios, un emisor y un receptor. El emisor se caracterizara por emitir la fuente sonora que será leída por el receptor.

Se procederá a evaluar los niveles de presión acústica en tres etapas:

1. Emisor dentro de una cámara emisora sellada y con la pared a evaluar contigua al receptor.
2. Emisor dentro de una cámara emisora sellada y con el equipo receptor dentro de la misma cámara.
3. Emisor fuera de la cámara emisora con el equipo receptor fuera de la cámara.

Tabla 20. Procedimiento prueba acústica

DATOS	
A	Muestra tomada con el sonómetro y el elemento a medir dentro del resinto (dB A)
B	Muestra tomada con el sonómetro fuera del resinto y el elemento a medir dentro del resinto (dB A)
C	Muestra tomada con el sonómetro fuera del resinto y el elemento a medir fuera del resinto (dB A)
A-B	Diferencia entre las muestras A y B (dB A)
A-C	Diferencia entre las muestras A y C (dB A)
C-B	Diferencia entre las muestras C y B (dB A)

Fuente: El autor.

El emisor se establece con tres fuentes de sonido diferentes, unos parlantes para computador, una sierra caladora manual y la voz humana. Al realizar las pruebas se establecerá un promedio entre los resultados.

Las lecturas que entrega el sonómetro se darán tres veces en cada caso, con el fin de asegurar su fiabilidad. El resultado para cada prueba será el promedio entre las tres muestras.

3.3.2.2 Prueba acústica.

Tabla 21. Prueba 1 Acústica

PARLANTES PARA COMPUTADOR				PROMEDIO
A	97,10	98,90	98,90	98,30
B	73,10	72,70	73,10	72,97
C	80,20	80,90	81,70	80,93
A-B	24,00	26,20	25,80	25,33
A-C	16,90	18,00	17,20	17,37
C-B	7,10	8,20	8,60	7,97
PORCENTAJE DE ABSORCION			25,77 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			17,67 %	
CALADORA MANUAL				PROMEDIO
A	110,30	110,60	110,90	110,60
B	77,60	77,90	76,80	77,43
C	102,70	103,40	102,70	102,93
A-B	32,70	32,70	34,10	33,17
A-C	7,60	7,20	8,20	7,67
C-B	25,10	25,50	25,90	25,50
PORCENTAJE DE ABSORCION			29,99 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			6,93 %	
VOZ HUMANA				PROMEDIO
A	90,70	98,60	92,90	94,07
B	62,60	62,60	63,70	62,97
C	72,30	80,20	79,10	77,20
A-B	28,10	36,00	29,20	31,10
A-C	18,40	18,40	13,80	16,87
C-B	9,70	17,60	15,40	14,23
PORCENTAJE DE ABSORCION			33,06 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			17,93 %	

Fuente: El autor

Tabla 22. Prueba 2 acústica

PARLANTES PARA COMPUTADOR				PROMEDIO
A	98,10	99,90	99,90	99,30
B	74,60	74,20	74,60	74,47
C	81,40	82,10	82,90	82,13
A-B	23,50	25,70	25,30	24,83
A-C	16,70	17,80	17,00	17,17
C-B	6,80	7,90	8,30	7,67
PORCENTAJE DE ABSORCION			25,01 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			17,29 %	
CALADORA MANUAL				PROMEDIO
A	111,30	111,60	111,90	111,60
B	79,10	79,40	78,30	78,93
C	103,90	104,60	103,90	104,13
A-B	32,20	32,20	33,60	32,67
A-C	7,40	7,00	8,00	7,47
C-B	24,80	25,20	25,60	25,20
PORCENTAJE DE ABSORCION			29,27 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			6,69 %	
VOZ HUMANA				PROMEDIO
A	91,70	99,60	93,90	95,07
B	64,10	64,10	65,20	64,47
C	73,50	81,40	80,30	78,40
A-B	27,60	35,50	28,70	30,60
A-C	18,20	18,20	13,60	16,67
C-B	9,40	17,30	15,10	13,93
PORCENTAJE DE ABSORCION			32,19 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			17,53 %	

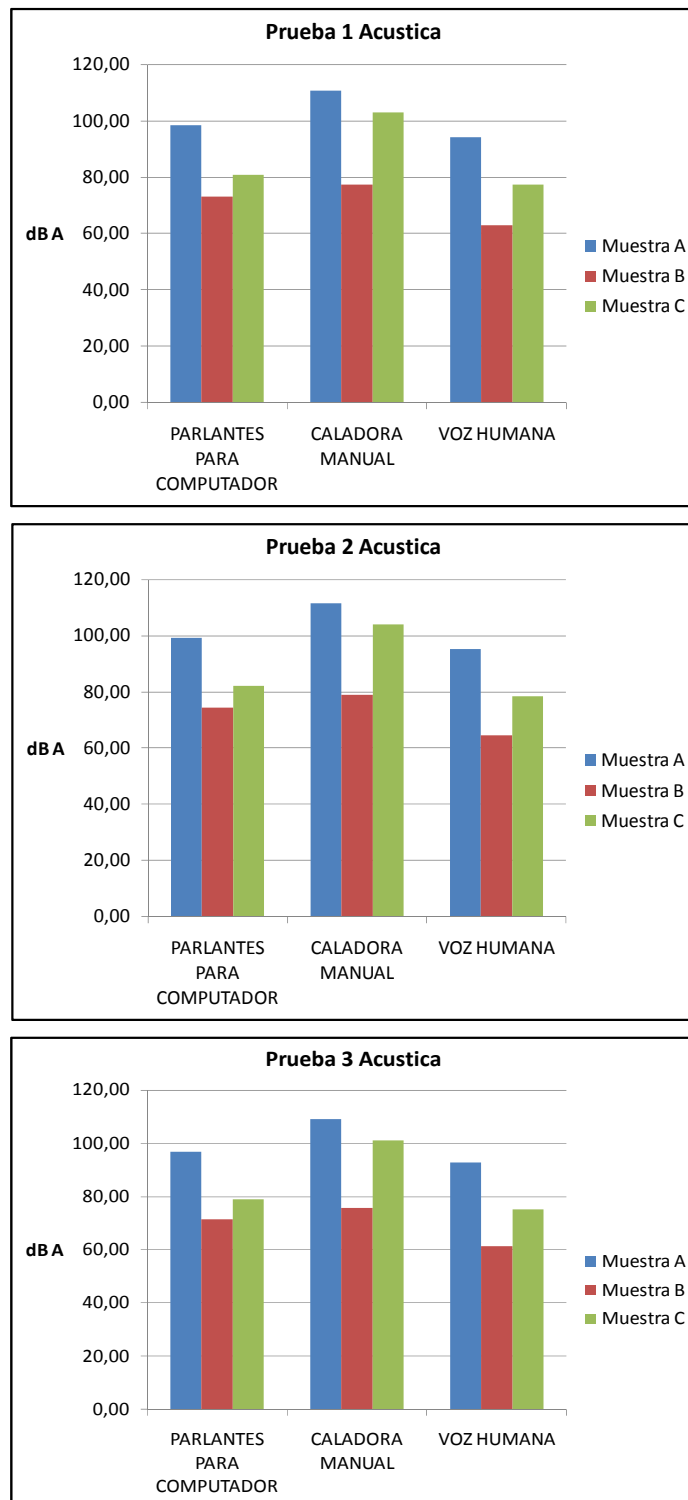
Fuente: El autor

Tabla 23. Prueba 3 acústica

PARLANTES PARA COMPUTADOR				PROMEDIO
A	95,70	97,50	97,50	96,90
B	71,50	71,10	71,50	71,37
C	78,30	79,00	79,80	79,03
A-B	24,20	26,40	26,00	25,53
A-C	17,40	18,50	17,70	17,87
C-B	6,80	7,90	8,30	7,67
PORCENTAJE DE ABSORCION			26,35 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			18,44 %	
CALADORA MANUAL				PROMEDIO
A	108,90	109,20	109,50	109,20
B	76,00	76,30	75,20	75,83
C	100,80	101,50	100,80	101,03
A-B	32,90	32,90	34,30	33,37
A-C	8,10	7,70	8,70	8,17
C-B	24,80	25,20	25,60	25,20
PORCENTAJE DE ABSORCION			30,56 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			7,48 %	
VOZ HUMANA				PROMEDIO
A	89,30	97,20	91,50	92,67
B	61,00	61,00	62,10	61,37
C	70,40	78,30	77,20	75,30
A-B	28,30	36,20	29,40	31,30
A-C	18,90	18,90	14,30	17,37
C-B	9,40	17,30	15,10	13,93
PORCENTAJE DE ABSORCION			33,78 %	
PORCENTAJE DE REPERCUCION			18,74 %	

Fuente: El autor

Figura 33. Prueba Acústica



Fuente: El autor

3.3.2.3 Resultados prueba acústica. El porcentaje de absorción acústica de la prueba 1 es de 29,61% que es equivalente a 29,87 dB A, por otra parte el porcentaje de repercusión acústica es de 14,18% que equivale a 13,97 dB A.

El porcentaje de absorción acústica de la prueba 2 es de 28,82% que es equivalente a 29,37 dB A, por otra parte el porcentaje de repercusión acústica es de 13,84% que equivale a 13,77 dB A.

El porcentaje de absorción acústica de la prueba 3 es de 30,23% que es equivalente a 30,07 dB A, por otra parte el porcentaje de repercusión acústica es de 14,89% que equivale a 14,47 dB A.

3.3.3 Higroscopicidad

El objetivo de la prueba de higroscopicidad es determinar los cambios dimensionales, el porcentaje de absorción de humedad en relación con el tiempo y los cambios de densidad en el material cuando este está sometido a sumersión de agua durante un tiempo determinado.

El desarrollo de la prueba se dio bajo dos condiciones:

1. Sumersión de las probetas en agua durante un tiempo continuo de 24 horas.
2. Sumersión de las probetas en agua durante un tiempo de 24 horas y realizando muestreos cada hora.

La 1er prueba se realizo en los talleres de la Escuela de Diseño Industrial y las dos pruebas restantes se realizaron en el laboratorio de control de calidad de la empresa Dercel s.a.

Figura 34. Elementos de medición prueba de higroscopicidad



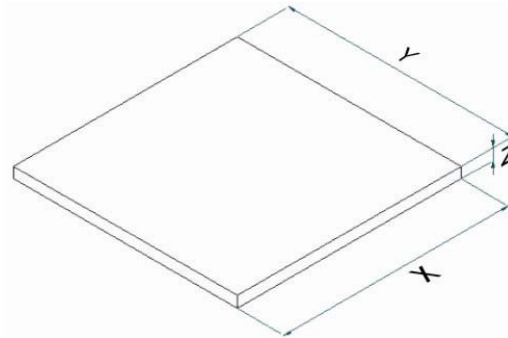
Fuente: El autor

En la prueba se utilizaron elementos de medición como lo son un calibrador pie de rey, un higrómetro, una bascula digital y un calibrador de espesores.

3.3.3.1 Procedimiento prueba de higroscopicidad. Se establecen condiciones iniciales en cada probeta para así proceder a su análisis respectivo.

1. Peso en [gr.]
2. Volumen en [mm³.]
3. Densidad en [gr./mm³.]
4. Dimensión en x. Se establecen 4 muestras en un eje x de la probeta que se toma desde un extremo hasta el otro extremo de la probeta, generando una línea recta en [mm.].
5. Dimensión en y. De la misma forma se establecen 4 muestras, solo que en este caso las líneas que van de un extremo al otro deberán ser perpendiculares a las líneas de dimensión x en [mm.].
6. Dimensión en z. Se refiere al espesor de cada probeta en [mm.]
7. Contenido de humedad en [%].

