

ESTUDIO DEL USO DE PLÁSTICO RECICLABLE EN CASETONES PARA PLACAS DE ENTREPISO ALIGERADAS

DAVID JOHANAN GÓMEZ CORONADO
JOAN SEBASTIÁN SAAVEDRA HURTADO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2018

ESTUDIO DEL USO DE PLÁSTICO RECICLABLE EN CASETONES PARA PLACAS DE ENTREPISO ALIGERADAS

DAVID JOHANAN GÓMEZ CORONADO
JOAN SEBASTIÁN SAAVEDRA HURTADO

Trabajo de Monografía para optar por el título de
Ingeniero Civil

Sindy Paola Castro Aguirre
Directora de Trabajo de Grado

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2018

Nota de aceptación:

**Directora Disciplinar de Trabajo final de grado:
Ingeniera Civil Sindy Paola Castro Aguirre**

Firma del jurado 1

Docente: _____

Firma del jurado 2

Docente: _____

Bogotá, Julio de 2018

AGRADECIMIENTOS

A el rey de reyes, ente que todo lo tiene y lo puede, Dios que es indispensable para mí y toda mi familia, el cual con dedicación me dio la fuerza y persistencia para poder culminar esta etapa en mi vida profesional. Cito por ello “Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente no temas ni desmalles por que el señor tu Dios estará donde quiera que vayas”, Josué 1-9.

A mis padres por tener la consistencia y la sabiduría para guiarme en mi carrera profesional y por el apoyo que me dieron en todos los ámbitos de mi vida, puesto que sin ellos no hubiese generado mi identidad y mi manera de manejar mi carrera profesional. Porque gracias a ellos identifiqué cada una de mis falencias y las volví fortalezas

A mi directora metodológica Mary luz Parra por su disposición profesional, por su amistad y su gran manera de darnos los mejores consejos profesionales en este peldaño que ahora terminamos, así como también por su capacidad de compañerismo y exaltación a nuestros aciertos.

A mi directora disciplinar de tesis, Ingeniera Sindy Paola Castro quien nos apoyó en muchas condiciones técnicas, por su confianza para con nosotros, por su paciencia tiempo y exactitud a la hora de darnos correcciones apropiadas para esta investigación; no sin menos agradecer por su gestión para con esta tesis de grado, así como también por el excelente trabajo profesional en cuanto a tutorías y catedra de asignaturas que destacan su conducción a realizarnos como gran colombiano.

A la facultad de ingeniería civil de la universidad la gran Colombia por apoyarnos en nuestros conocimientos y por gestionar todos los lineamientos para generar un conocimiento previo en esta investigación.

A el ingeniero gabilanes por su apoyo y gestión en los procesos y fases de investigación de este documento, así como también por sus recomendaciones en cuanto a los análisis de resultados y los procesos concluyentes en los laboratorios.

A el laboratorista José quien con su mayor disposición y gestión en los procesos experimentales que fueron indispensables, por su amistad y por su buen trato, así como por sus conocimientos suministrados a nosotros.

David Johanan Gómez Coronado

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, quienes con su soporte, amor y cariño me supieron dar ánimos y fuerza en los momentos duros, a mis amigos, quienes con su acompañamiento fundamental y compartimiento de buenos ratos y momentos fueron mi principal motor para seguir adelante y nunca desfallecer, a mi compañero David por dejarme ser parte del proceso tan magnifico que fue este proyecto de investigación, seres queridos y gente cercana la cual se preocupó por este arduo proceso.

A la Universidad La Gran Colombia, a su facultad de Ingeniería Civil, y en especial a las docentes Mary Luz Parra y Sindy Paola Castro, asesoras metodológicas y disciplinares respectivamente quienes con su conocimiento y paciencia ayudaron a sacar este trabajo de investigación adelante cumpliendo con todos los estándares requeridos por la institución.

Joan Sebastián Saavedra H.

“ESTUDIO DEL USO DE PLÁSTICO RECICLABLE EN CASETONES PARA PLACAS DE ENTREPISO ALIGERADAS.”

RESUMEN

Esta investigación fue enfocada al análisis de las propiedades mecánicas (compresión y flexión), del posible uso de plástico reciclado para aligeramientos en placas reticuladas de entrepiso; el cual fue comparado con materiales destinados en el uso de casetones aligeran tés, los cuales fueron madera y poliestireno expandido.

Se realizaron ensayos de laboratorio para compresión y flexión para tres materiales (Tereftalato de polietileno, poliestireno expandido madera tipo pino radiata), los cuales fueron dispuestos en los laboratorios de la Universidad la Gran Colombia.

Además, se logró concretar el estudio en seis fases de investigación, integrando desde las fichas técnicas de caracterización para cada uno de los materiales hasta la presentación de resultados y análisis obtenidos luego de la parte experimental y de software.

En conclusión, el estudio de plástico reciclado para este tipo de placas de entrepiso requiere comparación con los materiales tradicionales para un mejor entendimiento en su comportamiento de sus propiedades intrínsecas, y que se logra haciendo desarrollos experimentales y teóricos (software) para que en un dictamen final se afirme o niegue el uso del mismo

Palabras Clave: Tereftalato de polietileno, poliestireno expandido, Módulo de elasticidad, esfuerzos, probeta, compresión y flexión.

"STUDY OF THE USE OF RECYCLABLE PLASTIC IN CASETONES FOR LIGHTED ENTRANCE PLATES".

ABSTRACT

This research was focused on the analysis of the mechanical properties (compression and bending), of the possible use of recycled plastic for lightening in reticulated plates of mezzanine; which was compared with the materials used in the use of lightweight casetones, which were timber and expanded polystyrene.

Laboratory tests were carried out for bending for three materials (polypropylene terephthalate, expanded polystyrene wood type pine), which were arranged in the laboratories of the La Gran Colombia university.

In addition, it was possible to specify the study in six phases of research, integrating from the technical characterization sheets for each of the materials to the presentation of results and analysis obtained after the experimental and software.

In conclusion, the study of recycled plastic for this type of mezzanine tiles requires comparison with traditional materials for a better understanding of their behavior of their intrinsic properties, and that is achieved by making experimental and theoretical developments (software) so that in an opinion final affirms or denies the use thereof.

Keywords: Polypropylene terephthalate, expanded polystyrene, modulus of elasticity, stress, specimen, compression and bending.

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS PARA TESIS, TRABAJOS Y MONOGRAFÍAS
DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

Bogotá D.C., ____ de Julio de 2018

Señores:

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

Bogotá D.C.

Estimados señores: Nosotros David Johanan Gómez Coronado identificado con Cédula de ciudadanía No. 1'016.053.968 de Bogotá D.C; Johan Sebastian Saavedra, identificada con Cédula de ciudadanía No.1'073.516.490 de Funza, Cundinamarca, autores del trabajo de grado nombrado "ESTUDIO DEL USO DE PLÁSTICO RECICLABLE EN CASETONES PARA PLACAS DE ENTREPISO ALIGERADAS", presentado como requisito para optar al título de Ingeniero(a) Civil; autorizamos a la Universidad La Gran Colombia la consulta, reproducción, distribución o cualquier otra forma de uso de la obra parcial o total, con fines académicos en cualquier formato de presentación; conforme a la ley 23 de 1962, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995, Circular No. 06 de la Dirección Nacional de Derechos de Autor para las Instituciones de Educación Superior, y demás normas generales en la materia.

David Johanan Gómez Coronado

CC. No. 1'016.053.968 de Bogotá D.C

Johan Sebastian Saavedra

CC. No. 1'073.516.490 de Funza, Cundinamarca

CONTENIDO

TITULO.....	16
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	20
3. ANTECEDENTES.....	21
4. OBJETIVOS.....	24
4.1 OBJETIVO GENERAL	24
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
5. MARCO REFERENCIAL	25
5.1 MARCO CONCEPTUAL	25
5.2 MARCO LEGAL	30
6. METODOLOGÍA	31
6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	31
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
6.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN INCLUYENDO DEFINICIÓN Y OPERACIÓN DE LAS VARIABLES, JUNTO CON TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	31
6.3.1 Fase 1 Búsqueda.....	31
6.3.2 Fase 2 Fichas de materiales.....	32
6.3.3 Fase 3 Caracterización Experimental de materiales (Descripción de los ensayos).....	32
6.3.4 Fase 4 Procesamiento de la información.....	36
6.3.5 Fase 5 Comparación de los materiales	36
6.3.6 Fase 6 Análisis de resultados	36
7. RESULTADOS	37
7.1 Características materiales.....	37
7.1.1 Madera utilizada en casetones.	37
7.1.2 Poliestireno expandido EPS para casetones	41

7.1.3	Tereftalato de Polietileno (PET).....	43
7.2	FICHA TÉCNICA DE LOS MATERIALES	44
7.2.2	Ficha del poliestireno expandido EPS	47
7.2.3	Ficha tereftalato de polietileno PET	48
7.3	CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS MATERIALES.....	49
7.3.1	MATERIALES PRINCIPALES.....	49
7.3.1	Madera (PINO)	49
7.3.2	Poliestireno Expandido EPS (ICOPOR)	51
7.3.3	Tereftalato de Polietileno PET (Plástico Reciclado).....	53
7.4	RESULTADOS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES ..	56
7.4.1	NOMENCLATURA.....	56
7.4.2	Cálculos.....	57
7.4.3	Gráficos.	59
7.4.4	Tablas de resultados	68
7.4.5	Observaciones durante los ensayos.....	73
7.5	MODELACIÓN EN SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	75
7.5.1	DIMENSIONES DE PROBETAS	75
7.5.2	DATOS APLICADOS EN EL SOFTWARE	76
7.5.3	Resultado de software	77
8.	DISCUSIÓN.....	91
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
9.1	CONCLUSIONES.....	95
9.2	RECOMENDACIONES	98
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	99
11.	ANEXOS.....	101

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Placa de entrepiso con aligeramientos.	27
Ilustración 2 Placas Unidireccionales aligeradas.....	28
Ilustración 3 Placas bidireccionales aligeradas	28
Ilustración 4 Aligeramientos para uso por tortas	29
Ilustración 5 Muestra de las probetas.....	34
Ilustración 6 Muestra de probetas a flexión.....	35
Ilustración 7 Presentación comercial maderas	40
Ilustración 8 Defectos de la Madera	40
Ilustración 9 Defectos del secado.....	41
Ilustración 10 Tipos de plásticos PET.....	44
Ilustración 12 Probetas del Software	76
Ilustración 13 Elemento madera sometido a cargas de concreto.	78
Ilustración 14 Elemento poliestireno expandido sometido a cargas de concreto ..	78
Ilustración 15 Probeta Tereftalato de Poliestireno	79
Ilustración 16 Casetón Típico para software	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Nombre de Probetas de los materiales	33
Tabla 2 Cantidad de material probetas Madera	49
Tabla 3 Dimensiones de las probetas en Madera (pino)	50
Tabla 4 Cantidad de probetas de Poliestireno Expandido (Icopor)	52
Tabla 5 Dimensiones iniciales Poliestireno Expandido	52
Tabla 6 Cantidad de probetas de Tereftalato de polietileno.	54
Tabla 7 Dimensiones iniciales Tereftalato de Polietileno PET	55
Tabla 8 Tabla de resultados compresión madera (pino)	69
Tabla 9 Tabla de resultados flexión madera (pino)	70
Tabla 10 Tabla de resultados al 10 % de la longitud de la probeta	71
Tabla 11 Ensayo compresión PET	71
Tabla 12 Ensayo flexión PET	72
Tabla 13 Dimensiones Probetas Software	75
Tabla 14 Datos de entrada para el Software	76
Tabla 15 Reacciones Probeta Madera	80
Tabla 16 Reacciones Probeta Poliestireno Expandido EPS.....	80
Tabla 17 Reacción probeta PET	80
Tabla 18 Desplazamientos máximos Probeta madera	81
Tabla 19 Desplazamientos máximos probeta Poliestireno Expandido EPS	82
Tabla 20 Desplazamientos máximos probeta PET	82
Tabla 21 Participación de aceleración Probeta madera	84
Tabla 22 Modelación de cargas probeta Poliestireno Expandido EPS.....	85
Tabla 23 Modelación de cargas probeta PET	85
Tabla 24 Fuerzas resultantes Probeta Madera	86
Tabla 25 Fuerzas resultantes probeta Poliestireno Expandido EPS	86
Tabla 26 Fuerzas de Resultante probeta PET	87
Tabla 27 Reacciones para casetones	89
Tabla 28 Desplazamientos casetones.....	90

Tabla 29 Resultado de los tres casetones.....	90
Tabla 30 Probeta #1 compresión madera	101
Tabla 31 Probeta # 2 compresión madera	101
Tabla 32 Probeta #3 compresión madera	102
Tabla 33 Probeta #4 compresión madera	102
Tabla 34 Probeta #5 compresión madera	102
Tabla 35 Probeta # 6 compresión madera	102
Tabla 36 Probeta # 1 flexión madera	103
Tabla 37 Probeta # 2 flexión madera	103
Tabla 38 Probeta # 3 flexión madera	104
Tabla 39 Probeta # 4 flexión madera	105
Tabla 40 Probeta # 5 flexión madera	106
Tabla 41 Probeta #6 flexión madera	106
Tabla 42 Probeta #1 compresión EPS	107
Tabla 43 Probeta #2 compresión EPS	108
Tabla 44 Probeta #3 compresión EPS	108
Tabla 45 Probeta #4 compresión EPS	109
Tabla 46 Probeta #5 compresión EPS	109
Tabla 47 Probeta #1 compresión PET.....	110
Tabla 48 Probeta #2 compresión PET.....	110
Tabla 49 Probeta #3 compresión PET.....	111
Tabla 50 Probeta #4 compresión PET.....	112
Tabla 51 Probeta #5 compresión PET.....	112
Tabla 52 Probeta #6 compresión PET.....	113
Tabla 53 Probeta #1 flexión PET.....	114
Tabla 54 Probeta #2 flexión PET.....	115
Tabla 55 Probeta #3 flexión PET.....	116
Tabla 56 Probeta #4 flexión PET.....	116
Tabla 57 Probeta #5 flexión PET.....	117
Tabla 58 Probeta #6 flexión PET.....	118

Tabla 59 Reacciones para casetones	139
Tabla 60 Resultados ETABS para EPS.....	141
Tabla 61 Resultados ETABS para madera probetas.....	144
Tabla 62 Resultados ETABS PET	146
Tabla 63 poliestireno expandido.....	149

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Dimensiones Promedio de las Probetas Madera (pino).....	51
Gráfico 2 Dimensiones Promedio de las Probetas Poliestireno Expandido.....	53
Gráfico 3 Dimensiones promedio de las probetas PET	55
Gráfico 4 Carga ultima Madera	59
Gráfico 5 Probetas a compresión madera (pino)	60
Gráfico 6 Promedio de probetas a compresión madera	61
Gráfico 7 Esfuerzo – Deformación	61
Gráfico 8 Probetas a flexión madera pino	62
Gráfico 9 Promedio de las probetas a flexión madera pino	62
Gráfico 10 Probetas a compresión EPS	63
Gráfico 11 Promedio de las probetas EPS	64
Gráfico 12 Carga última PET	64
Gráfico 13 Probetas a compresión PET	65
Gráfico 14 Promedio de las probetas compresión PET	66
Gráfico 15 Probetas a flexión PET	66
Gráfico 16 Promedio probetas flexión PET	67
Gráfico 17 Análisis de los tres materiales a compresión	68
Gráfico 18 Datos materiales software.....	84
Gráfico 19 Carga última a compresión en software.....	87
Gráfico 20 Diagramas de madera a compresión, flexión y tracción	91
Gráfico 21 Curvas esfuerzo - deformación para PET de alta y baja densidad	92
Gráfico 22 Comparación resultados a compresión de los tres materiales.....	93
Gráfico 23 Comparación resultados a flexión de los tres materiales	94
Gráfico 24 Comparación resultados esfuerzo último	94
Gráfico 25 Probeta #1 compresión madera.....	119
Gráfico 26 Probeta #2 compresión madera.....	120
Gráfico 27 Probeta #3 compresión madera.....	120
Gráfico 28 Probeta #4 compresión madera.....	120

Gráfico 29 Probeta #5 compresión madera.....	121
Gráfico 30 Probeta #6 compresión madera.....	121
Gráfico 31 Probeta #1 flexión madera.....	122
Gráfico 32 Probeta #2 flexión madera.....	122
Gráfico 33 Probeta #3 flexión madera.....	123
Gráfico 34 Probeta #4 flexión madera.....	123
Gráfico 35 Probeta #5 flexión madera.....	124
Gráfico 36 Probeta #6 flexión madera.....	124
Gráfico 37 Probeta #1 compresión EPS.....	125
Gráfico 38 Probeta #2 compresión EPS.....	125
Gráfico 39 Probeta #3 compresión EPS.....	126
Gráfico 40 Probeta #4 compresión EPS.....	126
Gráfico 41 Probeta #5 compresión EPS.....	127
Gráfico 42 Probeta #1 compresión PET.....	127
Gráfico 43 Probeta #2 compresión PET.....	128
Gráfico 44 Probeta #3 compresión PET.....	128
Gráfico 45 Probeta #4 compresión PET.....	129
Gráfico 46 Probeta #5 compresión PET.....	129
Gráfico 47 Probeta #6 compresión PET.....	130
Gráfico 48 Probeta #1 flexión PET.....	130
Gráfico 49 Probeta #2 flexión PET.....	131
Gráfico 50 Probeta #3 flexión PET.....	131
Gráfico 51 Probeta #4 flexión PET.....	132
Gráfico 52 Probeta #5 flexión PET.....	132
Gráfico 53 Probeta #6 flexión PET.....	133

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Sección transversal de la muestra	57
Ecuación 2 Volumen de la muestra	57
Ecuación 3 Peso específico	57
Ecuación 4 Esfuerzo unitario máximo	57
Ecuación 5 Deformación final	57
Ecuación 6 Módulo de elasticidad (compresión)	57
Ecuación 7 Esfuerzo unitario máximo en el límite de la proporcionalidad	58
Ecuación 8 Esfuerzo unitario máximo	58
Ecuación 9 Módulo de elasticidad a flexión	58
Ecuación 10 Resistencia a la flexión.	58

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 1 Anexos Tablas 101
- Anexo 1 2 Anexos Gráficos 119
- Anexo 1 3 Anexos Fotográficos 133
- Anexo 1 4 Anexos Tablas ETABS 139
- Anexo 1 5 Anexos ETABS deflexiones máximas 151

TITULO

Estudio del uso de plástico reciclable en casetones para placas de entrepiso aligeradas.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se refiere al tema del estudio del uso del plástico en casetones para placas de entrepiso aligeradas, con el fin de ampliar la gama en cuestiones de procesos constructivos en donde se requiera o necesite aligerar las cargas en los entre pisos y así reducir costos, peso y demás que conllevan la aplicación de este tipo de construcciones.

La característica principal del estudio es la determinación positiva o negativa del Tereftalato de Polietileno (PET) como uso alternativo en la construcción de casetones, acorde a lo anterior, se realizaron 6 fases investigativas en base a unas comparaciones de otros materiales más habituales o comunes en los cuales están hechos los casetones para placas de entrepiso aligerada, las fases van desde una caracterización de cada uno de los materiales a comparar hasta un análisis de resultados de dichos materiales.

Para analizar el estudio, es necesario mencionar algunas de las razones por las cuales se realizó el estudio. Una de ellas es el desperdicio de material como la madera (en el casetón) puesto que solo una vez llega a utilizarse y se deja perder a medida que continua el proceso constructivo, otra es la tardanza que tiene el plástico en degradarse totalmente y el no aprovechamiento optimizado de este material, sin mencionar los altos costos que llegarían a adicionarse a toda la obra en construcción.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las edificaciones existen actualmente diversos tipos de entrepiso de acuerdo a la necesidad estructural. Entre ellas se tiene las placas aligeradas de entrepiso, las cuales se presentan bidireccionales o unidireccionales; deben ser construidas con aligeramientos, convencionalmente se utilizan casetones que se elaboran en diferentes materiales. Tales como poliestireno expandido, madera y guadua. Los cuales tienen características físico mecánicas como resistencia a la compresión y flexión, así como también un impacto negativo en el medio ambiente.

Los casetones de poliestireno expandido forrados en plástico tienen problemas con respecto a su durabilidad, puesto que al ser reutilizados pierden sus dimensiones por los esfuerzos que ejerce el concreto, también se deben volver a forrar en plástico para su reutilización. Los casetones en guadua y madera, tienen problemas como la deformación del material por algunos esfuerzos que se ejercen por el concreto, estos aligeramientos también tienen una durabilidad muy reducida. Por otra parte, los casetones que son construidos con guadua, tienen una flexibilidad alta, esto evidenciado en la deformación del material. Por último, estos casetones tienen un impacto ambiental alto puesto que para realizar casetones en madera se deben realizar tala de árboles, por otra parte, los casetones en guadua impactan el retiro de la capa vegetal para la extracción de la guadua; y para los casetones en poliestireno expandido forrados en plástico se utilizan recursos naturales no renovables, ya que es un plástico derivado del petróleo.

Por lo cual, se mostrará una posible solución a esta problemática utilizando el plástico reciclado como alternativa óptima para realizar casetones. Y así generar un impacto positivo tanto en las propiedades físicas, y mecánicas del material, así como el impacto ambiental positivo.

1.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El uso de plástico reciclado resulta ser favorable en la implementación de casetones para la construcción de placas aligeradas de entrepiso?

2. JUSTIFICACIÓN

El calentamiento global es una de las condiciones más desfavorables que se tiene en la actualidad, ejerciendo un cambio climático muy importante y sin precedencia. Las repercusiones de ello están directamente conectadas con los elementos básicos de la vida humana, acceso al suministro de agua, la producción de alimentos, salud y el medio ambiente.¹ Esta última con repercusiones en la biodiversidad del planeta, que dejan al descubierto la explotación de los recursos naturales, como lo son la tala de árboles y el retiro de capa vegetal; según el IDEAM el 57% de deforestación está en la amazonia colombiana y un 22% en la zona andina. Esta deforestación tomada al año 2013 fue por poco de 3 millones de hectáreas.² Estos recursos son directamente utilizados en industrias y comercios.

En la industria de la construcción son utilizados recursos como la madera y el petróleo, indispensables para poder elaborar cualquier tipo de obra. Para construcción son necesarios los casetones en 3 tipos de materiales, el polietileno expandido se obtiene de derivados del petróleo, la madera se obtiene de la deforestación de los bosques y selvas, y la guadua que implica el retiro de la capa vegetal. Por otra parte, existen varios tipos de plásticos que se derivan del petróleo, a pesar de ser muy útiles para usos comunes como botellas de plástico, tuberías, teléfonos, computadores y muchos otros usos de este material; no son biodegradables en un corto plazo y tienen un proceso de fabricación complejo. Pero algunos de estos objetos pueden ser reciclados y reutilizados; en miles de productos como lo son los casetones. Por ello se evidencia la posibilidad de realizar una comparación experimental de factores físico-mecánicos entre los recursos que se utilizan en los casetones. Dándole un impacto positivo al medio ambiente.

¹ GARCÍA Hernández Cristina. El cambio climático: los aspectos científicos y económicos más relevantes universidad complutense de Madrid, España. Revista critica de ciencias sociales y jurídicas. 2011. ISSN1889-7231 Pág. 26

² IDEAM. Colombia revela su primera Tasa anual de deforestación. Parques nacionales naturales e Colombia Cundinamarca. 2014.

3. ANTECEDENTES

El reciclaje de plásticos de PET (Tereftalato de Polietileno) es un importante acontecimiento, puesto que los residuos pueden ser aprovechados para todo tipo de necesidad y así contribuir con el medio ambiente; este material se puede convertir en una variedad de objetos que solucionan una necesidad humana como la que se evidencia en la problemática de este documento.

En la ciudad de Pasto-Colombia, Carlos Córdoba, Jenny Mera, Diego Martínez y Jesús Rodríguez³, examinaron las características de los polipropilenos y polietilenos de alta densidad reciclados que fueron reforzados con fibra vegetal, tetera. Con ello evaluaron las características fisicoquímicas de la incorporación de fibra en este material reciclado, para el producto reciclado. Los análisis bromatológicos de la tetera y las pruebas mecánicas de los materiales compuestos lo cual se tendrá en cuenta para esta investigación. Para aquellas pruebas se aplicó la norma ASTM D1037, evaluando flexión compresión y tensión. Con estas pruebas realizadas concluyeron que las fibras vegetales no aumentan ningún aspecto exceptuando la ductilidad y durabilidad. Así como, también este material permite obtener materiales a bajos costos y que pueden ser remplazados por los usados actualmente.

Por otra parte, Camilo Ernesto Gómez Mahecha⁴; realizó un análisis del uso del plástico reciclado en paneles para muros divisorios en casas prefabricadas, infiriendo en que los materiales reciclados se están utilizando para este tipo de construcciones, que con lleva a un beneficio ambiental y de costos. Para realizar los paneles se tuvo presente la recuperación de polímeros como el PET y plásticos

³ CÓRDOBA, Carlos y *et al.* Aprovechamiento de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado, reforzados con fibra vegetal. En: Revista Iberoamericana de polímeros. Centro de investigaciones en materiales, ciudadela universitaria toro bajo. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 2010. P. 426. IBSN 417-427

⁴ GÓMEZ Mahecha Camilo Ernesto. Paneles de plástico reciclado para muros divisorios en viviendas modulares prefabricadas. Especialización en construcción sostenible. Facultad de Arquitectura e Ingeniería Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. 2007. p. 14,17,153.

en general que cumplieran con una recolección, selección, limpieza y triturado; estos serán sometidos a temperaturas de fundición de plásticos y vaciados en un molde específico para los paneles o productos a utilizar. Concluyeron que estos elementos con materiales reciclados cumplen con la factibilidad de menor costo mayor durabilidad, menos peso que un muro convencional, facilidad de ensamble, así como resistencia a empujes a desgaste, flexión y compresión del material.

Para Rossana Gaggino⁵ en su artículo relacionado con ladrillos y placas prefabricadas con plástico, reciclados y aptos para la autoconstrucción. En cuanto al ámbito tecnológico, el desarrollo de estos componentes que de por si es liviano, de buena aislación térmica, y resistencia mecánica suficiente para cumplir la función de cerramiento lateral de vivienda. También analizaron el ámbito ecológico el cual es totalmente superior en cuanto a colaborar con la descontaminación del medio ambiente. En cuanto a lo económico el plástico reciclado influye en abaratar los costos en la producción de elementos constructivos para vivienda de interés social. Por otra parte, en el ámbito social se pensó en poner en manos de los autoconstructores la elaboración de los componentes constructivos.

Las características mencionadas anteriormente identifican los componentes básicos que deben tener los plásticos reciclados en sistemas constructivos, el análisis es claro e identifica características de durabilidad, resistencia a empujes de concreto, desgaste, flexión y compresión del material.

Estas características son tan importantes para la investigación realizada por Alfonso Cruz Guzmán⁶, enuncia que los elementos de madera de pino pueden disponerse en los componentes estructurales en una edificación así se utilice fijos o móviles.

⁵ GAGGINO, Rossana. Ladrillos y placas prefabricadas con plástico, reciclados y aptos para la autoconstrucción. Revista Invi N° 63 / agosto 2008 / Volumen 23: 137-163.pág 2.

⁶ CRUZ Alfonso. Tesis de grado magister en estructuras. Determinación del módulo de elasticidad a compresión de un material compuesto de madera en su núcleo y guadua laminada pegada en el exterior. Universidad nacional de Colombia.2016

Por lo cual, el módulo de elasticidad de la madera esta tomado por laboratorios a compresión con los que se obtuvieron resultados compuestos a las densidades del elemento, ello relaciona la capacidad de la madera en la sección paralela a sus fibras.

Por otro lado, en cuanto al poliestireno expandido (EPS) en placas aligeradas, para Molano Sánchez⁷, los sistemas constructivos aligerados (de entre piso) han tenido aceptación en la industria nacional de la construcción, principalmente en elementos no estructurales, (como son las fachadas y divisiones). Es decir, que en la práctica colombiana es muy fácil encontrar sistemas estructurales combinados, sin darle importancia al detallado de las conexiones de los elementos (para este caso la placa de entre piso con un muro o viga de piso). Por otra parte se identifica que la evaluación mecánica de las propiedades del poliestireno expandido están identificadas en un estudio.⁸

El aporte a los sistemas estructurales utilizados comúnmente para edificaciones, como lo son la mampostería y los pórticos de concreto reforzado en donde han demostrado deficiencias en su comportamiento dinámico bajo la acción de cargas horizontales y de acuerdo con la actual normativa de construcciones sismo resistentes NSR-10 se convierte en un parámetro fundamental para el diseño de la nueva generación de edificaciones, entonces así se convierte en una nueva alternativa de reforzamiento para estructuras aligeradas de entrepiso existentes.

⁷ MOLANO SANCHÉZ. José Luis. Comportamiento de la Conexión de Sistemas Aligerados con Poliestireno Expandido, Muros de Mortero y Losa de Selección Compuesta con Perfiles Formados en Frío. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2017. P. 21-22.

⁸ NATALIA PEREZ. Paul Garnica. Alfonso Perez. Raquel Suarez Evaluacion de las propiedades mecánicas del poliestireno expandido. Instituto mexicano del transporte. 2016. Pag 47.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la posibilidad del uso de plástico reciclado como material, para aligeramientos en placas de entrepiso.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características de materiales utilizados en aligeramientos para placas aligeradas de entrepiso.
- Comparar las características físico mecánicas del plástico reciclado, versus madera pino radiata, y poliestireno expandido utilizados en placas de entrepiso aligeradas.
- Modelar mediante software probetas de los tres materiales y diseños de casetones, para identificar las diferencias físico mecánicas por medio teórico.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo de este proyecto es necesario tener en cuenta el concepto de reciclaje de plásticos. En primer lugar, se puede definir el plástico como un material diseñado en laboratorio a través de manipulación sintética de elementos químicos como el carbón, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. Actualmente los plásticos son obtenidos a partir de derivados del petróleo.

Se debe entender que el plástico es un material poco biodegradable, pues tarda un promedio de 10 a 15 años para degradar un 25-50% del material, lo que lo convierte en un alto contaminante para el medio ambiente, además se debe tener en cuenta que al ser quemado (práctica frecuente) produce gases venenosos y perjudiciales para la salud y la atmósfera.

El plástico posee una característica importante para el medio ambiente, 90% de los materiales plásticos existentes se pueden aprovechar, ya sea para reutilizarlos o reciclarlos. En este sentido, el reciclaje hoy en día es, y debe entenderse como una estrategia de gestión integral de residuos sólidos como un método igual de útil que el vertido o la incineración, y ambientalmente, más deseable.⁹

En los últimos años ha sido aceptado que el reciclaje de material es el método más eficiente y seguro para tratar el desecho plástico. Entre las tecnologías de reprocesamiento de material plástico a reciclar que ya han sido desarrolladas, el reciclado mecánico es el método más efectivo, popular, económico y también fácilmente aplicable. No obstante, esta tecnología a menudo conlleva a que las

⁹ ÁLVAREZ, Henry. El plástico como distribución para objetos de construcción. Recuperado el 8 de noviembre del 2008 de la escuela de ingeniería de Antioquia, grupo de investigación de ciencia de los materiales. 2008. P. 25

propiedades de productos sean inferiores a las iniciales, dado que los plásticos, siendo materias orgánicas, están sujetas a reacciones químicas indeseables durante los pasos de su procesamiento previo y vida útil, problemas causados principalmente por la oxidación y fotoxidación del material. Estas reacciones químicas llevan a cambios irrevocables en la estructura de polímero, afectando las propiedades físicas y la calidad del polímero.¹⁰

El polietileno es el plástico más popular del mundo, se emplea en construcción y también para fabricar prótesis, envases, contenedores de agua y combustible. Los objetos fabricados con Poli-Etileno de Alta Densidad (PEAD) se identifican, en el sistema de identificación americano SPI (Society of the Plastics Industry) con el número dos. El PEAD es del interés primario desde que es uno de los mayores componentes del desecho sólido dentro del marco de los plásticos. Las canastas para contenedores líquidos en botella son un ejemplo de una corriente muy bien definida para reciclaje, donde el material viejo es reunido por las embotelladoras, para posterior procesado con el fin de llevar a la producción de nuevas canastas.¹¹

También se debe conocer el PET, Tereftalato de polietileno o politereftalato de etileno, el cual es un tipo de plástico que se utiliza en envases de bebidas y en textiles que así lo requieran, es resistente y durable. Esto con lleva a que es un material que al ser desechado se pueda reciclar y así poder aplicar a otros objetos.

Por otra parte, se debe constar que, para el proceso constructivo de placas aligeradas de entepiso, se utilizarán los casetones, que según la ANAPE (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido)

El objetivo principal del aligeramiento, es el de optimizar los recursos y reducir el coste económico de la construcción manteniendo las condiciones funcionales, estéticas y de seguridad previstas. El aligeramiento de forjados permite reducir las

¹⁰ PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. sexta edición tomo 1. McGRAW-HILL. México, Buenos Aires. 2001. p. 145.

¹¹ GÓMEZ MAHECHA, Camilo Ernesto. OP.Cit., 22,125.

dimensiones de los elementos que lo forman resistiendo, al mismo tiempo, las mismas acciones consideradas y reduciendo su coste económico.¹²

Esto da explícito entendimiento a que los casetones o aligeramientos son los que permiten optimizar factores de costeo forma y recursos para el proceso constructivo de placas de entrepiso en concreto.

- Aligeramientos y su uso en construcción.

Específicamente los aligeramientos son utilizados en gran parte en las placas de entrepiso, las cuales identifican procesos constructivos específicos a la utilización de aligeramiento por peso muerto que contiene la estructura de la edificación. La mejor forma de fundir una placa es hacerlo monolíticamente, esto identifica el ámbito de hacer el llenado de concreto para todo el piso (vigas, viguetas y placa); este modelo se utiliza para estructuras convencionales a porticadas, y en sistemas de mampostería estructural que no debe superar 6 pisos según la NSR-10. Como se muestra en la ilustración (placa de entrepiso con aligeramientos); los aligeramientos habilitan la posibilidad de generar menos peso muerto para la estructura de las edificaciones.

Ilustración 1 Placa de entrepiso con aligeramientos.



Fuente: <http://dro390mazatlan.com/losas-aligeradas/>

¹² ANAPE (asociación nacional de poliestireno expandido). Manual de aligeramiento de estructuras. 1ra edición. España. EFHE. Manual virtual. 2014. P. 25

Los aligeramientos contienen 2 formas de ejecución vertical, en la primera se identifican de forma unidireccional esto indica que los aligeramientos tienen continuidad entre vigas y no les atraviesa ningún tipo de elemento estructural en la longitud entre vigas principales¹³; por lo que tienen una dirección en toda la placa y son rectangulares como se identifica en la ilustración 2 (placas unidireccionales aligeradas)

Ilustración 2 Placas Unidireccionales aligeradas



Fuente: <http://docplayer.es/53890547-Sistemas-de-pisos-prefabricados-para-vivienda-puebla-puebla-4-de-octubre-presenta-m-i.html>

El otro modelo es bidireccional, como se muestra en la ilustración 3 (placas bidireccionales aligeradas); las cuales disponen de viguetas o riostras en dos sentidos, por lo que estas son interrumpidas y tiene más divisiones, por lo cual se deben contener aligeramientos entre todos los elementos estructurales cruzados.

Ilustración 3 Placas bidireccionales aligeradas



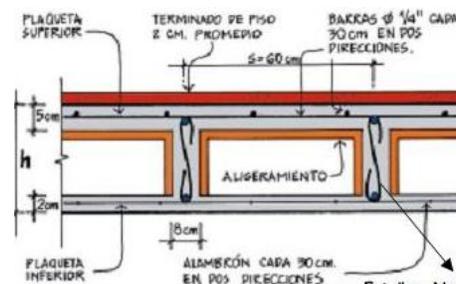
Fuente: <http://dicom.com.mx/>

¹³ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. NSR-10 TÍTULO E. Bogotá Colombia. p.28

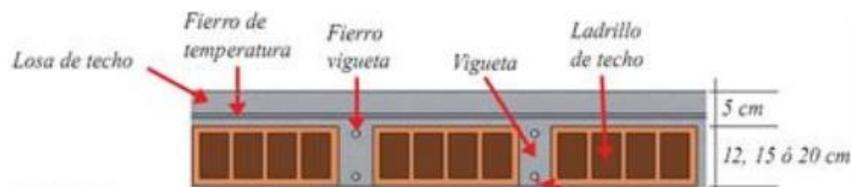
Los casetones tienen dos condiciones de uso general, el primero identifica la reutilización del mismo para la siguiente placa de entrepiso, y la segunda condición es el casetón sin recuperación; según el tipo de uso de placa de entrepiso que dará el ingeniero diseñador y estructural. Estas condiciones son limitantes según estos profesionales puesto que si la placa de entrepiso debe contar con una torta superior y una inferior el casetón no se podrá recuperar, pero si el diseño contiene solo la torta superior, este elemento se podrá reutilizar en otras placas.¹⁴ Como lo identifica la ilustración 4 (aligeramientos para uso por tortas), se muestra la estructura básica de cada posibilidad de uso en construcción:

Ilustración 4 Aligeramientos para uso por tortas

Aligeramiento con placa superior e inferior



Aligeramiento con placa superior



Fuente: <https://www.slideshare.net/cjcody/losa-aligerada-by-cesar-diaz>
<https://arquigrafico.com/disminuye-el-peso-de-una-edificacion-con-losas-aligeradas/>

Por lo cual la evaluación del uso de casetones está directamente gerencia da por el diseñador estructural del proyecto, y aplicada por los constructores, los cuales deberán cumplir con los parámetros establecidos de procedimientos constructivos para este tipo de placas de entrepiso, así cumplirán con las condiciones establecidas en las normas sísmicas colombianas del año 2010.

¹⁴ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. NSR-10 TÍTULO E. Bogotá Colombia. Op.cit. p.28

5.2 MARCO LEGAL

Las normas son claras en Colombia en cuanto a las estructuras de edificaciones dentro de las normas establecidas para placas de entrepiso se encuentra la NSR-10 que rige actualmente.

En el título C.8.13 - Viguetas en losas nervadas y C.8.13.1 - La losa nervada consiste en una combinación monolítica o prefabricada de viguetas regularmente espaciadas en una o dos direcciones, y una losa colocada en la parte superior que actúa también en una dirección o en dos direcciones ortogonales. La loseta puede ser parcialmente prefabricada, pero como mínimo una parte de su espesor debe ser vaciado en sitio.¹⁵ Esto promueve que el sistema estructural utilizado para placas de entrepiso está compuesto por vigas y viguetas así como de aligeramientos que la componen.

Por otra parte C.8.13.5-Cuando se empleen aligeramientos fabricados con arcilla cocida u concreto que tengan una resistencia unitaria a la compresión por lo menos igual al $c f'c$ de las viguetas: C.8.13.5.1-Se permite incluir la pared vertical del elemento de aligeramiento que está en contacto con la vigueta en los cálculos de resistencia al cortante y momento negativo. Ninguna otra parte de los aligeramientos debe incluirse en los cálculos de resistencia.¹⁶ Aquí se evidencia que los parámetros de resistencia también pueden ser objetivo de los paneles de aligeramientos en contacto con las vigas o viguetas necesarias en este sistema constructivo con aligeramientos.

¹⁵ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. NSR-10 TÍTULO C. Bogotá Colombia. p.28

¹⁶ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. NSR-10 TITULO C. Bogotá Colombia. P.29

6. METODOLOGÍA

6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de enfoque cuantitativo puesto que se utilizaron la recolección de datos para el análisis, también se hizo una medición numérica, buscando las regularidades que expliquen la utilización de materiales.

6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue de tipo experimental puesto que se definirán los parámetros de experimentos puros, con lo anterior, se deberán conocer las relaciones de las variables con dos o más grupos de comparación.

6.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN INCLUYENDO DEFINICIÓN Y OPERACIÓN DE LAS VARIABLES, JUNTO CON TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Para analizar los materiales utilizados en aligeramientos, se desarrolló una identificación de las características de compresión y flexión de algunos materiales utilizados para este fin. Por lo anterior, se siguieron los siguientes parámetros de investigación:

6.3.1 Fase 1 Búsqueda

Se realizó una investigación documental a partir de datos de entrada de caracterización de materiales utilizados en la elaboración de los casetones, en este caso son la madera, y el poliestireno expandido. Los datos que se desean encontrar son nombres científicos, análisis mecánico, y propiedades de extracción y disposición de cada material.

6.3.2 Fase 2 Fichas de materiales

Teniendo claros los parámetros establecidos por la investigación documental se realizaron fichas técnicas e informativas de cada material a analizar. Disponiendo las características físico mecánicas, nombres científicos, factores de extracciones del material, componentes físicos principales de cada material, tipo de fabricación, durabilidad, impacto ambiental y características técnicas de uso en construcción.

6.3.3 Fase 3 Caracterización Experimental de materiales (Descripción de los ensayos)

Para los materiales a analizar; madera pino radiata, poliestireno expandido y plástico reciclado se realizará una caracterización de cada uno de ellos de forma experimental:

- **Compresibilidad:** Identifica la resistencia a la compresión de la muestra a analizar, así como también los cambios de volumen y presión a los que estará ejercido cada material. El ensayo para cada material se realizó mediante la máquina de compresión en el laboratorio de la Universidad la Gran Colombia.
- **Flexibilidad:** En esta prueba los materiales serán sometidos a estado flexible o deformación en el cual se evidenciará la elasticidad del mismo. Con ello se busca encontrar el módulo de flexibilidad y su máxima falla en el estado flexible.
- **Muestras necesarias para la investigación**

Los ensayos que se realizaron identificaron las diferencias entre los materiales, y las muestras que se utilizaron para realizar los ensayos, son escalas de cada uno de los materiales y se componen así:

- Compresibilidad: 6 muestras de cada material, de forma geométrica tipo cubo de aproximadamente 3cm a 5cm por cada cara.
- Flexibilidad: 6 muestras de cada uno de los materiales, de forma geométrica cilíndrica o cuadrada que tenga un diámetro no inferior a 20 mm y un alto mayor a 12 veces el espesor de la muestra.

Por otra parte, se determinaron en una evaluación modular, los elementos finitos en un software, ETABS que suministrara información referente a estos tres materiales.

- Descripción de los ensayos

Los materiales se sometieron a dos tipos de ensayos descritos a continuación, el ensayo de compresión y flexión; para madera y para plástico tuvieron las mismas especificaciones en cuanto a sus medidas y al procedimiento de laboratorio puesto que tuvieron las condiciones de densidad y dureza que se necesitan para aplicar los esfuerzos los cuales se sometieron, mientras que para el proceso de laboratorio de poli estireno expandido no fue necesario aplicar 2 laboratorios puesto que con la máquina de ensayos automática de CBR, que comprimió y deforme las muestras evidenciadas en el laboratorio. Las probetas fueron dispuestas y marcadas con un nombre específico.

Tabla 1 Nombre de Probetas de los materiales

Probetas Madera Pino radiata	Probetas Poliestireno expandido	Probetas Tereftalato de Polietileno
MC-1, MC-2, MC-3, MC-4, MC-5 MC-6; MD-1, MD-2, MD-3, MD-4, MD-5, MD-6	IC-1, IC-2, IC-3, IC-4, IC-5 IC-6; ID-1, ID-2, ID-3, ID-4, ID-5, ID-6	PC-1, PC-2, PC-3, PC-4, PC-5 PC-6; PD-1, PD-2, PD-3, PD-4, PD-5, PD-6

Fuente: autores

- Compresión

Para realizar los ensayos a compresión de los materiales se dispuso de una prensa capaz de producir fuerzas mayores a 2000kg, un calibrador para medición y balanza.

El procedimiento para este ensayo fue disponer de la muestra centrada en el aparato, fijando el punto de aplicación de la fuerza en la parte radial de la muestra, descansando las dos piezas de la prensa una de estática y la otra en movimiento, se aplica la velocidad de ensayo que fue de 0,3 mm/min que se mantuvo constante; así como se tomaron los resultados mediante videos y planilla de recolección de datos. A continuación, se evidencia en la ilustración 1 (muestras de las probetas) la muestra de las probetas utilizadas en el laboratorio, así como en los Anexos de laboratorio se evidencia cada probeta. Este laboratorio se realizó para las muestras de plástico reciclado y de madera pino radiata.

Ilustración 5 Muestra de las probetas



Fuente: autores

Para el ensayo a compresión del poli estireno expandido se dispuso de la máquina de esfuerzos o prensa para suelos puesto que esta prensa contiene la

disposición de ejercer esfuerzos a materiales con una densidad baja, se aplicó la fuerza correspondiente a muestras de 5cm por 5cm. El ensayo fue compuesto por 6 muestras de las cuales se obtuvieron valores de compresión de este material.

- Flexión

El ensayo a flexión para los materiales se realizó en una prensa de tipo universal que regula la velocidad de cabezal, balanza y un cabezal o bloque de carga. Con estos elementos se procedió a instalar las probetas en apoyos con una longitud entre los mismos de 14 veces el ancho de la probeta, 70 cm aproximadamente; se aplica el cabezal que ejercerá el esfuerzo en el centro de la probeta 35 cm aproximadamente, y con una velocidad continua de 2,5 mm/min se comienza a fallar la probeta. El ensayo fue aplicado para cada una de las probetas obteniendo valores de deformación, rotura o falla y esfuerzo último antes de la falla total. Las probetas se muestran en la ilustración 2 (Muestras de probetas a Flexión) así como también se evidencia en anexos de ensayos.

Ilustración 6 Muestra de probetas a flexión.



Fuente: autores

6.3.4 Fase 4 Procesamiento de la información

En esta etapa se realizó la organización de los datos recogidos por cada uno de los ensayos, disponiéndolo en tablas de Excel en las que se manipula la información para generar los gráficos pertinentes; los tres ensayos se usaran gráficos de dispersión y de cajas y bigotes. Al lado de ello también se analizó los materiales de forma grupal para la compresibilidad y flexibilidad, y así para compresibilidad de forma individual.

6.3.5 Fase 5 Comparación de los materiales

En esta fase se ejecutó una estimación de las fichas que se incluyeron para realizar cuadros comparativos de los materiales en cuanto a las características físico mecánicas y generales de cada material.

Por otra parte, se evidenciaron resultados del proceso virtualmente, de esta manera se utilizará el programa ETABS, en el cual se modelará los casetones para con ello obtener un comparativo de comportamiento en cuanto a compresibilidad y flexión de este modelo.

6.3.6 Fase 6 Análisis de resultados

Se efectuó una relación entre los resultados de los ensayos, obteniendo el módulo de elasticidad, módulo de compresibilidad y el desgaste obtenido del material. Al mismo tiempo también se compararon los datos para obtener la mayor favorabilidad mecánica de los materiales, cierto es que con el material que mejor comportamiento presente en los ensayos. Mediante el programa ETABS, se realizará un análisis referente a flexiones compresiones y disposición del material ante el concreto.

7. RESULTADOS

En el presente capítulo expone los resultados que se obtuvieron posterior al desarrollo de las fases de investigación, que permiten dar cuenta de los objetivos propuestos para esta investigación.

7.1 Características materiales.

Los materiales analizados a continuación son los que se utilizan para la construcción de casetones alegrantes, que en su mayoría son usados en las placas de entrepiso, así como también de contra piso, en este caso y para la investigación realizada, se evaluarán estos materiales en el uso de placas de entrepiso.

7.1.1 Madera utilizada en casetones.

Las características principales que se documentaron de dicho material, fueron identificadas en la NTC 1646 de ICONTEC y en la NSR-10 título G apéndice G-B parámetros de estructuración. Estas fuentes están avaladas y certificadas, las normas muestran las dimensiones, clasificación y defectos de la madera aserrada utilizada en construcción. Esta norma abarca otras como la NTC 1011 para la determinación de esfuerzos unitarios básicos, así como la NTC 824 y la NTC 172.

Se realizó una consulta de las siguientes maderas las cuales tienen como característica principal madera entre medio pesada, fácil de trabajar para aserrado, también el uso interior o exterior en construcción, estas son clasificadas de uso pesado y tenaz en la construcción; este listado escogido dejó evidenciado las principales características de uso:

- Cumarú, nombre científico *Dypterix odorata*, es considerada como una de las más durables, de olor no fuerte, utilizada para uso exterior en acabados o

usos generales en construcción, se da en Colombia en la parte de la amazonia. En Colombia es descrita como tonka boom, charapilla, sarrapia o almendro¹⁷. esta madera es de color café naranjado a café rojiso.

- Encino colorado, nombre científico *Quercus Castanea*, es una madera tenaz y muy pesada, tiene como objetivo general uso en exterior y por sus características de alta resistencia, uso estructural de edificaciones o de armazones internos, de color castaño oscuro a uno claro, se considera de alta resistencia al campo de acción de la humedad, el ataque a los hongos.
- Eucalipto, nombre científico *E. x uro-grandis* es una especie directamente evidenciada en Europa, pero también a nivel latinoamericano se evidencia su crecimiento, tiene una tendencia al color rosado claro, es una madera muy sencilla para trabajar, difícil de secar, y con tendencia a agrietarse y a su deformación. su uso esencial es para construcción en formateado de elementos estructurales, utilizada en interiores y exteriores, madera para uso pesado.
- Habillo, nombre científico *Hura polyandra*, es una madera de peso mediano, con posibilidad de trabajo sencillo, su secado es fácil y su color crema o amarillo pálido, esta especie se da mucho en Nicaragua y México, pero en américa central por su estado tropical también crece, su estado de impermeabilidad es uno de los factores importantes, y se caracteriza en usos estructurales de vivienda, así como en usos de muebles, esta madera tiene condiciones de uso moderadas.
- Parota, nombre científico *Enterolobium cyclocarpum* es una madera de peso bajo, es moderadamente difícil de trabajar, es de uso estructural y eficiente en cuanto al acabado, su color es de café a pardo oscuro y difiere de las anteriores maderas por su alto uso en muebles y acabados básicos, también se usa en construcción dándole un acabado a vigas o columnas. esta especie

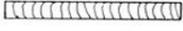
¹⁷ITTO. Lesser Used Species. Tropicaltimber. [En Línea]. Consultado el 12 de marzo de 2018. Disponible en internet: <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/cumaru-dipteryx-odorata/>

se encuentra en la zona central de Latinoamérica, así como también en bosques.

- Tepesuchil. nombre científico terminalia amazonia, esta madera es dura y pesada, es moderadamente sencilla de trabajar, dispone de una mayor resistencia y menor flexibilidad, está dispuesta para construcción y presenta un excelente acabado, es una madera lenta para secar por su alto contenido de humedad, puesto que su nacimiento principal es en la zona amazónica. tiene un color pardo de verde amarillento, el cual señala su óptima pureza. su uso es frecuente en construcciones pesadas interiores como cubiertas o usos en procesos constructivos.
- Pino radiata o pino insigne nombre científico pinus radiata don, especie de crecimiento rápido ya que puede alcanzar un diámetro de tronco de más de 50 cm en 20 años, tiene un color pardo rojizo, se desarrolla en suelos silíceos y su ubicación geográfica es al sudoeste de Colombia. Tiene una dureza alta y alto contenido de humedad puesto que la especie tiende a absorber grandes cantidades de agua, su uso frecuente en la construcción es para uso temporal y en pocos casos para uso estructural.

Por otra parte, se suma a estos tipos de maderas unas cualidades generales que ocurren a toda la madera, donde se observaron las presentaciones comerciales, donde podremos identificar tamaños para cada una de las maderas aserradas, como se muestra en la siguiente imagen consultada en un catálogo de productos de la empresa Madecentro y de la página web elija madera legal.

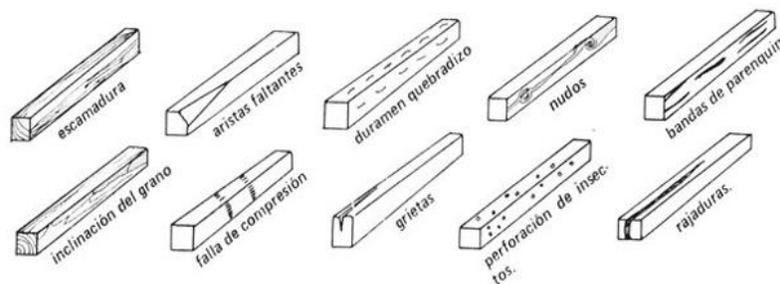
Ilustración 7 Presentación comercial maderas¹⁸

NOMBRE	MADERA ASERADAS	MEDIDAS
Varetas o Listón		2.5 x 2 x 300 cm
Bastidor o Durmiente		5 x 5 x 300 cm
Cartón o Repisa		5 x 10 x 300 cm
Columna o Cerco		10 x 10 x 300
Tablilla o Tablachapa		2 x (15, 20, 25, 30) 300 cm.
Tabla Burra		2.5 x (15, 20, 25, 30) 300 cm
Tablón o Telera		5 x (15, 20, 25, 30) 300 cm

Fuente: elijamaderalegal.com

En la investigación de consulta se evidenció que la madera resinosa, y estas maderas tienen varios defectos que afectan el comportamiento y la deformación de la misma, así como su secado es indispensable para el uso destinado.

Ilustración 8 Defectos de la Madera

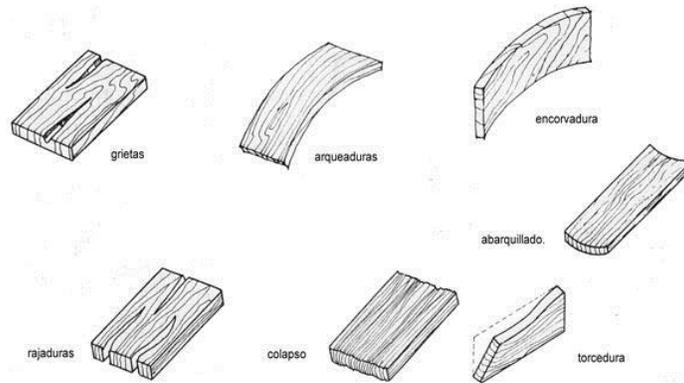


Fuente: elijamaderalegal.com

Los defectos de secado se producen según el tipo de madera, varios elementos contienen un estado húmedo muy alto al cortarse, por lo cual entre más húmedo más deformaciones tendrá, así que entre menos humedad la deformación disminuye.

¹⁸ ELIJA MADERA LEGAL. Elijamaderalegal. [En Línea]. Consultado el 12 de marzo de 2018. Disponible en internet: <http://www.elijamaderalegal.com/construccion/>

Ilustración 9 Defectos del secado



Fuente: elijamaderalegal.com

Estas características de manejo de las maderas posibilitan su uso, con esta disposición a su secado y a su corte. Para el uso en construcción es indispensable tener maderas rectas sin ondulaciones ni grietas, capaces de ser resistentes a compresiones muy altas, dado que las que se aplican en elementos como los casetones fabricados en madera para placas de entrepiso.

La madera escogida que generalmente se usa para fabricar casetones en madera, y que será evaluada en esta investigación; es la tabla pino radiata que, por sus características de uso para construcción, su color, y que es obtenida de la sudoeste colombiano, y como se evidencia en la NSR-10 será el tipo ES-6 especificado en la tabla G.2.2.1 del título G; de tal modo que todas las características anteriormente mencionada de esta madera, hace que sea la apropiada en esta investigación.

7.1.2 Poliestireno expandido EPS para casetones

Las características principales que se documentaron de dicho material (Poliestireno expandido), fueron identificadas en la ASTM D6817- 17 y NTC 1359 de la norma técnica colombiana (NTC). Esta fuente está avalada y certificada, esta norma determina los requisitos que deben cumplir los poliestireno expandidos en

construcción, refrigeración y como aislante térmico y acústico. Esta norma abarca otras como la NTC 1424 para la determinación de ensayos necesarios para el poliestireno expandido, así como la NTC 1426 (Especificaciones del poliestireno expandido).

Se desarrolló una consulta acerca de los diferentes tipos de dicho material, las cuales están puestas por su durabilidad y manejabilidad, así como también su uso interior y exterior propiamente en el ámbito de la construcción, reflejando que tipo de poliestireno expandido sería el ideal para explorar:

- Poliestireno de alto impacto (HIPS, High Impact Polystyrene, siglas en inglés). Es más resistente y no quebradizo. Capaz de soportar impactos más violentos sin romperse. Su inconveniente principal es su opacidad, si bien algunos fabricantes venden grados especiales de poliestireno choque translúcido.
- Poliestireno extruido (XPS). Sus propiedades son similares a las del EPS, con el que compite en las aplicaciones de aislamiento. El poliestireno extruido presenta burbujas cerradas, por lo que puede mojarse sin perder sus propiedades aislantes. El EPS también dispone de variedades de baja absorción de humedad. Ambos pueden ser usados en la fabricación de las cubiertas invertidas.
- Poliestireno sindiotáctico. Se caracteriza por que los grupos fenilo de la cadena polimérica están unidos alternativamente a ambos lados de la misma, mientras que el poliestireno "normal" o poliestireno atáctico no conserva ningún orden con respecto al lado de la cadena donde están unidos los grupos fenilos. El "nuevo" poliestireno es cristalino y funde a 270 °C, pero es mucho más costoso. Sólo se utiliza en aplicaciones especiales de alto valor añadido.
- Poliestireno expandido (EPS, siglas en inglés). Consiste en 95% de poliestireno y 5% de un gas que forma burbujas que reducen la densidad del

material. Su aplicación principal es como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles.¹⁹

Por todo lo anterior, la utilización del poliestireno expandido será el de mejor adaptación para el estudio que se realizará debido a que este es el más propicio en materia de construcción que se relaciona fielmente con la investigación.

A partir de la revisión documental presentada en el apartado anterior y los análisis se realizaron las fichas técnicas de cada uno de los materiales, que contiene las siguientes características: pesos, densidades, resistencias físicas, químicas y mecánicas

7.1.3 Tereftalato de Polietileno (PET)

La alternativa a estudiar a cerca del plástico reciclado (PET), consiste en principalmente en cumplir con los parámetros de resistencia, absorción, densidad y humedad de las normativas NSR-10 y la Norma Técnica Colombiana NTC del ICONTEC. Con base a los diseños de mezcla de Tereftalato de polietileno cuyo propósito es ensayar y caracterizar el comportamiento del material al utilizarlo como una mezcla. Las normas anteriormente señaladas son ampliamente aceptadas en su totalidad en la nación²⁰.

De otro lado, se presentarán a continuación las variedades de tipos del Tereftalato de polietileno, con el fin de mostrar la gama inmersa en dicho material

¹⁹ BIRON. Michel. Propriétés des thermoplastiques - Tableaux comparatifs. [En línea]. Ref.: AM3306 v2. Francia. Consultado el 09 de marzo de 2018. Disponible en internet: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/matieres-thermoplastiques-monographies-42147210/proprietes-des-thermoplastiques-am3306/>

²⁰ CABALLERO MEZA. Brayan. FLOREZ LENGUA. Orlando. Elaboración de Bloques de Cemento Reutilizando el Plástico Polietileno-Tereftalato (PET) como Alternativa Sostenible para la Construcción. [En Línea]. Consultado el 16 de marzo de 2018. Disponible en internet: <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/4404/1/documento%20final%20tesis%20de%20grado.pdf>

Ilustración 10 Tipos de plásticos PET



Fuente: elBlogVerde

Para efectos del estudio, el tipo de plástico del que se hará uso y comparación juntos con los otros materiales anteriormente explicados es el plástico tipo PET (Tereftalato de polietileno), pues este se acomoda a nuestras necesidades investigativas con relación a los casetones de placa aligerada, en su ficha técnica se evidenciará sus propiedades por las cuales fue escogido.

7.2 FICHA TÉCNICA DE LOS MATERIALES

Los materiales evaluados en esta investigación contienen características diferenciadoras entre ellos. Cada uno contiene procedencias diferentes y ofrecen distintos tipos de uso, por estos motivos se deben diferenciar y especificar para saber cada una de sus características que los distinguen comercialmente; las fichas técnicas son la opción escogida para resumir estos materiales.

Las fichas técnicas que se muestran a continuación tienen en su contenido para cada material, el nombre científico y cotidiano, su uso, lugar de extracción,

características de forma, color y cualidades, también contiene durabilidad natural, trabajabilidad y uso general. En las propiedades físicas se encuentran volúmenes, peso, densidad y estabilidad en valores investigados en la fase 1; para las propiedades mecánicas se tienen en cuenta la resistencia a la compresión, flexión y módulo de elasticidad. Todos los datos suministrados en este modelo de ficha técnica, fueron investigados de fuentes apropiadas y verídicas.

Por lo cual se identifica para cada material una ficha técnica que se utilizara para dar un factor diferenciador a la hora de disponerlos en las siguientes fases de investigación, así como también se tienen en cuenta las características de las que disponen y poder llegar a escoger el adecuado para el uso en construcción.

7.2.1 Ficha técnica del material madera (Pino Radiata)

Material		
Nombre cotidiano: tabla pino radiata don	Nombre científico: pinus radiata	
Uso : construcción uso general	Extracción: sudoeste colombiano.	
Características	Durabilidad natural y secado	Foto
Color crema, así como color café anaranjado a café pardo rojizo. La parte interior de crecimiento no marcados; textura mediana, superficie con poco brillo, algo grasosa al tacto. La madera seca no presenta ningún olor característico.	Madera muy resistente al ataque de hongos y termitas, así como a la intemperie. La madera seca moderadamente rápido al aire libre, con ligera tendencia a torcerse pero con riesgo de agrietarse.	
Trabajabilidad	Uso general	
Madera de peso mediano; en estado seco, fácil de aserrar y trabajar con herramientas manuales y máquinas. El cepillado deja superficies algo lanosas por lo cual requiere un lijado posterior. Acepta la tintura, barniz y laca; todo tipo de adhesivos, clavos y tornillos.	Actuales. Construcción pesada exterior, construcción naval, carrocerías, durmientes, implementos agrícolas, duelas, postes y crucetas. Potenciales. Pisos para contenedores, pavimentos y pisos industriales, plantas de tratamiento, torres de enfriamiento, etc.	
Propiedades físicas		
Descripción	Resultados	Observaciones
Peso verde [kg/m ³]	800 a 900	Este tipo de propiedades identifican cada una de las disposiciones de este material ante agentes de tipo deformadores, por su masa y densidad.
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.47 -0.60-0.68	
Contracción	Total Normal	
Radial [%]	3.0 1.4	
Tangencial [%]	4.9 2.2	
Estabilidad dimensional	Buena a regular	
Propiedades mecánicas		
Descripción	Resultados	
Resistencia a compresión paralela [N/mm ²]	47	
Resistencia a flexión [N/mm ²]	94	
Módulo de elasticidad (flexión) [N/mm ²]	9700	
Cizallamiento [N/mm ²]	12	
Dureza [kN]	7	
Enlaces de interés: Caracterización de maderas según normas internacionales. http://centro.paot.org.mx/documentos/conafor/catalogo_maderas.pdf		

7.2.2 Ficha del poliestireno expandido EPS

Material		
Nombre cotidiano: ICOPOR	Nombre científico: poliestireno expandido	
Uso: construcción uso general y aislamiento térmico.	Extracción: producción artificial	
Características	Durabilidad natural y secado	Foto
El color del poliestireno expandido es blanco, esto se debe a la refracción de la luz. Están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica.	Resistente a esfuerzos cortantes de hasta 10 MPa, su absorción de agua es baja por la cantidad de material solido en sus partículas. Secado no aplica.	
Trabajabilidad	Uso general	
El poliestireno expandido se utiliza en la construcción de vivienda, edificios como aislamiento térmico, cielo raso etc...; como envasado y embalaje que garantizan la conservación y protección de los productos que allí se empaquen, así como alimentos, electrodomésticos, transporte de órganos etc...	Actuales, aligeramiento de estructuras, se obtienen valores de resistencia a la compresión perfectamente aptos para su uso como aligeramiento en estructuras de hormigón. Potenciales. Otro de los usos del poliestireno expandido es su fabricación en bloques para rellenos en el terreno.	
Propiedades físicas		
Descripción	Resultados	Observaciones
Peso [kg/m³] Densidad [g/cm³] Estabilidad dimensional Absorción al agua (inmerso en 28 días)	30 a 50 ≥ 19 Dilatación Térmica 0.05 - 0.07mm/K 1% - 3%	Este tipo de propiedades identifican cada una de las disposiciones de este material ante agentes de tipo deformadores, por su masa y densidad.
Propiedades mecánicas		
Descripción	Resultados	
Módulo elástico en tracción [GPa] Alargamiento de rotura en tracción [%] Carga de rotura en tracción [MPa] Módulo de flexión [Gpa] Resistencia al impacto Charpy [kJ/M2] Durabilidad	3.0 - 3.4 1 - 4 40 - 60 3.0 - 3.4 2 85 - 90	
Propiedades Químicas		
Solución salina (agua de mar) Jabones y soluciones de tensioactivos Lejías Ácidos diluidos Ácidos concentrados (sin agua) al 100 % Cloruros Detergentes Disolventes orgánicos (acetona, esterés...) Hidrocarburos alifáticos saturados Aceites de parafina, vaselina Aceite de diésel Carburantes	Resistente Resistente Resistente Resistente No resistente Resistente Medianamente Resistentes No resistente No resistente Medianamente resistentes No resistente No resistente	
Enlaces de interés:		
<p>Poliestireno Expandido. Textos Científicos. [En Línea]. Consultado el 08 de marzo de 2018. Disponible en internet: https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido</p> <p>Características del Poliestireno Expandido. [En Línea]. Edición n.2. Alemania, KNAUF. Consultado el 08 de marzo de 2018. Disponible en internet: http://www.davsa.com/infoWeb/Grup/Subgrups/caracteristiques/040101D-20.pdf</p> <p>BIRON. Michel. Propriétés des thermoplastiques - Tableaux comparatifs. [En línea]. Ref.: AM3306 v2. Francia. Consultado el 09 de marzo de 2018. Disponible en internet: https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/matieres-thermoplastiques-monographies-42147210/proprietes-des-thermoplastiques-am3306/</p>		

7.2.3 Ficha Tereftalato de polietileno PET

Material		
Nombre cotidiano: plástico reciclado	Nombre científico: Tereftalato de polietileno (PET)	
Uso: Botellas de bebidas refrescantes, envases farmacéuticos, confección de tejas plásticas Low Cost.	Extracción: producción artificial o hecha por el hombre.	
Características	Durabilidad natural y secado	Foto
Procesable por soplado, inyección, extrusión. Apto para producir frascos, botellas, películas, láminas, planchas y piezas. Transparencia y brillo con efecto lupa.	<ul style="list-style-type: none"> Permanece intacta durante muchísimo tiempo, resistencia al desgaste y a la corrosión. Secado no aplica. 	
Trabajabilidad	De los dos a los cuatro meses	De los cuatro a los seis meses
Claridad, brillo, transparencia, barrera a gases u aromas, impacto, termoformabilidad, fácil de imprimir con tintas, permite cocción en microondas.	Actuales: el PET puede ser reciclado dando lugar al material conocido como RPET, lamentablemente el RPET no puede emplearse para producir envases para la industria alimenticia debido a que las temperaturas implicadas en el proceso	
Propiedades físicas		
Descripción	Resultados	Observaciones
<ul style="list-style-type: none"> Peso [kg/m³] Densidad [g/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> Dependiendo del tamaño (entre 50 – 330 gr) 0.92 gr/cm³ 	
Propiedades mecánicas		
Descripción	Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> Peso específico [gr/cm³] Resistencia a la tracción (fluencia/rotura) [Kg/cm²] Resistencia a la compresión (1 y 2 % deformación) [Kg/cm²] Resistencia a la flexión [Kg/cm²] Resistencia al choque sin entalla [Kg.cm/cm²] Alargamiento a la rotura [%] Módulo de elasticidad (tracción) [Kg/cm²] Dureza [Shore D] Resistencia al desgaste por roce 	<ul style="list-style-type: none"> 1.39 900 260 – 480 1450 >50 15 37000 85 – 87 Altamente Resistente 	
Propiedades Químicas		
<ul style="list-style-type: none"> Productos altamente oxidables Barrera al CO₂ Barrera al O₂ Corrosión y desgaste Propiedades a Hidrocarburos Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente Resistencia a Alcalis débiles a temperatura ambiente Efectos de los rayos solares Comportamiento al quemarlo 	<ul style="list-style-type: none"> Altamente resistente Resistente Medianamente resistente Altamente resistente Buena Buena Buena Medianamente resistente Gotea 	
Enlaces de interés: <ul style="list-style-type: none"> GOMEZ, Marcela Nadja. GUTIERREZ, Giraldo. VERA LUNA, Fernando. Evaluación del uso de PET reciclado como componente de mezclas poliméricas para producción de perfiles plásticos. [En línea]. Colombia. Consultado el 17 de marzo de 2018. Disponible en internet: http://ugc.elogim.com/2116/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT_LIST&searchResultsType=SingleTab&searchType=BasicSearchForm&currentPosition=7&docId=GALE%7CA494426794&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=&prodId=IFME&contentSet=GALE%7CA494426794&searchId=R1&userGroupName=ugc&inPS=true Industrias J.Q. Datos Técnicos PET. [En línea]. Colombia. Consultado el 17 de marzo de 2018. Disponible en internet: http://www.jq.com.ar/imagenes/productos/pet/dtecnicos/dtecnicos.html 		

7.3 CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS MATERIALES

A continuación, se presentan los resultados detallados de la toma de probetas y las principales características del mismo, medidas y datos de entrada para realizar el laboratorio, así como también los resultados obtenidos por cada probeta.

7.3.1 MATERIALES PRINCIPALES

7.3.1 Madera (PINO RADIATA)

Antes de realizar los cortes a las maderas utilizadas en el laboratorio, se efectuó una visita a diferentes compañías distribuidoras de maderas cepilladas como lo fue home center, Madecentro y distribuidoras de maderas.

Los cortes fueron realizados en un taller con muestras de madera estandarizadas las cuales fueron obtenidas y compradas comercialmente; las probetas fueron obtenidas de pino seco el cual dispuso de un adecuado tratamiento en cuanto a su secado por parte de los proveedores.

Las repisas obtenidas que tienen dimensiones estándares de 5cm por 15cm por 3m. Se dividieron para así obtener las siguientes muestras, en la tabla 2 (*Cantidad de material probetas Madera*), se detalla las cantidades y dimensione de las probetas de madera (pino):

Tabla 2 Cantidad de material probetas Madera radiata

Cantidad y dimensiones de probetas de madera radiata				
Descripción	Base	Altura	Longitud	Cantidad
Compresión	5cm	5cm	20cm	6 und.
Flexión	5cm	5cm	70cm	6 und

Fuente: autores

- Dimensiones de las probetas

Según la cantidad de ensayos proyectados, y el tiempo a considerar para realizar la recolección de resultados se dispone con base en la norma NTC 1646 ICONTEC que está basada en la norma COPANT 461-466-555-742. Se tomaron medidas después de cortadas las muestras donde se evidenciaron valores promedio de medición por cada uno de sus vértices, en la tabla siguiente Tabla 3 (*Dimensiones de las probetas en Madera (pino)*) se encuentra las dimensiones de la probeta de madera (pino):

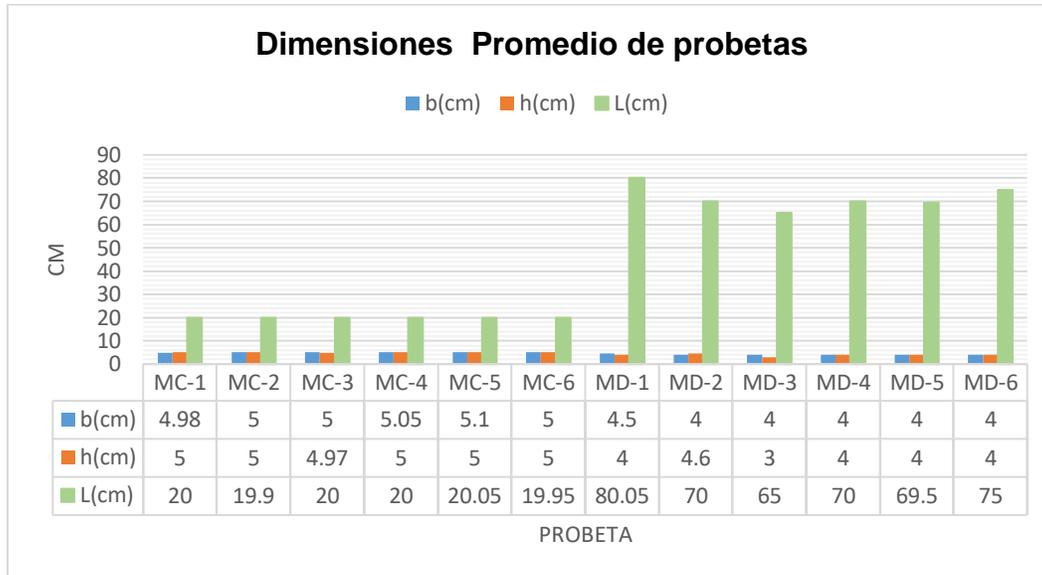
Tabla 3 Dimensiones de las probetas en Madera (pino radiata)

No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)		
	b(cm)	h(cm)	L(cm)
MC-1	4,98	5	20
MC-2	5	5	19,9
MC-3	5	4,97	20
MC-4	5,05	5	20
MC-5	5,1	5	20,05
MC-6	5	5	19,95
MF-1	4,5	4	80,05
MF-2	4	4,6	70
MF-3	4	4	65
MF-4	4	4	70
MF-5	4	4	69,5
MF-6	4	4	75

Fuente: autores

Con ello se realiza la representación dimensional en diagrama de barras para identificar la constante más apropiada para tener en cuenta en el análisis de resultados, a continuación, en el gráfico 1 (*Dimensiones Promedio de las Probetas Madera (pino radiata)*). Se presentan las dimensiones promedio de las probetas:

Gráfico 1 Dimensiones Promedio de las Probetas Madera (pino radiata).