Figura 35. Probeta para prueba de higroscopicidad



Fuente: El autor

Cada prueba se desarrolla bajo dos condiciones:

La primera condición en cada prueba es el sumergimiento de cada probeta en un recipiente con agua durante 24 horas, después de este tiempo se toman todas las mediciones respectivas en cada probeta para así analizar su comportamiento.

La segunda condición en cada prueba es el sumergimiento de cada probeta en un recipiente con agua durante 24 horas, realizando un muestreo cada hora. Esta condición se da con el fin de analizar el comportamiento de el material respeto al tiempo de sumersión.

Figura 36. Prueba de higroscopicidad



Fuente: El autor

3.3.3.2 Prueba de higroscopicidad.

Tabla 24. Condiciones iniciales prueba 1 higroscopicidad

CONDICIONES INICIALES PRUEBA 1												
PROBETA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
1	27,4	25600	0,0010703	80	80	80	80	80	80	80	80	4
2	27,6	25600	0,0010781	80	80	80	80	80	80	80	80	4
3	27,9	25600	0,0010898	80	80	80	80	80	80	80	80	4
4	27,3	25600	0,0010664	80	80	80	80	80	80	80	80	4
PESO PROMEDIO		27,55 gr.		0,02755 kg.								
VOLUMEN PROMEDIO		25600 mm. ³		0,0000256 m. ³		25,6 cm. ³						
DENSIDAD PROMEDIO		0,001076172 gr./mm. ³		1076,2 kg./m ³		1,0762 gr./cm. ³						

Fuente: El autor

Tabla 25. Condiciones finales prueba 1 higroscopicidad

CONDICIONES FINALES PRUEBA 1												
PROBETA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
1	46,9	38807,38125	0,001208533	82,5	82,4	82,7	82,5	83	82	82,4	82,6	5,7
2	47,1	39066,44625	0,001205638	82,7	82,7	82,7	82,7	83,1	82,7	82,8	82,9	5,7
PESO PROMEDIO		47 gr.		0,047 kg.								
VOLUMEN PROMEDIO		38936,914 mm. ³		3,89E-05 m. ³		38,937 cm. ³						
DENSIDAD PROMEDIO		0,0012071 gr./mm. ³		1207,08 kg./m ³		1,207 gr./cm. ³						
		PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		70,599 %								
		PORCENTAJE DE DIMENSION		52,097 %								

CONDICIONES FINALES PRUEBA 1													
PROBETA 3													
MUESTRA	HORA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
0	07:00:00 a.m.	27,9	25600	0,001090	80	80	80	80	80	80	80	80	4
1	08:00:00 a.m.	38,5	32335,87	0,001191	80,6	80,6	80,3	80,3	80,45	80	80,3	80,8	5
2	09:00:00 a.m.	40,3	33201,06	0,001214	81,6	81,6	81,5	81,35	81,6	81,1	81,4	81,75	5
3	10:00:00 a.m.	43,1	34617,23	0,001245	82,65	82,65	82,5	82,1	82,25	82,2	82,2	82,55	5,1
4	11:00:00 a.m.	43,2	36636,85	0,001179	82,65	82,55	82,35	82,3	82,3	82	82,2	82,6	5,4
5	12:00:00 p.m.	43,7	37189,64	0,001175	83	83	82,5	82,2	82,6	82,15	82,5	82,9	5,45
6	01:00:00 p.m.	44	37434,34	0,001175	82,7	82,85	82,45	82,3	82,6	82,2	82,1	82,8	5,5
7	02:00:00 p.m.	45,4	37144,45	0,001222	83,3	83,3	83	82,8	82,75	82,4	82,7	83,25	5,4
8	03:00:00 p.m.	45,2	39647,46	0,001140	83,3	83,25	83,1	83	83	82,6	82,8	83,25	5,75
9	04:00:00 p.m.	45,4	40245,15	0,001129	83,7	83,7	83,5	83,4	83,4	83,0	83,2	83,7	5,8
10	05:00:00 p.m.	45,3	39884,03	0,001136	83,5	83,4	83,3	83,2	83,2	82,8	83,0	83,4	5,8
11	06:00:00 p.m.	45,5	40485,29	0,001123	83,9	83,8	83,7	83,6	83,6	83,2	83,4	83,8	5,8
12	07:00:00 p.m.	45,2	40122,01	0,001128	83,6	83,6	83,4	83,3	83,3	82,9	83,1	83,6	5,8
13	08:00:00 p.m.	45,5	40726,86	0,001117	84,0	84,0	83,8	83,7	83,7	83,3	83,5	84,0	5,8
14	09:00:00 p.m.	45,3	40361,41	0,001122	83,8	83,7	83,6	83,5	83,5	83,1	83,3	83,7	5,8
15	10:00:00 p.m.	45,5	40969,87	0,001110	84,2	84,2	84,0	83,9	83,9	83,5	83,7	84,2	5,8
16	11:00:00 p.m.	45,4	40602,24	0,001119	84,0	83,9	83,8	83,7	83,7	83,3	83,5	83,9	5,8
17	12:00:00 a.m.	45,4	40602,24	0,001119	84,0	83,9	83,8	83,7	83,7	83,3	83,5	83,9	5,8
18	01:00:00 a.m.	45,4	40602,24	0,001119	84,0	83,9	83,8	83,7	83,7	83,3	83,5	83,9	5,8
19	02:00:00 a.m.	45,4	40602,24	0,001119	84,0	83,9	83,8	83,7	83,7	83,3	83,5	83,9	5,8
20	03:00:00 a.m.	45,2	40237,92	0,001124	83,7	83,7	83,5	83,4	83,4	83,0	83,2	83,7	5,8
21	04:00:00 a.m.	45,2	40237,92	0,001124	83,7	83,7	83,5	83,4	83,4	83,0	83,2	83,7	5,8
22	05:00:00 a.m.	45,0	39876,86	0,001129	83,5	83,4	83,3	83,2	83,2	82,8	83,0	83,4	5,8
23	06:00:00 a.m.	45,0	39876,86	0,001129	83,5	83,4	83,3	83,2	83,2	82,8	83,0	83,4	5,8
24	07:00:00 a.m.	45,0	39876,86	0,001129	83,5	83,4	83,3	83,2	83,2	82,8	83,0	83,4	5,8

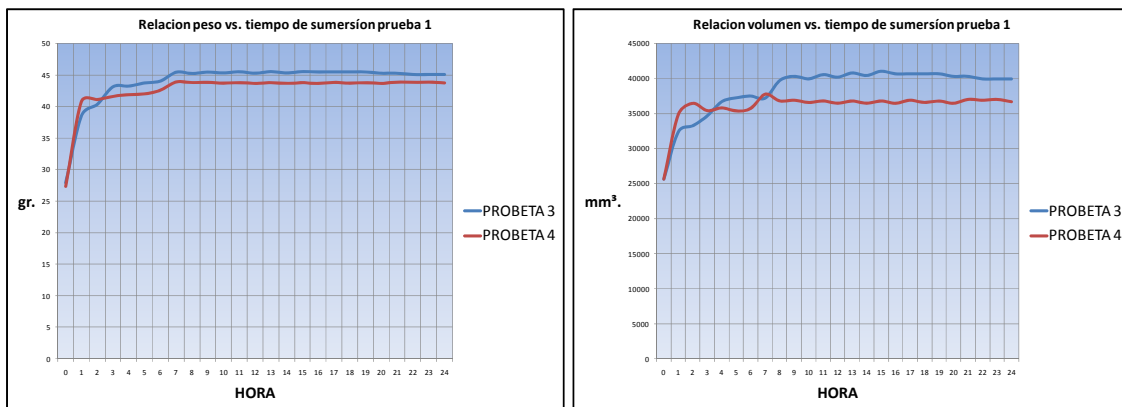
CONDICIONES FINALES PRUEBA 1													
PROBETA 4													
MUESTRA	HORA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
0	07:00:00 a.m.	27,3	25600	0,001066	80	80	80	80	80	80	80	80	4
1	08:00:00 a.m.	40,8	34823,68	0,001172	81,4	81,4	81,4	81,35	81,65	81,5	81,55	81,3	5,25
2	09:00:00 a.m.	41,1	36417,10	0,001129	81,85	81,6	81,7	81,6	81,7	81,85	82	81,65	5,45
3	10:00:00 a.m.	41,6	35370,96	0,001176	82	82	82	82	82,15	82,15	82,2	82,15	5,25
4	11:00:00 a.m.	41,9	35773,11	0,001171	82,1	82,1	82,1	82	82,35	82,2	82,2	82,2	5,3
5	12:00:00 p.m.	42	35333,29	0,001189	82	82	82	82	82	82	82,3	82	5,25
6	01:00:00 p.m.	42,6	35696,96	0,001193	82,1	82	82,2	81,7	82,2	82,2	82,15	82	5,3
7	02:00:00 p.m.	43,9	37723,19	0,001164	82,7	82,35	82,4	82,3	82,5	82,4	82,55	82,35	5,55
8	03:00:00 p.m.	43,8	36759,32	0,001192	82,55	82,4	82,6	82,4	82,6	82,5	82,7	82,3	5,4
9	04:00:00 p.m.	43,8	36869,71	0,001189	82,6	82,5	82,7	82,5	82,7	82,6	82,8	82,4	5,4
10	05:00:00 p.m.	43,7	36538,87	0,001196	82,4	82,2	82,4	82,2	82,4	82,3	82,5	82,1	5,4
11	06:00:00 p.m.	43,8	36758,54	0,001192	82,5	82,4	82,6	82,4	82,6	82,5	82,7	82,3	5,4
12	07:00:00 p.m.	43,7	36428,71	0,001199	82,3	82,2	82,4	82,2	82,4	82,3	82,5	82,1	5,4
13	08:00:00 p.m.	43,8	36757,55	0,001192	82,5	82,4	82,6	82,4	82,6	82,5	82,7	82,3	5,4
14	09:00:00 p.m.	43,7	36427,73	0,001199	82,3	82,2	82,4	82,2	82,4	82,3	82,5	82,1	5,4
15	10:00:00 p.m.	43,8	36756,56	0,001192	82,5	82,4	82,6	82,4	82,6	82,5	82,7	82,3	5,4
16	11:00:00 p.m.	43,7	36426,74	0,001199	82,3	82,2	82,4	82,2	82,4	82,3	82,4	82,1	5,4
17	12:00:00 a.m.	43,8	36865,61	0,001189	82,6	82,5	82,7	82,5	82,7	82,6	82,8	82,4	5,4
18	01:00:00 a.m.	43,7	36534,82	0,001196	82,4	82,2	82,4	82,2	82,4	82,3	82,5	82,1	5,4
19	02:00:00 a.m.	43,8	36754,47	0,001192	82,5	82,4	82,6	82,4	82,6	82,5	82,7	82,3	5,4
20	03:00:00 a.m.	43,7	36424,67	0,001199	82,3	82,1	82,3	82,1	82,3	82,2	82,4	82,0	5,4
21	04:00:00 a.m.	43,9	36973,77	0,001187	82,7	82,6	82,8	82,6	82,8	82,7	82,9	82,5	5,4
22	05:00:00 a.m.	43,8	36862,96	0,001189	82,6	82,5	82,7	82,5	82,7	82,6	82,8	82,4	5,4
23	06:00:00 a.m.	43,9	36973,66	0,001187	82,7	82,6	82,8	82,6	82,8	82,7	82,9	82,5	5,4
24	07:00:00 a.m.	43,8	36641,90	0,001194	82,5	82,3	82,5	82,3	82,5	82,4	82,6	82,2	5,4

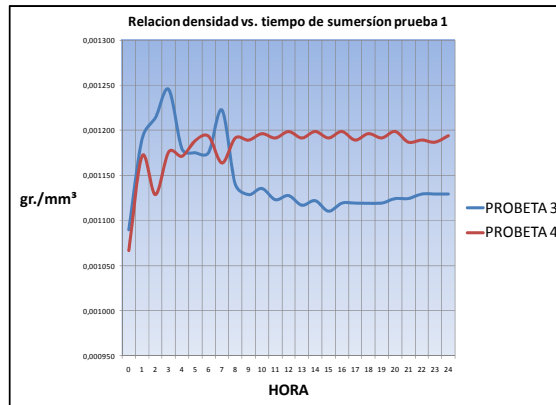
PESO PROMEDIO	44,40 gr.	0,0444 kg.	
VOLUMEN PROMEDIO	38259 mm. ³	3,83E-05 m. ³	38,259 cm. ³
DENSIDAD PROMEDIO	0,0011618 gr./mm. ³	1160,38 kg./m ³	1,1604 gr./cm. ³

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	61,146 %
PORCENTAJE DE DIMENSION	49,451 %

Fuente: El autor

Figura 37. Resultados prueba 1 higroscopicidad





Fuente: El autor

Tabla 26. Condiciones iniciales prueba 2 higroscopicidad.