Fuente: autores

Cada probeta fue medida con calibrador en sus cuatro caras y en tres posiciones, parte superior, media e inferior. Para así llegar al resultado requerido.

7.3.2 Poliestireno Expandido EPS (ICOPOR)

Se realizó una investigación de algunas empresas que disponen de la maquinaria y procesos para fabricar poliestireno expandido (Icopor) utilizado en procesos de construcción para placas de entrepiso aligeradas, una de las empresas nos suministró un casetón de 1 metro por 40cm por 70cm, con la densidad apropiada para este uso, con este obtuvimos 6 muestras de poliestireno expandido (Icopor) para realizar el laboratorio fueron necesarias, por recomendación del laboratorista dejar de dimensiones totalmente cuadradas donde se cortaron probetas de 5cm por 5cm por 5cm. Los cortes fueron realizados en el laboratorio con herramientas

recomendadas por el proveedor, como bisturí, cuerda calentada para corte de Poliestireno expandido.

Las probetas que se obtuvieron fueron las siguientes muestras, en la tabla 4 (*Cantidad de probetas de Poliestireno Expandido (Icopor)*), se evidencia las cantidades y dimensiones de las probetas de poliestireno expandido:

Tabla 4 Cantidad de probetas de Poliestireno Expandido (Icopor)

Cantidad y dimensiones de probetas de Icopor				
Descripción	Base	Altura	Longitud	Cantidad
Compresión	5cm	5cm	5cm	6 und
Flexión	5cm	5cm	5cm	6 und

Fuente: autores

- Dimensiones de las probetas

Según la cantidad de ensayos proyectados, y el tiempo a considerar para realizar la recolección de resultados se dispone con base en la norma NTC 1646 ICONTEC; Se tomaron medidas después de cortadas las muestras donde se evidenciaron valores promedio de medición por cada uno de sus vértices, en la tabla 5 (*Dimensiones iniciales Poliestireno Expandido*), se muestran los detalles de las dimensiones iniciales del poliestireno expandido EPS.

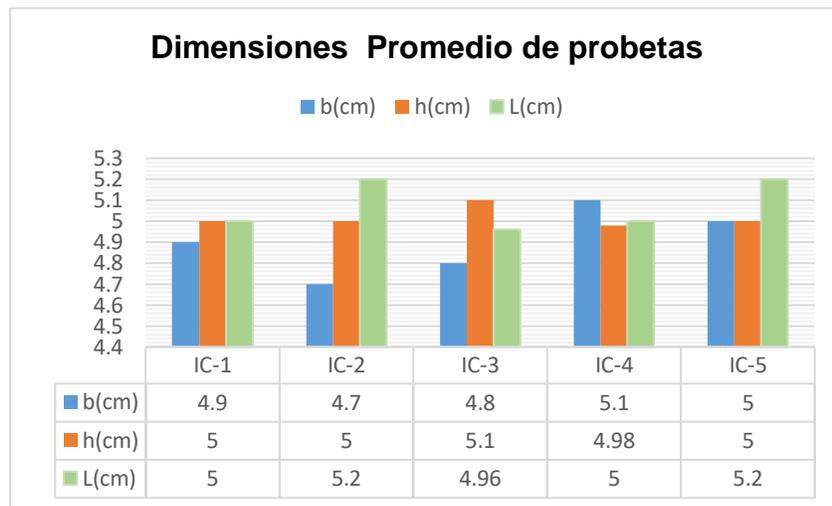
Tabla 5 Dimensiones iniciales Poliestireno Expandido

No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)		
	b(cm)	h(cm)	L(cm)
ICF-1	4,9	5	5
ICF-2	4,7	5	5,2
ICF-3	4,8	5,1	4,96
ICF-4	5,1	4,98	5
ICF-5	5	5	5,2

Fuente: autores

Con ello se realiza la representación dimensional en diagrama de barras para identificar la constante más apropiada para tener en cuenta en el análisis de resultados, en el gráfico 2 (*Dimensiones Promedio de las Probetas Poliestireno Expandido*) se hace alusión a las dimensiones promedio de las probetas del poliestireno expandido EPS:

Gráfico 2 Dimensiones Promedio de las Probetas Poliestireno Expandido



Fuente: autores

Las probetas fueron medidas con calibrador en sus cuatro caras y en tres posiciones, parte superior, media e inferior. Para así llegar al resultado requerido.

7.3.3 Tereftalato de Polietileno PET (Plástico Reciclado)

Muy pocos proveedores en el país tienen un beneficio comercial del plástico tipo PET recuperado de los desechos, recolectamos información de algunos proveedores de este tipo de plástico, los cuales utilizan el plástico reciclado para realizar ladrillos, postes de cercado agroindustrial, e hilos de este tipo de material, por lo cual el plástico que cumple con los procesos de reciclaje y de recolección de residuos, así como el material necesario para esta investigación es la empresa de

postes y cercas agrícolas. De este proveedor se obtuvo el material de plástico reciclado el cual ya tiene el proceso industrial para convertirse en un producto para el mercado; la presentación comercial es de 1.80 m por 8cm por 8cm, que a partir de cuatro cercos de estas dimensiones se obtuvo las muestras.

Se cortaron muestras similares a las elaboradas en la madera, esto con el fin de obtener resultados con el mismo tipo de condiciones; por otra parte, afirmando que no se encuentra norma actualmente que especifique las dimensiones estándares para probar a flexión y compresión este tipo de probetas.

Las probetas que se obtuvieron las siguientes muestras, en la tabla 6 (*Cantidad de probetas de Tereftalato de polietileno.*) se muestran las dimensiones y cantidades de las probetas de Tereftalato de polietileno expandido:

Tabla 6 Cantidad de probetas de Tereftalato de polietileno.

Cantidad y dimensiones de probetas de Tereftalato de polietileno				
Descripción	Base	Altura	Longitud	Cantidad
Compresión	6cm	6cm	20cm	6 und
Flexión	7cm	7cm	70cm	6 und

Fuente: autores

- Dimensiones de las probetas

Según la cantidad de ensayos proyectados, y el tiempo a considerar para realizar la recolección de resultados se dispone de probetas con las siguientes dimensiones para cada ensayo a realizar Se tomaron medidas después de cortadas las muestras donde se evidenciaron valores promedio de medición por cada uno de sus vértices, en la tabla 7 (*Dimensiones iniciales Tereftalato de Polietileno PET*), se evidencian las dimensiones iniciales del Tereftalato de poliestireno:

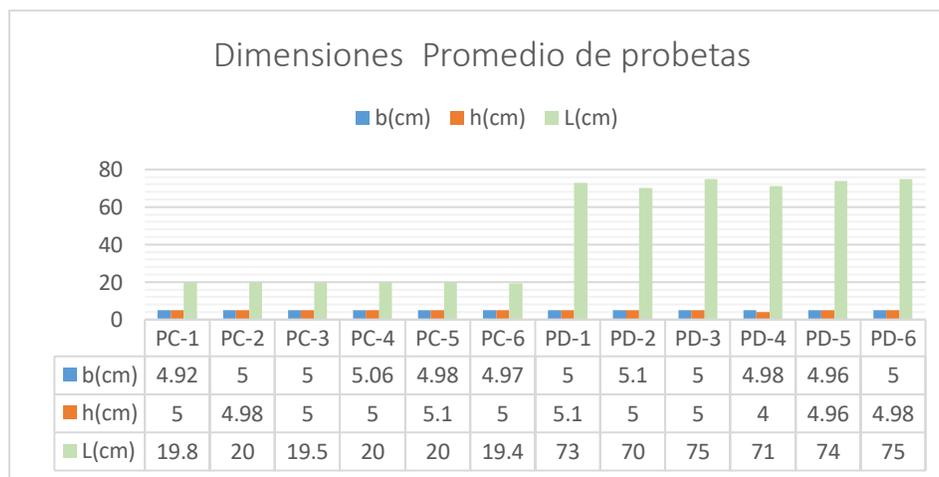
Tabla 7 Dimensiones iniciales Tereftalato de Polietileno PET

No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)		
	b(cm)	h(cm)	L(cm)
PC-1	5,92	6	20,15
PC-2	6,09	5,98	20
PC-3	6	6,1	20,2
PC-4	6,06	6	20,3
PC-5	5,98	6,1	20,1
PC-6	5,97	6	20,25
PF-1	7	7,1	73
PF-2	7,1	7,3	70
PF-3	7	7	75
PF-4	6,98	7,2	71
PF-5	6,96	6,96	74
PF-6	7	6,98	75

Fuente: autores

Con ello se realiza la representación dimensional en diagrama de barras para identificar la constante más apropiada para tener en cuenta en el análisis de resultados, en el gráfico 3 (*Dimensiones promedio de las probetas PET*):

Gráfico 3 Dimensiones promedio de las probetas PET



Fuente: autores

7.4 RESULTADOS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES

Los resultados que fueron obtenidos experimentalmente en el laboratorio para las propiedades mecánicas compresión y flexión; de los tres materiales Madera pino radiata, poliestireno expandido y Tereftalato de polietileno. Están dispuestos a continuación ilustrados en gráficas y tablas que contienen amplias disposiciones de dimensiones, esfuerzos y deformaciones.

Los contenidos de estos resultados fueron previamente diligenciados directamente en Excel, todos los ensayos fueron registrados en video y fotografías las cuales se añaden en los anexos (imágenes tomadas en el laboratorio).

7.4.1 NOMENCLATURA

Para este apartado, se hará referencia a la escritura escogida para efectos de los cálculos realizados para cada uno de los materiales en cuanto a los ensayos escogidos:

- b_i = base de la muestra inicial (cm)
- h_i = altura de la muestra inicial (cm)
- l_i = largo de la muestra inicial (cm)
- S = área transversal de la muestra, calculada antes del ensayo (cm²)
- V = volumen de la muestra (cm³)
- P = peso de la muestra (gr)
- γ = peso específico de la muestra (gr/cm³)
- CU = carga última (kN)
- EUM = esfuerzo unitario máximo (compresión) (kN/cm²)
- DF = deformación final (cm²)
- b_f = base de la muestra final (cm)
- h_f = altura de la muestra final (cm)
- l_f = largo de la muestra final (cm)
- MEC = módulo de elasticidad a compresión (kN*cm)
- DA = distancia de los abrazadores (cm)
- EPL_f = esfuerzo unitario máximo en el límite de la proporcionalidad (kN/cm²)
- LPA = luz de la muestra entre apoyos (cm)

- EM_f = esfuerzo unitario máximo (flexión) (kN/cm²)
- CUS = carga última soportada (kN)
- CUA = carga última aplicada (kN)
- MOE_f = módulo de elasticidad a flexión (kN*cm)
- RF = resistencia a la flexión (kN/cm²)

7.4.2 Cálculos.

- Ensayo compresión de la madera (*pino radiata*).

Para las muestras o probetas en madera, se realizaron los siguientes cálculos, dichos cálculos son tomados de la norma panamericana COPANT 555:

Ecuación 1 Sección transversal de la muestra

$$S = b * h$$

Ecuación 2 Volumen de la muestra

$$V = b * h * l$$

Ecuación 3 Peso específico

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

Ecuación 4 Esfuerzo unitario máximo

$$EUM = \frac{P}{S}$$

Ecuación 5 Deformación final

$$DF = \frac{(l_i - l_f) * 100}{l_i}$$

Ecuación 6 Módulo de elasticidad (compresión)

$$MEC = \frac{CU * DA}{S * DF}$$

- Ensayo flexión de la madera (pino radiata).

Para las muestras o probetas en madera, a parte de los cálculos básicos hechos para la compresión (sección transversal, volumen, etc.) se realizaron los siguientes cálculos añadidos:

Ecuación 7 Esfuerzo unitario máximo en el límite de la proporcionalidad

$$EPL_f = \frac{(3 (16)) * LPA}{2b * h^2}$$

*Nota: el valor de 16, es tomado de las gráficas de carga – desplazamiento correspondiente a la parte recta del gráfico.

Ecuación 8 Esfuerzo unitario máximo

$$EM_f = \frac{(3 (CUS)) * LPA}{2b * h^2}$$

Ecuación 9 Módulo de elasticidad a flexión

$$MOE_f = \frac{16 * LPA^3}{4 * DF * bh^3}$$

Ecuación 10 Resistencia a la flexión.

$$RF = \frac{(3 (CUA)) * LPA}{2bh}$$

- Ensayos al poliestireno expandido EPS.

Para los ensayos al poliestireno expandido, fueron similares a los de madera, solo que con una ligera variación en la máquina en donde se realizó dichos ensayos.

7.4.3 Gráficos.

La agrupación de resultados obtenidos experimentalmente conformados por gráficos, así como también identificados en tablas en los anexos 1, donde se evidencian los resultados generados y dispuestos en Excel:

- Ensayo compresión de la madera (pino radiata).

Gráfico 4 Carga ultima Madera

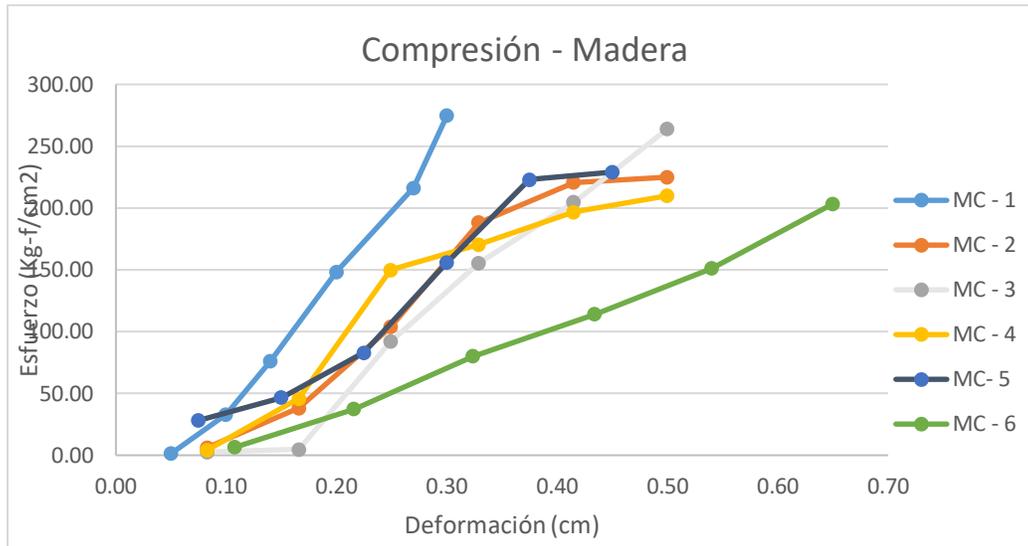


Fuente: autores.

Para cada probeta o muestra, se graficó la carga ultima en kilo Newton. Los datos allí identificados fueron dispuestos por la maquina VERSA TESTER en las cuales fueron falladas las probetas. El grafico 4 muestra el resultado final de cargas soportadas por cada una de las probetas y el promedio de las mismas fue de 57,75 KN, los cuales representan la máxima carga que soporta la madera.

Por otra parte, fueron fabricados gráficos representativos de esfuerzo versus deformación para cada una de las probetas, como se puede evidenciar en los Anexos 1 se identifican las probetas con su código de muestra, y se suministran las tablas de toma de resultados en laboratorio.

Gráfico 5 Probetas a compresión madera (pino radiata)



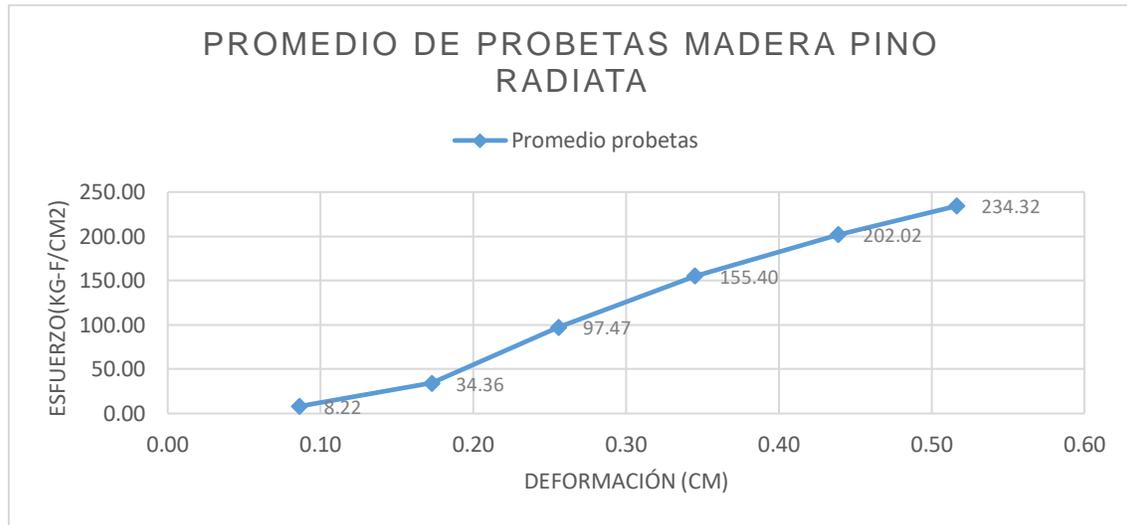
Fuente: autores.

Para cada probeta o muestra, se graficó el esfuerzo dado en su sección transversal contra la deformación que esta conlleva. Las cargas aparentes para estos resultados dispuestos en kilo Newton los cuales fueron convertidos a kilogramos fuerza.

En el gráfico 5, las probetas toman la conducta de iniciar su deformación a medida que el esfuerzo es más grande. La tendencia de las probetas es creciente con concavidad hacia arriba, las cuales llegan a su punto máximo de esfuerzo donde siguen consistentes.

Los gráficos dispuestos en los anexos 1 de compresión de madera pino radiata son considerados regulares, para dar una condición específica de los mismos. Donde se obtiene un promedio de los resultados de las probetas en cuanto a su esfuerzo y deformación; esto con el fin de identificar la tendencia regular de la madera en su compresión e identificar los resultados. Como se evidencia en el gráfico 6, se identificó que la tendencia de la gráfica es cóncava hacia arriba con un resultado de esfuerzo final para la madera de 234.32 kg-f/cm².

Gráfico 6 Promedio de probetas a compresión madera



Fuente: autores

- Ensayo de flexión de la madera (pino).

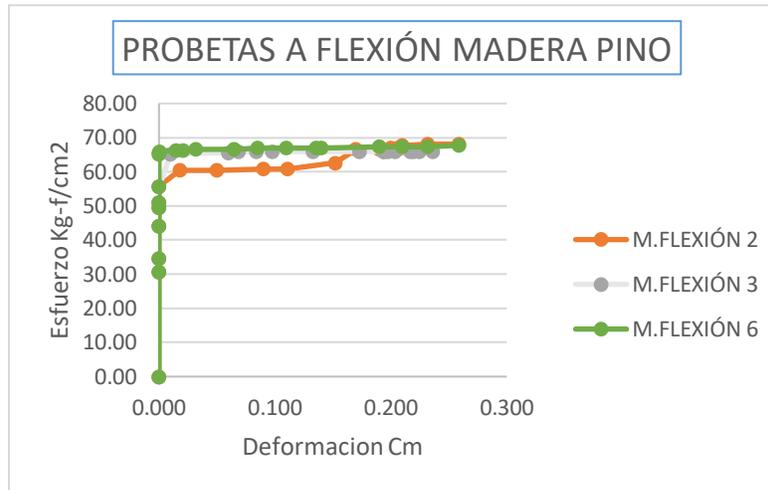
Gráfico 7 Esfuerzo – Deformación



Fuente: autores.

En el gráfico 7, se apreció que la correlación del esfuerzo contra la deformación de la misma manera que en los ensayos a compresión de la madera (pino radiata) no son los esperados.

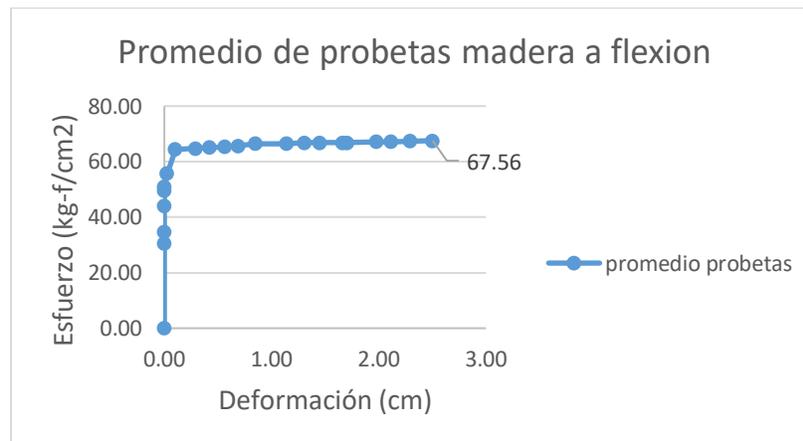
Gráfico 8 Probetas a flexión madera pino



Fuente: autores

En el gráfico 8, el intervalo de esfuerzo en el que se maneja la madera está entre los 59 kg-f/cm² y los 70 kg-f/cm², no obstante, su deformación es muy pequeña (ni siquiera llegando al centímetro de deformación) lo cual lo hace muy propenso al quiebre por fuerza transversal aplicada.

Gráfico 9 Promedio de las probetas a flexión madera pino radiata.

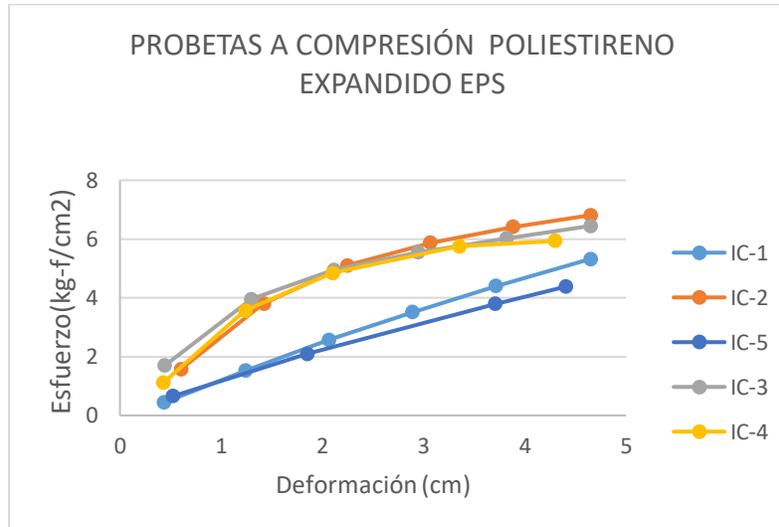


Fuente: autores.

Para el gráfico 9, se obtuvo un esfuerzo promedio de 67,56 kg-f/cm², sin embargo, para una sección transversal como la presentada en las probetas su deformación no es muy grande, por otro lado, el esfuerzo se mantiene constante hasta el momento de falla.

- Ensayo compresión Poliéstireno expandido EPS.

Gráfico 10 Probetas a compresión EPS



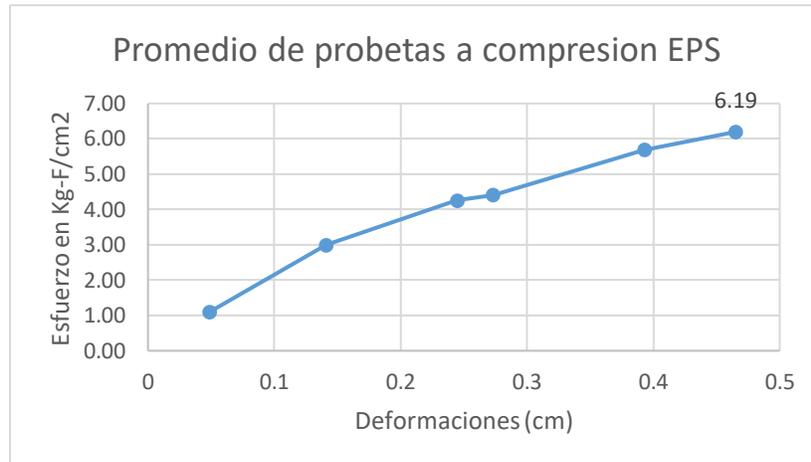
Fuente: autores.

En el gráfico 10 se muestra la relevancia de las propiedades físicas a compresión de dicho material, para las probetas 1 a 5 el comportamiento tiende a ser lineal puesto que el esfuerzo contra la deformación estuvo directamente proporcional en su conjunto, los resultados expuestos en el grafico fueron evidenciados en kg-f/cm2 para así cumplir con lo propuesto en la norma y continuar con una disposición respecto a las mismas.

El material de poliéstireno expandido como lo pudimos evidenciar en el laboratorio, es un material complejo en cuanto a sus propiedades puesto que el mínimo esfuerzo ejercido a cada una de las probetas incrementa la resultante de deformación y demuestra que la resistencia la compresión de este material es mínima.

Para el poliéstireno expandido no se tomaron deformaciones en el sistema experimental puesto que se encontraron resultados estandarizados en el estudio mostrado en el capítulo discusiones para este importante material.

Gráfico 11 Promedio de las probetas EPS

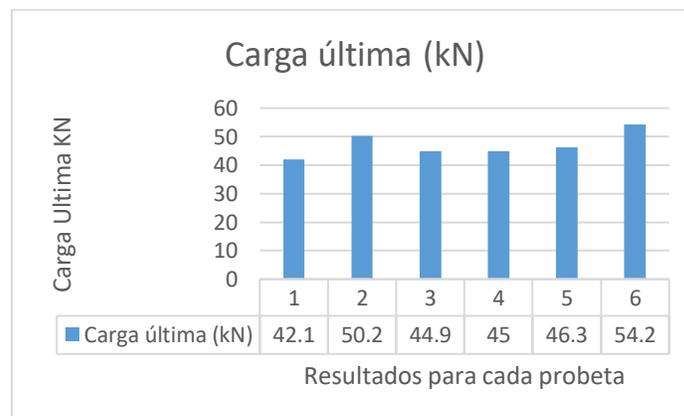


Fuentes: autores

En el gráfico 11, se evidencia que el máximo esfuerzo en promedio conseguido por el poliestireno expandido es de 6,10 kg-f/cm² aproximadamente a 5 mm de deformación, así como lo señala la norma ASTM D6817-17, en la cual se tiene en cuenta que la resistencia a la compresión será admitida para un 1%, 5% y 10%; con esta última del diez por ciento estamos cumpliendo y especificando que será la deformación final para un esfuerzo obtenido.

- Ensayo compresión Tereftalato de Polietileno PET.

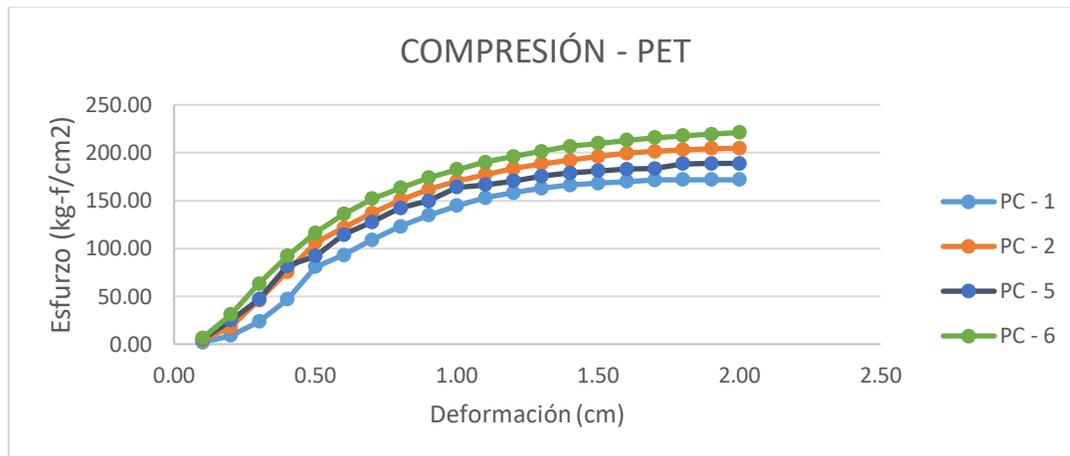
Gráfico 12 Carga última PET



Fuente: autor

En el gráfico 12 se destacan las cargas últimas del Tereftalato de Polietileno, en comparación de una a una y en orden, en donde en la probeta 6 muestra el pico más alto de carga en relación a las demás probetas ensayadas, estas cargas evidenciadas para cada probeta están en kN.

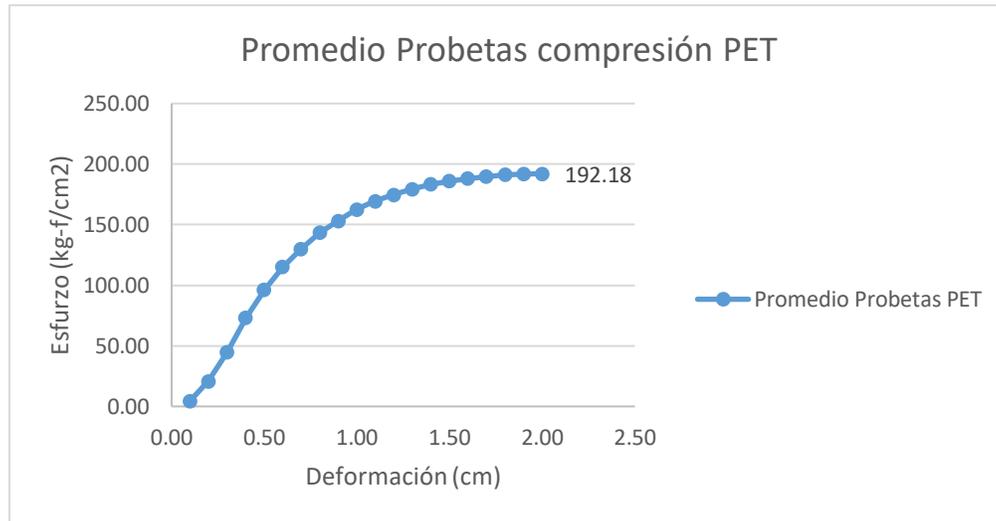
Gráfico 13 Probetas a compresión PET



Fuente: autores.

En el gráfico 12 se observa que la probeta 1 no adquiere una gran resistencia al esfuerzo aplicado, sin embargo, aparte de que todas las probetas toman una curva regular y/o característica del material, en cuanto a las probetas su resistencia es idónea para trabajos en construcción (como lo son los casetones), los datos obtenidos para este material son mostrados como los anteriores en las mismas dimensiones; como se evidencia en el gráfico 12 la regularidad de la compresión, en este material es muy asertiva entre muestras, estos datos nos dieron a conocer que el esfuerzo sometido en el plástico es tan alto como al que sometimos la madera.

Gráfico 14 Promedio de las probetas compresión PET

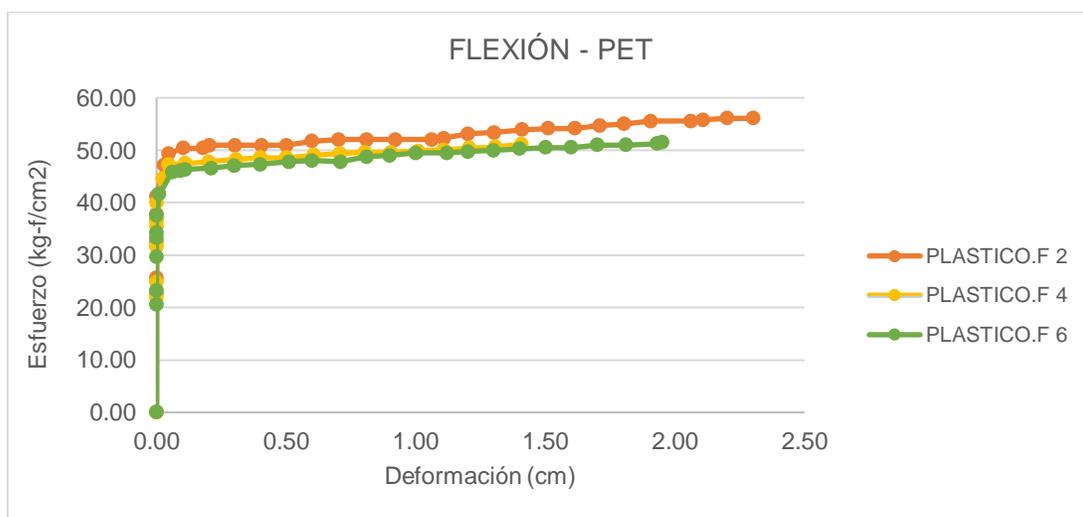


Fuente: autores

En la gráfica 14 se muestra el promedio de las probetas a compresión del Tereftalato de polietileno, concibiendo un esfuerzo promedio máximo de 192.18 kg-f/cm² a 2 centímetros de deformación; en comparación con la madera este material tiene menor resistencia al esfuerzo, sin embargo, se evidencia que este material es tan resistente como la madera para recibir las cargas a las que será sometido.

- Ensayo flexión Tereftalato de Polietileno PET.

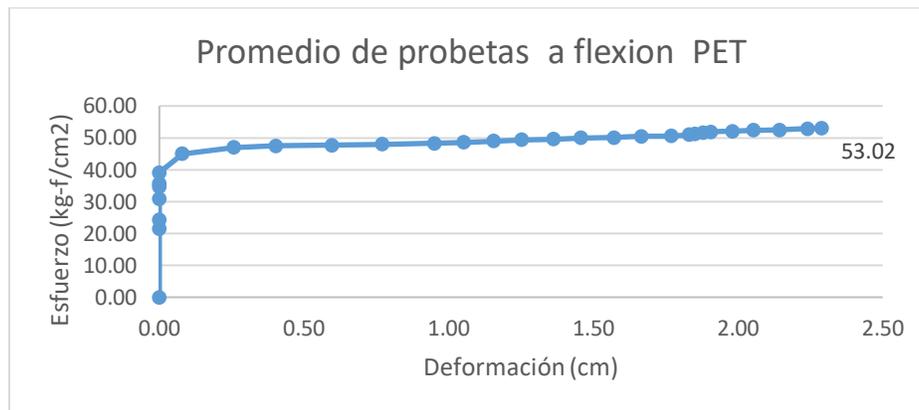
Gráfico 15 Probetas a flexión PET



Fuente: autores.

Para el gráfico 15, todas las probetas empezaron a deformarse desde los 20 kN (aproximadamente), es decir 2039.43 kg-f de carga, es por eso que todas las líneas coinciden en el mismo punto, por otro lado, las cargas eran muy similares unas con las otras a medida que se deformaba la probeta, las líneas 2 y 6 lo demuestran; la probeta 4 ha sido la única la cual no alcanzó los dos centímetros de deformación.

Gráfico 16 Promedio probetas flexión PET



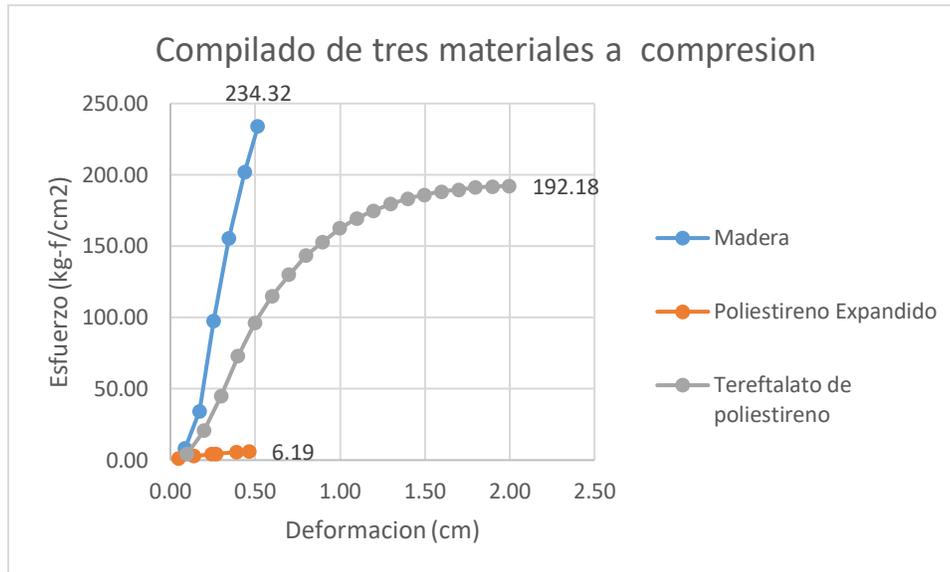
Fuente: autores

En el promedio a flexión de las probetas de PET, en el gráfico 16 el cambio drástico de carga (y por supuesto) de esfuerzo es muy grande, sin embargo, cuando empieza deformarse se atenúa el incremento de esfuerzo lo que hace que permanezca estático hasta el momento de falla (en donde su esfuerzo promedio máximo fue de 53.02 kg-f/cm²), así aproximándose a los dos centímetros de deformación.

- Unión de los tres materiales a una deformación Max de 5 mm para el ensayo de compresión.

En la gráfica 17 se muestra la comparación de los tres materiales estudiados, todos tienen una tendencia lineal que es la más acertada, por otro lado, al ser esta una gráfica en la que solo se tienen en cuenta los primeros cinco centímetros de deformación, el material más propicio para ser usado en dichos casetones es la madera pino radiata y el Tereftalato de polietileno.

Gráfico 17 Análisis de los tres materiales a compresión



Fuentes: autores

Como se evidencia el gráfico 17 también nos dice que a mayor esfuerzo por parte de la madera menor deformación a diferencia del Tereftalato de polietileno; y para el icopor podemos definir que a mayor compresión mayor deformación, este último en un grado muy alto puesto que las características de complejidad del material en cuanto a la cantidad de vacíos evidenciado en su interior; esta característica infiere en que el material icopor es el menos apropiado a la hora de utilizarlo en obras a las que se verá sometido a compresiones muy altas.

7.4.4 Tablas de resultados

Los resultados mostrados a continuación son fieles a la recolección de los datos y muestreos en el laboratorio de materiales de la facultad de ingeniería civil de la universidad La Gran Colombia, en ellos, se mostraron características como el número y nombre de la probeta, el peso, densidad, esfuerzos, deformaciones y otros que serán detallados más adelante.

- Ensayo compresión de la madera (pino radiata)

Tabla 8 Tabla de resultados compresión madera (pino radiata)

No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)			Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso de la muestra (gr)	Carga última (kN)	Carga última (kg-f)	Esfuerzo unitario máximo (kg-f/cm ²)	Distancias finales (cm)			Distancia de los abrazadores (cm)	Densidad (gr/cm ³)	Deformación final (cm)	Módulo de Elasticidad (kN*cm)
	b	h	l							b	h	l				
MC-1	4.98	5	20	24.9	498	234	67.5	6864.75	275.69	4.98	5	19.7	30	0.47	1.50	121.99
MC-2	5	5	19.9	25	497.5	193	55.3	5624.01	224.96	5	5	19.2	30	0.39	3.52	233.43
MC-3	5	4.97	20	24.85	497	237	65.8	6691.86	269.29	5	4.97	19.5	30	0.48	2.50	198.59
MC-4	5.05	5	20	25.25	505	172	51.6	5247.72	207.83	5.05	5	19.5	30	0.34	2.50	153.27
MC-5	5.1	5	20.05	25.5	511.275	205	56.3	5725.71	224.54	5.1	5	19.6	30	0.40	2.24	148.66
MC-6	5	5	19.95	25	498.75	204	50	5085	203.40	5	5	19.3	30	0.41	3.26	195.49

Fuente: autores.

En la tabla 8, la compresibilidad de la probeta (paralela a la fibra de la misma) resulta ser muy alta, cargas que varían entre los 50 y 67 kN la hacen un material muy provechoso siempre y cuando sea en esta posición.

- Ensayo de flexión de la madera (pino).

Tabla 9 Tabla de resultados flexión madera (pino)

Ensayo a deflexión (madera pino)																	
No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)			Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso de la muestra (gr)	Luz de la probeta entre apoyos (cm)	Densidad (gr/cm ³)	Carga 1 aplicada (kN)	Carga 1 aplicada (kg-f)	Carga 2 soportada (kN)	Carga 2 soportada (kg-f)	Deformación final (cm)	Esfuerzo unitario máximo (kg-f/cm ²)	Esfuerzo unitario en el límite proporcionalidad (kg-f/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg-f/cm ²)	Resistencia a la flexión (Kg-f/cm ²)
	b	h	l														
M F- 1	5	5	80.05	25	1440.9	662	65	0.46	100	10197	18.4	1876.248	2.70	24.92	21.67	1412.68	55233.75
M F- 2	5	5	70	25	1288	775	65	0.60	100	10197	18.7	1906.839	2.02	21.54	18.43	1396.74	54033.02
M F- 3	5	5	65	25	780	437	65	0.56	100	10197	18.4	1876.248	1.87	49.83	43.33	5439.20	82850.63
M F- 4	5	5	70	25	1120	559	65	0.50	100	10197	18.7	1906.839	1.73	28.49	24.38	2480.36	62137.97
M F- 5	5	5	69.5	25	1112	555	65	0.50	100	10197	20	2039.4	0.86	30.47	24.38	4995.36	62137.97
M F- 6	5	5	75	25	1200	530	65	0.44	100	10197	15.6	1590.732	0.53	23.77	24.38	8065.82	62137.97

Fuente: autores.

A comparación de una carga paralela a la fibra contra una transversa o perpendicular a ella, sus esfuerzos y cargas son mucho menores, debido a que su gran resistencia está a lo largo de la probeta, en la tabla 9 se evidencia una diferencia de carga aplicada de aproximadamente del 30% y un 46% en el esfuerzo aplicado.

- Ensayo compresión Poliestireno expandido EPS.

Tabla 10 Tabla de resultados al 10 % de la longitud de la probeta

Deformación		Esfuerzo
mm	cm	(kg-f/cm ²)
0.48518571	0.04851857	1.09
1.40882857	0.14088286	2.99
2.44701429	0.24470143	4.25
2.72994286	0.27299429	4.41
3.92758929	0.39275893	5.69
4.649	0.4649	6.19

Fuente: autores.

Para la tabla 10 debido a la cantidad de datos que se recopilaron y sabiendo que se tomaron no a la falla sino a la deformación de un 10% de la longitud de la misma, se observa que dada a la norma ASTM D6817-17²¹ y que para una deformación al 10% de la longitud de la probeta el máximo valor que puede tomar en su esfuerzo es de 7.15 kg-f/cm², y que como se expresa en la tabla 10 el valor máximo obtenido fue de 6.19 kg-f/cm².

- Ensayo compresión Tereftalato de Polietileno PET.

Tabla 11 Ensayo compresión PET

Ensayo a compresión (madera pino radiata)																			
No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)			Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso de la	Carga última	Carga última (kg-f)	Esfuerzo	Esfuerzo unitario	Distancias finales (cm)			Distancia de los	Densidad	Deformación final (mm)	Deformación	Módulo de Elasticidad (kg-	
	b	h	l								b	h	l						
PC-1	6.4	6.4	20.3	40.96	831.49	58.1	42.1	4292.937	1.03	104.81	6.4	6.4	16	3.0	0.70	21.18	2.12	6660.21	
PC-2	6.4	6.4	20	40.96	819.20	59.8	50.2	5118.894	1.23	124.97	6.4	6.4	16	3.0	0.73	19.50	1.95	7310.92	
PC-3	6.3	6.4	20.1	40.32	810.43	57.6	44.9	4578.453	1.11	113.55	6.3	6.4	15.9	3.0	0.71	20.90	2.09	7118.24	

²¹ AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. Standard Specification for Rigid Cellular Polystyrene Geofam. D6817M-17. Estados Unidos. 2017. 2 p.

Ensayo a compresión (madera pino radiata)																			
No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)			Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso de la	Carga última	Carga última (kg-f)	Esfuerzo	Esfuerzo unitario	Distancias finales (cm)			Distancia de los	Densidad	Deformación final (mm)	Deformación	Módulo de Elasticidad (kg-	
	b	h	l								b	h	l						
PC-4	6.5	6.3	20	40.95	819.00	58.9	45	4588.65	1.10	112.05	6.5	6.3	15.9	3.0	0.72	20.50	2.05	6891.38	
PC-5	6.4	6.4	20.1	40.96	823.30	58.4	46.3	4721.21	1.13	115.26	6.4	6.4	15.8	3.0	0.71	21.39	2.14	7397.54	
PC-6	6.4	6.4	20.1	40.96	823.30	60.2	54.2	5526.74	1.32	134.93	6.4	6.4	15.8	3.0	0.73	21.39	2.14	8659.75	

Fuente: autores.

Las probetas de PET fueron muy resistentes referentes a este tipo de ensayo, se evidencia en la tabla 11 donde su carga última es muy similar a la madera (pino radiata), sin embargo, su sección transversal era 1 cm² más grande que los demás materiales lo cual su densidad y volumen cambian drásticamente

- Ensayo flexión Tereftalato de Polietileno PET

Tabla 12 Ensayo flexión PET

No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)			Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso de la muestra (gr)	Luz de la probeta entre	Densidad (gr/cm ³)	Carga 1 aplicada (kN)	Carga 1 aplicada (kg-f)	Carga 2 soportada (kN)	Carga 2 soportada (kg-f)	Deformación final (cm)	Esfuerzo unitario máximo (Kg-f/cm ²)	Esfuerzo unitario en el	Módulo de elasticidad(kg-f/cm ²)	Resistencia a la flexión (kg-f/cm ²)
	b	h	l														
PF-1	6.2	6.2	7.0	38.44	2690.8	304.6	6.0	1.13	10.0	101.97	20.5	2090.385	2.31	789.39	6.04	253.12	23874.35
PF-2	6.1	6.2	7.0	37.82	2647.4	328.7	6.0	1.24	10.0	101.97	20.8	2120.976	2.30	814.08	6.14	258.39	24265.73
PF-3	6.5	6.4	7.0	41.6	2912	327.6	6.0	1.13	10.0	101.97	21.1	2151.567	2.05	727.32	5.41	247.35	22060.82
PF-4	6.3	6.2	7.0	39.06	2734.2	331.2	6.0	1.21	10.0	101.97	19.6	1998.612	1.41	742.76	5.95	408.11	23495.39
PF-5	6.3	6.4	7.0	40.32	2822.4	324.0	6.0	1.15	10.0	101.97	20.7	2039.47	2.07	711.29	5.58	252.73	22761.16

No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)			Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso de la muestra (gr)	Luz de la probeta entre	Densidad (gr/cm ³)	Carga 1 aplicada (kN)	Carga 1 aplicada (kg-f)	Carga 2 soportada (kN)	Carga 2 soportada (kg-f)	Deformación final (cm)	Esfuerzo unitario máximo (Kg-f/cm ²)	Esfuerzo unitario en el	Módulo de elasticidad(kg-f/cm ²)	Resistencia a la flexión (kg-f/cm ²)
	b	h	l														
PF-6	6.5	6.2	7.5	40.3	3022.5	3164	60	1.05	100	101.97	15.6	1590.732	1.95	572.98	5.76	286.02	22772.46

Fuente: autores.

En la tabla 12, en la que se referencia el ensayo de flexión para el Tereftalato de polietileno, se muestra como varía su densidad respecto a los demás materiales, aunque la distancia entre apoyos con referencia del ensayo de madera a flexión es más corta, su deformación fue similar aguantando hasta un 28.6% de deformación con respecto a su sección longitudinal.

7.4.5 Observaciones durante los ensayos

Durante los procesos en los ensayos, se percibieron algunos detalles los cuales vale mencionar para un mejor análisis en posterior apartado del estudio.

- ✓ Ensayo compresión de la madera (pino radiata).
 - Cabe resaltar que la máquina VERSA TESTER de compresión no está calibrada (es decir, que no empieza desde ceros en la medición de la carga) lo cual la toma de los datos se vuelve complicada.
 - Las probetas fallaron paralelo a la fibra como se esperaba.
- ✓ Ensayo flexión de la madera (pino radiata).
 - Todas las muestras quedaron totalmente falladas, perpendicularmente a las fibras.

- La probeta #4 se quebrantó totalmente, lo que supone que tal vez esa probeta estuvo expuesta a humedad más que las otras.
- La velocidad de avance de la maquina fue del 7%

- ✓ Ensayo compresión Poliestireno expandido EPS.
 - Tuvo que ser necesario utilizar la máquina multipropósito HUMBOLDT del laboratorio de suelos para realizar el ensayo al material.
 - Fue necesario poner una celda de carga de 25 kN que es la más pequeña, debido a que el material es tan sensible a la carga que su deformación se altera al mínimo contacto.
 - Se tomó el 10 % del total de la dimensión de los cubos de EPS para tener un muestreo representativo de datos arrojados por la máquina.

- ✓ Ensayo compresión Tereftalato de Polietileno PET.
 - Debido a la densidad del material, tuvo que ser deformada hasta el 20% de su longitud, puesto que el material por sus propiedades físicas y mecánicas es difícil de fallar.
 - Todas las probetas recuperaron su estado “natural” después de retirárseles la carga, salvo con alguna que otra pequeña deformación.
 - Se crearon unas estrías y ampollas en las caras inmediatamente siguientes a las caras que estaban en contacto con las abrazaderas, debido a efectos de la carga.

- ✓ Ensayo flexión Tereftalato de Polietileno PET
 - Todas las probetas fallaron al punto del quiebre total.
 - Su punto de falla se pudo detectar fácilmente, pues dejó puntos calientes los cuales fueron objeto de análisis, en los anexos se pueden mostrar.
 - La velocidad de avance de la máquina fue de 7%

7.5 MODELACIÓN EN SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Con el objeto de identificar resultados de una segunda manera se escogió el programa ETABS 2016 versión 16.0.2 build 1539 64 bits. Los datos iniciales que alimentan inicialmente el programa son tomados de las fichas previamente establecidas.

Se establece que los elementos serán sometidos a esfuerzos normales y cortantes sobre todas las caras para el elemento tridimensional, donde se obtendrá valores para probetas idénticas a las falladas en laboratorio, así como también se realizara un modelo de casetón para cada uno de los materiales, identificando un sismo estándar con combinaciones de carga a las cuales se sometió el casetón; que será el peso específico del concreto y el empuje del mismo sobre el actuante modelo.

7.5.1 DIMENSIONES DE PROBETAS

Con las dimensiones especificadas en los ensayos efectuados en el laboratorio, se obtuvieron promedios de las medidas de probetas. Por lo cual se toma la decisión de evaluar las probetas virtuales con las medidas que muestra la tabla 15 (*Dimensiones Probetas Software*):

Tabla 13 Dimensiones Probetas Software

Material	No. Probeta	Dimensiones iniciales (cm)		
		b(cm)	h(cm)	L(cm)
Plástico	Promedio	6	6	20
Poliestireno expandido	Promedio	6	6	20
Tereftalato polipropileno	Promedio	6	6	20

Fuente: autores

7.5.2 DATOS APLICADOS EN EL SOFTWARE

Para realizar la disposición de los materiales en el software se deben crear plantillas de estos y se llena un formulario el cual pide algunos datos como lo son el módulo de elasticidad del material en N/mm², la masa por unidad de volumen en Kg/m³ los datos necesarios en el programa serán mostrados en la Tabla 16 (*Datos de entrada para el Software*), el software dispone de dos tipos de materiales orto trópicos, isotrópicos y anisotropicos que fueron escogidos según corresponde a cada uno:

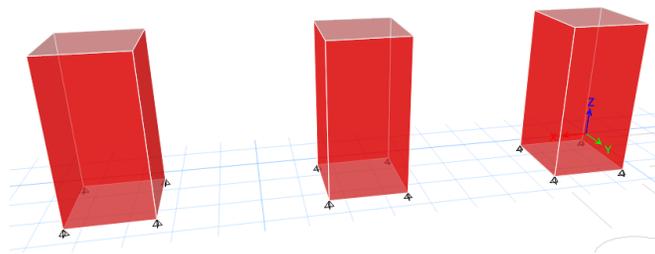
Tabla 14 Datos de entrada para el Software

Datos para entrada de software			
Descripción	Madera pino radiata	Poliestireno expandido	Tereftalato de polipropileno
Módulo de elasticidad (MPa)	9700	10,8	3700
Masa por unidad de medida (Kg/m ³)	900	600	360
Isotrópico	x		
Ortótropo		x	x

Fuente: autores

Con estos datos de entrada se generaron los tres tipos de propiedades para cada uno de los materiales, y así poder identificar cada uno en el software. En este proceso se dieron medidas exactas de las probetas y se dibujaron en el plano x como se observa en la ilustración 8 (Probetas del software):

Ilustración 11 Probetas del Software



Fuente: autores

Para estos elementos se consideró apoyos simples, y los apoyos horizontales toman fricción por medio del programa y por ello se evaluó con esta restricción. Todo el proceso de evaluación fue tomado con cargas distribuidas puesto en todo el material, estas cargas fueron aplicadas como carga muerta puesto que es a la que estará sometido el elemento dibujado y en este caso para casetones en placas de entrepiso. Las cargas aplicadas a cada material fueron dispuestas continuamente, esto quiere decir que se aplicaron varias cargas empezando con 10kg/cm², pasando por 240 kg/cm² hasta finalizar con fallas evidenciadas en el análisis experimental. Los desplazamientos para cada probeta fueron evaluados con respecto a la compresión ejercida por el concreto, el elemento dibujado tiene capas de 5cm de espesor y cuenta con conexión en todos sus vértices para disponer de un sólido cerrado.

7.5.3 Resultado de software

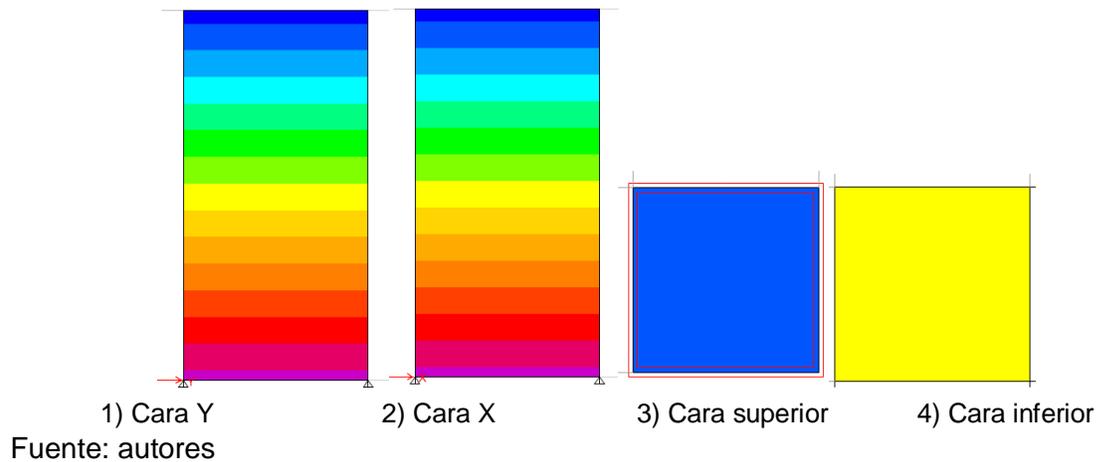
Los elementos fueron sometidos a cargas continuas y distribuidas, en todas sus caras, junto con fuerzas globales de 2,4 Kn las cuales también se dispusieron en todas sus caras. Esta carga impuesta sometió a las probetas a compresión acelerada. Para lograr esto se cambió la cantidad de tiempo del periodo que dispone el programa añadiendo a su listado de esfuerzos contra tiempo 10 minutos adicionales al pequeño periodo de tiempo al que está sometido cualquier dibujo en el software, las unidades utilizadas son en sistema internacional.

Las probetas fueron sometidas a un factor de 100% esto quiere prescindir de que se ensayaron a su máxima resistencia a la compresión; con el fin de que la veracidad de los resultados estuviese correcta se sometió el modelo a opinión de un experto quien dio opiniones acertadas del modelo. Los resultados que registro el programa están dispuestos en las siguientes ilustraciones que se tomaron del programa, así como los datos que se filtraron y registraron en Tablas para llegar a un resumen acertado del resultado obtenido.

Para los tres materiales se presentan la Ilustración 8 (*Elemento madera sometido a cargas de concreto.*), Ilustración 9 (*Elemento poliestireno expandido sometido a cargas de concreto*), Ilustración 10 (*Probeta Tereftalato de Poliestireno sometido a cargas de concreto*), donde se evidencian las caras sometidas a cargas de concreto, y una barra de colores que identifica el tipo de carga en KN; también un cambio dispuesto por el programa en cuanto resistencia a la carga dispuesta.

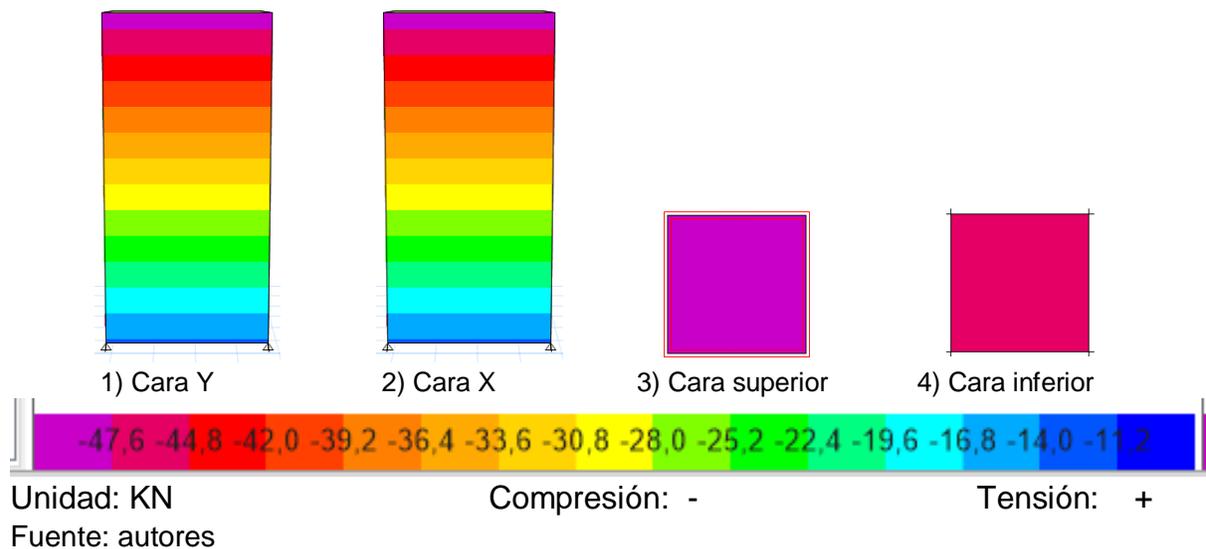
- Probeta de madera pino radiata

Ilustración 12 Elemento madera sometido a cargas de concreto.



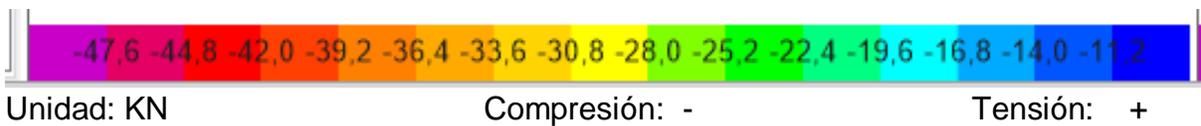
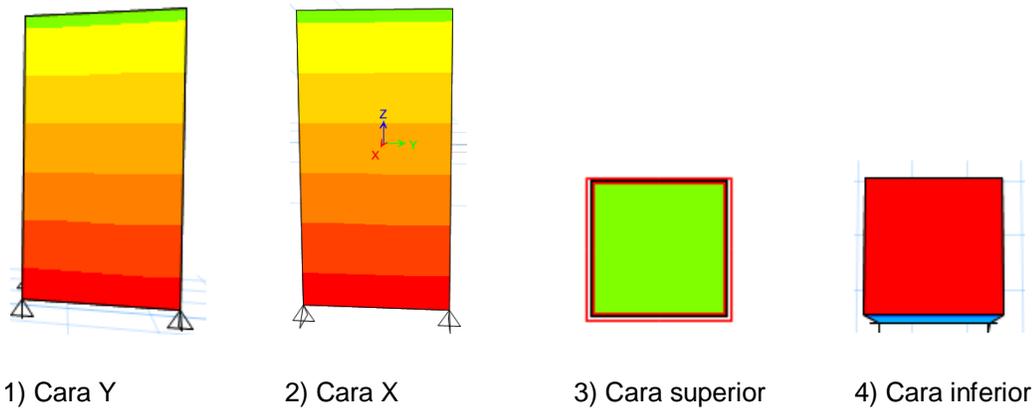
- Probeta Polipropileno expandido (Icopor)

Ilustración 13 Elemento poliestireno expandido sometido a cargas de concreto



- Probeta Tereftalato de poliestireno

Ilustración 14 Probeta Tereftalato de Poliestireno



Fuente: autores

Para las probetas de los tres materiales se evidencia la consecución de aplicación de cargas en todas las caras y donde podemos constituir un valor específico de la falla más alta a compresión como se muestra en la Tabla 15 (*Resultados Probeta madera Software*), Tabla 16 (*Reacciones Probeta Poliestireno Expandido EPS*) y Tabla 17 (*Reacción probeta PET*); en donde se evidencia que se generan disposiciones de carga muerta para la parte de la base del sólido, y la designación de reacciones en los tres ejes. Esto indica que se dispone de fuerzas empleadas en cada uno de los puntos y las designaciones afectadas por el empuje ejercido por el concreto. Los resultados mostrados en FX, FY, FZ son los dispuestos por el programa en cada una de las caras de los elementos de cada material; toda la reacción total de cada material está dispuesto por carga muerta aplicada. Estos resultados se presentan con el ánimo de identificar que las muestras correlacionan datos similares en cuanto los esfuerzos a los que son sometidos en el software.

- Probeta de madera

Tabla 15 Reacciones Probeta Madera pino radiata

Reaction Probeta Madera pino radiata							
Descripcion	Load Case/Combo	FX	FX	FY	FY	FZ	FZ
		kN	kg-f	kN	kg-f	kN	kg-f
Base Reaction	Dead	0	0	0	0	648,6	66140,56
Design Reaction/Join Reaction	Dead	35,69	3639,31	-35,68	-3638,29	54,11	5517,60
	Dead	-35,69	-3639,31	-35,68	-3638,29	54,11	5517,60
	Dead	35,69	3639,31	35,68	3638,29	54,11	5517,60

Fuente: autores

- Probeta Polipropileno expandido (Icopor)

Tabla 16 Reacciones Probeta Poliestireno Expandido EPS

Reaction Probeta poliestireno expandido							
Descripcion	Load Case/Combo	FX	FX	FY	FY	FZ	FZ
		kN	kg-f	kN	kg-f	kN	kg-f
Base Reaction	Dead	0	0	0	0	0,2	23,21
Design Reaction/Join Reaction	Dead	-8,62	-878,98	-8,96	-913,65	14,0	1428,21
	Dead	-9,54	-972,79	9,69	988,09	14,0	1428,21
	Dead	6,97	710,73	7,02	715,83	14,0	1428,21

Fuente: autores

- Probeta Tereftalato de polietileno

Tabla 17 Reacción probeta PET

Reaction Probeta Tereftalato de poliestireno							
Descripcion	Load Case/Combo	FX	FX	FY	FY	FZ	FZ
		kN	kg-f	kN	kg-f	kN	kg-f
Base Reaction	Dead	0,00	0,00	0,00		648,63	66140,56
Design Reaction/Join Reaction	Dead	-35,65	-3634,77	-35,65	-3634,77	54,04	5510,50
	Dead	-35,65	-3634,77	35,65	3634,77	54,04	5510,50
	Dead	35,65	3634,77	35,65	3634,77	54,04	5510,50

Fuente: autores

También en se evalúan desplazamientos en cuanto a flexión que se muestran en la Tabla 18 (*Desplazamientos máximos Probeta madera*) Tabla 19 (*Desplazamientos máximos probeta Poliestireno Expandido EPS*) Tabla 20 (*Desplazamientos máximos probeta PET*), estas probetas fueron evaluadas en el programa como un pórtico resistente a momentos para así llegar a identificar sus cargas actuantes en todo la longitud de la misma y así obtener estos resultados los cuales fueron convertidos de kn a kg-f y se obtuvo un esfuerzo de cada material. con lo cual se quiere evidenciar que las probetas sufren desplazamientos directamente afectados por la aplicación de la carga suministrada en el software.

- Probeta de madera pino radiata

Tabla 18 Desplazamientos máximos Probeta madera pino radiata

Story Max Probeta madera			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
cm	kn	Kg-f	Kg-f/cm ²
2,793	17,05	1738,6	69,54
2,56	16,93	1726,4	69,05
2,42	16,65	1697,8	67,91
2,32	16,37	1669,2	66,77
2,22	16,09	1640,7	65,63
2,15	15,81	1612,1	64,49
2,05	15,53	1583,6	63,34
2,00	15,25	1555,0	62,20
1,82	14,97	1526,5	61,06
1,62	14,69	1497,9	59,92
1,56	14,41	1469,4	58,78
1,36	14,13	1440,8	57,63
1,23	13,85	1412,3	56,49

Story Max Probeta madera			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
1,15	13,57	1383,7	55,35
1,08	13,29	1355,2	54,21
1,00	13,01	1326,6	53,07
0,96	12,73	1298,1	51,92
0,94	12,45	1269,5	50,78
0,92	12,17	1241,0	49,64
0,89	11,96	1219,6	48,78
0,87	11,68	1191,0	47,64
0,86	11,40	1162,5	46,50
0,84	11,12	1133,9	45,36
0,85	10,84	1105,4	44,21
0,85	10,56	1076,8	43,07
0,85	10,28	1048,3	41,93

Fuente: autores

- Probeta Polipropileno expandido (Icopor)

Tabla 19 Desplazamientos máximos probeta Poliéstireno Expandido EPS

Story Max Probeta poliéstireno expandido			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
cm	kn	Kg-f	Kg-f/cm2
4,31	9,65	984,0	39,36
4,01	9,3	948,3	37,93
3,70	8,95	912,6	36,51
3,52	8,6	876,9	35,08
3,36	8,25	841,3	33,65
3,13	7,9	805,6	32,22
2,83	7,55	769,9	30,79
2,59	7,2	734,2	29,37
2,36	6,85	698,5	27,94
2,17	6,5	662,8	26,51
1,85	6,15	627,1	25,08
1,63	5,8	591,4	23,66
1,42	5,45	555,7	22,23
1,21	5,1	520,0	20,80

Story Max Probeta poliéstireno expandido			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
1,05	4,75	484,4	19,37
0,84	4,4	448,7	17,95
0,68	4,05	413,0	16,52
0,54	3,7	377,3	15,09
0,48	3,35	341,6	13,66
0,46	3	305,9	12,24
0,40	2,65	270,2	10,81
0,36	2,3	234,5	9,38
0,32	1,95	198,8	7,95
0,30	1,6	163,2	6,53
0,26	1,25	127,5	5,10
0,23	0,9	91,8	3,67
0,22	0,55	56,1	2,24
0,22	0,2	20,4	0,82

Fuente: autores

Estos datos fueron recolectados del programa ETABS evaluando como se muestra en el anexo 10.5 donde se evidencia que el programa no suministra los datos correspondientes y deben ser tomados parte por parte, por lo cual se tomaron las mismas deformaciones para los tres materiales y se tomó el dato de carga en cada punto de deformación.

- Probeta Tereftalato de poliéstireno

Tabla 20 Desplazamientos máximos probeta PET

Story Max Probeta poliéstireno expandido			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
cm	kn	Kg-f	Kg-f/cm2
2,459	17,2	1753,9	70,2

Story Max Probeta poliéstireno expandido			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
2,29	16,8	1708,0	68,3
2,15	16,3	1662,1	66,5

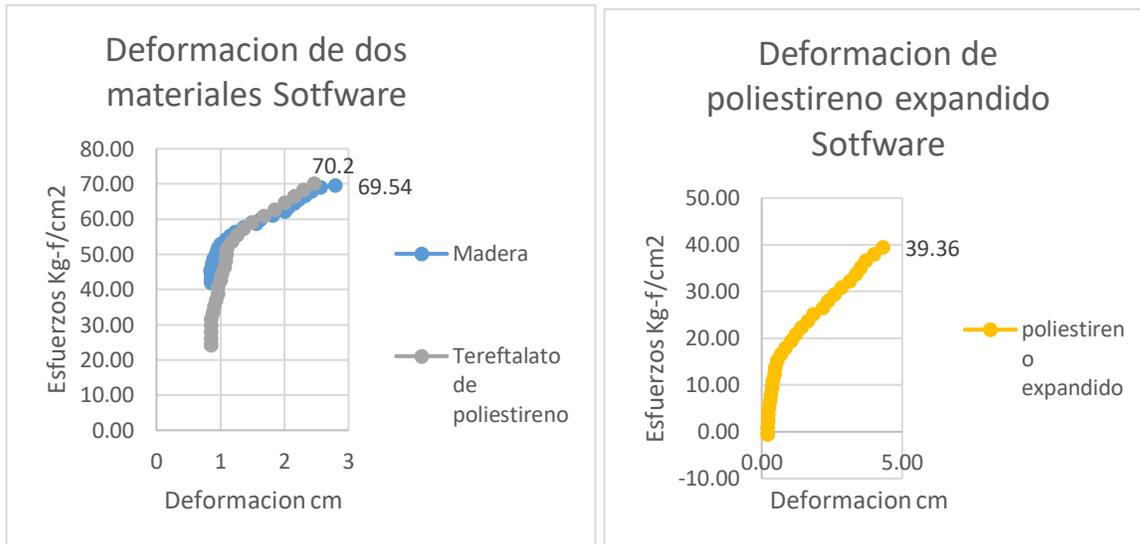
Story Max Probeta poliestireno expandido			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
2	15,9	1616,2	64,6
1,85	15,4	1570,3	62,8
1,68	15,0	1524,5	61,0
1,49	14,5	1478,6	59,1
1,36	14,1	1432,7	57,3
1,26	13,6	1386,8	55,5
1,18	13,2	1340,9	53,6
1,1	12,7	1295,0	51,8
1,09	12,3	1249,1	50,0
1,08	11,8	1203,2	48,1
1,06	11,4	1157,4	46,3
1,02	10,9	1111,5	44,5

Story Max Probeta poliestireno expandido			
Max displacement	shear	shear	Esfuerzo
1	10,5	1065,6	42,6
0,96	10,0	1019,7	40,8
0,96	9,6	973,8	39,0
0,93	9,1	927,9	37,1
0,9	8,7	882,0	35,3
0,88	8,2	836,2	33,4
0,85	7,8	790,3	31,6
0,85	7,3	744,4	29,8
0,85	6,9	698,5	27,9
0,85	6,4	652,6	26,1
0,85	6,0	606,7	24,3

Fuente: autores

Por lo cual, para las 3 probetas se identificó que las cargas identificadas se organizaron de mayor a menor, los esfuerzos calculados teóricamente fueron graficados junto con las deformaciones evidenciadas en las probetas, en la gráfica 18 se identifica que la muestra de madera es la que más carga resiste opuesta al poliestireno expandido así como en el medio de las dos y acercándose a la madera está el Tereftalato de poliestireno, como muestra la gráfica; ninguna de las 3 muestras es inferior al 16% entre ellas, esto significa que las tres muestras tienen un comportamiento de deformación aceptable; consideramos que el máximo aceptable es del 20% de deformación en cada material que será sometido a el empuje del concreto.

Gráfico 18 Datos materiales software



Fuente: autores

En la tabla 21 (*Participación de aceleración Probeta madera*), se ilustra la participación dispuesta por la aceleración espectral que contiene el software, con ello podemos evidenciar que para el plano horizontal y vertical se toman valores superiores al 90% y 100% de aplicación en el modelo.