CONDICIONES INICIALES PRUEBA 2												
PROBETA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
1	25	25600	0,0009766	80	80	80	80	80	80	80	80	4
2	25	25600	0,0009766	80	80	80	80	80	80	80	80	4
3	25	25600	0,0009766	80	80	80	80	80	80	80	80	4
4	25	25600	0,0009766	80	80	80	80	80	80	80	80	4
PESO PROMEDIO		25 gr.		0,025 kg.								
VOLUMEN PROMEDIO		25600 mm. ³		0,0000256 m. ³		25,6 cm. ³						
DENSIDAD PROMEDIO		0,000976563 gr./mm. ³		976,6 kg./m ³		0,9766 gr./cm. ³						

Fuente: El autor

Tabla 27. Condiciones finales prueba 2 higroscopicidad.

CONDICIONES FINALES PRUEBA 2												
PROBETA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
1	38	32457,19575	0,001170773	81,3	81,8	81,4	81,4	81,3	81,3	81,4	81,2	4,9
2	38,2	32487,10106	0,001175851	81,7	81,6	81,4	81,4	81,3	81,4	81,3	81,3	4,9
PESO PROMEDIO		38,1 gr.		0,0381 kg.								
VOLUMEN PROMEDIO		32472 mm. ³		3,25E-05 m. ³		32,472 cm. ³						
DENSIDAD PROMEDIO		0,0011733 gr./mm. ³		1173,31 kg./m ³		1,173 gr./cm. ³						
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN				52,400 %								
PORCENTAJE DE DIMENSION				26,844 %								

CONDICIONES FINALES PRUEBA 2													
PROBETA 3													
MUESTRA	HORA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
0	07:00:00 a.m.	25	25600	0,000977	80	80	80	80	80	80	80	80	4
1	08:00:00 a.m.	34,6	30335,00	0,001142	80,2	80,1	80,2	80,0	80,3	80,2	80,3	80,1	4,7
2	09:00:00 a.m.	35,0	30335,00	0,001154	80,2	80,1	80,2	80,0	80,3	80,2	80,3	80,1	4,7
3	10:00:00 a.m.	35,3	30517,74	0,001158	80,4	80,3	80,4	80,2	80,5	80,4	80,5	80,3	4,7
4	11:00:00 a.m.	35,7	30517,74	0,001170	80,4	80,3	80,4	80,2	80,5	80,4	80,5	80,3	4,7
5	12:00:00 p.m.	36,1	30517,74	0,001182	80,4	80,3	80,4	80,2	80,5	80,4	80,5	80,3	4,7
6	01:00:00 p.m.	36,4	30701,58	0,001187	80,6	80,5	80,6	80,4	80,7	80,6	80,7	80,5	4,7
7	02:00:00 p.m.	36,8	30701,58	0,001199	80,6	80,5	80,6	80,4	80,7	80,6	80,7	80,5	4,7
8	03:00:00 p.m.	37,2	30701,58	0,001211	80,6	80,5	80,6	80,4	80,7	80,6	80,7	80,5	4,7
9	04:00:00 p.m.	37,5	30886,53	0,001216	80,7	80,6	80,7	80,5	80,8	80,7	80,8	80,6	4,7
10	05:00:00 p.m.	37,5	30886,53	0,001216	80,7	80,6	80,7	80,5	80,8	80,7	80,8	80,6	4,7
11	06:00:00 p.m.	37,6	31072,59	0,001211	80,9	80,8	80,9	80,7	81,0	80,9	81,0	80,8	4,8
12	07:00:00 p.m.	37,6	31072,59	0,001211	80,9	80,8	80,9	80,7	81,0	80,9	81,0	80,8	4,8
13	08:00:00 p.m.	37,6	31072,59	0,001211	80,9	80,8	80,9	80,7	81,0	80,9	81,0	80,8	4,8
14	09:00:00 p.m.	37,7	31259,78	0,001206	81,0	80,9	81,0	80,8	81,1	81,0	81,1	80,9	4,8
15	10:00:00 p.m.	37,7	31259,78	0,001206	81,0	80,9	81,0	80,8	81,1	81,0	81,1	80,9	4,8
16	11:00:00 p.m.	37,7	31259,78	0,001206	81,0	80,9	81,0	80,8	81,1	81,0	81,1	80,9	4,8
17	12:00:00 a.m.	37,8	31259,78	0,001206	81,2	81,1	81,2	81,0	81,3	81,2	81,3	81,1	4,8
18	01:00:00 a.m.	37,8	31259,78	0,001206	81,2	81,1	81,2	81,0	81,3	81,2	81,3	81,1	4,8
19	02:00:00 a.m.	37,8	31259,78	0,001206	81,4	81,3	81,4	81,2	81,5	81,4	81,5	81,3	4,8
20	03:00:00 a.m.	37,8	31637,53	0,001196	81,4	81,3	81,4	81,2	81,5	81,4	81,5	81,3	4,8
21	04:00:00 a.m.	37,8	31637,53	0,001196	81,4	81,3	81,4	81,2	81,5	81,4	81,5	81,3	4,8
22	05:00:00 a.m.	37,9	31828,12	0,001192	81,5	81,4	81,5	81,3	81,6	81,5	81,6	81,4	4,8
23	06:00:00 a.m.	37,9	31828,12	0,001192	81,5	81,4	81,5	81,3	81,6	81,5	81,6	81,4	4,8
24	07:00:00 a.m.	38,0	31828,12	0,001192	81,7	81,6	81,7	81,5	81,8	81,7	81,8	81,6	4,8

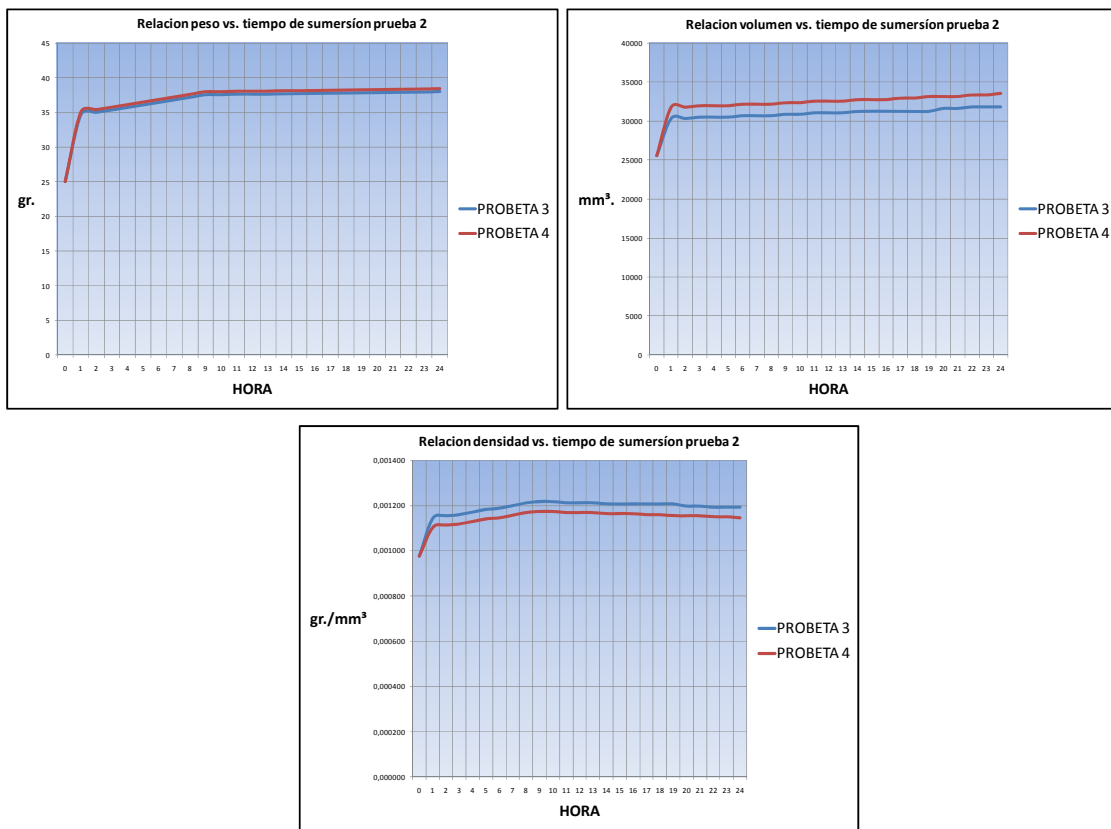
CONDICIONES FINALES PRUEBA 2													
PROBETA 4													
MUESTRA	HORA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
0	07:00:00 a.m.	25	25600	0,000977	80	80	80	80	80	80	80	80	4
1	08:00:00 a.m.	35,0	31763,61	0,001102	80,3	80,4	80,4	80,5	80,3	80,3	80,4	80,5	4,9
2	09:00:00 a.m.	35,4	31763,61	0,001113	80,3	80,4	80,4	80,5	80,3	80,3	80,4	80,5	4,9
3	10:00:00 a.m.	35,7	31954,95	0,001118	80,5	80,6	80,6	80,7	80,5	80,5	80,6	80,7	4,9
4	11:00:00 a.m.	36,1	31954,95	0,001129	80,5	80,6	80,6	80,7	80,5	80,5	80,6	80,7	4,9
5	12:00:00 p.m.	36,4	31954,95	0,001141	80,5	80,6	80,6	80,7	80,5	80,5	80,6	80,7	4,9
6	01:00:00 p.m.	36,8	32147,45	0,001145	80,7	80,8	80,8	80,9	80,7	80,7	80,8	80,9	4,9
7	02:00:00 p.m.	37,2	32147,45	0,001157	80,7	80,8	80,8	80,9	80,7	80,7	80,8	80,9	4,9
8	03:00:00 p.m.	37,6	32147,45	0,001168	80,7	80,8	80,8	80,9	80,7	80,7	80,8	80,9	4,9
9	04:00:00 p.m.	37,9	32341,11	0,001173	80,8	80,9	80,9	81,0	80,8	80,8	80,9	81,0	4,9
10	05:00:00 p.m.	37,9	32341,11	0,001173	80,8	80,9	80,9	81,0	80,8	80,8	80,9	81,0	4,9
11	06:00:00 p.m.	38,0	32535,94	0,001168	81,0	81,1	81,1	81,2	81,0	81,0	81,1	81,2	5,0
12	07:00:00 p.m.	38,0	32535,94	0,001168	81,0	81,1	81,1	81,2	81,0	81,0	81,1	81,2	5,0
13	08:00:00 p.m.	38,0	32535,94	0,001168	81,0	81,1	81,1	81,2	81,0	81,0	81,1	81,2	5,0
14	09:00:00 p.m.	38,1	32731,94	0,001164	81,1	81,2	81,2	81,3	81,1	81,1	81,2	81,3	5,0
15	10:00:00 p.m.	38,1	32731,94	0,001164	81,1	81,2	81,2	81,3	81,1	81,1	81,2	81,3	5,0
16	11:00:00 p.m.	38,1	32731,94	0,001164	81,1	81,2	81,2	81,3	81,1	81,1	81,2	81,3	5,0
17	12:00:00 a.m.	38,2	32929,12	0,001159	81,3	81,4	81,4	81,5	81,3	81,3	81,4	81,5	5,0
18	01:00:00 a.m.	38,2	32929,12	0,001159	81,3	81,4	81,4	81,5	81,3	81,3	81,4	81,5	5,0
19	02:00:00 a.m.	38,2	33127,49	0,001155	81,5	81,6	81,6	81,7	81,5	81,5	81,6	81,7	5,0
20	03:00:00 a.m.	38,2	33127,49	0,001155	81,5	81,6	81,6	81,7	81,5	81,5	81,6	81,7	5,0
21	04:00:00 a.m.	38,2	33127,49	0,001155	81,5	81,6	81,6	81,7	81,5	81,5	81,6	81,7	5,0
22	05:00:00 a.m.	38,3	33327,05	0,001150	81,6	81,7	81,7	81,8	81,6	81,6	81,7	81,8	5,0
23	06:00:00 a.m.	38,3	33327,05	0,001150	81,6	81,7	81,7	81,8	81,6	81,6	81,7	81,8	5,0
24	07:00:00 a.m.	38,4	33527,81	0,001145	81,8	81,9	81,9	82,0	81,8	81,8	81,9	82,0	5,0