- Probeta de madera

Tabla 21 Participación de aceleración Probeta madera

Modal Load Participation ratios Probeta Madera				
Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	99,13
Modal	Acceleration	UY	99,99	92,39
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Fuente: autores

- Probeta Polipropileno expandido (Icopor)

Tabla 22 Modelación de cargas probeta Poliéstireno Expandido EPS

Modal Load Participation ratios Probeta poliéstireno expandido				
Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	98,15
Modal	Acceleration	UY	97,85	95,39
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Fuente: autores

- Probeta Tereftalato de poliéstireno

Tabla 23 Modelación de cargas probeta PET

Modal Load Participation ratios Probeta Tereftalato de poliéstireno				
Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	98,23
Modal	Acceleration	UY	98,79	96,99
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Fuente: autores

Por otra parte, para la tabla 26 (Fuerzas resultantes Probeta Madera) tabla 27(Fuerzas resultantes probeta Poliéstireno Expandido EPS) tabla 28 Fuerzas resultantes probeta PET , se identifican los valores posteriores al Start completo del software, donde se podrán identificar los valores resaltados como los finales para la madera, estos especifican para cada una de las probetas la máxima disgregación del material y el flujo que cada uno obtuvo definiendo que para los tres materiales el valor de esfuerzo del concreto es alcanzado a satisfacción como lo muestran las tablas:

- Probeta de madera pino radiata

Tabla 24 Fuerzas resultantes Probeta Madera pino radiata

Shell Forces Probeta Madera pino radiata							
Shell Object	Unique Name	Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin
			kN	kN	kN	kN	kN
F4	1	Dead	62,556	60	0	47,56	46,556
F4	1	Dead	61,36	58,4	0	45,96	45,96
W1	5	Dead	-63,32	-252,84	-7,895	-49,32	-7,895
W1	5	Dead	-25,59	-240,24	-9,575	-11,589	-9,575
W2	6	Dead	33,35	-261,46	-8,045	47,35	-8,045
W2	6	Dead	-27,56	-246,45	-11,585	-13,56	-11,585
W5	12	Dead	28,52	-259,25	-6,53	42,52	-6,53
W5	12	Dead	-29,87	-264,43	-7,54	-15,87	-7,54
W6	13	Dead	25,8	-261,991	-8,65	39,8	-8,65
W6	13	Dead	-27,89	-254,232	-9,32	-13,89	-9,32

Fuente: autores

- Probeta Polipropileno expandido (Icopor)

Tabla 25 Fuerzas resultantes probeta Poliestireno Expandido EPS

Shell Forces Probeta icopor							
Shell Object	Unique Name	Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin
			kN	kN	kN	kN	kN
F4	1	Dead	7,1556	6,9	0	7,1556	6,9
F4	1	Dead	7,036	6,74	0	7,036	6,74
W1	5	Dead	-5,432	-21,284	-0,6895	-5,432	-0,6895
W1	5	Dead	-1,6589	-20,024	-0,8575	-1,6589	-0,8575
W2	6	Dead	4,235	-22,146	-0,7045	4,235	-0,7045
W2	6	Dead	-1,856	-20,645	-1,0585	-1,856	-1,0585
W5	12	Dead	3,752	-21,925	-0,553	3,752	-0,553
W5	12	Dead	-2,087	-22,443	-0,654	-2,087	-0,654
W6	13	Dead	3,48	-22,1991	-0,765	3,48	-0,765
W6	13	Dead	-1,889	-21,4232	-0,832	-1,889	-0,832

Fuente: autores

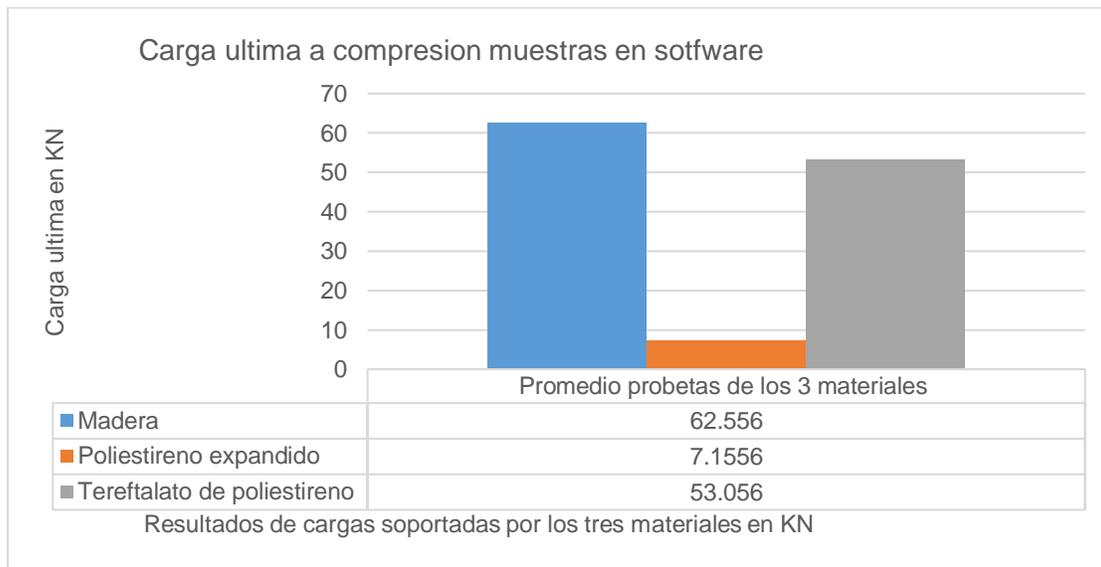
- Probeta Tereftalato de poliestireno

Tabla 26 Fuerzas de Resultante probeta PET

Shell Forces Probeta Tereftalato de poliestireno							
Shell Object	Unique Name	Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin
			kN	kN	kN	kN	kN
F4	1	Dead	53,056	50,5	0	53,056	50,5
F4	1	Dead	51,86	48,9	0	51,86	48,9
W1	5	Dead	-72,82	-262,34	-5,895	-72,82	-5,895
W1	5	Dead	-35,089	-249,74	-7,575	-35,089	-7,575
W2	6	Dead	23,85	-270,96	-6,045	23,85	-6,045
W2	6	Dead	-37,06	-255,95	-9,585	-37,06	-9,585
W5	12	Dead	19,02	-268,75	-4,53	19,02	-4,53
W5	12	Dead	-39,37	-273,93	-5,54	-39,37	-5,54
W6	13	Dead	16,3	-271,491	-6,65	16,3	-6,65
W6	13	Dead	-37,39	-263,732	-7,32	-37,39	-7,32

Fuente: autores

Gráfico 19 Carga última a compresión en software



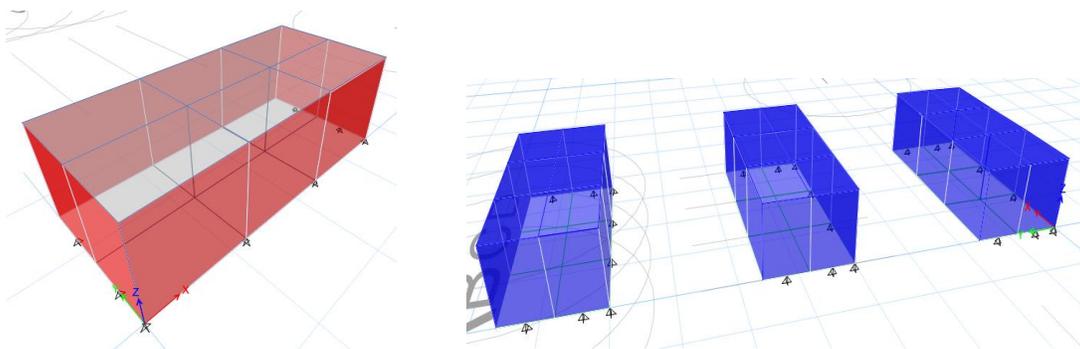
Fuente: autores

La grafica 19 evidencia que para los tres materiales se encontraron teóricamente mediante el programa cargas ultimas a compresión para cada uno, los materiales madera pino radiata y Tereftalato de polietileno tienen una resistencia muy alta a compresión en el análisis teórico, a diferencia del poli estireno expandido quien no toma una resistencia a la compresión muy alta; pero sin diferenciar estas características podemos constatar que estas características de material son suficientes para ser utilizados en casetones de placas de entrepiso, como aligeramientos para estas.

- CASETONES

Se realizó el modelo de casetón típico de 40cm por 90cm y por 30 cm que se utiliza generalmente en una placa de entrepiso aligerada. Este modelo se realiza en base a la estructura de una edificación la cual consta de vigas y columnas; recubrimientos como placas y fachada como se evidencia en el modelo ilustración 16(casetón típico para software). Las cuales se cargan y se someten a distintos tipos de combinaciones que representan el empuje sometido por el concreto de 240 kg/m² esto con el fin de suponer una placa de entrepisos de 10 cm.

Ilustración 15 Casetón Típico para software



Fuente: etabs 2016

El modelo generado para los tres materiales fue el mismo y contiene las mismas propiedades de aplicación de esfuerzos, como lo fue una aplicación de masa de 240

kg/cm², que por supuesto fueron suponiendo que fuese concreto. Esto con el fin de que los modelos fueran lo más cercanos a la realidad.

Aunque los modelos aplicados identifican el funcionamiento de los elementos en condiciones de obra también ofrecieron resultados diferenciadores para poder identificar su comparación virtual. Se utilizaron los mismos datos realizados en el ítem de probetas solidas del anterior análisis del software.

- Resultados para casetones.

Para cada modelo se tuvo en cuenta la carga muerta y viva, así como también se realizaron dos combos aplicados tradicionalmente en diseño de edificaciones Combo 1 (1,2 muerta) combo 2 (1,2 muerta + 1,6 viva), ello con el fin de dar una constante real y un factor de seguridad al que será sometido el modelo. En la tabla 29 (reacciones para casetones), se evidencia que para los tres modelos se percibió en la base y apoyos las mismas reacciones por lo cual de los 96 datos obtenidos que se adjuntaron en los anexos correspondientes a el software, se realiza una extracción de la moda el máximo y el mínimo datos de la misma para así identificar las reacciones nominales catalogadas como las definitivas en el modelo realizado.

Tabla 27 Reacciones para casetones

Reaction casetones				
Descripción	Load Case/Combo	FX	FY	FZ
		kN	kN	kN
Base Reaction	Dead	0	0,0001	8221,5
	Live	0	0	10,8
	Comb1	0	0,0001	8232,3
	Comb2	0	0,0001	9883,1
Design Reaction/Join Reaction	MODA	45,5	-26,4	180,3
	MAX	303,2	68,4	1104,4
	MIN	-302,9	-77,6	-231,6

Fuente: autores

Para los máximos desplazamientos se encuentra que para los tres casetones la diferencia encontrada es baja como se muestra en la tabla 27 (Desplazamientos casetones); en la que se evidencian con color verde los desplazamientos más altos obtenidos en los tres casetones, así como también en amarillo los menores valores obtenidos.

Tabla 28 Desplazamientos casetones

Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Ratio
			mm	
Story1	Dead	X	191,038	10
Story1	Dead	Y	99,079	1,998

Fuente: autores

Por último, los casetones tuvieron resultados para cada material, se realizó el cálculo de los máximos y mínimos de los datos obtenidos mostrados en el anexo 2, donde se especifica que los F son los esfuerzos a los que se sometieron identificando que a compresión serán los negativos y a flexión los positivos. Los datos comparados para los tres materiales obtuvieron porcentajes de diferencia en órdenes del 30 al 60 % de diferencia donde la madera pino radiata es el material que menos compresión resisten a la hora de la evaluación en el software mientras que el Tereftalato de polipropileno es el que más resiste de los tres materiales.

Tabla 29 Resultado de los tres casetones

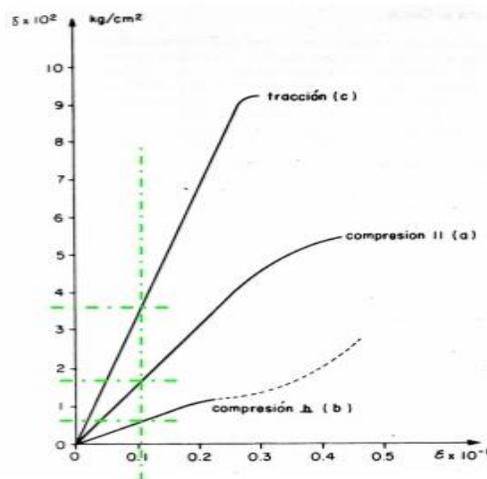
Resultados Casetones							
Material	Load Case	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
		kN	kN	kN	kN	kN	kN
Poliestireno Expandido	Max	2732,3	1526,2	1025,8	2820,6	539,2	4547,8
	Min	-2136,3	-4364,7	-1345,9	-1769,1	-4731,9	34,6
Tereftalato de polipropileno	Max	2030,3	451,3	1106,6	2068,4	271,9	2526,9
	Min	-2507,4	-1486,3	-1093,1	-368,7	-2565,6	65,0
Madera pino radiata	Max	1249,0	496,2	968,1	1280,1	383,6	2062,4
	Min	-1409,1	-1789,3	-965,5	-625,3	-2001,9	134,3

Fuente: autores

8. DISCUSIÓN

Para Cruz Guzmán²², la curva esfuerzo - deformación típica de la madera pino radiata que tomó en su investigación como se observa en la gráfica 19 se nota que a mayor esfuerzo habrá mayor deformación hasta que en un punto rompe su límite plástico y se fractura, para el caso de esta investigación se asemeja el comportamiento como se puede observar en las gráficas 6 y 8 del presente estudio, lo que da a entender que el material mantuvo una relación esfuerzo – deformación regular.

Gráfico 20 Diagramas de madera pino radiata a compresión, flexión y tracción



Diagramas Esfuerzo-Deformación para maderas Latifoliadas

- (a) Compresión paralela a las fibras:
- (b) Compresión perpendicular a las fibras
- (c) Tracción paralela a las fibras

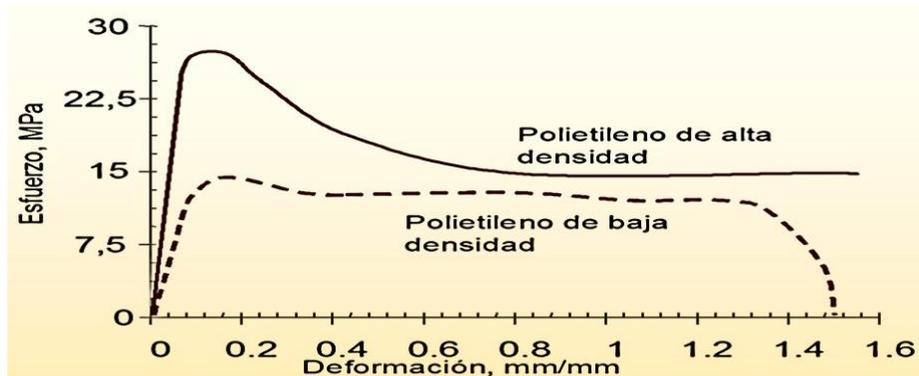
Fuente: CRUZ. Op. cit., p. 24.

Además, para el Tereftalato de polietileno y su curva de esfuerzo – deformación encontrada por Molano Sánchez²³ que se ve en la gráfica 21, y que en contraste con la gráfica 16 del presente estudio, se deja prever que las características en las curvas son similares, donde las gráficas obtenidas en el presente estudio adquieren la misma disposición de la gráfica 21.

²² CRUZ. Op. cit., p. 24.

²³ MOLANO. Op. cit., p. 25.

Gráfico 21 Curvas esfuerzo - deformación para PET de alta y baja densidad

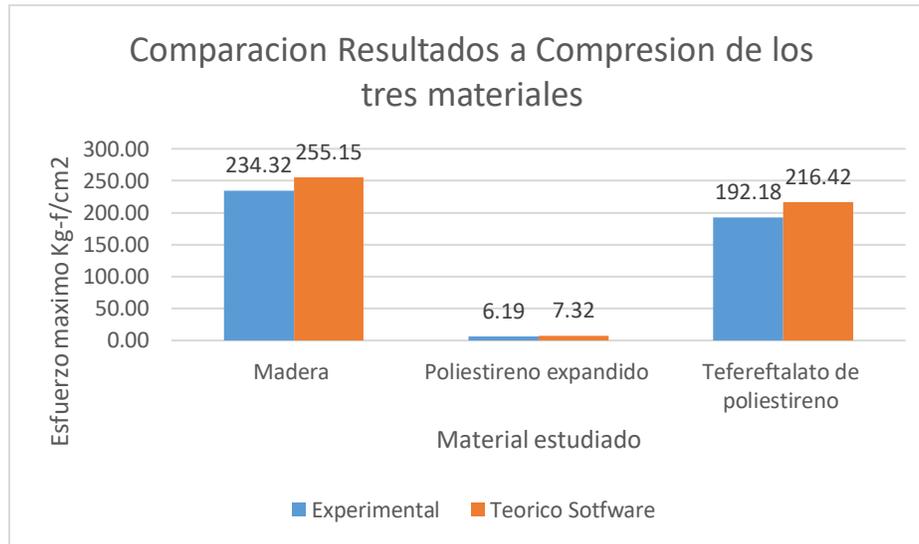


Fuente: MOLANO. Op. cit., p. 25.

Tanto en la parte experimental como en la parte teórica (software) se dejó claro que los valores obtenidos en ambos casos son similares, hablándolo en primer lugar en la sección a compresión en donde la tabla 18 (desplazamiento máximos probeta de madera pino radiata) se muestra un esfuerzo máximo de 6.1954 kg-f/cm² y que en comparación con el ensayo experimental en el laboratorio de materiales arrojó un valor de 7.32 kg-f/cm², lo que arroja una diferencia de 2kg-f/cm², en la cual se pudieron presentar errores humanos o de maquinaria, en la toma de datos mientras se efectuaba el ensayo experimental; por otro lado el desplazamiento en el software fue de 2.70 cm, mientras que en la parte experimental el máximo fue de 2.65 cm.

Poniendo en comparación los tres materiales de forma teórica y experimental (laboratorio y software), en la gráfica 22, la diferencia de los valores tiende a ser muy pequeña, sin embargo, hay que tener en cuenta la consecución de errores como por ejemplo la toma de datos y la mala calibración de los equipos pudieron ser actores clave en la diferencia de datos comparados. Los resultados obtenidos a compresión de forma experimental y teórica fueron dispuestos en esta grafica con el fin de dar comparación a las dos maneras de obtención de la carga ultima soportada por cada material a una deformación determinada.

Gráfico 22 Comparación resultados a compresión de los tres materiales.



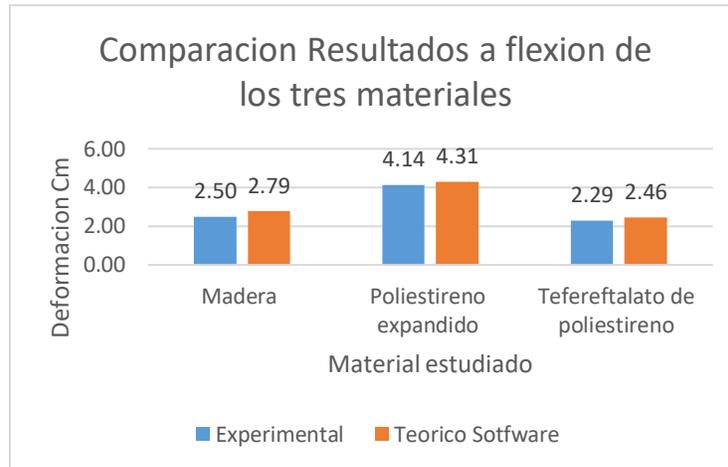
Fuente: autores.

Por otra parte, la deformación para los materiales fue dispuesta de manera teórica y experimental; donde se identificaron que para los tres materiales las deformaciones son proporcionales a las encontradas en los dos métodos, exceptuando la parte experimental de flexión del poli estireno expandido donde se identificó, que mediante el estudio realizado en México de las propiedades mecánicas del poliestireno expandido.²⁴ Se muestran resultados de un esfuerzo total de 160 kpa para una deformación del 1,2% de las probetas que tenían 15cm de alto por 15 cm de ancho, esto llevado a las probetas de este documento nos da como resultado 37.5 kg/cm², de este se obtuvo una deformación de 4,14 cm.

Como se muestra en la gráfica 23 los valores del procedimiento experimental y teórico de los tres materiales en cuanto a su deformación total muestra una regularidad y una similitud confiable para los dos métodos puesto que las diferencias para estos resultados son muy cercanas.

²⁴ PEREZ Natalia. Op.cit. p. 50.

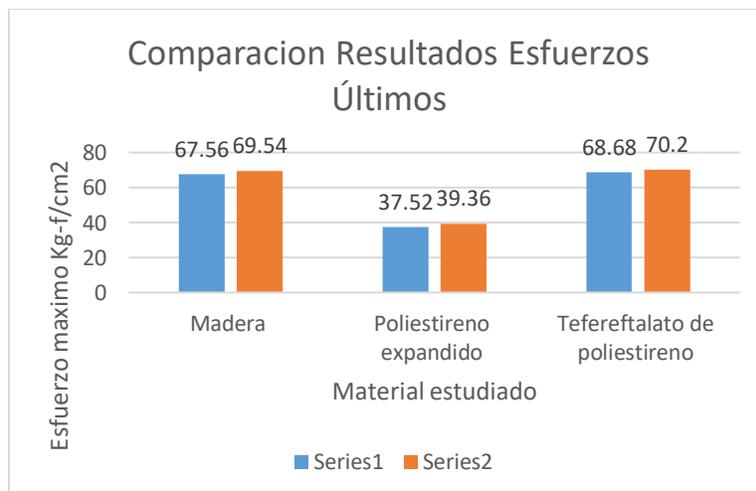
Gráfico 23 Comparación resultados a flexión de los tres materiales



Fuente: autores

Por último, los esfuerzos últimos para los tres materiales en cuanto a deformación identificaron un grado de confiabilidad por su similitud y acercamiento en cuanto a los resultados obtenidos experimentalmente y teóricamente como lo muestra el grafico 24 donde se identifican esfuerzos de los tres materiales los cuales son aceptables para ser dispuestos como casetones en cualquier tipo de material estudiado en el presente documento.

Gráfico 24 Comparación resultados esfuerzo último



Fuente: autores

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

Se identificaron para los tres materiales, su nombre científico, y cotidiano, la extracción, característica en cuanto a sus cualidades, su foto, la trabajabilidad del material, el uso general del mismo, las propiedades físicas, mecánicas y químicas; esto con el fin de identificar cada material en fichas técnicas que concluyen específicamente cada uno de los ámbitos de cada producto, y así continuar analizando y comparando los materiales.

Para los ensayos experimentales realizados a los tres materiales Madera pino radiata, poliestireno expandido y Tereftalato de polietileno, los valores obtenidos de esfuerzo y deformación variaron muy poco entre madera y el plástico reciclado a diferencia de la inferioridad del poliestireno expandido. Las probetas de madera fueron conseguidas sin nudos, puesto que estos difieren de resultados positivos en cuanto a las propiedades mecánicas del mismo; esto afectaría la veracidad de los resultados, los valores obtenidos disponen de una dispersión de datos para los valores resultantes en el plástico, pero no se obtiene tanta dispersión como en la madera.

A pesar de que la probeta de Tereftalato de polietileno no era totalmente maciza, su resistencia a la compresión y flexión fue bastante mayor a la esperada (una diferencia de más del 9% de mayor resistencia en ambos casos en comparación con la madera y un 89% con respecto al poliestireno expandido, este último solamente comparado a compresión) lo cual indica que este tipo de material sería bastante propicio para el planteamiento del problema expuesto inicialmente.

En las probetas dispuestas con poliestireno expandido, se discutieron varias formas de obtener resultados en cuanto a compresión y flexión puesto que este material no

cuenta con una resistencia definitiva y eficaz, ya que su deformación es tan alta como se quiera y su recuperación dimensional es de más del 60%, por lo cual se identifica que los laboratorios aplicados para esta muestra con la máquina de esfuerzos para materiales isotrópicos; no supero un 20% de la dimensión total (10mm). Y así poder correlacionar los datos para los tres materiales. Las aplicabilidades de estos resultados fueron relacionadas con la norma ASTM 6817 donde se identificaron valores de máxima resistencia para este material en un 1%, 5% y 10% de deformación de la dimensión total de la muestra.

Las muestras falladas de cada uno de los materiales en cuanto a compresión dispusieron de resultados de deformación similares, ya que su deformación no excedió el 12% de la dimensión total de la probeta para compresión, también fue observado que la perdida de dimensión en altura fue de 0.01%; y que las muestras recuperaron su forma inmediatamente se desmontaron del equipo, esto da certeza de que todos los materiales aquí ensayados cumplen con el objetivo de recuperación dimensional en campo.

En la comparación generalizada de los materiales y en su aplicabilidad en el software se obtienen valores de alta similitud, donde la madera pino radiata en promedio recibe una carga ultima máxima de 62,55kn, el poliestireno expandido 7,1 kn, por último, el Tereftalato de poliestireno (plástico reciclado) con un 53,05kn; una deformación de 5mm para madera, 10mm para el poliestireno expandido y 20mm para el plástico reciclado. Por lo cual se concluye que el uso de los tres materiales es posible en aligeramientos para placas reticuladas de entrepiso cumpliendo condiciones de flexión y compresión en cuanto a los esfuerzos ejercidos por el concreto de cualquier tipo de resistencia. Esto con base en que la aplicación de esfuerzos que serán ejercidos por el concreto y las cargas vivas no son mayores a los resultados obtenidos.

No obstante, se infiere que para los valores obtenidos experimentalmente y teóricamente a compresión del poliestireno expandido fueron mucho menores que los dispuesto por los dos materiales restantes, y por ello su deformación es directamente proporcional al porcentaje bajo de esfuerzo aplicado, por lo que se concluye que este material sufre tanta deformación como carga se aplique, esto afecta directamente a la cantidad de concreto adicional que se dispondrá en obra.

En el análisis de elementos finitos, software ETABS 2016, se identifica que las probetas solidas de cada material a las cuales se les aplicaron características idénticas en cuanto su esfuerzo, muestran una correlación con respecto a sus resultados, por lo que se concluye que los tres materiales se comportan en alta similitud y que en comparación con los resultados experimentales de laboratorio se demuestra que el valor teórico hallado es mayor que el valor virtual obtenido, sin que estos se alejen mucho de los resultados experimentales, por lo cual la veracidad de los resultados es clara y aplicable por medio del método experimental laboratorio y el virtual software.

Por otro lado, el análisis en la sección experimental se identifica que estos tres tipos de materiales serían óptimos y eficaces para suplir la necesidad de un casetón en una placa aligerada de entrepiso. Pero más detalladamente, la utilización del plástico reciclado como medio para generar reducción de costos y eficacia en la obra es de gran utilidad, puesto que como se demostró en los anteriores apartados, su resistencia a la compresión y flexión es similar a la madera pino radiata y sobre pasa el poliestireno expandido (se toma a consideración esta parte ya que la mayoría de las veces el material PET estaría trabajando bajo este tipo de esfuerzos), además generar un casetón con este tipo de material reciclado puede ser muchísimo menos costoso que uno convencional.

9.2 RECOMENDACIONES

Los ensayos para el poliestireno expandido tienen condiciones de aplicación condicionadas a prensas de uso para densidades pequeñas. Por lo que se recomienda realizar ensayos a compresión en máquina Humboldt, la cual dará resultados de compresión habilitantes para un análisis similar al realizado en este documento.

Procurar siempre (si se puede) disponer de máquinas actualizadas y calibradas, esto con el fin de minimizar el margen de error lo más que se pueda, para así generar una mayor optimización del ensayo y que la toma de datos sea mucho más confiable.

Recopilación de información de primera mano para una mejor confiabilidad y manejo sencillo de ello, así se podrá aumentar el alcance del presente estudio, añadiendo factores tales como: sismicidad, manejo de los materiales en condiciones de temperatura agreste, comparación con otro grupo de materiales, utilización como elementos estructurales, disposición en construcción de acabados, etc.

10. BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, Henry. El plástico como distribución para objetos de construcción. Recuperado el 8 de noviembre del 2008 de la escuela de ingeniería de Antioquia, grupo de investigación de ciencia de los materiales. 2008. P. 25

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. Standard Specification for Rigid Cellular Polystyrene Geofam. D6817M-17. Estados Unidos. 2017. 2 p.

ANAPE (asociación nacional de poliestireno expandido). Manual de aligeramiento de estructuras. 1ra edición. España. EFHE. Manual virtual. 2014. P. 25

BIRON. Michel. Propriétés des thermoplastiques - Tableaux comparatifs. [En línea]. Ref.: AM3306 v2. Francia. Consultado el 09 de marzo de 2018. Disponible en internet: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/matieres-thermoplastiques-monographies-42147210/proprietes-des-thermoplastiques-am3306/>

Características del Poliestireno Expandido. [En Línea]. Edición n.2. Alemania, KNAUF. Consultado el 08 de marzo de 2018. Disponible en internet: <http://www.davsa.com/infoWeb/Grup/Subgrups/caracteristiques/040101D-20.pdf>

Caracterización de maderas según normas internacionales. http://centro.paot.org.mx/documentos/conafor/catalogo_maderas.pdf

CÓRDOBA, Carlos y *et al.* Aprovechamiento de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclado, reforzados con fibra vegetal. En: Revista Iberoamericana de polímeros. Centro de investigaciones en materiales, ciudadela universitaria toro bajo. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 2010. P. 426. ISBN 417-427

GARCIA Hernández Cristina. El cambio climático: los aspectos científicos y económicos más relevantes universidad complutense de Madrid, España. Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas. 2011. ISSN1889-7231 Pág. 26.

GAGGINO, Rossana. Artículo relacionado con ladrillos y placas prefabricadas con plástico, reciclados y aptos para el autoconstrucción. Revista invi N° 63 / agosto 2008 / Volumen 23: 137-163.pag 2.

GOMEZ, Marcela Nadja. GUTIERREZ, Giraldo. VERA LUNA. Fernando. Evaluación del uso de PET reciclado como componente de mezclas poliméricas para producción para producción de perfiles plásticos. [En línea]. Colombia. Consultado el 17 de marzo de 2018. Disponible en internet: http://ugc.elogim.com:2116/ps/retrieve.do?tabID=T002&resultListType=RESULT_L

IST&searchResultsType=SingleTab&searchType=BasicSearchForm¤tPosition=7&docId=GALE%7CA494426794&docType=Article&sort=Relevance&contentSegment=&prodId=IFME&contentSet=GALE%7CA494426794&searchId=R1&userGroup=ugc&inPS=true

GÓMEZ Mahecha Camilo Ernesto. Paneles de plástico reciclado para muros divisorios en viviendas modulares prefabricadas. Especialización en construcción sostenible. Facultad de Arquitectura e Ingeniería Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. 2007. p. 14,17,153.

IDEAM. Colombia revela su primera Tasa anual de deforestación. Parques nacionales naturales e Colombia Cundinamarca. 2014.

IndustriasJQ. Datos Técnicos PET. [En línea]. Colombia. Consultado el 17 de marzo de 2018. Disponible en internet: <http://www.jq.com.ar /imagenes/ productos/ pet/dtecnicos /dtecnicos.html>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO. Bogotá Colombia. NSR-10 Título C p.28

MOLANO SANCHÉZ. José Luis. Comportamiento de la Conexión de Sistemas Aligerados con Poliestireno Expandido, Muros de Mortero y Losa de Selección Compuesta con Perfiles Formados en Frío. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2017. P. 21-22.

NATALIA PEREZ. Paul Garnica. Alfonso Perez. Raquel Suarez Evaluacion de las propiedades mecánicas del poliestireno expandido. Instituto mexicano del transporte. 2016. Pag 47.

PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. sexta edición tomo 1. McGRAW-HILL. México, Buenos Aires. 2001. p. 145.

Poliestireno Expandido. Textos Científicos. [En Línea]. Consultado el 08 de marzo de 2018. Disponible en internet: <https://www.textoscientificos.com /polimeros/ poliestireno- expandido>.

11. ANEXOS

Los siguientes anexos hacen referencia a la evidencia fotográfica en la realización de los ensayos, la toma de datos, operación de datos, tabulación e ilustración de esos datos tomados en laboratorio.

- Anexo 1 1 Anexos Tablas

Se mostrarán dichas tablas que hicieron posible la creación de los análisis de resultados y conclusiones, en estas están inmersas varios factores como el peso, esfuerzo, longitud, etc.

- ANEXO TABLAS MADERA PINO (COMPRESIÓN Y FLEXIÓN)

Tabla 30 Probeta #1 compresión madera

MC-1				
Carga (kN)	Carga (kg- f)	Tiempo (seg)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
0.34	34.58	30.00	1.39	0.05
8.11	824.79	60.00	32.99	0.10
18.56	1887.55	90.00	75.96	0.14
36.82	3744.59	120.00	148.30	0.20
54.23	5515.19	150.00	216.28	0.27
67.50	6864.75	180.00	274.59	0.30

Tabla 31 Probeta # 2 compresión madera

MC-2				
Carga (kN)	Carga (kg- f)	Tiempo (seg)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.54	156.62	30.00	6.29	0.12
9.39	954.96	60.00	38.20	0.24
25.38	2581.15	90.00	103.87	0.35
46.70	4749.39	120.00	188.09	0.48
55.30	5624.01	150.00	220.55	0.62
55.30	5624.01	180.00	224.96	0.70

Tabla 32 Probeta #3 compresión madera

MC-3				
Carga (kN)	Carga (kg- f)	Tiempo (seg)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
0.65	66.11	30.00	2.65	0.08
1.18	120.01	60.00	4.80	0.17
22.50	2288.25	90.00	92.08	0.25
38.62	3927.65	120.00	155.55	0.33
51.30	5217.21	150.00	204.60	0.42
64.90	6600.33	180.00	264.01	0.50

Tabla 33 Probeta #4 compresión madera

MC-4				
Carga (kN)	Carga (kg- f)	Tiempo (seg)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.05	106.79	30.00	4.29	0.08
11.30	1149.21	60.00	45.97	0.17
36.60	3722.22	90.00	149.79	0.25
42.30	4301.91	120.00	170.37	0.33
49.30	5013.81	150.00	196.62	0.42
51.60	5247.72	180.00	209.91	0.50

Tabla 34 Probeta #5 compresión madera

MC-5				
Carga (kN)	Carga (kg- f)	Tiempo (seg)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
6.90	701.73	30.00	28.18	0.08
11.50	1169.55	60.00	46.78	0.15
20.30	2064.51	90.00	83.08	0.23
38.70	3935.79	120.00	155.87	0.30
55.90	5685.03	150.00	222.94	0.38
56.30	5725.71	180.00	229.03	0.45

Tabla 35 Probeta # 6 compresión madera

MC-6				
Carga (kN)	Carga (kg- f)	Tiempo (seg)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.60	162.72	30.00	6.53	0.11
9.20	935.64	60.00	37.43	0.22
19.56	1989.25	90.00	80.05	0.32
28.36	2884.21	120.00	114.23	0.43
37.90	3854.43	150.00	151.15	0.54

MC-6				
Carga (kN)	Carga (kg- f)	Tiempo (seg)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
50.00	5085.00	180.00	203.40	0.65

- ANEXO TABLAS FLEXIÓN MADERA PINO

Tabla 36 Probeta # 1 flexión madera

MF-1			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00
8.40	856.55	0.000	47.59
9.50	968.72	0.000	53.82
12.10	1233.84	0.000	68.55
13.60	1386.79	0.000	77.04
14.00	1427.58	0.000	79.31
15.30	1560.14	0.000	86.67
17.90	1825.26	0.000	101.40
18.00	1835.46	0.000	101.97
18.10	1845.66	0.001	102.54
18.20	1855.85	0.015	103.10
18.20	1855.85	0.021	103.10
18.30	1866.05	0.032	103.67
18.30	1866.05	0.065	103.67
18.40	1876.25	0.085	104.24
18.40	1876.25	0.110	104.24
18.40	1876.25	0.136	104.24
18.40	1876.25	0.140	104.24
18.50	1886.45	0.190	104.80
18.50	1886.45	0.210	104.80
18.50	1886.45	0.232	104.80
18.60	1896.64	0.259	105.37

Tabla 37 Probeta # 2 flexión madera

MF-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00
8.40	856.55	0.000	46.55
9.50	968.72	0.000	52.65
12.10	1233.84	0.000	67.06

MF-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
13.60	1386.79	0.000	75.37
14.00	1427.58	0.000	77.59
15.30	1560.14	0.000	84.79
16.60	1692.70	0.018	91.99
16.60	1692.70	0.050	91.99
16.70	1702.90	0.090	92.55
16.70	1702.90	0.111	92.55
17.20	1753.88	0.152	95.32
18.30	1866.05	0.170	101.42
18.30	1866.05	0.190	101.42
18.40	1876.25	0.200	101.97
18.40	1876.25	0.206	101.97
18.40	1876.25	0.208	101.97
18.40	1876.25	0.209	101.97
18.50	1886.45	0.210	102.52
18.60	1896.64	0.210	103.08
18.70	1906.84	0.232	103.63
18.70	1906.84	0.259	103.63

Tabla 38 Probeta # 3 flexión madera

MF-3			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00
8.40	856.55	0.000	71.38
9.50	968.72	0.000	80.73
12.10	1233.84	0.000	102.82
13.60	1386.79	0.000	115.57
14.00	1427.58	0.000	118.97
15.30	1560.14	0.000	130.01
17.90	1825.26	0.010	152.11
18.00	1835.46	0.060	152.96
18.10	1845.66	0.069	153.80
18.10	1845.66	0.084	153.80
18.10	1845.66	0.098	153.80
18.10	1845.66	0.133	153.80
18.10	1845.66	0.173	153.80
18.10	1845.66	0.194	153.80

MF-3			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
18.10	1845.66	0.194	153.80
18.10	1845.66	0.198	153.80
18.10	1845.66	0.204	153.80
18.10	1845.66	0.217	153.80
18.10	1845.66	0.220	153.80
18.10	1845.66	0.225	153.80
18.10	1845.66	0.236	153.80

Tabla 39 Probeta # 4 flexión madera

MF-4			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00
8.40	856.55	0.000	53.53
9.50	968.72	0.000	60.54
12.10	1233.84	0.000	77.11
13.60	1386.79	0.000	86.67
14.00	1427.58	0.000	89.22
15.30	1560.14	0.015	97.51
17.90	1825.26	0.032	114.08
18.00	1835.46	0.065	114.72
18.10	1845.66	0.078	115.35
18.20	1855.85	0.085	115.99
18.20	1855.85	0.090	115.99
18.30	1866.05	0.110	116.63
18.30	1866.05	0.128	116.63
18.40	1876.25	0.136	117.27
18.40	1876.25	0.140	117.27
18.40	1876.25	0.186	117.27
18.40	1876.25	0.190	117.27
18.50	1886.45	0.190	117.90
18.50	1886.45	0.210	117.90
18.50	1886.45	0.239	117.90
18.60	1896.64	0.259	118.54

Tabla 40 Probeta # 5 flexión madera

MF-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00
8.40	856.55	0.000	53.53
9.50	968.72	0.000	60.54
12.10	1233.84	0.000	77.11
13.60	1386.79	0.000	86.67
14.00	1427.58	0.000	89.22
15.30	1560.14	0.000	97.51
17.90	1825.26	0.002	114.08
18.00	1835.46	0.002	114.72
18.10	1845.66	0.015	115.35
18.20	1855.85	0.028	115.99
18.20	1855.85	0.030	115.99
18.30	1866.05	0.032	116.63
18.30	1866.05	0.065	116.63
18.40	1876.25	0.085	117.27
18.40	1876.25	0.110	117.27
18.40	1876.25	0.136	117.27
18.40	1876.25	0.140	117.27
18.50	1886.45	0.190	117.90
18.50	1886.45	0.210	117.90
18.70	1906.84	0.216	119.18
18.70	1906.84	0.230	119.18

Tabla 41 Probeta #6 flexión madera

MF-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.00
8.40	856.55	0.000	53.53
9.50	968.72	0.000	60.54
12.10	1233.84	0.000	77.11
13.60	1386.79	0.000	86.67
14.00	1427.58	0.000	89.22
15.30	1560.14	0.000	97.51
17.90	1825.26	0.000	114.08
18.00	1835.46	0.000	114.72

MF-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
18.10	1845.66	0.001	115.35
18.20	1855.85	0.015	115.99
18.20	1855.85	0.021	115.99
18.30	1866.05	0.032	116.63
18.30	1866.05	0.065	116.63
18.40	1876.25	0.085	117.27
18.40	1876.25	0.110	117.27
18.40	1876.25	0.136	117.27
18.40	1876.25	0.140	117.27
18.50	1886.45	0.190	117.90
18.50	1886.45	0.210	117.90
18.50	1886.45	0.232	117.90
18.60	1896.64	0.259	118.54

• ANEXO TABLAS COMPRESIÓN POLIESTIRENO EXPANDIDO EPS

Tabla 42 Probeta #1 compresión EPS

IC-1					
Carga aplica da (kN)	Carga aplica da (N)	Carga aplica da (kg-f)	Defor maci ón (cm)	Defor maci ón (mm)	Esfue rzo (kg-f/cm ²)
0.005	5.571	0.568	0.043	0.432	0.437
5714	4285	11857	2642	6428	0142
29	71	1	86	57	86
0.019	19.42	1.981	0.123	1.237	1.523
4285	8571	13142	7857	8571	9472
71	43	9	14	43	53
0.032	32.78	3.343	0.206	2.064	2.571
7857	5714	15928	4		6609
14	29	6			89

IC-1					
Carga aplica da (kN)	Carga aplica da (N)	Carga aplica da (kg-f)	Defor maci ón (cm)	Defor maci ón (mm)	Esfue rzo (kg-f/cm ²)
0.044	44.78	4.566	0.288	2.887	3.512
7857	5714	79928	7571	5714	9225
14	29	6	43	29	27
0.056	56.07	5.717	0.371	3.713	4.398
0714	1428	60357	3071	0714	1565
29	57	1	43	29	93
0.067	67.85	6.919	0.464	4.647	5.322
8571	7142	39285	7928	9285	6098
43	86	7	57	71	9

Tabla 43 Probeta #2 compresión EPS

IC-2						
Carga Aplicada (kN)	Carga aplicada (N)	Carga aplicada (kg-f)	Deformación (cm)	Deformación(m)	Esfuerzo (kN/cm ²)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.020071429	20.07142857	2.04286	0.060042857	0.600428571	0.01543956	1.570203297
0.048642857	48.64285714	4.946978571	0.141878571	1.418785714	0.037417582	3.805368132
0.065285714	65.28571429	6.639557143	0.224785714	2.247857143	0.05021978	5.107351648

IC-2						
Carga Aplicada (kN)	Carga aplicada (N)	Carga aplicada (kg-f)	Deformación (cm)	Deformación(m)	Esfuerzo (kN/cm ²)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.075	75	7.6275	0.30655	3.0655	0.062308	6.407307692
0.081928571	81.92857143	8.332135714	0.388412857	3.884128571	0.063021978	6.409335165
0.087071429	87.07142857	8.855164286	0.464742857	4.644742857	0.06285857	6.81802835

Tabla 44 Probeta #3 compresión EPS

IC-3						
Carga Aplicada (kN)	Carga aplicada (N)	Carga aplicada (kg-f)	Deformación (cm)	Deformación(m)	Esfuerzo (kN/cm ²)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.021642857	21.64285714	2.201078571	0.044092857	0.440928571	0.01664835	1.693137363
0.050642857	50.64285714	5.150378571	0.129735714	1.297357143	0.03895604	3.96182967
0.063285714	63.28571429	6.436157143	0.211578571	2.115785714	0.04868131	4.95089011

IC-3						
Carga Aplicada (kN)	Carga aplicada (N)	Carga aplicada (kg-f)	Deformación (cm)	Deformación(m)	Esfuerzo (kN/cm ²)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.070857143	70.85714286	7.206171429	0.294364286	2.944364286	0.05450549	5.543208791
0.077	77	7.8309	0.385714286	3.815714286	0.051735714	6.023769231
0.082442857	82.44285714	8.384438571	0.465164286	4.655164286	0.061642857	6.449568132

Tabla 45 Probeta #4 compresión EPS

IC-4						
Carga Aplicada (kN)	Carga aplicada (N)	Carga aplicada (kg-f)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kN/cm ²)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.014285714	14.28571429	1.452857143	0.043028571	0.430285714	0.010989011	1.117582418
0.045571429	45.57142857	4.634614286	0.123842857	1.238428571	0.035054945	3.565087912
0.061928571	61.92857143	6.298135714	0.209964286	2.099642857	0.047637363	4.844719788
0.0735	73.5	7.47495	0.335007143	3.350071429	0.056538462	5.749961538
0.075857143	75.85714286	7.714671429	0.429578571	4.295785714	0.058351648	5.934362637

Tabla 46 Probeta #5 compresión EPS

IC-5						
Carga Aplicada (kN)	Carga aplicada (N)	Carga aplicada (kg-f)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kN/cm ²)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.003857143	3.857142857	0.392271429	0.052164286	0.522857143	0.006428571	0.653785714
0.012357143	12.35714286	1.256721429	0.185171429	1.854285714	0.020595238	2.094535714

IC-5						
Carga Aplicada (kN)	Carga aplicada (N)	Carga aplicada (kg-f)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kN/cm ²)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.022357143	22.35714286	2.273721429	0.370778571	3.707785714	0.037261905	3.789535714
0.008142857	8.142857143	0.828128571	0.140292857	1.402928571	0.013571429	1.380214286

- ANEXO TABLAS COMPRESIÓN Y FLEXIÓN TEREFALATO DE POLIETILENO PET

Tabla 47 Probeta #1 compresión PET

PC-1			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
0.50	50.99	1.24	0.10
2.20	224.33	5.48	0.20
5.80	591.43	14.44	0.30
11.50	1172.66	28.63	0.40
19.80	2019.01	49.29	0.50
22.80	2324.92	56.76	0.60
26.70	2722.60	66.47	0.70
30.10	3069.30	74.93	0.80
33.00	3365.01	82.15	0.90
35.40	3609.74	88.13	1.00
37.44	3817.76	93.21	1.10

PC-1			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
38.80	3956.44	96.59	1.20
39.90	4068.60	99.33	1.30
40.70	4150.18	101.32	1.40
41.20	4201.16	102.57	1.50
41.60	4241.95	103.56	1.60
42.00	4282.74	104.56	1.70
42.10	4292.94	104.81	1.80
42.10	4292.94	104.81	1.90
42.10	4292.94	104.81	2.00

Tabla 48 Probeta #2 compresión PET

PC-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.00	101.97	2.49	0.10
4.40	448.67	10.95	0.20
11.20	1142.06	27.88	0.30
18.60	1896.64	46.30	0.40
26.00	2651.22	64.73	0.50
29.80	3038.71	74.19	0.60
33.60	3426.19	83.65	0.70

PC-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
36.90	3762.69	91.86	0.80
39.60	4038.01	98.58	0.90
41.70	4252.15	103.81	1.00
43.40	4425.50	108.04	1.10
45.00	4588.65	112.03	1.20
46.20	4711.01	115.01	1.30

PC-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
47.10	4802.79	117.26	1.40
48.1	4904.76	119.75	1.50
48.90	4986.33	121.74	1.60
49.40	5037.32	122.98	1.70

PC-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
49.80	5078.11	123.98	1.80
50.10	5108.70	124.72	1.90
50.20	5118.89	124.97	2.00

Tabla 49 Probeta #3 compresión PET

PC-3			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.40	142.76	3.54	0.10
5.20	530.24	13.15	0.20
10.90	1111.47	27.57	0.30
17.00	1733.49	42.99	0.40
22.80	2324.92	57.66	0.50
27.50	2804.18	69.55	0.60
31.20	3181.46	78.91	0.70
34.20	3487.37	86.49	0.80
36.60	3732.10	92.56	0.90
38.60	3936.04	97.62	1.00

PC-3			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
40.70	4150.18	102.93	1.10
41.70	4252.15	105.46	1.20
42.80	4364.32	108.24	1.30
43.50	4435.70	110.01	1.40
44.10	4496.88	111.53	1.50
44.60	4547.86	112.79	1.60
44.80	4568.26	113.30	1.70
44.90	4578.45	113.55	1.80
44.90	4578.45	113.55	1.90
44.90	4578.45	113.55	2.00

Tabla 50 Probeta #4 compresión PET

PC-4			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.20	122.36	2.99	0.10
5.10	520.05	12.70	0.20
11.40	1162.4 6	28.39	0.30
18.00	1835.4 6	44.82	0.40
22.00	2243.3 4	54.78	0.50
27.90	2844.9 6	69.47	0.60
31.30	3191.6 6	77.94	0.70
34.90	3558.7 5	86.90	0.80
36.70	3742.3 0	91.39	0.90
38.80	3956.4 4	96.62	1.00
40.50	4129.7 9	100.85	1.10

PC-4			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
41.80	4262.3 5	104.09	1.20
42.80	4364.3 2	106.58	1.30
43.80	4466.2 9	109.07	1.40
44.40	4527.4 7	110.56	1.50
44.80	4568.2 6	111.56	1.60
45.00	4588.6 5	112.05	1.70
45.00	4588.6 5	112.05	1.80
45.00	4588.6 5	112.05	1.90
45.00	4588.6 5	112.05	2.00

Tabla 51 Probeta #5 compresión PET

PC-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.20	122.36	2.99	0.10
6.10	622.02	15.19	0.20
11.50	1172.6 6	28.63	0.30
20.00	2039.4 0	49.79	0.40
22.60	2304.5 2	56.26	0.50
28.00	2855.1 6	69.71	0.60
31.30	3191.6 6	77.92	0.70

PC-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
34.90	3558.7 5	86.88	0.80
36.70	3742.3 0	91.36	0.90
40.20	4099.1 9	100.08	1.00
40.80	4160.3 8	101.57	1.10
41.80	4262.3 5	104.06	1.20
43.00	4384.7 1	107.05	1.30

PC-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
43.80	4466.2 9	109.04	1.40
44.40	4527.4 7	110.53	1.50
44.80	4568.2 6	111.53	1.60
45.00	4588.6 5	112.03	1.70

PC-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
46.20	4711.0 1	115.01	1.80
46.30	4721.2 1	115.26	1.90
46.30	4721.2 1	115.26	2.00

Tabla 52 Probeta #6 compresión PET

PC-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
1.60	163.15	3.98	0.10
7.60	774.97	18.92	0.20
15.50	1580.5 4	38.59	0.30
22.60	2304.5 2	56.26	0.40
28.50	2906.1 5	70.95	0.50
33.30	3395.6 0	82.90	0.60
37.20	3793.2 8	92.61	0.70
40.00	4078.8 0	99.58	0.80
42.60	4343.9 2	106.05	0.90
44.70	4558.0 6	111.28	1.00

PC-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)	Deformación (cm)
46.60	4751.8 0	116.01	1.10
48.10	4904.7 6	119.75	1.20
49.40	5037.3 2	122.98	1.30
50.70	5169.8 8	126.22	1.40
51.40	5241.2 6	127.96	1.50
52.20	5322.8 3	129.95	1.60
52.90	5394.2 1	131.69	1.70
53.40	5445.2 0	132.94	1.80
53.80	5485.9 9	133.94	1.90
54.20	5526.7 7	134.93	2.00

Tabla 53 Probeta #1 flexión PET

PF-1			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	856.55	0.00	22.28
9.50	968.72	0.00	25.20
12.10	1233.84	0.00	32.10
13.60	1386.79	0.00	36.08
14.00	1427.58	0.00	37.14
15.30	1560.14	0.00	40.59
17.90	1825.26	0.03	47.48
18.00	1835.46	0.06	47.75
18.10	1845.66	0.10	48.01
18.20	1855.85	0.17	48.28
18.30	1866.05	0.21	48.54
18.40	1876.25	0.30	48.81
18.60	1896.64	0.40	49.34
18.80	1917.04	0.51	49.87
18.90	1927.23	0.60	50.14
19.00	1937.43	0.71	50.40

PF-1			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
19.20	1957.82	0.81	50.93
19.20	1957.82	0.90	50.93
19.40	1978.22	1.03	51.46
19.40	1978.22	1.11	51.46
19.70	2008.81	1.20	52.26
19.80	2019.01	1.30	52.52
20.00	2039.40	1.41	53.05
20.10	2049.60	1.53	53.32
20.30	2069.99	1.61	53.85
20.30	2069.99	1.71	53.85
20.40	2080.19	1.81	54.12
20.60	2100.58	1.91	54.65
20.60	2100.58	2.00	54.65
20.70	2110.78	2.11	54.91
20.70	2110.78	2.20	54.91
20.80	2120.98	2.31	55.18

Tabla 54 Probeta #2 flexión PET

PF-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	856.55	0.00	22.65
9.50	968.72	0.00	25.61
12.10	1233.84	0.00	32.62
13.60	1386.79	0.00	36.67
14.00	1427.58	0.00	37.75
15.30	1560.14	0.00	41.25
17.50	1784.48	0.03	47.18
18.30	1866.05	0.05	49.34
18.70	1906.84	0.10	50.42
18.70	1906.84	0.18	50.42
18.90	1927.23	0.20	50.96
18.90	1927.23	0.30	50.96
18.90	1927.23	0.41	50.96
18.90	1927.23	0.50	50.96
19.20	1957.82	0.60	51.77
19.30	1968.02	0.70	52.04

PF-2			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
19.30	1968.02	0.81	52.04
19.30	1968.02	0.92	52.04
19.30	1968.02	1.06	52.04
19.40	1978.22	1.11	52.31
19.70	2008.81	1.20	53.11
19.80	2019.01	1.30	53.38
20.00	2039.40	1.41	53.92
20.10	2049.60	1.51	54.19
20.10	2049.60	1.61	54.19
20.30	2069.99	1.71	54.73
20.40	2080.19	1.80	55.00
20.60	2100.58	1.91	55.54
20.60	2100.58	2.06	55.54
20.70	2110.78	2.11	55.81
20.80	2120.98	2.20	56.08
20.80	2120.98	2.30	56.08

Tabla 55 Probeta #3 flexión PET

PF-3			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	856.55	0.00	20.59
9.50	968.72	0.00	23.29
12.10	1233.84	0.00	29.66
13.60	1386.79	0.00	33.34
14.00	1427.58	0.00	34.32
15.30	1560.14	0.00	37.50
17.10	1743.69	0.02	41.92
18.80	1917.04	0.07	46.08
18.90	1927.23	0.10	46.33
19.00	1937.43	0.21	46.57
19.10	1947.63	0.31	46.82
19.30	1968.02	0.40	47.31
19.40	1978.22	0.50	47.55
19.60	1998.61	0.61	48.04
19.70	2008.81	0.70	48.29

PF-3			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
19.90	2029.20	0.81	48.78
20.00	2039.40	0.91	49.02
20.10	2049.60	1.03	49.27
20.30	2069.99	1.10	49.76
20.30	2069.99	1.22	49.76
20.40	2080.19	1.30	50.00
20.50	2090.39	1.40	50.25
20.60	2100.58	1.50	50.49
20.70	2110.78	1.60	50.74
20.70	2110.78	1.70	50.74
20.90	2131.17	1.80	51.23
20.90	2131.17	1.91	51.23
21.00	2141.37	2.03	51.48
21.10	2151.57	2.05	51.72

Tabla 56 Probeta #4 flexión PET

PF-4			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	856.55	0.00	21.93
9.50	968.72	0.00	24.80

PF-4			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
12.10	1233.84	0.00	31.59
13.60	1386.79	0.00	35.50

PF-4			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
14.00	1427.5 8	0.00	36.55
15.30	1560.1 4	0.00	39.94
17.10	1743.6 9	0.02	44.64
18.10	1845.6 6	0.05	47.25
18.20	1855.8 5	0.11	47.51
18.30	1866.0 5	0.20	47.77
18.50	1886.4 5	0.31	48.30
18.60	1896.6 4	0.40	48.56
18.60	1896.6 4	0.50	48.56

PF-4			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
18.80	1917.0 4	0.61	49.08
18.90	1927.2 3	0.71	49.34
19.00	1937.4 3	0.80	49.60
19.00	1937.4 3	0.90	49.60
19.10	1947.6 3	1.01	49.86
19.20	1957.8 2	1.11	50.12
19.30	1968.0 2	1.21	50.38
19.40	1978.2 2	1.31	50.65
19.60	1998.6 1	1.41	51.17

Tabla 57 Probeta #5 flexión PET

PF-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	856.55	0.00	20.59
9.50	968.72	0.00	23.29
12.10	1233.8 4	0.00	29.66
13.60	1386.7 9	0.00	33.34
14.00	1427.5 8	0.00	34.32
15.30	1560.1 4	0.00	37.50
17.20	1753.8 8	0.06	42.16
18.60	1896.6 4	0.07	45.59
18.90	1927.2 3	0.11	46.33

PF-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
19.00	1937.4 3	0.31	46.57
19.10	1947.6 3	0.39	46.82
19.20	1957.8 2	0.40	47.06
19.40	1978.2 2	0.50	47.55
19.60	1998.6 1	0.61	48.04
19.80	2019.0 1	0.70	48.53
19.90	2029.2 0	0.85	48.78
20.10	2049.6 0	0.91	49.27
20.10	2049.6 0	1.06	49.27

PF-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
20.30	2069.9 9	1.10	49.76
20.40	2080.1 9	1.25	50.00
20.40	2080.1 9	1.31	50.00
20.40	2080.1 9	1.40	50.00
20.60	2100.5 8	1.55	50.49
20.70	2110.7 8	1.69	50.74

PF-5			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
20.80	2120.9 8	1.76	50.99
20.90	2131.1 7	1.80	51.23
20.90	2131.1 7	1.93	51.23
21.00	2141.3 7	2.06	51.48
21.10	2151.5 7	2.07	51.72

Tabla 58 Probeta #6 flexión PET

PF-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	856.55	0.00	20.59
9.50	968.72	0.00	23.29
12.10	1233.8 4	0.00	29.66
13.60	1386.7 9	0.00	33.34
14.00	1427.5 8	0.00	34.32
15.30	1560.1 4	0.00	37.50
17.00	1733.4 9	0.01	41.67
18.70	1906.8 4	0.06	45.84
18.80	1917.0 4	0.09	46.08
18.90	1927.2 3	0.11	46.33
19.00	1937.4 3	0.21	46.57
19.20	1957.8 2	0.30	47.06

PF-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
19.30	1968.0 2	0.40	47.31
19.50	1988.4 2	0.51	47.80
19.60	1998.6 1	0.60	48.04
19.50	1988.4 2	0.71	47.80
19.90	2029.2 0	0.81	48.78
20.00	2039.4 0	0.90	49.02
20.20	2059.7 9	1.00	49.51
20.20	2059.7 9	1.12	49.51
20.30	2069.9 9	1.20	49.76
20.40	2080.1 9	1.30	50.00
20.50	2090.3 9	1.40	50.25
20.60	2100.5 8	1.50	50.49

PF-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
20.60	2100.5 8	1.60	50.49
20.80	2120.9 8	1.70	50.99
20.80	2120.9 8	1.81	50.99

PF-6			
Carga (kN)	Carga (kg-f)	Deformación (cm)	Esfuerzo (kg-f/cm ²)
20.90	2131.1 7	1.93	51.23
21.00	2141.3 7	1.95	51.48

- Anexo 1 2 Anexos Gráficos

Los gráficos representados en los análisis anteriores fueron una recopilación de los siguientes gráficos, en donde se tomaron uno por uno para así realizar un conglomerado y resumen.

- Anexo gráfico compresión y flexión madera pino.

Gráfico 25 Probeta #1 compresión madera

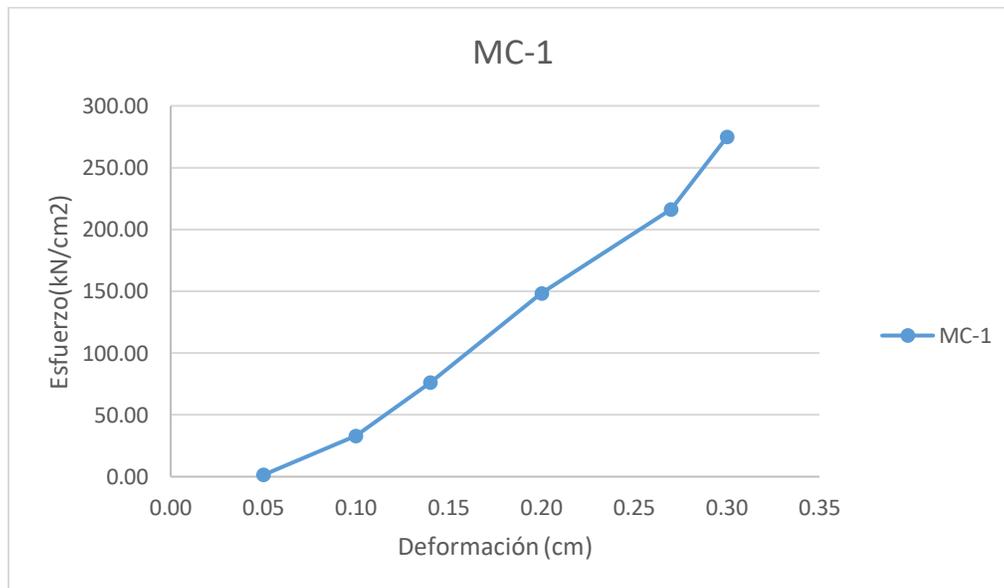


Gráfico 26 Probeta #2 compresión madera

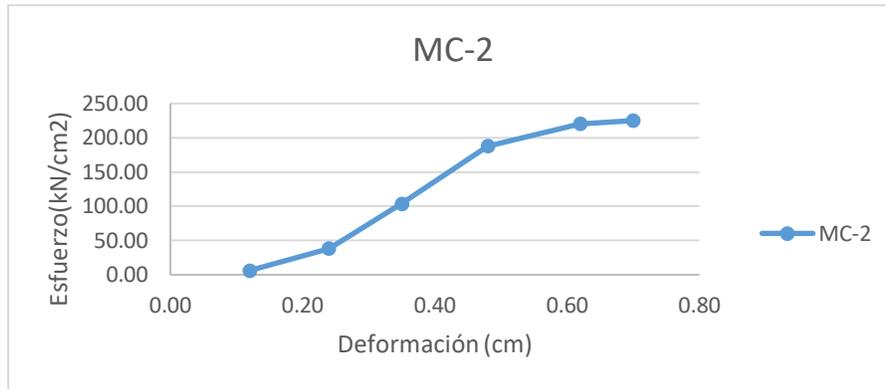


Gráfico 27 Probeta #3 compresión madera

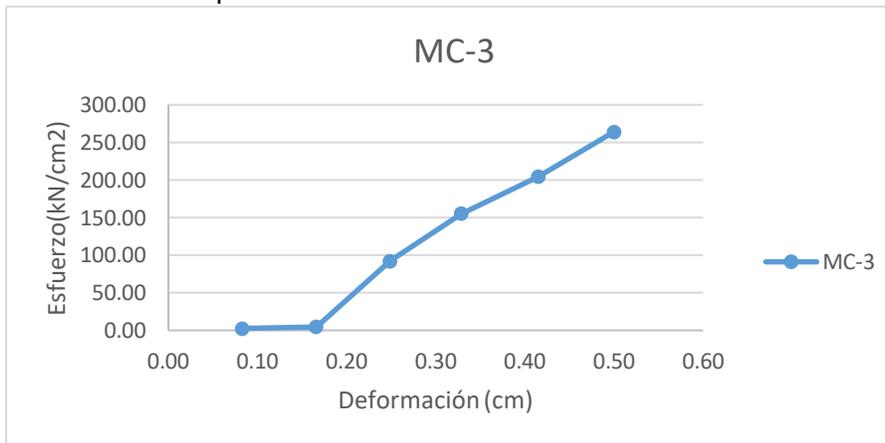


Gráfico 28 Probeta #4 compresión madera

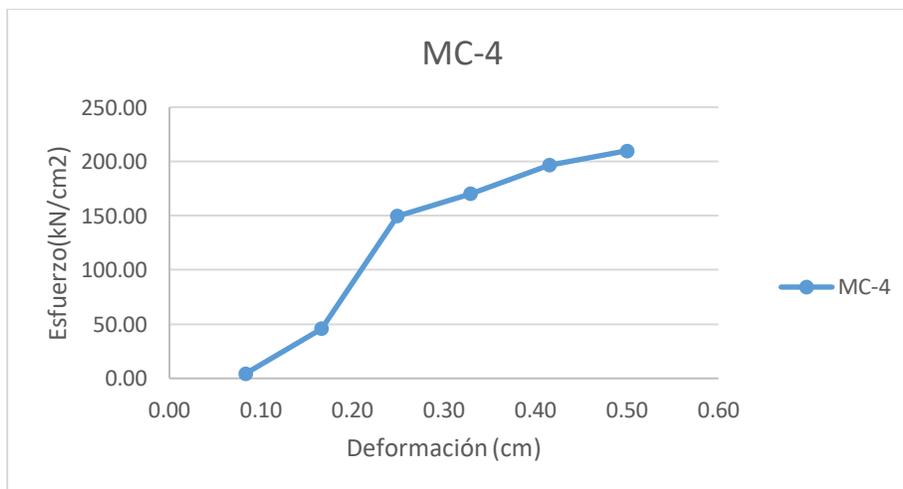


Gráfico 29 Probeta #5 compresión madera

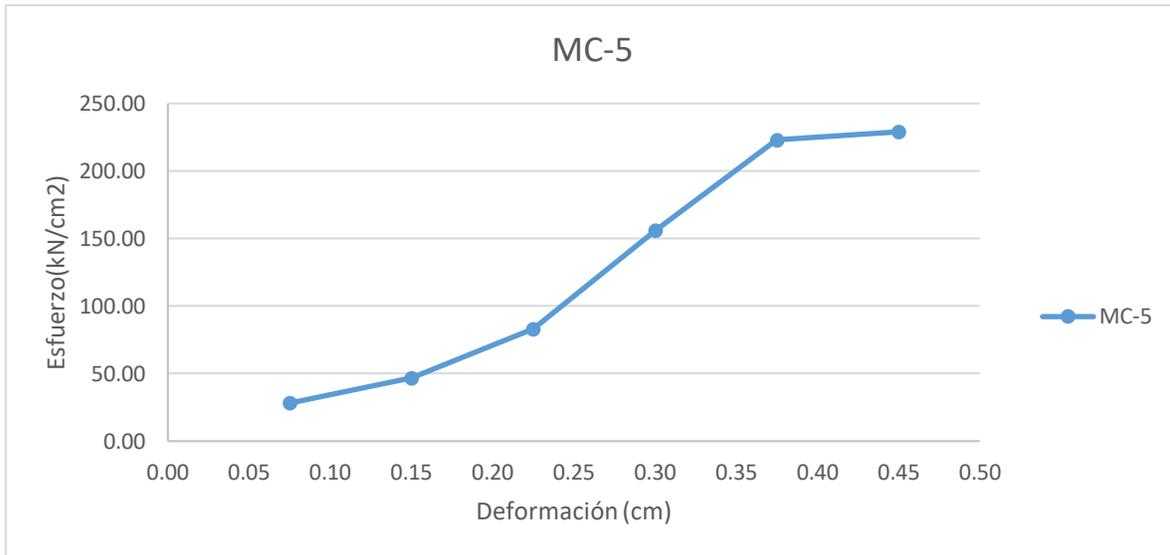
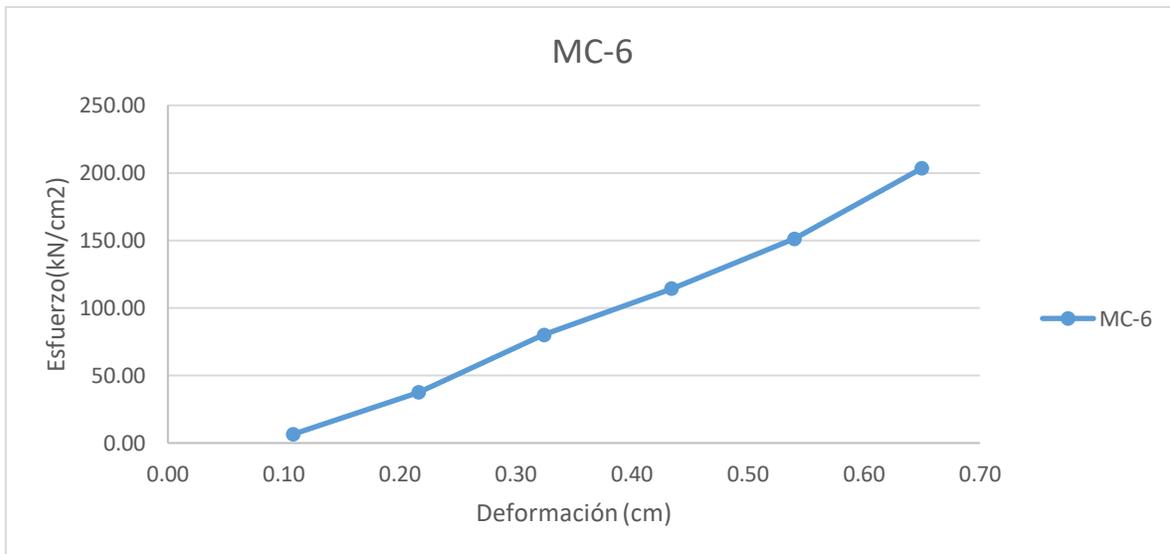