PESO PROMEDIO	38,20 gr.	0,0382 kg.	
VOLUMEN PROMEDIO	32678 mm. ³	3,27E-05 m. ³	32,678 cm. ³
DENSIDAD PROMEDIO	0,0011684 gr./mm. ³	1168,98 kg./m. ³	1,1690 gr./cm. ³

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	52,800 %
PORCENTAJE DE DIMENSION	27,648 %

Fuente: El autor

Figura 38. Resultados prueba 2 higroscopicidad.



Fuente: El autor

Tabla 28. Condiciones iniciales prueba 3 higroscopicidad

CONDICIONES INICIALES PRUEBA 3												
PROBETA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
1	31	32000	0,0009688	80	80	80	80	80	80	80	80	5
2	31	32000	0,0009688	80	80	80	80	80	80	80	80	5
3	31	32000	0,0009688	80	80	80	80	80	80	80	80	5
4	31	32000	0,0009688	80	80	80	80	80	80	80	80	5
PESO PROMEDIO				31 gr.		0,031 kg.						
VOLUMEN PROMEDIO				32000 mm. ³		0,000032 m. ³		32 cm. ³				
DENSIDAD PROMEDIO				0,00096875 gr./mm. ³		968,8 kg./m ³		0,9688 gr./cm. ³				

Fuente: El autor

Tabla 29. Condiciones finales prueba 3 higroscopicidad

CONDICIONES FINALES PRUEBA 3												
PROBETA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
1	40,92	38406,962	0,001065432	81,2	81,6	81,3	81,5	81,3	81,3	81,4	81,4	5,8
2	41,54	38465,94075	0,001079916	81,5	81,7	81,6	81,3	81,3	81,3	81,4	81,4	5,8
PESO PROMEDIO				41,23 gr.		0,04123 kg.						
VOLUMEN PROMEDIO				38436 mm. ³		3,84E-05 m. ³		38,436 cm. ³				
DENSIDAD PROMEDIO				0,0010727 gr./mm. ³		1072,68 kg./m ³		1,073 gr./cm. ³				
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN 33,000 % PORCENTAJE DE DIMENSION 20,114 %												

CONDICIONES FINALES PRUEBA 3													
PROBETA 3													
MUESTRA	HORA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
0	07:00:00 a.m.	31	32000	0,000969	80	80	80	80	80	80	80	80	5
1	08:00:00 a.m.	37,5	36643,58	0,001023	80,1	80,2	80,1	80,2	80,3	80,1	80,2	80,1	5,7
2	09:00:00 a.m.	37,9	36643,58	0,001033	80,1	80,2	80,1	80,2	80,3	80,1	80,2	80,1	5,7
3	10:00:00 a.m.	38,2	36864,33	0,001037	80,3	80,4	80,3	80,4	80,5	80,3	80,4	80,3	5,7
4	11:00:00 a.m.	38,6	36864,33	0,001048	80,3	80,4	80,3	80,4	80,5	80,3	80,4	80,3	5,7
5	12:00:00 p.m.	39,0	36864,33	0,001058	80,3	80,4	80,3	80,4	80,5	80,3	80,4	80,3	5,7
6	01:00:00 p.m.	39,4	37086,40	0,001062	80,5	80,6	80,5	80,6	80,7	80,5	80,6	80,5	5,7
7	02:00:00 p.m.	39,8	37086,40	0,001073	80,5	80,6	80,5	80,6	80,7	80,5	80,6	80,5	5,7
8	03:00:00 p.m.	40,2	37086,40	0,001084	80,5	80,6	80,5	80,6	80,7	80,5	80,6	80,5	5,7
9	04:00:00 p.m.	40,6	37309,81	0,001088	80,6	80,7	80,6	80,7	80,8	80,6	80,7	80,6	5,7
10	05:00:00 p.m.	40,6	37309,81	0,001088	80,6	80,7	80,6	80,7	80,8	80,6	80,7	80,6	5,7
11	06:00:00 p.m.	40,7	37534,57	0,001084	80,8	80,9	80,8	80,9	81,0	80,8	80,9	80,8	5,7
12	07:00:00 p.m.	40,7	37534,57	0,001084	80,8	80,9	80,8	80,9	81,0	80,8	80,9	80,8	5,7
13	08:00:00 p.m.	40,7	37534,57	0,001084	80,8	80,9	80,8	80,9	81,0	80,8	80,9	80,8	5,7
14	09:00:00 p.m.	40,8	37760,68	0,001080	80,9	81,0	80,9	81,0	81,1	80,9	81,0	80,9	5,8
15	10:00:00 p.m.	40,8	37760,68	0,001080	80,9	81,0	80,9	81,0	81,1	80,9	81,0	80,9	5,8
16	11:00:00 p.m.	40,8	37760,68	0,001080	80,9	81,0	80,9	81,0	81,1	80,9	81,0	80,9	5,8
17	12:00:00 a.m.	40,9	37760,68	0,001080	81,1	81,2	81,1	81,2	81,3	81,1	81,2	81,1	5,8
18	01:00:00 a.m.	40,9	37760,68	0,001080	81,1	81,2	81,1	81,2	81,3	81,1	81,2	81,1	5,8
19	02:00:00 a.m.	40,9	37760,68	0,001080	81,3	81,4	81,3	81,4	81,5	81,3	81,4	81,3	5,8
20	03:00:00 a.m.	40,9	38217,00	0,001071	81,3	81,4	81,3	81,4	81,5	81,3	81,4	81,3	5,8
21	04:00:00 a.m.	40,9	38217,00	0,001071	81,3	81,4	81,3	81,4	81,5	81,3	81,4	81,3	5,8
22	05:00:00 a.m.	41,0	38447,22	0,001067	81,4	81,5	81,4	81,5	81,6	81,4	81,5	81,4	5,8
23	06:00:00 a.m.	41,0	38447,22	0,001067	81,4	81,5	81,4	81,5	81,6	81,4	81,5	81,4	5,8
24	07:00:00 a.m.	41,1	38447,22	0,001067	81,6	81,7	81,6	81,7	81,8	81,6	81,7	81,6	5,8

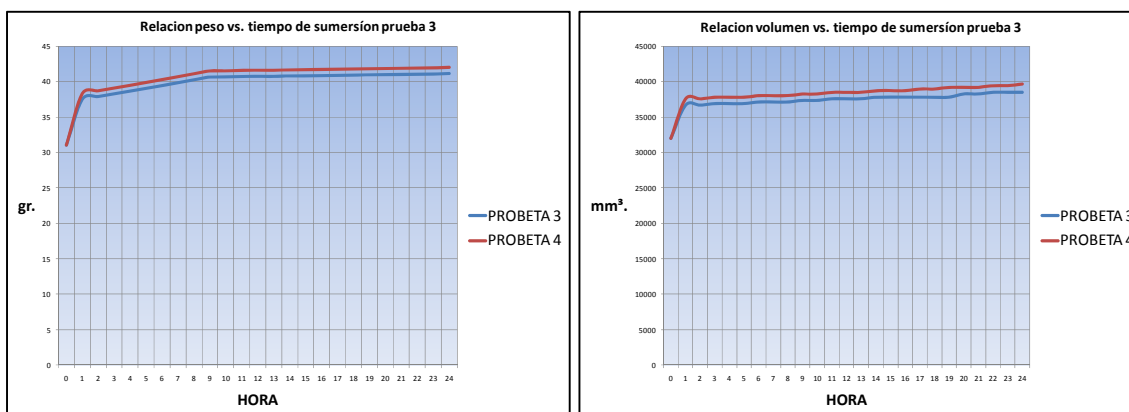
CONDICIONES FINALES PRUEBA 3													
PROBETA 4													
MUESTRA	HORA	PESO	VOLUMEN	DENSIDAD	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z
0	07:00:00 a.m.	31	32000	0,000969	80	80	80	80	80	80	80	80	5
1	08:00:00 a.m.	38,3	37526,84	0,001020	80,4	80,4	80,5	80,4	80,4	80,5	80,4	80,5	5,8
2	09:00:00 a.m.	38,7	37526,84	0,001031	80,4	80,4	80,5	80,4	80,4	80,5	80,4	80,5	5,8
3	10:00:00 a.m.	39,1	37752,91	0,001035	80,6	80,6	80,7	80,6	80,6	80,7	80,6	80,7	5,8
4	11:00:00 a.m.	39,5	37752,91	0,001045	80,6	80,6	80,7	80,6	80,6	80,7	80,6	80,7	5,8
5	12:00:00 p.m.	39,9	37752,91	0,001056	80,6	80,6	80,7	80,6	80,6	80,7	80,6	80,7	5,8
6	01:00:00 p.m.	40,3	37980,33	0,001060	80,8	80,8	80,9	80,8	80,8	80,9	80,8	80,9	5,8
7	02:00:00 p.m.	40,7	37980,33	0,001071	80,8	80,8	80,9	80,8	80,8	80,9	80,8	80,9	5,8
8	03:00:00 p.m.	41,1	37980,33	0,001082	80,8	80,8	80,9	80,8	80,8	80,9	80,8	80,9	5,8
9	04:00:00 p.m.	41,5	38209,13	0,001086	80,9	80,9	81,0	80,9	80,9	81,0	80,9	81,0	5,8
10	05:00:00 p.m.	41,5	38209,13	0,001086	80,9	80,9	81,0	80,9	80,9	81,0	80,9	81,0	5,8
11	06:00:00 p.m.	41,6	38439,31	0,001082	81,1	81,1	81,2	81,1	81,1	81,2	81,1	81,2	5,8
12	07:00:00 p.m.	41,6	38439,31	0,001082	81,1	81,1	81,2	81,1	81,1	81,2	81,1	81,2	5,8
13	08:00:00 p.m.	41,6	38439,31	0,001082	81,1	81,1	81,2	81,1	81,1	81,2	81,1	81,2	5,8
14	09:00:00 p.m.	41,7	38670,87	0,001077	81,2	81,2	81,3	81,2	81,2	81,3	81,2	81,3	5,9
15	10:00:00 p.m.	41,7	38670,87	0,001077	81,2	81,2	81,3	81,2	81,2	81,3	81,2	81,3	5,9
16	11:00:00 p.m.	41,7	38670,87	0,001077	81,2	81,2	81,3	81,2	81,2	81,3	81,2	81,3	5,9
17	12:00:00 a.m.	41,7	38903,82	0,001073	81,4	81,4	81,5	81,4	81,4	81,5	81,4	81,5	5,9
18	01:00:00 a.m.	41,7	38903,82	0,001073	81,4	81,4	81,5	81,4	81,4	81,5	81,4	81,5	5,9
19	02:00:00 a.m.	41,8	39138,18	0,001069	81,6	81,6	81,7	81,6	81,6	81,7	81,6	81,7	5,9
20	03:00:00 a.m.	41,8	39138,18	0,001069	81,6	81,6	81,7	81,6	81,6	81,7	81,6	81,7	5,9
21	04:00:00 a.m.	41,8	39138,18	0,001069	81,6	81,6	81,7	81,6	81,6	81,7	81,6	81,7	5,9
22	05:00:00 a.m.	41,9	39373,96	0,001065	81,7	81,7	81,8	81,7	81,7	81,8	81,7	81,8	5,9
23	06:00:00 a.m.	41,9	39373,96	0,001065	81,7	81,7	81,8	81,7	81,7	81,8	81,7	81,8	5,9
24	07:00:00 a.m.	42,0	39611,15	0,001060	81,9	81,9	82,0	81,9	81,9	82,0	81,9	82,0	5,9