Gráfico 30 Probeta #6 compresión madera



- ANEXO FLEXIÓN MADERA PINO

Gráfico 31 Probeta #1 flexión madera

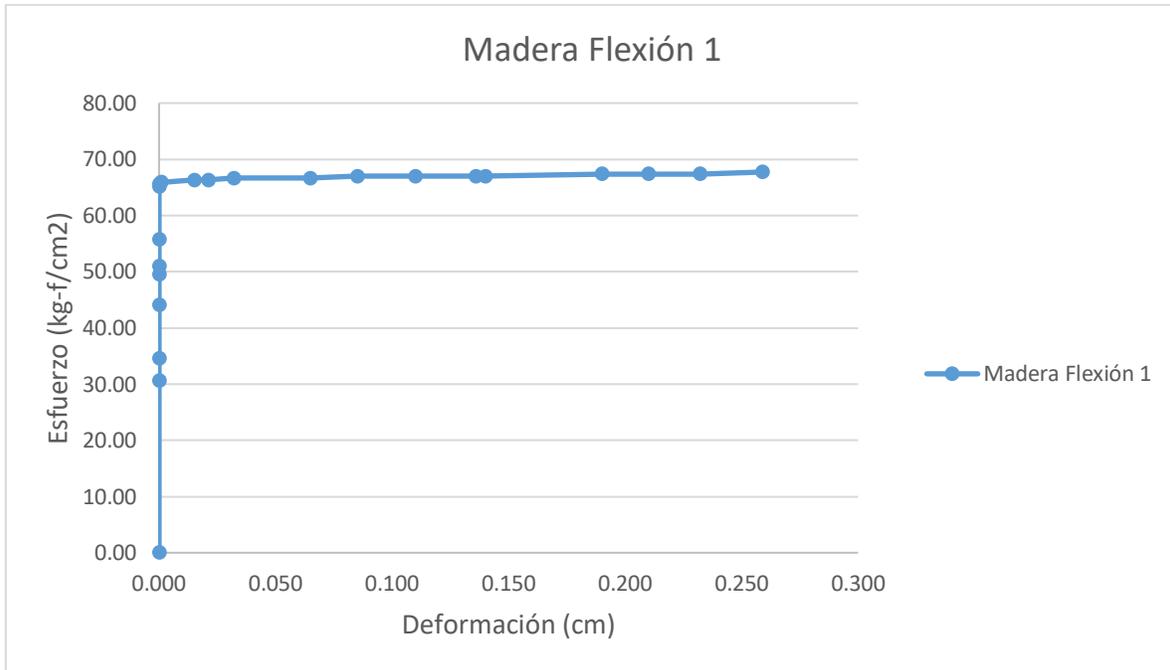


Gráfico 32 Probeta #2 flexión madera

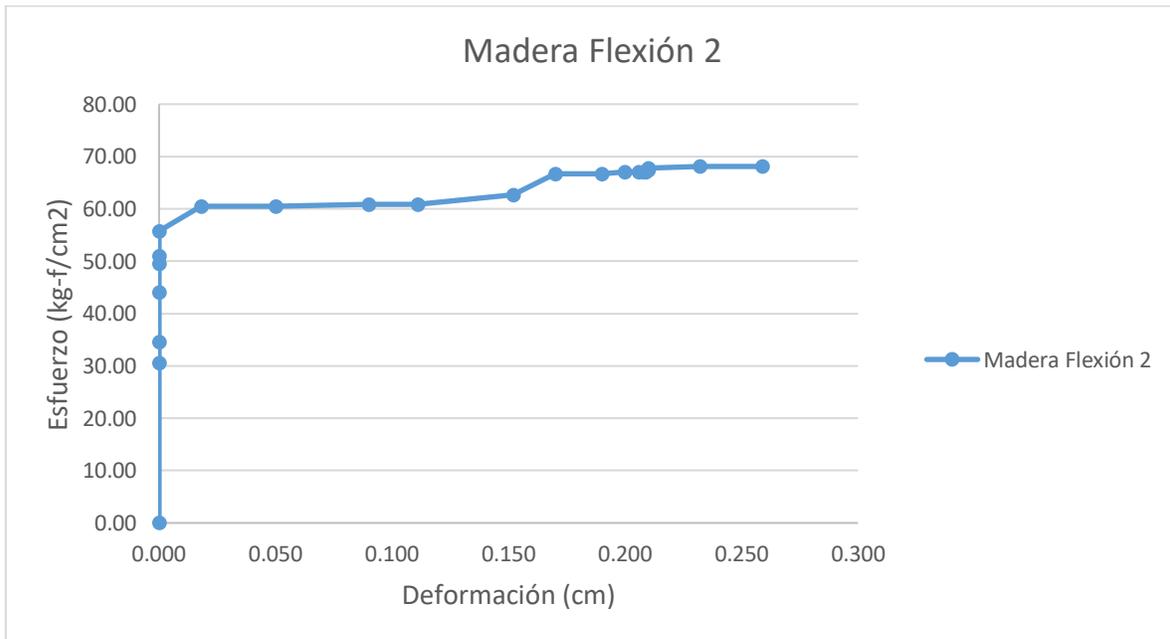


Gráfico 33 Probeta #3 flexión madera

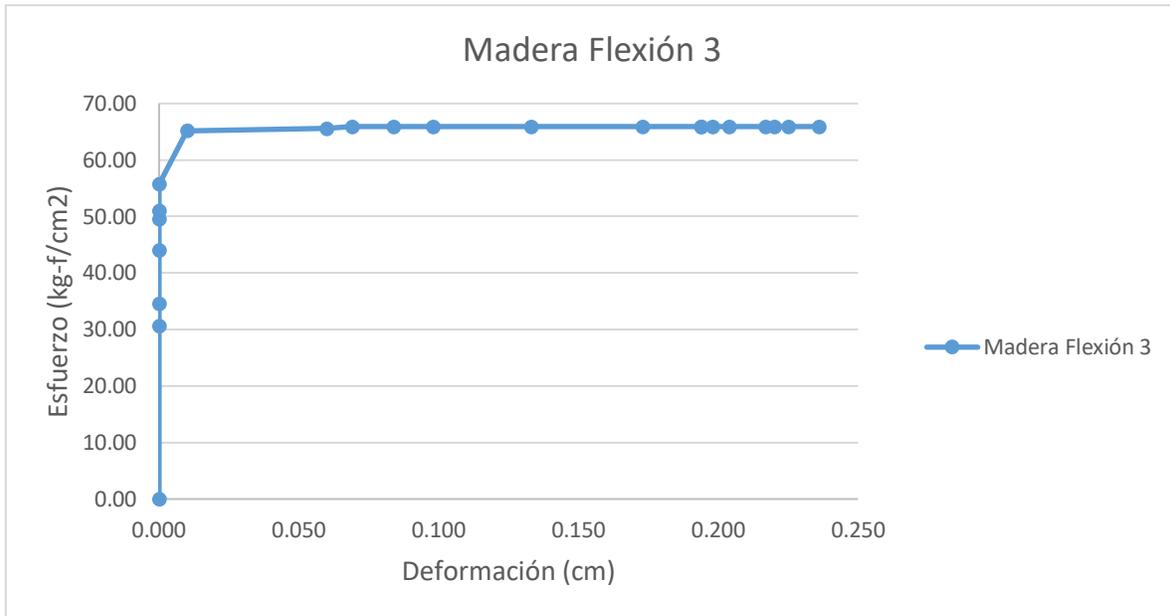


Gráfico 34 Probeta #4 flexión madera

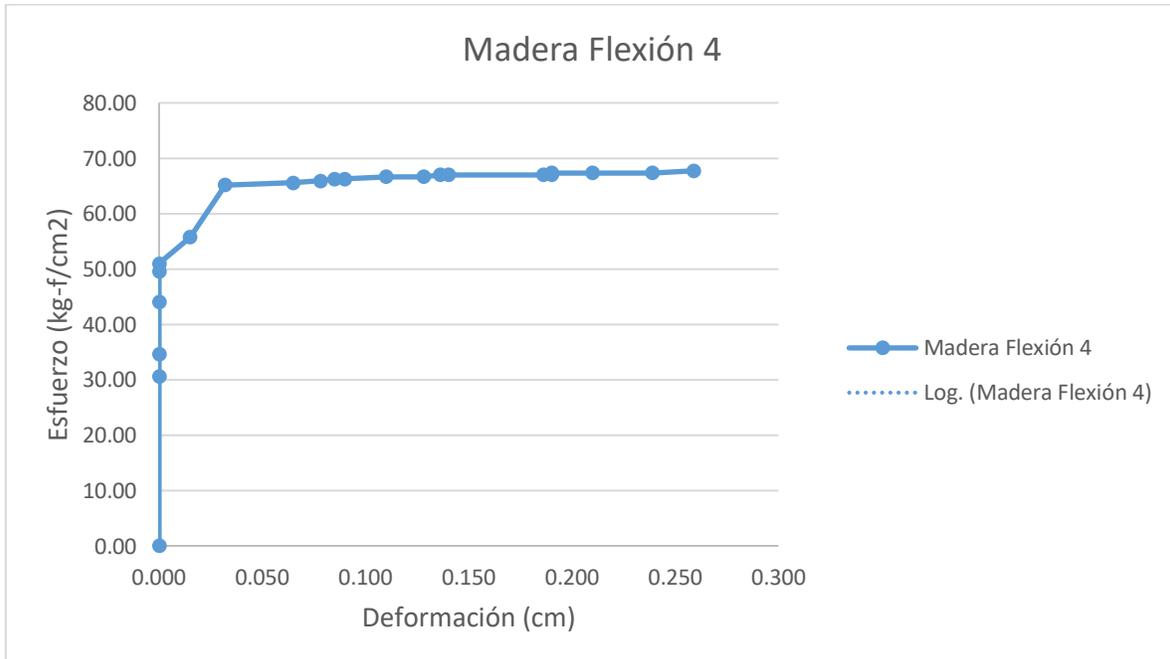


Gráfico 35 Probeta #5 flexión madera

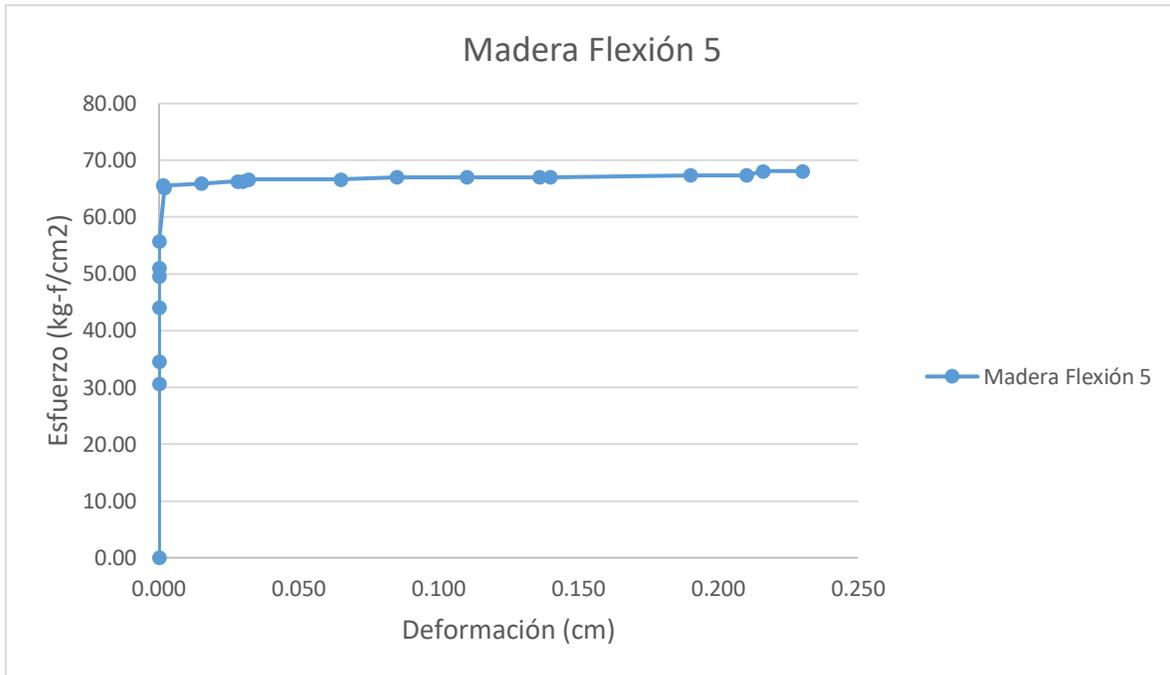
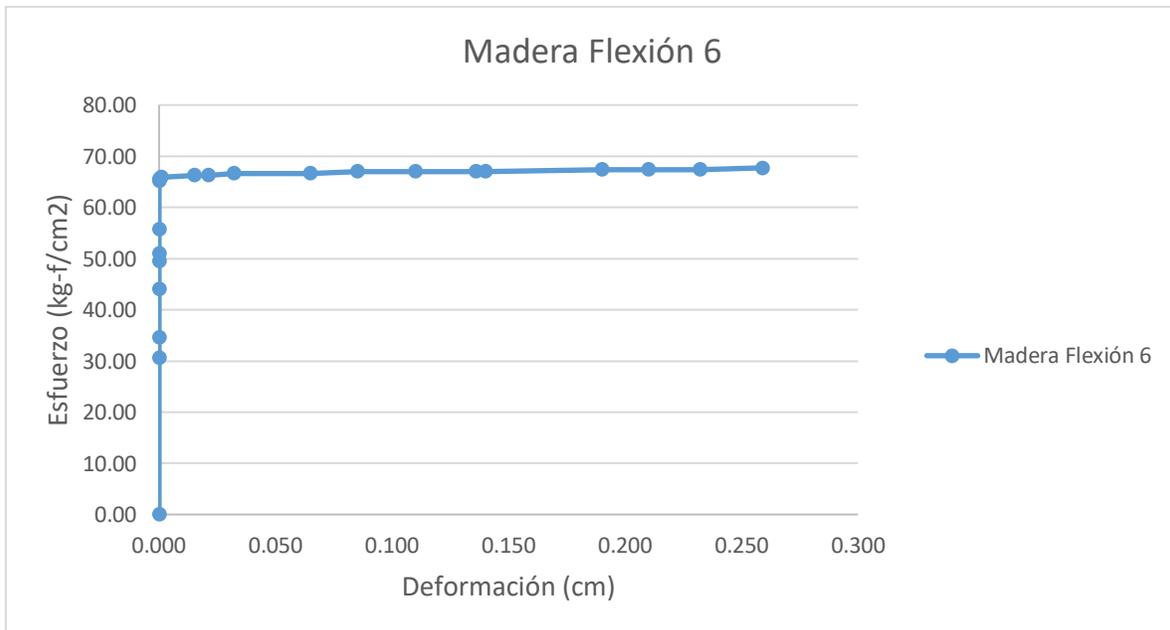


Gráfico 36 Probeta #6 flexión madera



- ANEXO COMPRESIÓN POLIESTIRENO EXPANDIDO EPS

Gráfico 37 Probeta #1 compresión EPS

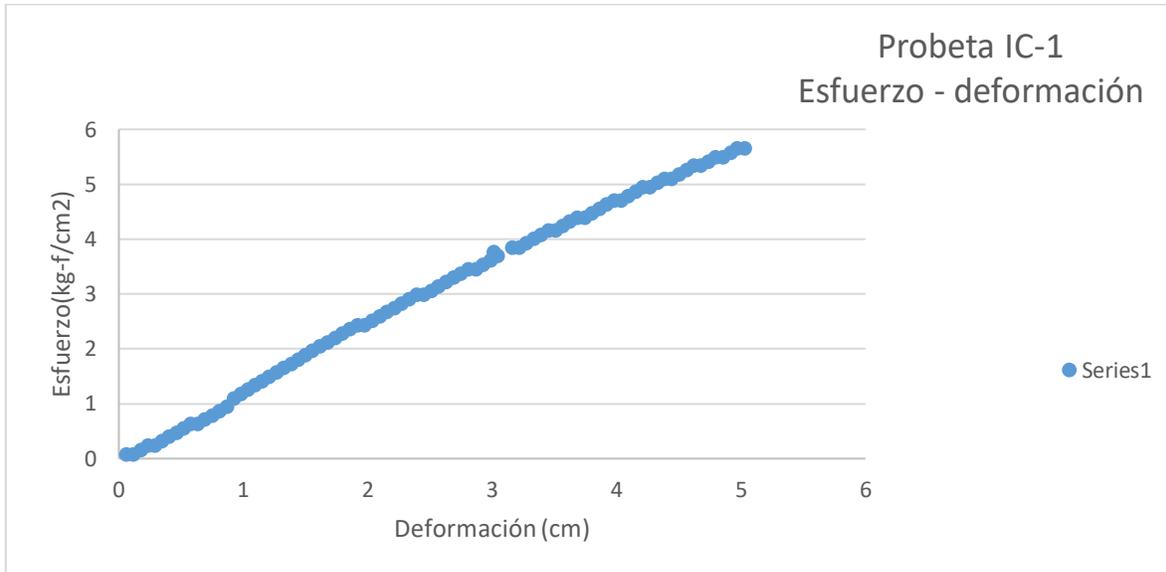


Gráfico 38 Probeta #2 compresión EPS

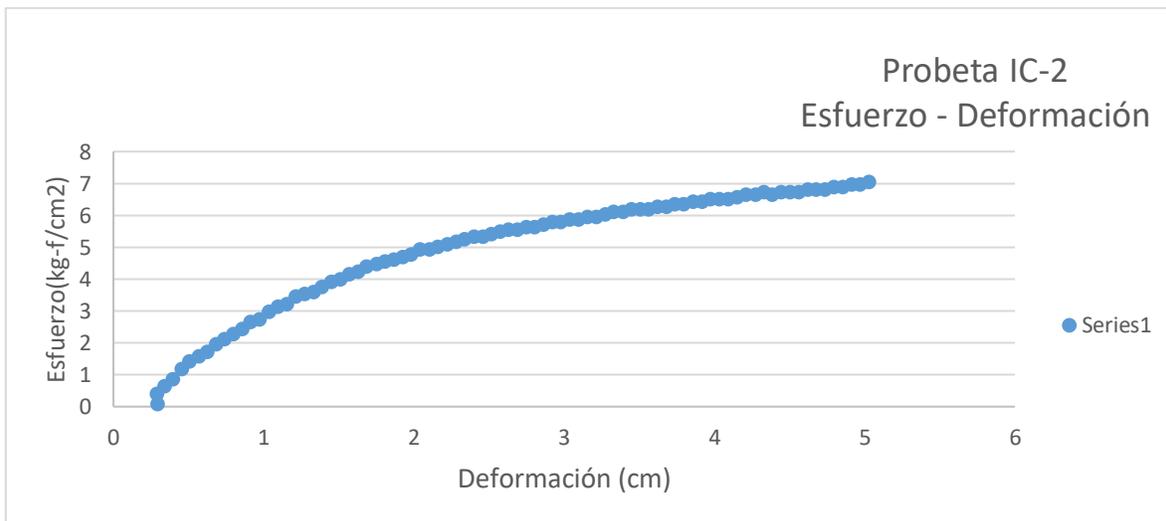


Gráfico 39 Probeta #3 compresión EPS

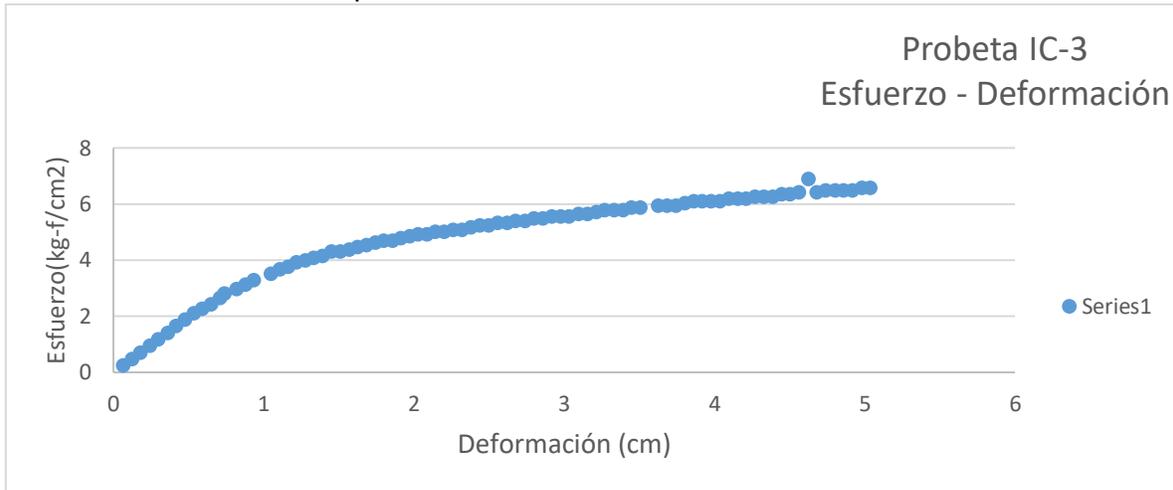


Gráfico 40 Probeta #4 compresión EPS

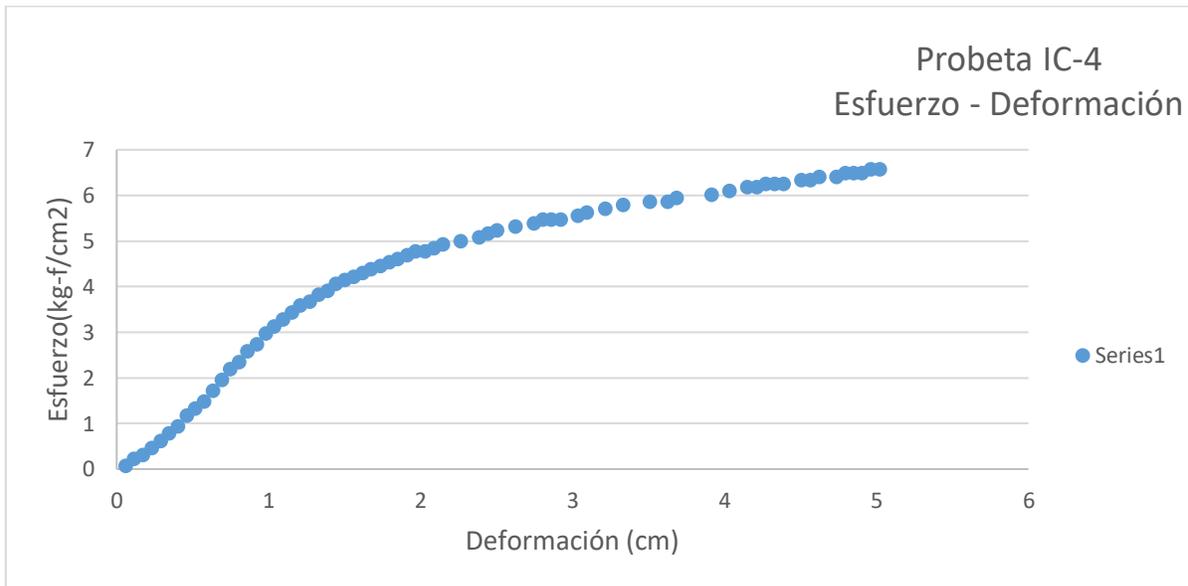
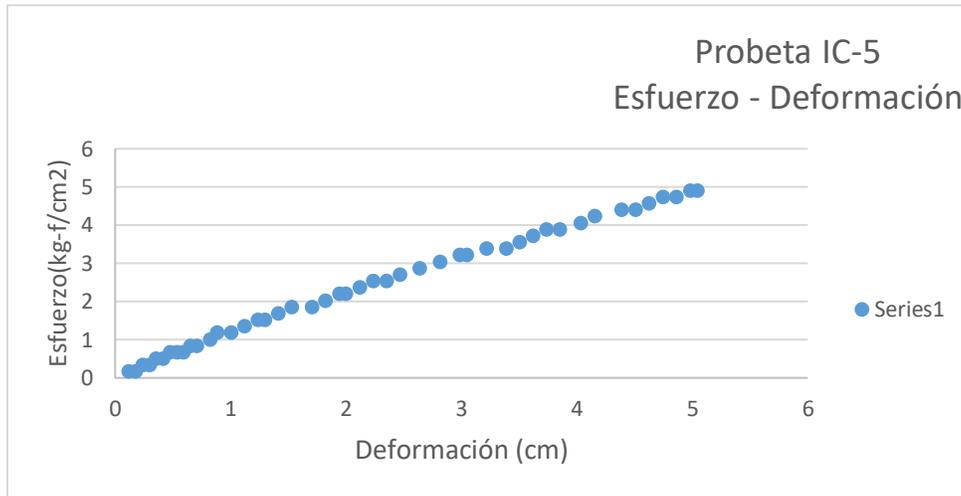


Gráfico 41 Probeta #5 compresión EPS



- ANEXO GRÁFICOS COMPRESIÓN Y FLEXION TEREF TALATO DE POLIETILENO PET

Gráfico 42 Probeta #1 compresión PET

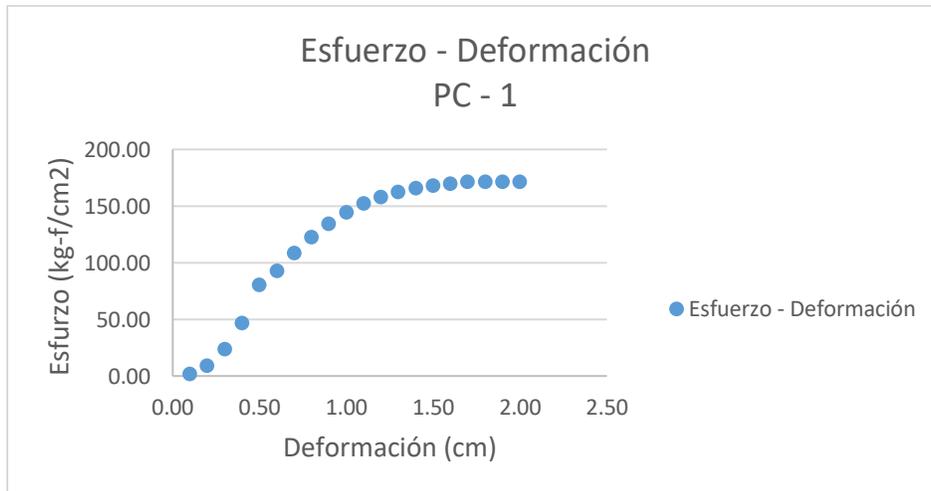


Gráfico 43 Probeta #2 compresión PET

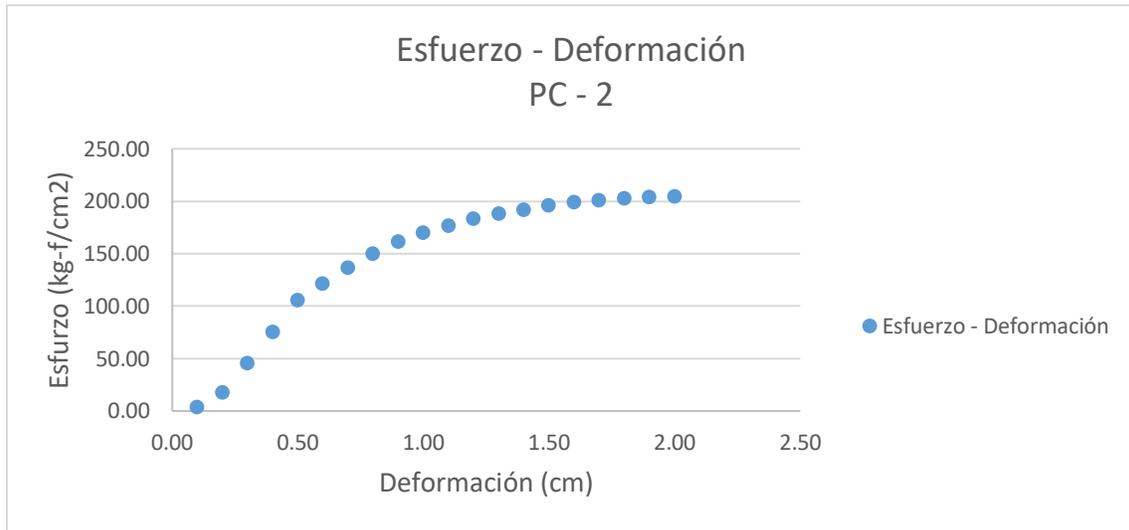


Gráfico 44 Probeta #3 compresión PET

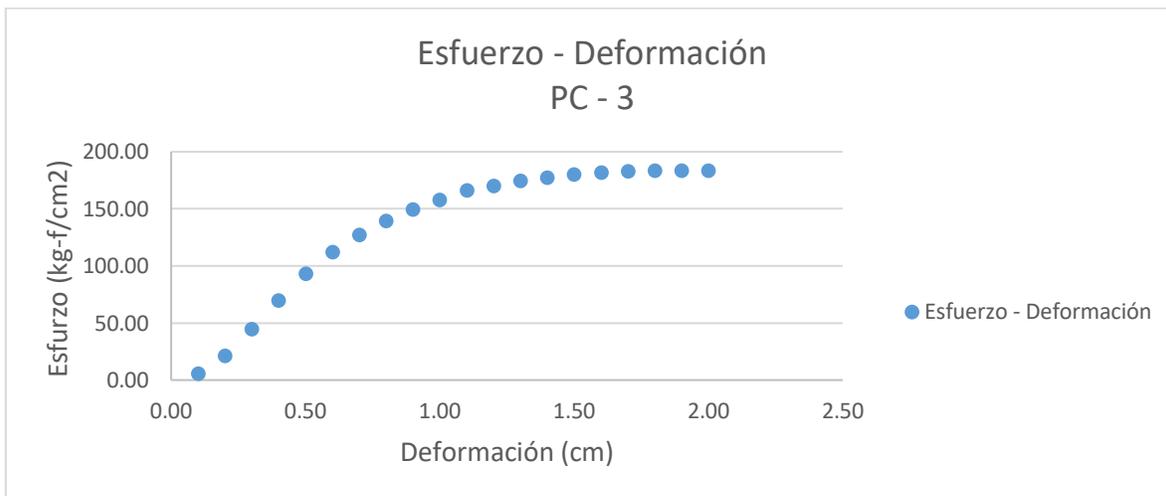


Gráfico 45 Probeta #4 compresión PET

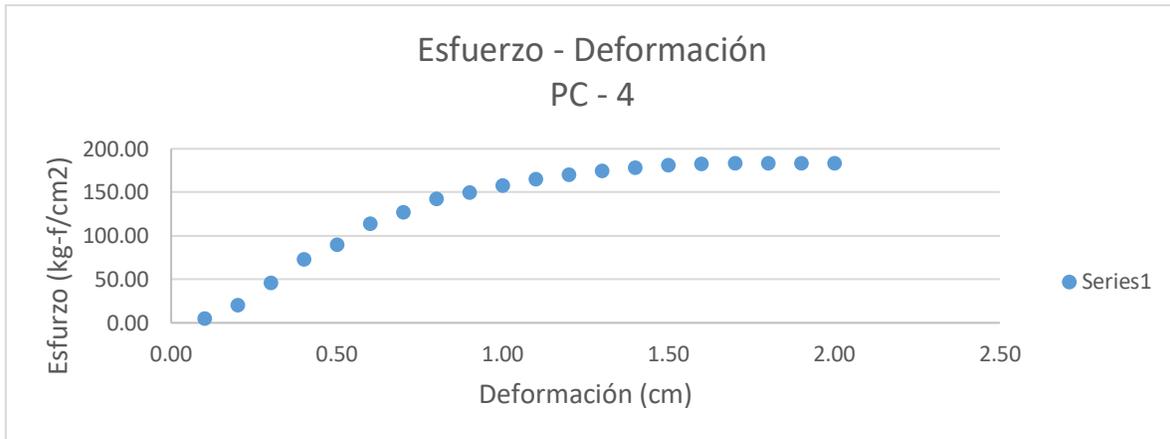


Gráfico 46 Probeta #5 compresión PET

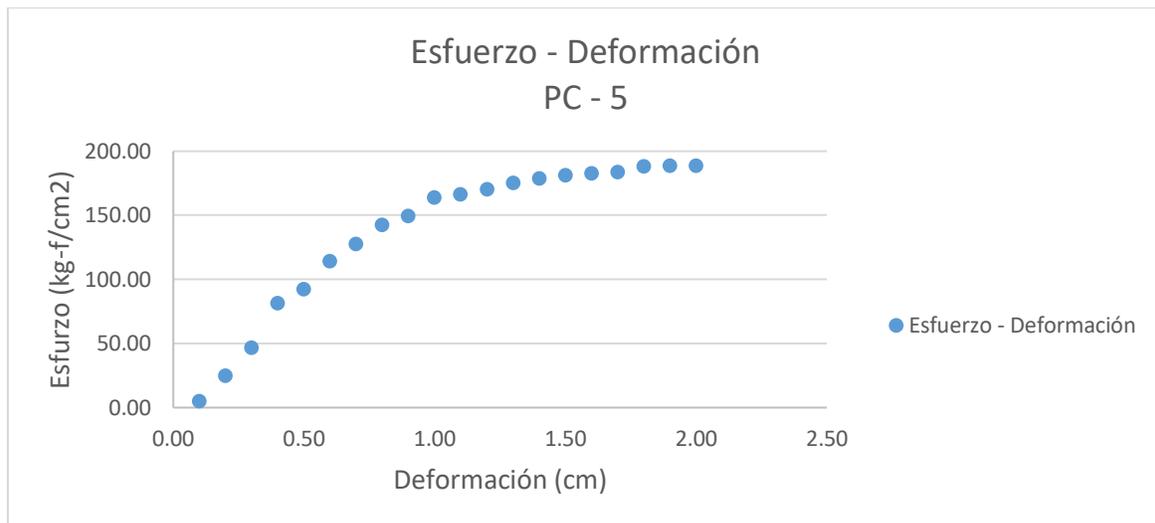


Gráfico 47 Probeta #6 compresión PET

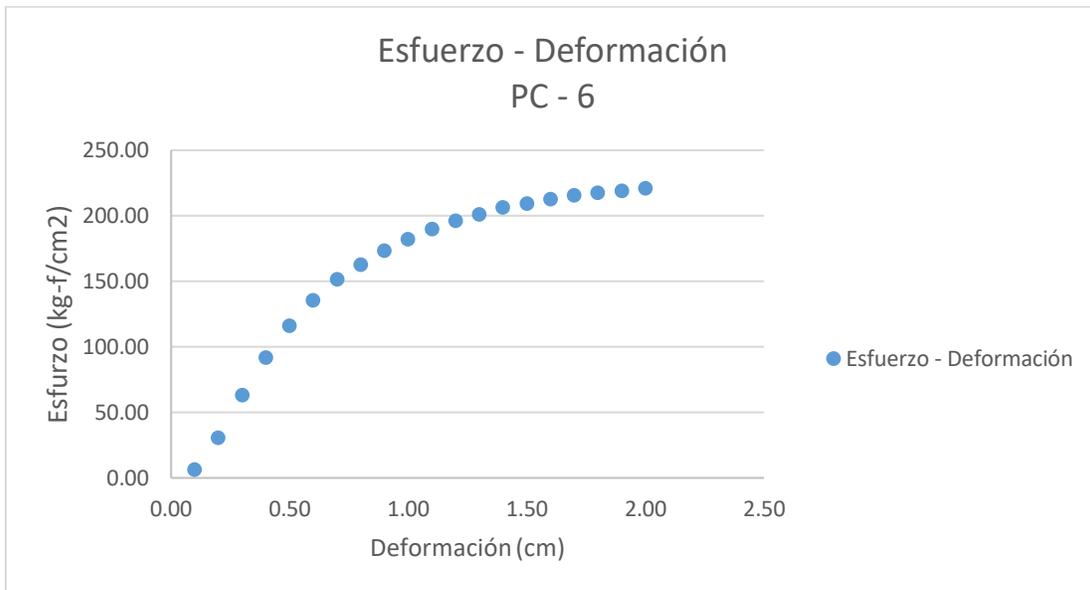


Gráfico 48 Probeta #1 flexión PET

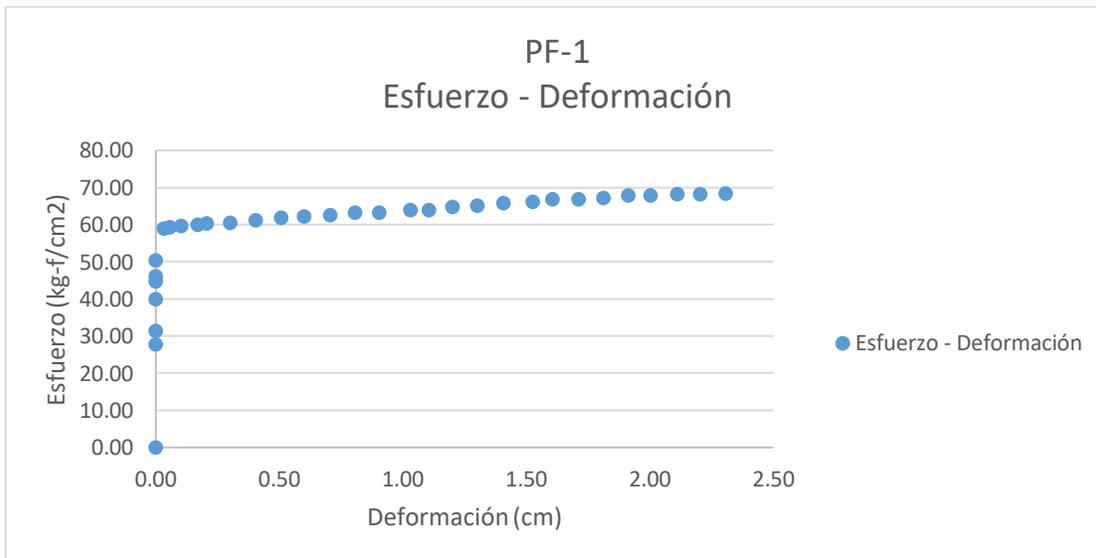


Gráfico 49 Probeta #2 flexión PET

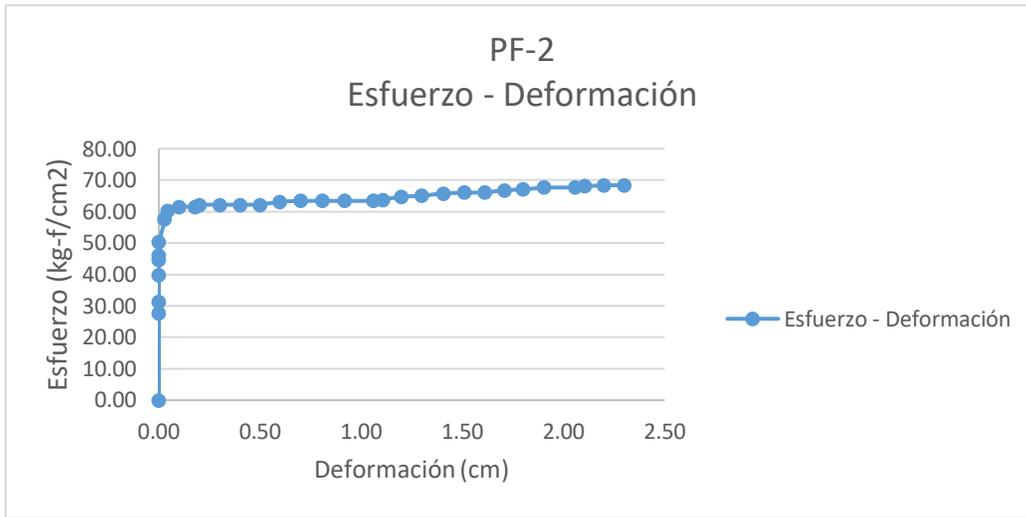


Gráfico 50 Probeta #3 flexión PET

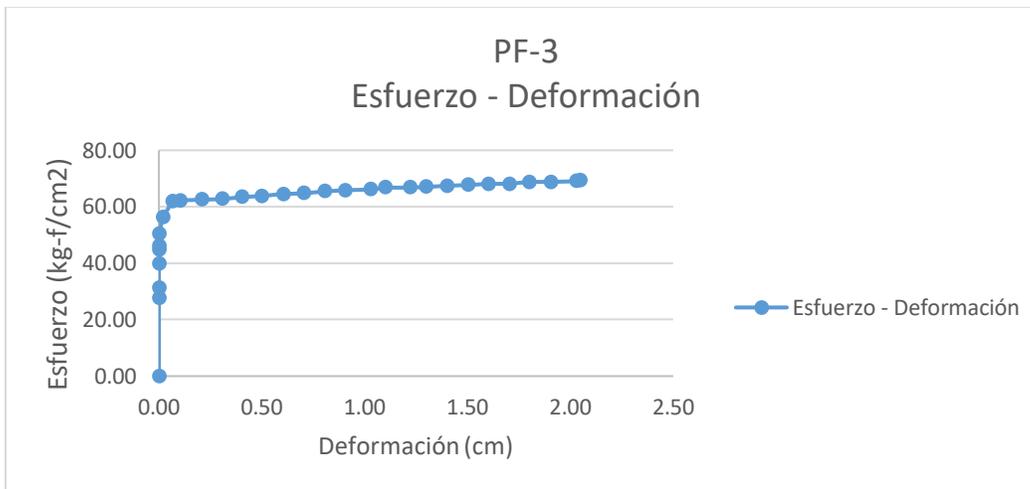


Gráfico 51 Probeta #4 flexión PET

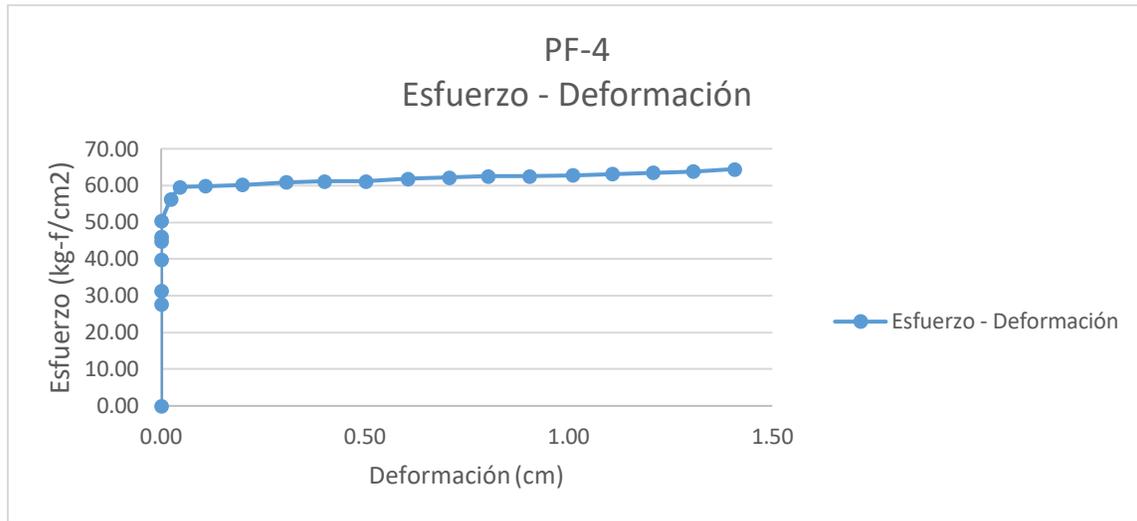


Gráfico 52 Probeta #5 flexión PET

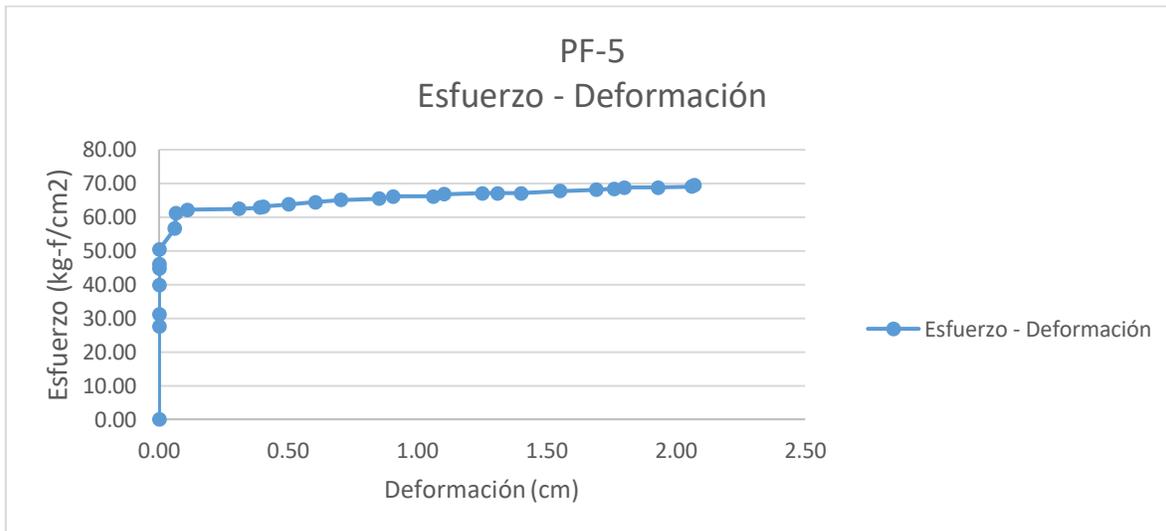
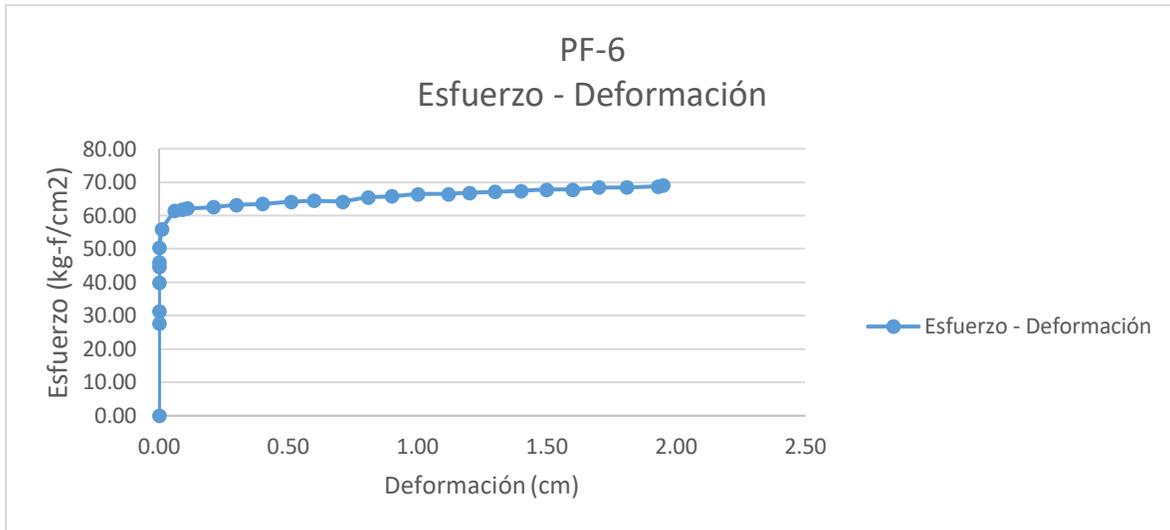


Gráfico 53 Probeta #6 flexión PET



- Anexo 1 3 Anexos Fotográficos

En este apartado, se deja en evidencia la asistencia al laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia. se identifican las probetas y las imágenes captadas en el laboratorio.