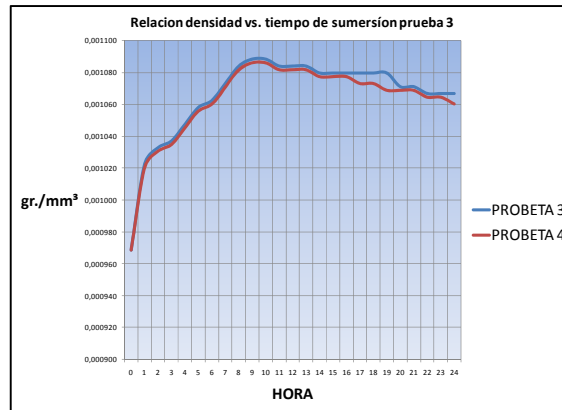
PESO PROMEDIO	41,55 gr.	0,0416 kg.	
VOLUMEN PROMEDIO	39029 mm. ³	3,90E-05 m. ³	39,029 cm. ³
DENSIDAD PROMEDIO	0,0010636 gr./mm. ³	1064,59 kg./m. ³	1,0646 gr./cm. ³

PORCENTAJE DE ABSORCION	34,032 %
PORCENTAJE DE DIMENSION	21,966 %

Fuente: El autor

Figura 39. Resultados prueba 3 higroscopicidad





Fuente: El autor

3.3.3.3 Resultados prueba de higroscopicidad. De acuerdo al análisis hecho al material se obtiene que presenta un porcentaje de absorción de 33 – 24 % en agua durante 24 horas con una temperatura promedio de 23 °C.

El porcentaje de variación volumétrica se encuentra entre 20 – 22 %

La densidad del material después de secado en horno es de 0,968 gr./cm³.

El porcentaje de humedad después de secado en horno es de 10%.

3.3.4 Conductividad térmica

La prueba de conductividad térmica tiene como objetivo encontrar el valor k para el material y valorarlo como aislante o conductor térmico.

La prueba se realizo en el laboratorio de control de calidad de la empresa Dercel s.a. bajo la supervisión del ingeniero de turno.

Figura 40. Prensa de Laboratorio



Fuente: El autor

En la prueba se utilizó una prensa de laboratorio cuyas placas manejan una resistencia independiente para cada una, además se utilizó un termómetro y una balanza digital

3.3.4.1 Procedimiento prueba de conductividad térmica. De acuerdo a las dimensiones de la prensa de laboratorio se procede a obtener las probetas para el ensayo. Las probetas tienen como dimensión 25 cm. X 25 cm.

Se realizan tres muestras de temperatura durante la prueba:

1. Se toma la temperatura del ambiente al momento de realizar la prueba
2. Se toma la temperatura del elemento radiador.
3. Se toma la temperatura del material en la cara opuesta al elemento radiador.

Cada muestra de temperatura se debe tomar antes y después de cada prueba. Se procede ubicando las probetas sobre la placa que es nuestro elemento radiador. Luego ubicamos un elemento de hielo sobre la probeta y se mide el tiempo en que se funde el hielo totalmente.

Posteriormente se comparan las medidas de masa del hielo solido respecto al hielo fundido, respecto al tiempo que se tardo en fundirse.

Debido a que la temperatura del ambiente influye en la prueba se deben tomar dos muestras, una con el equipo radiante y otra con la temperatura ambiente y registrar una media para el efecto de los cálculos.

Se expresa el valor de la transferencia de calor [Q], como la masa por el calor de fusión. Se define para esta prueba el valor de Q igual a 80 cal/gr., ya que se necesitan 80 calorías para fundir un gramo de hielo.¹⁰

Ecuación 7. Transferencia de calor

$$Q = m \times L_f$$

Fuente: Kurt C. Rolle (2.006). Termodinámica. Pearson Educación. Pag. 517

3.3.4.2 Prueba de conductividad térmica.

Tabla 30. Variables prueba de conductividad térmica

VARIABLES	
T	Temperatura
m	Masa
Δt	Tiempo
A	Area
ΔX	Calibre
R	masa por unidad de tiempo
ΔR	masa por unidad de tiempo
L_f	Calorias
T_o	Temperatura incial
T_p	Temperatura opuesta
T_a	Temperatura ambiente
T_f	Temperatura final
ΔT	Temperatura
k	Conductividad termica

Fuente: El autor

¹⁰ Davis Mac Nab Haenisch, Manual de laboratorio para química Pág. 49

Tabla 31. Prueba de conductividad térmica

PRUEBA	T [°C]	m [gr.]	Δt [seg.]	A [cm ²]	ΔX [cm]	R [gr./seg.]	ΔR [gr./seg.]	L _f [cal]	To [°C]	Tp [°C]	Ta [°C]	Tf [°C]	ΔT [°C]	k [cal/segx°Cxcm]	k [W/mx°K]
1	AMBIENTE	25	2160	25	0,4	0,012	0,00830	80	100	42	25	17	83	0,000128	0,0145
	100	31	1560			0,020									
2	AMBIENTE	30	2590	25	0,4	0,012	0,00828	80	100	44	26	18	82	0,000129	0,0146
	100	30	1510			0,020									
3	AMBIENTE	31	2780	25	0,5	0,011	0,00787	80	100	40	19	21	79	0,000159	0,0180
	100	31	1630			0,019									

Fuente: El autor

3.3.4.3 Resultados prueba de conductividad térmica. El análisis realizado al material arrojó como resultado que este se encuentra en el rango de aislante térmico, ya que el valor de la conductividad térmica hallado es de 0,0180 [W/m.K].

3.4 ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con la información recopilada de los catálogos que ofrecen los productores de láminas se establecen las condiciones que caracterizan al material evaluado respecto a los demás.

Tabla 32. Tabla comparativa características técnicas entre láminas

PROPIEDAD	DRYWALL	MADEFLEX	TRIPLEX	MDF	DERCEL
CALIBRE	4 mm.	3 mm.	4 mm.	4 mm.	5 mm.
ABSORCION	35 %	35 %	-	30 %	33 %
DENSIDAD	0,1250 gr/cm ³	1,030 gr/cm ³	0,5879 gr/cm ³	-	0,968 gr/cm ³
HUMEDAD	12 %	15 %	11 %	8 %	10 %
MOE	68.521 kg/cm ²	35.000 kg/cm ²	-	33.800 kg/cm ²	45.000 kg/cm ²
CONDUCTIVIDAD TERMICA	0,263 W/m ⁰ K	-	-	-	0,018 W/m ⁰ K
ACUSTICA	14,4 dB A	-	-	-	30 dB A
VARIACION DIMENCIONAL	-	25 %	-	-	22 %

Fuente: El autor.

La implementación de elementos hidrofugantes en la formulación permitió el mejoramiento de la absorción de agua hasta llegar a un punto promedio de 33% valor que es aceptado por la norma y se encuentra en el rango establecido por los diversos productos.

Al ejecutar pruebas antes de prensar la lámina se logro obtener el volumen requerido con un espacio mayor entre las fibras, que genera un peso menor en la lámina, consecuentemente una densidad acorde a los requerimientos preestablecidos.

Con la implementación de capas entrecruzadas la resistencia del material aumento hasta llegar a un valor permisible que permitirá abordar soluciones de tipo estructural.

Las propiedades de la celulosa indican que es un material que se comporta como aislante térmico, sin embargo esta caracterización se da únicamente para fines constructivos en vivienda.

El comportamiento acústico del material se destaca entre todas sus propiedades, ya que se sin utilizar elementos adicionales se comporta adecuadamente.

La variación dimensional del material cuando es sometido a los efectos del ambiente es aceptable.

4. ETAPA DE CONSTRUCCION

4.1 ALTERNATIVAS ESTETICAS DEL PRODUCTO

4.1.1 Textura

Teniendo en cuenta que la textura es un elemento calificado visualmente y/o táctilmente se pueden generar alternativas que permitan abordar soluciones de tipo estético en el producto como tal.

La textura es un elemento que fácilmente puede crear sensaciones que estimaran el entorno bosquejado, además permite jugar con la forma y determinar un estilo propio y así obtener alternativas superficiales acordes con el mercado objetivo.

Gracias a las cualidades y características de la celulosa se pueden generar texturas en el material. Existen dos puntos esenciales en la línea de producción donde se deben ejecutar los procedimientos para obtener texturas deseadas. Estos puntos se detectaron de acuerdo a las pruebas realizadas al material en su desarrollo.

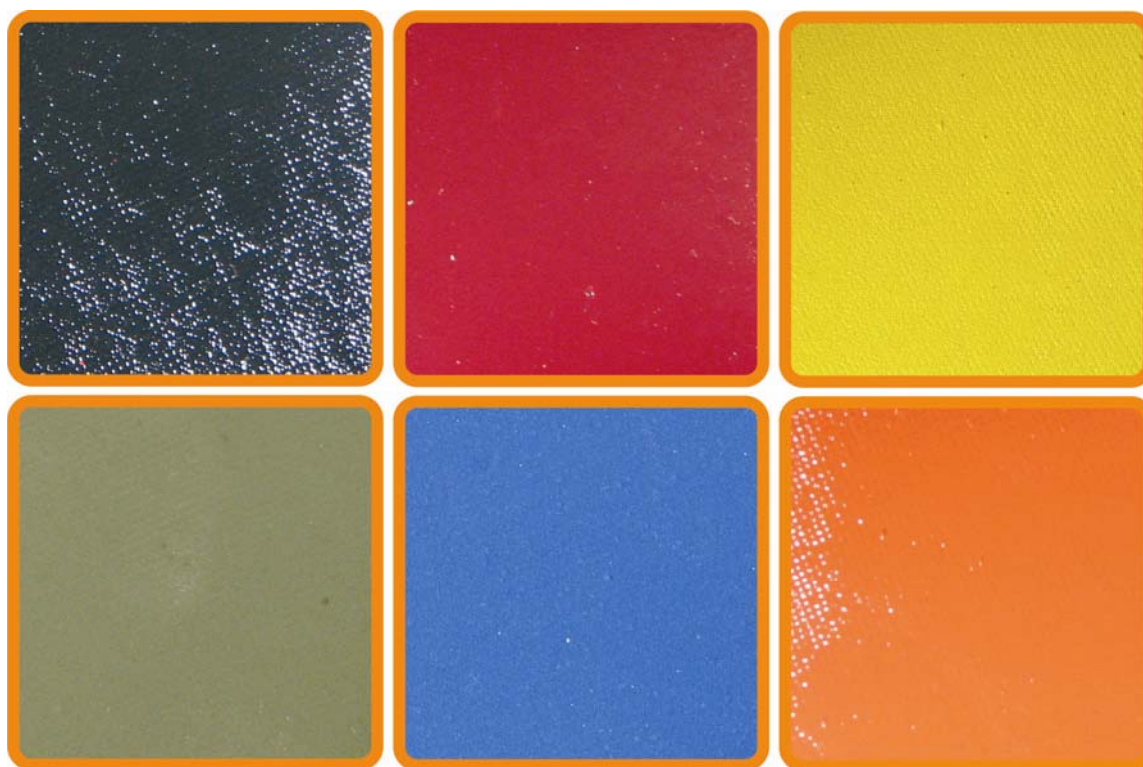
El primer punto que posibilita la generación de texturas de tipo superficial o relieve es la mesa de corte después del cilindro formato, pues las fibras laminadas se encuentran sin prensar y debido a esta situación el material es frágil en su superficie.

Existen diversas alternativas para generar texturas en la mesa de corte: en la actualidad se consiguen cilindros formadores que tallan la celulosa laminada generando la textura que llevan gravada en su perímetro. También se puede aplicar la textura por prensa, adecuando una malla transportada por un

mecanismo rotor. En ambos casos se debe medir el calibre y la humedad relativa, ya que estos procesos ayudan en la liberación de agua del material.

Otro punto donde se puede aplicar textura es la calandra, dependiendo de la temperatura del cilindro calandrador se genera un acabado superficial liso o rugoso, a mayor temperatura se puede obtener una superficie más lisa en el material.

Figura 41. Acabados superficiales texturizados.



Fuente: El autor.

4.1.2 Color

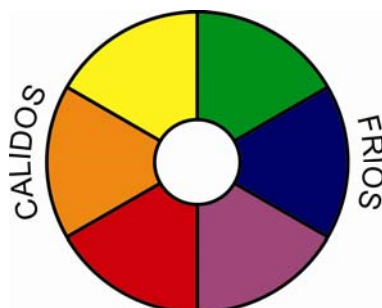
El color en el diseño de espacios arquitectónicos y decoración de interiores se despliega igual que en el arte de la pintura, aunque su realización va mucho más allá porque su fin es específico, puede servir para favorecer, destacar, disimular y ocultar, generando sensaciones excitantes o tranquilas, para significar

temperatura, tamaño, profundidad o peso, puede ser utilizado para despertar sentimientos. El color transforma, altera o embellece todo espacio en un entorno.

Los colores en el interior de espacios aplican a la psicología del color, sosegados o estimulantes, porque el color influye sobre el estado de ánimo, sobre el carácter y el genio; el cambio de un esquema de color afecta directamente nuestro temperamento y consecuentemente nuestro comportamiento.

Existen varias clasificaciones de los colores entre ellas encontramos los colores cálidos y colores fríos. Los términos cálidos y fríos se refieren a los colorantes puros. Los dos términos adquieren significado cuando se refieren a la desviación de un color dado en la dirección de otro color.

Figura 42. Tonos cálidos y fríos.



Fuente: El autor

Los colores cálidos se consideran como estimulantes, alegres y hasta excitantes y los fríos como serenos, paliativos y en algunos casos deprimentes.

El tratamiento del color en el material se puede dar de dos formas:

1. Por la adición de agentes colorantes en la mezcla realizada en los tanques de refinado y de máquina, esta mezcla está sujeta a las variables que se presentan en la materia prima y no garantiza la uniformidad en el color, además es

limitada por la restringida cantidad de colores que el mercado ofrece para este proceso.

2. Realizando acabados superficiales post-producción que se pueden dar por aspersion, serigrafía y otros procesos industriales. Esto posibilita ampliar las alternativas del color aplicado al material.

4.1.3 Forma y tamaño

La forma se define de acuerdo a las necesidades del espacio diseñado. La versatilidad del material permite generar láminas planas y de simple curvatura.

El tamaño se determina teniendo en cuenta dos variables:

1. Tamaños comerciales.

[25 x 25] cm.

[30 x 30] cm.

[50 x 50] cm.

[60 x 60] cm.

[100 x 50] cm.

[120 x 60] cm.

[244 x 122] cm.

2. Tamaño permitido por la maquina con que cuenta en la actualidad la empresa.

[25 x 25] cm.

[30 x 30] cm.

[50 x 50] cm.

[60 x 60] cm.

[100 x 50] cm.

[100 x 150] cm.

[200 x 150] cm.

4.2 ALTERNATIVAS DE USO

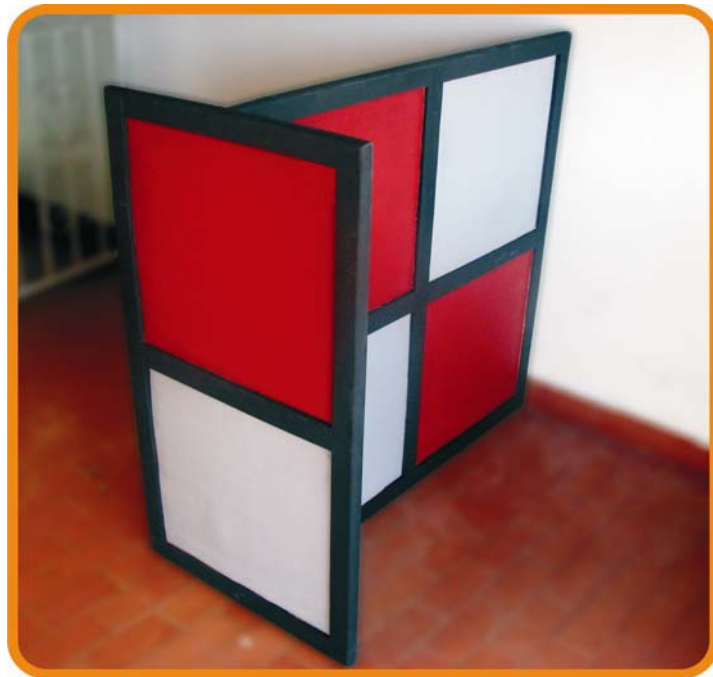
De acuerdo con los resultados obtenidos se plantean diferentes alternativas de uso para el material, que van desde el mobiliario cotidiano hasta el uso para cielorrasos.

Figura 43. Modelado de alternativa de uso



Fuente: el autor

Figura 44. División de oficina (alternativa de uso)



Fuente: el autor

En la figura 44 se esboza un modelo de prueba con el material donde se aplica con una estructura en madera cuya finalidad es simular una división de oficina. Se utilizaron placas con calibre 5 mm. con textura de malla formador y se aplicaron pinturas tipo mate con base acuosa.

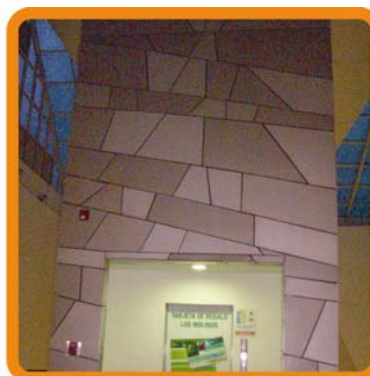
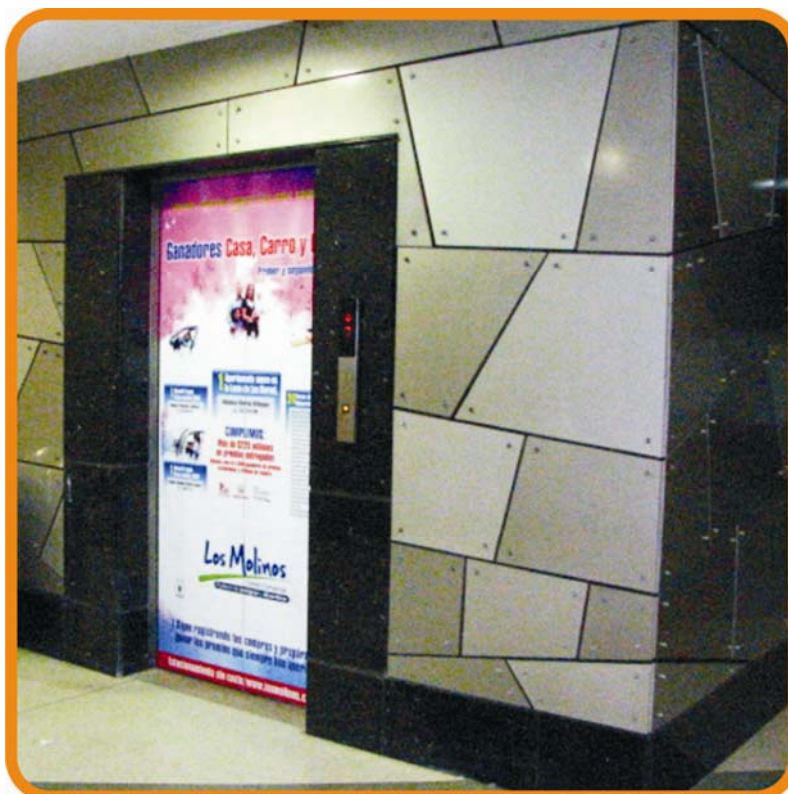
Figura 45. Cielorraso (alternativa de uso)



Fuente: el autor.

Otra alternativa de uso para el material se bosqueja en la figura 44. se plantea un modelo de prueba siendo el objetivo de este, simular un cielorraso. La textura del material se logro de acuerdo a la prueba superficial con la pintura aplicada.

Figura 46. Fachada interior (alternativa de uso)



Fuente: el autor

5. LINEA DE PRODUCCION

Teniendo en cuenta la implementación de normas con el fin de aplicar a la legitimación de la empresa con certificados de calidad como ISO 9000 e ISO 14001 se han estructurado procesos para todos los productos que cuidan la producción limpia generada en la empresa. De esta forma se está gestionando con los organismos competentes dichas certificaciones.

El tratamiento y la recirculación de aguas dentro de la empresa minimizan el impacto ambiental que genera el vertimiento de estas en el río Medellín, así mismo este proceso reduce los costos de producción.

Al no utilizar agentes químicos en la formulación se garantiza la reutilización de los productos fabricados en la empresa, ya que la materia prima es celulosa reciclada y cartón o papel reciclado. Por esta razón el desperdicio en la empresa en producción es cero, ya que todo material defectuoso o de rebaba se recicla, convirtiéndose directamente en materia prima.

Aunque no se ha calculado la vida útil de las láminas derivadas de celulosa con fines arquitectónicos se puede aseverar que son totalmente reciclables y utilizables en el hidropulper separando sus fibras y obteniendo productos totalmente nuevos.

La línea de producción para las láminas derivadas de celulosa con fines arquitectónicos difiere en dos pasos de la actual línea de producción, sin embargo las modificaciones o adecuaciones pertinentes para fabricar dichas láminas no involucran procedimientos complicados ni costosos.

Se recomienda implementar un sistema de transporte paralelo que enviaría las láminas a un rodillo formador de textura para de allí ser transportadas al horno de secado.

De acuerdo a la proyección de la empresa con el proyecto se debe implementar un sector adicional a la línea de producción, el cual debe ser de acabados, ya que el tratamiento post – producción de las láminas debe ser diferente al actual.

6. ETAPA FINAL

6.1 IMAGEN DEL PRODUCTO





Para el posicionamiento del producto en el mercado es necesaria una propuesta de imagen que contenga el nombre y el logotipo que caracterizara al producto.

Figura 47. Imagen del producto



Fuente: El autor

Valores CMYK:

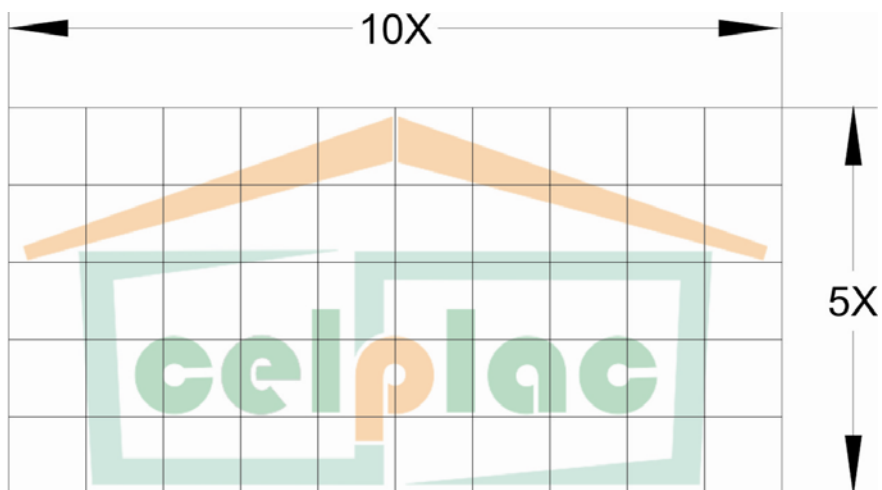
	C: 68 M: 0 Y: 55 K: 0
	C: 100 M: 0 Y: 100 K: 0
	C: 0 M: 60 Y: 100 K: 0
	C: 0 M: 0 Y: 0 K: 0

Tipografía:

Bauhaus 93

En el desarrollo de la imagen se tuvo en cuenta el manual de imagen de la imagen corporativa de la empresa, con el fin de realizar una imagen acorde a lo establecido en este manual.

Figura 48. Diagrama de proporción de imagen



Fuente: El autor

CONCLUSIONES

El manejo de situaciones en producción y el análisis de la línea de producción permitió abordar soluciones que cumplieran con la expectativa del producto, hasta alcanzar los datos técnicos requeridos para este tipo de productos.

El manejo posterior del producto permitirá abordar alternativas que permitirán establecer soluciones en el diseño de interiores o el diseño arquitectónico de espacios interiores.

La intervención del diseñador industrial en el proyecto influyo en el desarrollo correcto del producto, pues no solo se enmarca la caracterización del material en forma ingenieril, sino que también se abordaron soluciones en producción, soluciones de tipo financiero y se abrieron las puertas a diferentes posibilidades en el aspecto estético del producto.

Al involucrarme dentro del equipo de trabajo de la empresa se deslumbraron situaciones que me incluyeron de forma directa con el manejo de productos de la empresa, como son el manejo de imagen, el diseño de marca, el posicionamiento en el mercado, las relaciones exteriores de la empresa y el mejoramiento de procesos productivos.

El manejo ambiental dentro de la empresa la caracteriza como una empresa de producción limpia, ya que se usan materias primas recicladas y se obtienen productos reciclables y/o biodegradables, teniendo en cuenta esta distinción se implemento durante el tiempo de la practica sistemas que minimizan el impacto ambiental, como lo son la recirculación de agua con tratamiento previo y el aprovechamiento de residuos sólidos.

En las diferentes etapas del proyecto se vincularon empresas como Kimberly de Colombia, Preflex s.a., Colorquímica s.a y Familia Sancela, que se interesaron por interactuar con el proyecto con el fin de realizar pruebas en el producto como tal y en el comportamiento de sus productos. Esto permitió el buen desarrollo de la práctica, pues la intervención indirecta en el desarrollo del producto amplió las posibilidades de obtener un resultado óptimo.

BIBLIOGRAFIA

OTT, Emil. SPURLIN, Harold. Cellulose and cellulose derivatives. Parte I. 2ed. New York: Interscience Publishers. 1954. p 118 – 185.

HAMAD, Wadood. Cellulosic materials: fibers, networks, and composites. Kluwer academic publishers. 2002.

EASTERLING, Ken. Future materials. 3ed. London: The Institut of Materials, 1997. p 7 – 215.

BRICENO BELTRAN, Carlos Omar. Fortalecimiento de las propiedades Físico-Mecánicas del reciclado kraft mediante la adición de polímeros. Colombia: Universidad Industrial de Santander, Centro de investigaciones de Celulosa y pulpa de papel. 1992.

PAYA PEINADO, Miguel. Aislamiento térmico y acústico. CEAC S.A. 1966.

BEYER Hans. Manual de química orgánica. 19ª Edición. Reverte. 1987.

LINSTROMBERG, Walter William. Organic Chemistry; a brief course". D C Heath & Co. 1979

ZEIGER Eduardo, TAIZ Lincoln. Fisiología Vegetal Volumen 2. Univeristat Jaume. 2007.

ZANNI, Enrique. Patología de la madera, degradación y rehabilitación de estructuras de madera. Editorial Brujas. 2008.

PEÑA, Santiago. Tecnología de la Madera. Mundiprensa. 3ª Edición. 2006.

ADDLESON, Lyall. Materiales para la construcción. Editorial Reverte. 1983

HIBBELER, Russell Charles. Mecánica de materiales. Pearson. 6ª Edición. 2006.

TSAI, Miravete. Diseño y análisis de materiales compuestos. Editorial Reverte. 1988.

GERE, Timoshenko. Mecánica de materiales. Editorial Thomson. 6ª Edición. 2006.

GARZÓN, Beatriz. Arquitectura Bioclimática, Nobuko. 2007

VIOLA, Enrique. La calidad de una obra. 2ª Edición. Nobuko. 2007.

ROUGERON, Claude. Aislamiento acústico y térmico en la construcción. Editores técnicos asociados. 1977.

HEWITT, Paul. Física Conceptual, 9ª Edición. 2004.

TORROJA, Eduardo. Aportes sobre materiales de construcción y su patología Tomo II. 1979.

ROLLE, Kurt C. Termodinámica. Pearson Educación. 2006.

<http://www.embapack.com.co/2009/default.html>

<http://www.uchile.cl/cultura/grabadosvirtuales/apuntes/papel.html>

<http://www.maderformas.net/empresa.htm>

<http://www.dane.gov.co/>

<http://www.mincomercio.gov.co/eContent/newsdetail.asp?id=761&idcompany=1>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/transporte/conduccion/conduccion.htm>

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

<http://www.cajasdecartonmexico.com.mx/cajas-de-carton/informacion/disenode-cajas-de-carton.html>

<http://www.decoracionencarton.blogspot.com/>

http://www.wikilearning.com/curso_gratis/disenode_composicion_visual_y_tecnologia_en_prensa-el_papel/5942-9

<http://www.disenosdecarton.com/>

<http://www.hogartotal.com/2008/06/20/ecologia-y-disenode-muebles-de-carton/>

<http://www.atikoestudio.com/disenador/industrial/materiales/papel/produccion%20de%20papel.htm>

<http://www.manueljodar.com/pua/pua3.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos51/papel-carton/papel-carton2.shtml>

<http://www.familiainstitutional.com/servlet/co.com.pragma.documenta.servlet.seccion.MostrarDocumento?idDocumento=81&seccion=/HOME/MAGAZIN/RECICLAJE>

<http://www.flexiblelove.com/>

<http://www.foldexltda.com/productos.htm>

<http://www.cartonbebidas.com/06.htm>

http://www.colombiaexport.com/envasespuros/Vasos_en_Carton_para_Bebidas_Calientes.htm

<http://www.productosdecarton.com/>

<http://www.multiempaques.com/productos-carton.htm>

<http://www.mailxmail.com/curso-introduccion-ciencia-materiales/propiedades-materiales-mecanicas>

<http://www.shoemaster.co.uk/index.html>

<http://www.smurfitkappa.com.co/DropdownMenu/Products/>

<http://www.busquese.com/Argos/index.php>

<http://www.colombit.com.co/Colombit2006/es/tecnicos.aspx?Tipo=SM&ID=12&Ch=1>

http://www.eternit.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=78

<http://www.pizano.com.co/productos/triplex/triplex.pdf>

<http://www.placacentro.com/col/esp/productos/tableros/mdf/ficha-tecnica/1635.html>

<http://www.madeflex.com.co/portal/madeflex.htm>

ANEXOS

ANEXO A. Norma ICONTEC 2500

INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA USO DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCION.

Propiedades físicas de la madera:

La humedad: El contenido de humedad de la madera destinada a la construcción debe expresarse en porcentaje de la masa del agua retenida con relación a la masa anhidro o seca al horno (103 °C – 105 °C). Cuando dicha determinación se hace mediante la NTC 206 (ISO 3130) (por diferencia de masas). La fórmula que se debe utilizar es la siguiente:

$$CH\% = \left(\frac{P_n - P_o}{P_o} \right) \times 100$$

Donde:

- CH = Contenido de humedad en %
- Ph = Masa inicial (húmedo) en gramos
- Po = Masa anhidro (seco) en gramos

Debido al comportamiento higroscópico de la madera, es importante conocer la humedad de equilibrio de cada localidad.

Cambios dimensionales: Antes de establecer las dimensiones reales de escuadría de los diferentes elementos de madera que debe utilizar el constructor, se deben tener en cuenta los cambios dimensionales del material a partir de las dimensiones nominales o comerciales.

Así mismo, se deben tener en cuenta los coeficientes de contracción volumétrica y la relación de contracciones, según el destino que se le vaya a dar a cada tipo de madera.

Densidad aparente: Relación entre la masa y el volumen de una madera a un determinado contenido de humedad.

$$D = \frac{m}{V}$$

Donde:

D = Densidad en gr/cm³

m = Masa en gramos.

V = Volumen en cm³.

Dilatación y conductividad térmica: Las dilataciones de la madera por la acción de las temperaturas medioambientales son pequeñas y despreciables en contraste con las contracciones por secado.

Con relación a otros materiales destinados a la construcción la madera es un material aislante desde el punto de vista térmico.

Transmisión y absorción del sonido: La madera es un material ventajoso por su capacidad para absorber vibraciones producidas por ondas sonoras. A menor densidad corresponde a una mayor absorción de las ondas sonoras.

Factores que afectan la madera como material constructivo.

El uso estructural de la madera exige un adecuado control de calidad. Existen factores internos propios de la estructura de la madera y originados durante su desarrollo, tales como la pendiente de la fibra y la presencia de nudos (norma

ASTM D 245). Se presentan también algunos factores externos que tiene que ver con las condiciones de trabajo del material.

La madera aumenta su resistencia al disminuir su contenido de humedad.

Productos derivados de la madera

Son materiales industriales para la construcción obtenidos a partir de partículas, chapas, listones, tablas o subproductos de madera maciza en combinación con aglutinantes y para algunas aplicaciones, revestimientos especiales.

Algunos de estos productos son: tableros contrachapados, tableros aglomerados, tableros de fibra, tableros enlistonados y vigas laminadas.

Los tableros se clasifican de la siguiente forma:

Tipo I: para uso interior, resistente a la humedad ambiente y fabricado con pegantes a base de resina urea – formaldehído. Comprende cuatro grados, selecto, 1, 2 y 3.

Tipo II: resistente al agua y a una moderada exposición a la intemperie. Comprende cuatro grados, selecto, 1, 2 y 3.

Tipo III: para usos exterior y marino, a prueba de agua, fabricado con resinas fenolicas. Comprende tres grados, selecto, 1 y 2.

Toda lámina debe identificarse con la siguiente información básica:

Nombre o marca de fábrica.

Clase de madera empleada.

Tipo de lámina y grado de calidad.

Espesor, largo y ancho nominales.

ANEXO B. Catalogo Superboard Colombit



PLACAS DE FIBROCEMENTO



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Y PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS

DIMENSIONES DE LAS PLACAS SUPERBOARD

DIMENSIONES	ESPESOR	PESO UN. (kg)	USOS RECOMENDADOS
605 x 605mm	4mm	2,00	Cielos rasos suspendidos o clavados
1214 x 605mm	4mm	4,00	
1220 x 1220mm	4mm	8,78	Cielos rasos clavados
605 x 605mm	5mm *	2,52	Cielos rasos suspendidos o clavados
1214 x 605mm	5mm *	5,18	
1220 x 1220mm	5mm *	10,99	Cielos rasos clavados
2440 x 1220mm	6mm	28,37	Cielos rasos, divisiones interiores
2440 x 1220mm	8mm	35,16	Paredes interiores, ductos de servicio, frontones, cornisas para techos, cielos rasos atornillados
2440 x 1220mm	11mm	47,21	Paredes exteriores, fachadas, mesones de laboratorio y cocina, culatas, bases para techos
2440 x 1220mm	14mm	60,10	Bases para techos, fachadas, paredes exteriores, culatas, entrepisos, estanterías
2440 x 1220mm	17mm	72,98	Entrepisos, fachadas, estanterías
2440 x 1220mm	20mm	85,86	Entrepisos, estanterías

* Espesor fabricado bajo pedido. Para otras dimensiones y usos consulte al departamento de Asistencia Técnica de Colombit. El peso y las dimensiones son nominales.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUPERBOARD

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

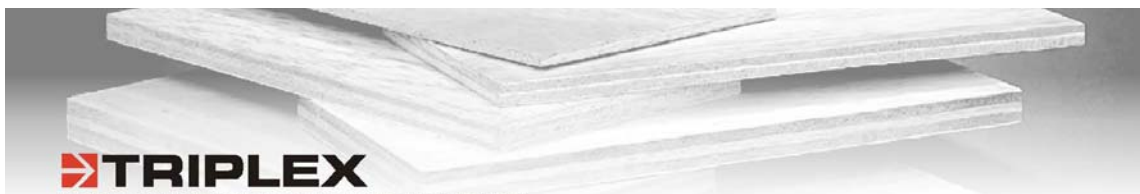
En húmedo	En equilibrio*
10 Mpa	14 Mpa

(*) Entiéndase equilibrio como condiciones ambientales normales

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	ENSAYO
Absorción	30 - 35	%	ASTM D 1037
Densidad (seco al horno)	1.25	Kg / m ³	ASTM D 1037
Contenido de humedad	10-12	%	ASTM D 1037
Variación lineal con cambio de humedad			
De seco al ambiente a saturado	0,6	mm / m	ASTM D 1037
De seco al horno a saturado	2,4	mm / m	
Coefficiente de expansión térmica	4x10 ⁻⁵	m / m °C	ASTM D 696
Modulo de elasticidad (seco al horno)	68.821-6.722	Kg / cm ² - MPa	ASTM C 120
Conductividad térmica	0.263	W / m °K	ASTM C 518
Resistencia a la tracción del clavo			
En húmedo	32.0	Kg	ASTM D 1037
En seco	64.7	Kg	
Resistencia al Impacto - Charpy	2.1	KJ / m ²	ASTM D 256

	Tornillo estándar N° 6 x 1"		FRESCASA® de 3 1/2" sin recubrimiento
	Tornillo de cabeza extraplana		Perfil PARAL Calibre 24
	Malla fibra de vidrio		Perfil CANAL Calibre 24
	Masilla Hamilton's para uso interior en juntas invisibles		

ANEXO C. Catalogo TRIPLEX PIZANO



TRIPLEX IGUAL O SUPERIOR QUE LA MISMA MADERA

FICHA TECNICA DE PRODUCTO

Estas son algunas de las ventajas y beneficios más apreciados por los usuarios del TRIPLEX PIZANO.

- Dimensiones estables a través del tiempo por el técnico tratamiento de secado de la madera que compone la lámina.
- Es un producto inmunizado de fábrica contra todo tipo de hongos, insectos y plagas tropicales.
- PIZANO S.A. fabrica dos tipos de TRIPLEX, para uso interior Tipo I y para uso exterior Tipo III.
- El TRIPLEX PIZANO viene en chapas de madera de especies comunes y decorativas.
- Sus dimensiones y calibres son ideales para su modulación, evitando así desperdicios.
- Por ser la superficie de la chapa satinada disminuye el consumo de materiales, mano de obra y tiempo utilizado en los procesos de acabado.
- Cumple con la Norma Técnica Colombiana para tableros contrachapados NTC 698, lo que garantiza sus altos estándares de calidad.
- Disponibilidad en todo el país, en las cantidades y en el momento que se requiera.
- Con la garantía y respaldo de PIZANO S.A.

ALMACENAMIENTO

- Las láminas de TRIPLEX PIZANO siempre deben ser almacenadas sobre superficies planas en lugares cubiertos, secos y ventilados, para evitar la formación de hongos o moho que puedan afectar las láminas.
- Almacenarlas siempre sobre estibas o durmientes de madera de igual tamaño, los cuales deben estar inmunizados y nunca directamente sobre el piso.

- Los durmientes de madera deben ir ubicados a lo ancho de las láminas, alineados y como mínimo 4 durmientes; previendo que estos no tengan puntillas, alambres o astillas que puedan deteriorar las láminas.
- Las láminas siempre deben ser almacenadas cara contra cara (chapa contra chapa), para evitar rayones y manchas de resina.
- Proteger las láminas de aceites, grasas o productos químicos que pueden causar manchas sobre las superficies de las mismas, muy difíciles de sacar posteriormente.
- En caso de almacenar las láminas de TRIPLEX PIZANO con otros productos de madera maciza, es importante que estos productos estén inmunizados o se realicen fumigaciones periódicas en los lugares de almacenamiento para prevenir y evitar el posible ataque de insectos provenientes de los otros productos de madera.

NOTA TECNICA

Las láminas de TRIPLEX PIZANO están fabricadas con chapas de madera, las cuales por ser un producto de origen natural presentan variaciones en su color, veta y textura; que son características propias de la madera y en particular de cada especie, lo que le proporciona una apariencia especial y particular a cada lámina de TRIPLEX PIZANO.

Por el proceso de transformación de la madera para la obtención de las chapas de la madera, se presentan variaciones en las características de apariencia de las chapas, las cuales pueden incluir cambios de color o tonalidad sobre la misma chapa, cambios en la

dirección de la fibra de la madera lo cual se aprecia en vetas acentuadas o marcadas generadas por la fibra encontrada, que a su vez ocasiona la fibra levantada y el pelo así como los nudos sobre la chapa de madera; todas estas características son propias de la madera y en ningún momento se pueden considerar como un defecto en la apariencia de las láminas de TRIPLEX PIZANO.

Estas características pueden ser mas o menos acentuadas de acuerdo al acabado que se realice sobre la lámina y se pueden modificar y/o manejar durante el correcto proceso de limpieza y preparación de la superficie, aplicación del tinte o tintillado, sellado, lacado y acabado final de la lámina los cuales deben ser realizados por personal calificado.

Todas estas características propias y normales de apariencia en las láminas de TRIPLEX PIZANO hacen de cada lámina un elemento decorativo único e irrepetible que es parte del valor y la belleza de las láminas y productos elaborados con madera.



PIZANO SA

DIMENSIONES Y PESOS		LAMINA 2.44 X 1.22 m				
CALIBRE NOMINAL (mm)	4	7	9	12	14	18
TOLERANCIA EN CUADRATURA (mm)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
PESO APROXIMADO (kg)	7	12	14	19	22	33
CALIDADES Y CALIBRES						
CALIDADES	PIZANO	PIZANO OKUME	PIZANO OVERLAY	PIZANO OKUMÉ CONGO	FORMAPLAC®	
CALIBRES (mm)	4 - 7 - 9 - 14 - 18 - 25	4	4 - 7 - 9 - 12 - 14 - 18 - 25	4	7 - 9 - 14 - 18	
TOLERANCIA EN CALIBRE	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	
TIPO	I	I	I	I	III	

El TRIPLEX PIZANO cumple y supera los requisitos de la Norma Técnica Colombiana NTC 698 - TIPO I

PORCENTAJE DE HUMEDAD

MOMENTO DE DESPACHO	6 al 15%
EN PLAZA SE ESTABILIZA	7 al 10%

PIZANO S.A. - Colombia

Productos, referencias, dimensiones y especificaciones técnicas pueden variar sin previo aviso.



Servicio al Cliente
01 8000 11 12 63
Bogotá (57-1) 627 8828
www.pizano.com.co
Colombia 100008

ANEXO D. Catalogo MDF PLACACENTRO MASISA



Colombia > Productos > Tableros > MDF > Características Fisicomecánicas

Características Fisicomecánicas

Características

Standard		Espesor (mm)				
Propiedades	Unidades	3	4	5,5	9 a 20	25 a 30
Densidad	kg/m ²	800	800	800	700	700
Flexión	N/mm ²	49	44	44	36	31
Módulo de elasticidad	N/mm ²	3380	3380	3380	2940	2750
Agarre de tornillo	N	-	-	-	1270	1270
Hinchamiento 24hrs	%	30	30	25	11	8
Humedad	%	5-8	5-8	5-8	5-8	5-8

Liviano		Espesor (mm)	
Propiedades	Unidades	9 a 20	25 a 30
Densidad	kg/m ²	600	600
Flexión	N/mm ²	34	29
Módulo de elasticidad	N/mm ²	2060	1760
Agarre de tornillo	N	1170	1170
Hinchamiento 24hrs	%	12	10
Humedad	%	5-8	5-8




Ultraliviano o Supertliviano		Espesor (mm)	
Propiedades	Unidades	12 a 20	25 a 30
Densidad	kg/m ²	500	500
Flexión	N/mm ²	32	25
Módulo de elasticidad	N/mm ²	2260	1960
Agarre de tornillo	N	780	780
Hinchamiento 24hrs	%	12	12
Humedad	%	5-8	5-8

Tolerancia espesor $\pm 0,3$ mm.

Tolerancia dimensional: largo y ancho (mm/m)= 2

Formato (m): 1,22 x 2,44 / 1,52 x 2,44 / 1,83 x 2,44 / 2,13 x 2,44

ANEXO E. Catalogo MADEFLEX MADECENTRO

MADEFLEX

Madeflex

Características generales

Es una lámina de fibra de madera de Eucalipto reforestado, de una versatilidad no igualada en sus aplicaciones y manejo. Virtualmente, todos los sectores de la industria de la construcción y muchos otros campos se benefician con su uso, pues tiene grandes propiedades.

Es extremadamente durable. Exhibe características uniformes garantizadas, sin los defectos naturales de la madera. Es particularmente resistente a la humedad y al ataque de hongos e insectos.

Usos y aplicaciones

Dada su gran versatilidad, Madeflex puede tener una infinidad de usos, tales como en la industria del mueble, superficies exteriores, superficies curvas, cajonería, respaldo de muebles y sillas, entrepaños, en la construcción de puertas, divisiones, cielorrasos, closets, cazas prefabricadas, además empaques, exhibidores, carteles, material didáctico, etc.

Dimensiones y espesores Madeflex

Diseño	Tamaño m X m	Espesor mm x mm
Liso	1.20 x 2.40	2.5
Liso	1.22 x 2.44	3.0

Propiedades Físicas Madeflex

	Standard	Standard	Standard
Espesor Nominal (mm.)	2.5	2.5	+/-0.2
Espesor Máximo (mm.)	2.7	2.7	
Espesor Mínimo (mm.)	2.3	2.3	
Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	350-500	350-500	
Resistencia a la tensión perpendicular (kg/cm ²)	10 min.	10 min.	Min. 320
Resistencia a la tensión paralela (kg/cm ²)	220	220	Min. 65
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	35.000 - 55.000	35.000 - 55.000	Min. 155
Absorción de agua (%) (24 horas a 20°)	30-35	30-35	Max. 35
Absorción superficial lado liso (%)	10 -15	10 -15	
Expansión de espesor (%)	15 -25	15 -25	Max. 25
Cambios típicos de longitud para variación de humedad relativo desde 33 - 99 %	0.13 - 0.32	0.13 - 0.32	Max. 0.35
Densidad (gr/cm ³)	0.98 - 1.03	0.98 - 1.03	Min. 0.88
Peso promedio cuadrado (kg)	2.5	2.5	
Tolerancia en la rgo para todos los tableros (m.m/m)	2.0	2.0	