Equipos utilizados en laboratorio





Los anteriores registros fotográficos representan los equipos utilizados en el laboratorio de la Universidad la Gran Colombia. Estos equipos fueron utilizados bajo supervisión del laboratorista ayudando a generar mayor confiabilidad a los resultados.



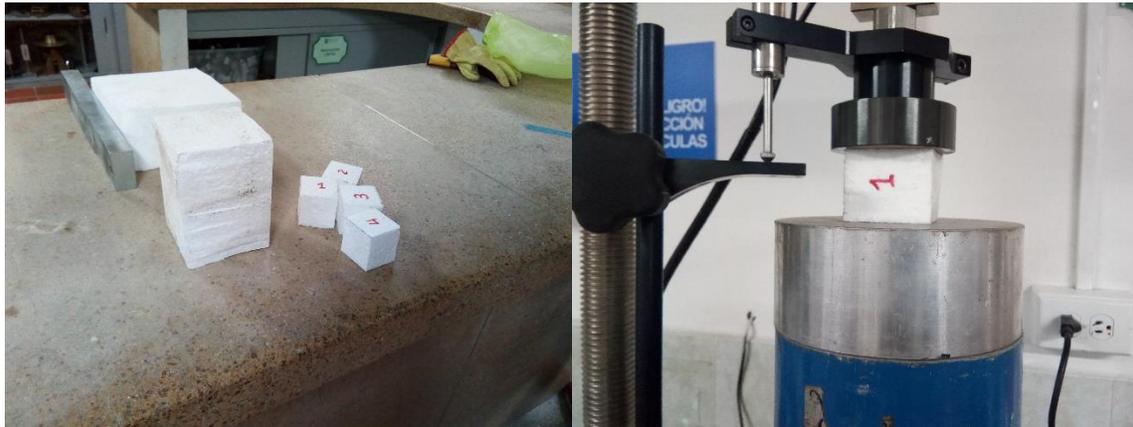
Los materiales mostrados madera pino radiata y poliestireno expandido junto con Tereftalato de polietileno fueron medidos y pesados previamente en el laboratorio para generar resultados y ser tenidos en cuenta en el proceso de análisis de resultados.



Las muestras de madera que se muestran anteriormente demuestran la aplicación de ensayos de compresión y flexión bajo parámetros de carga.



Para los ensayos realizados con el Tereftalato de polietileno se muestra que estos fueron realizados en similitud a los del pino, como se evidencia este material sufre deformaciones desconsideración.



Para el poliestireno expandido se evidencia que los ensayos realizados en el laboratorio fueron elaborados en la maquina Humboldt con muestras del material icopor, de donde se tomaron datos guardados en el mismo equipo.

- Anexo 1 4 Anexos Tablas ETABS

Tabla 59 Reacciones para casetones

Datos de reacciones para casetones				
N°dato	Load Case/Combo	FX	FY	FZ
		kN	kN	kN
1	Dead	69,9	-24,7	123,3
2	Live	0,4	0,0	0,4
3	Comb1	70,3	-24,8	123,8
4	Comb2	84,6	-29,7	148,7
5	Dead	39,1	31,7	335,7
6	Live	0,2	0,2	1,4
7	Comb1	39,3	31,9	337,1
8	Comb2	47,3	38,4	405,1
9	Dead	-38,5	31,9	336,1
10	Live	-0,2	0,2	1,4
11	Comb1	-38,7	32,1	337,5
12	Comb2	-46,6	38,6	405,6
13	Dead	-70,0	-24,4	124,2
14	Live	-0,4	0,0	0,4
15	Comb1	-70,4	-24,4	124,6
16	Comb2	-84,7	-29,3	149,6
17	Dead	-51,6	-63,7	-2,5
18	Live	-0,2	-0,2	-0,1
19	Comb1	-51,9	-63,9	-2,7
20	Comb2	-62,4	-76,8	-3,2
21	Dead	51,0	-64,4	-2,8
22	Live	0,2	-0,2	-0,1
23	Comb1	51,2	-64,6	-2,9
24	Comb2	61,5	-77,6	-3,5
25	Dead	251,0	56,7	914,8
26	Live	1,2	0,0	3,5
27	Comb1	252,2	56,7	918,3
28	Comb2	303,2	68,1	1103,3
29	Dead	-250,8	57,0	915,6
30	Live	-1,2	0,0	3,5
31	Comb1	-252,0	57,0	919,1

Datos de reacciones para casetones				
N°dato	Load Case/Combo	FX	FY	FZ
		kN	kN	kN
32	Comb2	-302,9	68,4	1104,4
33	Dead	45,5	-26,4	180,3
34	Live	0,0	0,0	0,0
35	Comb1	45,5	-26,4	180,3
36	Comb2	54,6	-31,6	216,3
37	Dead	35,3	9,2	311,4
38	Live	0,0	0,0	0,0
39	Comb1	35,3	9,2	311,4
40	Comb2	42,4	11,0	373,6
41	Dead	-35,2	10,8	311,8
42	Live	0,0	0,0	0,0
43	Comb1	-35,2	10,8	311,8
44	Comb2	-42,3	13,0	374,1
45	Dead	-45,4	-25,8	181,4
46	Live	0,0	0,0	0,0
47	Comb1	-45,4	-25,8	181,4
48	Comb2	-54,5	-30,9	217,7
49	Dead	-13,9	-25,3	-52,9
50	Live	0,0	0,0	0,0
51	Comb1	-13,9	-25,3	-52,9
52	Comb2	-16,7	-30,3	-63,5
53	Dead	13,8	-26,6	-53,6
54	Live	0,0	0,0	0,0
55	Comb1	13,8	-26,6	-53,6
56	Comb2	16,6	-31,9	-64,3
57	Dead	91,0	41,9	929,6
58	Live	0,0	0,0	0,0
59	Comb1	91,0	41,9	929,6
60	Comb2	109,2	50,3	1115,5
61	Dead	-91,0	42,1	930,5
62	Live	0,0	0,0	0,0

Datos de reacciones para casetones				
N°da to	Load Case/Combombo	FX	FY	FZ
		kN	kN	kN
63	Comb1	-91,0	42,1	930,5
64	Comb2	-109,3	50,5	1116,6
65	Dead	37,0	-20,2	208,9
66	Live	0,0	0,1	0,2
67	Comb1	37,0	-20,1	209,1
68	Comb2	44,4	-24,1	251,0
69	Dead	-3,0	29,7	297,8
70	Live	0,0	0,0	0,1
71	Comb1	-3,0	29,7	297,8
72	Comb2	-3,7	35,7	357,4
73	Dead	-72,7	12,7	309,7
74	Live	0,0	0,0	0,0
75	Comb1	-72,6	12,7	309,7
76	Comb2	-87,2	15,3	371,6
77	Dead	-64,3	-15,1	235,4
78	Live	0,0	0,0	0,0
79	Comb1	-64,3	-15,1	235,4
80	Comb2	-77,1	-18,2	282,5
81	Dead	-38,8	-52,9	-193,1
82	Live	0,0	0,0	0,1
83	Comb1	-38,8	-52,9	-193,0

Datos de reacciones para casetones				
N°da to	Load Case/Combombo	FX	FY	FZ
		kN	kN	kN
84	Comb2	-46,5	-63,5	-231,6
85	Dead	12,3	-11,8	-14,4
86	Live	0,0	0,0	0,0
87	Comb1	12,3	-11,8	-14,4
88	Comb2	14,8	-14,1	-17,2
89	Dead	219,6	8,8	1051,1
90	Live	0,0	0,0	0,2
91	Comb1	219,6	8,8	1051,3
92	Comb2	263,6	10,5	1261,6
93	Dead	-90,3	48,7	843,1
94	Live	0,0	0,0	0,0
95	Comb1	-90,2	48,7	843,1
96	Comb2	-108,3	58,5	1011,7
	MODA	45,485 8	- 26,37 4	180,270 4
	MAX	303,16 36	68,40 49	1104,35 11
	MIN	- 302,90 27	- 77,61 3	- 231,583 4

- Resultados obtenidos de los tres casetones.

Tabla 60 Resultados ETABS para EPS

Resultados Poliéstireno expandido						
Loa d C a s e	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
De ad	- 216, 2	194, 9	487, 2	518, 1	- 539, 5	916, 0
De ad	- 231, 7	117, 5	391, 3	371, 4	- 485, 6	744, 3
De ad	33,0	170, 4	253, 6	364, 5	- 161, 0	466, 4
De ad	48,5	247, 8	349, 6	511, 7	- 215, 3	646, 8
De ad	-3,2	157, 9	121, 4	223, 1	-68,3	263, 9
De ad	-38,6	-19,4	58,3	30,1	-88,1	106, 3
De ad	- 268, 3	-65,3	138, 3	4,7	- 338, 3	340, 7
De ad	- 232, 8	112, 0	201, 4	204, 7	- 325, 5	463, 2
De ad	- 175, 9	106, 8	315, 6	311, 2	- 380, 3	599, 9
De ad	- 202, 9	-28,0	18,8	-26,0	- 204, 9	193, 2
De ad	- 1630 ,3	315, 9	129, 5	303, 2	- 1643 ,0	151 4,3
De ad	- 1600 ,4	- 166, 1	195, 6	- 139, 9	- 1626 ,6	156 1,3

Resultados Poliéstireno expandido						
Loa d C a s e	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
De ad	- 302, 9	-52,1	122, 8	-2,0	- 353, 0	352, 1
De ad	- 300, 1	-37,8	122, 7	10,6	- 348, 5	354, 0
De ad	- 307, 3	-52,9	236, 7	88,6	- 448, 9	499, 1
De ad	- 177, 4	-49,8	123, 3	25,3	- 252, 5	266, 0
De ad	- 168, 9	-7,0	123, 1	59,3	- 235, 2	269, 8
De ad	- 173, 7	-8,0	237, 0	160, 2	- 341, 9	444, 2
De ad	- 197, 1	-75,0	1,3	-75,0	- 197, 2	172, 4
De ad	-95,4	433, 9	-23,8	435, 0	-96,4	490, 4
De ad	- 597, 9	266, 6	- 208, 3	314, 2	- 645, 5	847, 4
De ad	- 686, 0	- 173, 9	- 151, 9	- 132, 3	- 727, 6	671, 3
De ad	-38,3	-19,3	5,6	-17,8	-39,8	34,6
De ad	-62,6	- 140, 8	103, 9	9,3	- 212, 8	217, 6

Resultados Poliestireno expandido						
Loa d Cas e	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
De ad	- 241, 6	- 176, 6	161, 6	-44,3	- 373, 9	353, 8
De ad	- 217, 3	-55,1	63,3	-33,3	- 239, 0	224, 2
De ad	17,6	64,6	- 126, 4	169, 6	-87,4	226, 4
De ad	-4,9	-48,1	-71,5	48,2	- 101, 2	132, 0
De ad	29,7	132, 5	135, 0	225, 5	-63,4	263, 0
De ad	-18,3	- 107, 2	80,6	29,3	- 154, 8	171, 3
De ad	-23,4	- 133, 0	181, 5	111, 4	- 267, 8	337, 5
De ad	64,2	305, 3	146, 1	374, 1	-4,6	376, 4
De ad	- 128, 8	266, 6	111, 9	296, 1	- 158, 2	399, 5
De ad	- 216, 4	- 171, 6	147, 3	-45,1	- 343, 0	322, 8
De ad	342, 6	360, 9	157, 4	509, 4	194, 1	445, 3
De ad	- 232, 5	239, 5	-32,6	241, 7	- 234, 8	412, 7
De ad	26,1	291, 2	- 137, 6	349, 8	-32,4	367, 0
De ad	-81,9	276, 0	48,5	282, 5	-88,3	335, 5

Resultados Poliestireno expandido						
Loa d Cas e	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
De ad	-12,0	- 144, 0	69,9	18,2	- 174, 1	183, 9
De ad	- 262, 5	- 1396, 8	272, 8	- 200, 3	- 1459, 0	136 9,9
De ad	24,5	1339, 4	464, 2	167, 5	- 1482, 4	157 2,9
De ad	275, 1	-86,6	261, 3	412, 0	- 223, 5	558, 4
De ad	- 387, 7	- 1421, 8	406, 7	- 246, 9	- 1562, 6	145 5,0
De ad	- 303, 4	- 1000, 5	765, 7	189, 3	- 1493, 2	159 6,3
De ad	264, 0	- 887, 0	- 1033, 7	871, 6	- 1494, 6	207 2,7
De ad	179, 7	- 1308, 4	138, 7	192, 6	- 1321, 2	142 7,2
De ad	73,9	38,7	158, 7	215, 9	- 103, 3	282, 2
De ad	- 164, 4	- 1152, 6	707, 7	204, 6	- 1521, 6	163 3,5
De ad	-68,2	- 1133, 3	700, 1	278, 9	- 1480, 4	163 7,7
De ad	170, 1	58,0	151, 1	275, 2	-47,1	301, 5
De ad	- 382, 6	- 1196, 2	- 283, 7	- 293, 4	- 1285, 3	116 6,6

Resultados Poliestireno expandido						
Loa d Cas e	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
De ad	- 150, 0	-33,3	- 972, 4	882, 5	- 1065 ,8	168 9,8
De ad	247, 4	46,2	299, 1	462, 3	- 168, 8	565, 9
De ad	14,8	- 1116 ,7	987, 8	587, 3	- 1689 ,3	204 7,2
De ad	5,0	24,9	-25,3	42,1	-12,2	49,4
De ad	- 169, 0	- 844, 9	27,0	- 167, 9	- 846, 0	775, 8
De ad	- 205, 2	- 852, 1	-40,9	- 202, 6	- 854, 7	773, 6
De ad	-31,2	17,7	-93,1	89,6	- 103, 0	166, 9
De ad	- 169, 0	- 844, 9	56,6	- 164, 3	- 849, 6	780, 5
De ad	- 170, 4	- 852, 0	183, 0	- 124, 4	- 898, 0	842, 7
De ad	- 206, 3	- 859, 2	193, 5	- 153, 2	- 912, 2	846, 1
De ad	- 204, 8	- 852, 1	67,1	- 198, 0	- 858, 9	779, 1
De ad	- 170, 4	- 852, 0	220, 9	- 105, 1	- 917, 4	869, 6
De ad	-29,5	- 147, 5	254, 9	173, 2	- 350, 2	461, 8

Resultados Poliestireno expandido						
Loa d Cas e	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
De ad	-26,2	- 146, 9	300, 8	220, 3	- 393, 3	538, 4
De ad	- 167, 1	- 851, 3	266, 8	-75,4	- 943, 1	907, 7
De ad	342, 2	- 3869 ,0	- 1193 ,3	656, 8	- 4183 ,7	454 7,8
De ad	1421 ,2	1526 ,2	- 1345 ,9	2820 ,6	126, 8	275 9,4
De ad	- 1057 ,2	1030 ,5	- 1128 ,8	1524 ,1	- 1550 ,9	266 3,1
De ad	- 2136 ,3	- 4364 ,7	- 976, 3	- 1769 ,1	- 4731 ,9	414 1,2
De ad	2732 ,3	547, 5	- 135, 3	2740 ,7	539, 2	251 4,8
De ad	2693 ,9	355, 4	15,1	2694 ,0	355, 3	253 5,1
De ad	- 1632 ,9	- 510, 0	35,7	- 508, 9	- 1634 ,1	144 8,3
De ad	- 1594 ,5	- 317, 9	- 114, 8	- 307, 6	- 1604 ,8	147 5,2
De ad	1197 ,2	56,0	753, 6	1571 ,9	- 318, 7	175 3,1
De ad	1039 ,6	- 731, 9	1025 ,8	1509 ,1	- 1201 ,4	235 2,4
De ad	- 840, 2	- 1107 ,9	911, 1	-53,1	- 1894 ,9	186 8,9

Resultados Poliestireno expandido						
Load Case	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-682,6	-319,9	639,0	162,9	-1165,5	1254,9

Resultados Poliestireno expandido						
Load Case	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Max	2732,3	1526,2	1025,8	2820,6	539,2	4547,8
Min	-2136,3	-4364,7	-1345,9	-1769,1	-4731,9	34,6

Tabla 61 Resultados ETABS para madera probetas

Resultados Madera						
Load Case	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-21,6	19,5	48,7	51,8	-5,4	9,2
Dead	-23,2	11,7	39,1	37,1	-4,9	7,4
Dead	3,3	17,0	25,4	36,5	-1,6	4,7
Dead	4,9	24,8	35,0	51,2	-2,2	6,5
Dead	-0,3	15,8	12,1	22,3	-0,7	2,6
Dead	-3,9	-1,9	5,8	3,0	-0,9	1,1
Dead	-26,8	-6,5	13,8	0,5	-3,4	3,4
Dead	-23,3	11,2	20,1	20,5	-3,3	4,6
Dead	-17,6	10,7	31,6	31,1	-3,8	6,0
Dead	-20,3	-2,8	1,9	-2,6	-2,0	1,9
Dead	-163,0	-31,6	-13,0	-30,3	-16,4	15,1
Dead	-160,0	-16,6	19,6	-14,0	-16,3	15,6
Dead	-30,3	-5,2	-12,3	-0,2	-3,5	3,5
Dead	-30,0	-3,8	-12,3	1,1	-3,5	3,5
Dead	-30,7	-5,3	-23,7	8,9	-4,5	5,0
Dead	-17,7	-5,0	-12,3	2,5	-2,5	2,7
Dead	-16,9	-0,7	-12,3	5,9	-2,4	2,7
Dead	-17,4	-0,8	-23,7	16,0	-3,4	4,4
Dead	-19,7	-7,5	0,1	-7,5	-2,0	1,7
Dead	-9,5	43,4	-2,4	43,5	-1,0	4,9
Dead	-59,8	26,7	-20,8	31,4	-6,5	8,5
Dead	-68,6	-17,4	-15,2	-13,2	-7,3	6,7
Dead	-3,8	-1,9	0,6	-1,8	-0,4	0,3

Resultados Madera						
Load Case	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-6,3	-14,1	10,4	0,9	-2,1	2,2
Dead	-24,2	-17,7	16,2	-4,4	-3,7	3,5
Dead	-21,7	-5,5	6,3	-3,3	-2,4	2,2
Dead	1,8	6,5	-12,6	17,0	-0,9	2,3
Dead	-0,5	-4,8	-7,1	4,8	-1,0	1,3
Dead	3,0	13,2	13,5	22,6	-0,6	2,6
Dead	-1,8	-10,7	8,1	2,9	-1,5	1,7
Dead	-2,3	-13,3	18,1	11,1	-2,7	3,4
Dead	6,4	30,5	14,6	37,4	0,0	3,8
Dead	-12,9	26,7	11,2	29,6	-1,6	4,0
Dead	-21,6	-17,2	14,7	-4,5	-3,4	3,2
Dead	34,3	36,1	15,7	50,9	1,9	4,5
Dead	-23,3	23,9	-3,3	24,2	-2,3	4,1
Dead	2,6	29,1	-13,8	35,0	-0,3	3,7
Dead	-8,2	27,6	4,8	28,2	-0,9	3,4
Dead	-1,2	-14,4	7,0	1,8	-1,7	1,8
Dead	-26,3	-139,7	27,3	-20,0	-14,6	13,7
Dead	2,5	-133,9	46,4	16,8	-14,8	15,7
Dead	27,5	-8,7	26,1	41,2	-2,2	5,6
Dead	-38,8	-142,2	40,7	-24,7	-15,6	14,6
Dead	-30,3	-100,0	-76,6	18,9	-14,9	16,0
Dead	26,4	-88,7	-103,4	87,2	-14,9	20,7
Dead	18,0	-130,8	13,9	19,3	-13,2	14,3
Dead	7,4	3,9	15,9	21,6	-1,0	2,8
Dead	-16,4	-115,3	70,8	20,5	-15,2	16,3
Dead	-6,8	-113,3	70,0	27,9	-14,8	16,4
Dead	17,0	5,8	15,1	27,5	-0,5	3,0
Dead	-38,3	-119,6	-28,4	-29,3	-12,9	11,7
Dead	-15,0	-3,3	-97,2	88,2	-10,7	16,9
Dead	24,7	4,6	29,9	46,2	-1,7	5,7
Dead	1,5	-111,7	98,8	58,7	-16,9	20,5
Dead	0,5	2,5	-2,5	4,2	-0,1	0,5
Dead	-16,9	-84,5	2,7	-16,8	-8,5	7,8
Dead	-20,5	-85,2	-4,1	-20,3	-8,5	7,7
Dead	-3,1	1,8	-9,3	9,0	-1,0	1,7

Resultados Madera						
Load Case	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-16,9	-84,5	5,7	-16,4	-8,5	7,8
Dead	-17,0	-85,2	18,3	-12,4	-9,0	8,4
Dead	-20,6	-85,9	19,4	-15,3	-9,1	8,5
Dead	-20,5	-85,2	6,7	-19,8	-8,6	7,8
Dead	-17,0	-85,2	22,1	-10,5	-9,2	8,7
Dead	-3,0	-14,8	25,5	17,3	-3,5	4,6
Dead	-2,6	-14,7	30,1	22,0	-3,9	5,4
Dead	-16,7	-85,1	26,7	-7,5	-9,4	9,1
Dead	34,2	-386,9	-119,3	65,7	-41,8	45,5
Dead	142,1	152,6	-134,6	282,1	1,3	27,6
Dead	-105,7	103,0	-112,9	152,4	-15,5	26,6
Dead	-213,6	-436,5	-97,6	-176,9	-47,3	41,4
Dead	273,2	54,8	-13,5	274,1	5,4	25,1
Dead	269,4	35,5	1,5	269,4	3,6	25,4
Dead	-163,3	-51,0	3,6	-50,9	-16,3	14,5
Dead	-159,5	-31,8	-11,5	-30,8	-16,0	14,8
Dead	119,7	5,6	75,4	157,2	-3,2	17,5
Dead	104,0	-73,2	102,6	150,9	-12,0	23,5
Dead	-84,0	-110,8	91,1	-5,3	-18,9	18,7
Dead	-68,3	-32,0	63,9	16,3	-11,7	12,5

Tabla 62 Resultados ETABS PET

Resultados Tereftalato de poliestireno						
Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-1,2	4,3	1,3	4,6	-1,5	5,5
Dead	-2,1	-0,6	0,7	-0,3	-2,4	2,3
Dead	-6,6	-1,5	2,2	-0,7	-7,4	7,1
Dead	-5,7	3,4	2,8	4,2	-6,4	9,3
Dead	0,7	3,2	-0,8	3,4	0,5	3,2
Dead	-0,2	-1,3	-0,9	0,3	-1,8	1,9
Dead	-2,4	-1,7	-0,6	-1,4	-2,7	2,3
Dead	-1,5	2,7	-0,5	2,8	-1,5	3,8

Resultados Tereftalato de poliestireno						
Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-2,4	-0,8	0,7	-0,6	-2,7	2,5
Dead	-2,4	-0,4	-0,8	-0,1	-2,6	2,6
Dead	-14,8	-2,8	-0,7	-2,8	-14,9	13,7
Dead	-14,9	-3,3	1,1	-3,2	-15,0	13,7
Dead	-13,4	-2,5	-1,4	-2,3	-13,5	12,5
Dead	-13,4	-2,4	-1,3	-2,3	-13,5	12,5
Dead	-14,5	-2,7	-2,0	-2,4	-14,9	13,8
Dead	-5,0	-1,0	-1,6	-0,4	-5,6	5,4
Dead	-5,0	-0,7	-1,5	-0,2	-5,4	5,3
Dead	-6,9	-1,1	-2,1	-0,4	-7,6	7,4
Dead	-2,0	-0,5	-1,2	0,2	-2,7	2,8
Dead	-1,0	4,5	-1,3	4,8	-1,3	5,6
Dead	-5,8	3,1	-2,5	3,7	-6,4	8,9
Dead	-6,7	-1,5	-2,1	-0,7	-7,5	7,1
Dead	0,0	-1,2	-0,5	0,1	-1,4	1,5
Dead	0,0	-1,2	0,6	0,2	-1,5	1,6
Dead	-2,7	-1,8	0,4	-1,6	-2,9	2,5
Dead	-2,7	-1,8	-0,6	-1,5	-3,0	2,6
Dead	0,1	0,1	-0,8	0,9	-0,6	1,3
Dead	0,0	-0,4	-0,3	0,2	-0,5	0,7
Dead	0,2	1,0	0,8	1,5	-0,3	1,7
Dead	0,0	-0,4	0,4	0,2	-0,7	0,8
Dead	-0,2	-1,3	0,9	0,3	-1,8	2,0
Dead	0,7	3,1	0,7	3,3	0,5	3,1
Dead	-1,4	2,7	0,4	2,8	-1,5	3,7
Dead	-2,3	-1,7	0,6	-1,3	-2,7	2,3
Dead	1,9	3,4	1,1	4,0	1,3	3,5
Dead	-1,0	2,7	-0,2	2,8	-1,0	3,4
Dead	0,6	3,1	-1,0	3,4	0,3	3,3
Dead	-1,1	2,8	0,3	2,8	-1,1	3,5
Dead	0,4	0,1	1,7	2,0	-1,5	3,0
Dead	-2,5	-14,5	4,4	-1,1	-16,0	15,5
Dead	0,2	-14,0	6,1	2,5	-16,2	17,5
Dead	3,1	0,7	3,3	5,5	-1,7	6,5
Dead	-4,3	-14,9	5,0	-2,4	-16,8	15,8

Resultados Tereftalato de poliestireno						
Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-3,2	-9,2	-8,8	3,1	-15,5	17,3
Dead	3,1	-7,9	-10,4	9,3	-14,1	20,5
Dead	2,0	-13,6	3,4	2,7	-14,3	15,8
Dead	0,4	0,1	1,7	2,0	-1,4	3,0
Dead	-2,5	-14,4	4,5	-1,0	-15,9	15,4
Dead	0,2	-13,9	6,1	2,5	-16,1	17,5
Dead	3,2	0,7	3,3	5,5	-1,6	6,4
Dead	-4,3	-14,8	5,0	-2,3	-16,8	15,7
Dead	-3,2	-9,3	-9,2	3,4	-15,9	17,9
Dead	2,9	-8,1	-10,5	9,3	-14,4	20,7
Dead	1,8	-13,6	3,7	2,7	-14,4	15,9
Dead	0,0	0,1	-1,6	1,6	-1,5	2,7
Dead	-1,5	-7,6	-1,1	-1,3	-7,8	7,3
Dead	-1,5	-7,6	-1,6	-1,1	-8,0	7,6
Dead	0,1	0,1	-2,1	2,2	-2,0	3,6
Dead	-1,5	-7,6	-0,7	-1,4	-7,7	7,1
Dead	-1,5	-7,6	0,7	-1,4	-7,7	7,1
Dead	-1,3	-7,6	0,7	-1,2	-7,7	7,2
Dead	-1,3	-7,6	-0,7	-1,2	-7,7	7,1
Dead	-1,5	-7,6	1,1	-1,3	-7,8	7,3
Dead	0,0	0,0	1,6	1,6	-1,5	2,7
Dead	0,1	0,0	2,1	2,1	-2,0	3,6
Dead	-1,5	-7,6	1,6	-1,1	-8,0	7,6
Dead	7,2	-7,2	-10,9	13,1	-13,1	22,7
Dead	8,8	0,8	-8,5	14,2	-4,6	17,0
Dead	-6,8	-2,3	-7,3	3,1	-12,2	14,0
Dead	-8,4	-10,3	-9,7	0,4	-19,1	19,3
Dead	20,3	3,1	-2,6	20,7	2,7	19,5
Dead	20,3	2,9	2,4	20,6	2,5	19,4
Dead	-15,1	-4,2	2,5	-3,7	-15,7	14,2
Dead	-15,1	-4,0	-2,5	-3,4	-15,7	14,3
Dead	-14,7	0,7	2,6	1,1	-15,1	15,7
Dead	-14,6	1,2	-3,2	1,8	-15,2	16,2
Dead	-25,0	-0,9	-2,0	-0,7	-25,1	24,8
Dead	-25,1	-1,4	3,8	-0,8	-25,7	25,3

Resultados Tereftalato de poliestireno						
Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	8,9	0,6	8,5	14,2	-4,7	17,0
Dead	7,3	-7,1	11,1	13,3	-13,1	22,9
Dead	-8,5	-10,2	9,9	0,6	-19,3	19,6
Dead	-7,0	-2,6	7,3	2,9	-12,4	14,1

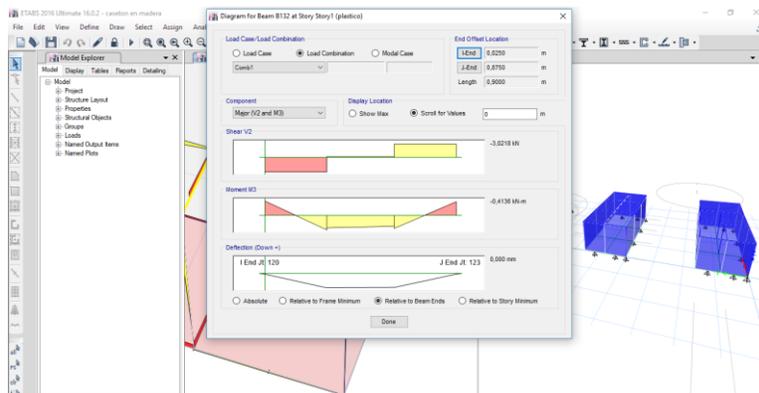
Tabla 63 poliestireno expandido

Resultados Poliestireno expandido						
Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-2,3	4,8	1,6	5,1	-2,7	6,9
Dead	-3,2	0,1	2,6	1,5	-4,6	5,6
Dead	-2,3	0,3	1,8	1,3	-3,2	4,0
Dead	-1,3	5,0	0,9	5,1	-1,5	6,0
Dead	-1,2	2,3	0,8	2,5	-1,4	3,4
Dead	-1,8	-0,7	0,1	-0,7	-1,8	1,6
Dead	-3,5	-1,0	0,7	-0,8	-3,7	3,3
Dead	-2,9	2,0	1,4	2,3	-3,2	4,9
Dead	-2,1	0,2	1,4	0,9	-2,8	3,3
Dead	-2,1	0,3	-1,4	0,9	-2,7	3,3
Dead	-11,4	-1,5	-1,5	-1,3	-11,6	11,0
Dead	-11,4	-1,6	1,5	-1,4	-11,6	11,0
Dead	-11,0	-1,5	-1,8	-1,1	-11,4	10,9
Dead	-11,0	-1,4	-1,9	-1,1	-11,4	10,9
Dead	-10,2	-1,3	-2,3	-0,7	-10,8	10,4
Dead	-1,9	0,3	-1,8	1,3	-2,9	3,7
Dead	-1,8	0,4	-1,8	1,5	-2,9	3,8
Dead	-1,7	0,5	-2,3	1,9	-3,2	4,4
Dead	-3,2	0,4	-2,6	1,7	-4,5	5,6
Dead	-2,3	4,9	-1,6	5,3	-2,6	7,0
Dead	-1,5	4,9	-0,8	5,0	-1,6	6,0
Dead	-2,5	0,0	-1,7	0,9	-3,4	3,9
Dead	-2,4	-0,8	-0,4	-0,7	-2,5	2,2
Dead	-2,4	-0,9	0,4	-0,8	-2,5	2,2

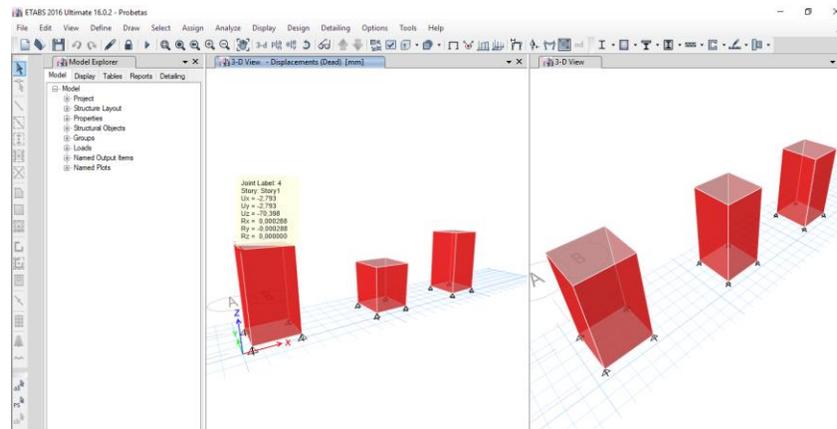
Resultados Poliestireno expandido						
Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-2,4	-0,9	0,4	-0,8	-2,5	2,2
Dead	-2,4	-0,8	-0,4	-0,7	-2,5	2,2
Dead	-1,8	-1,0	0,5	-0,8	-2,0	1,7
Dead	-1,6	-0,2	0,5	-0,1	-1,8	1,8
Dead	-1,6	0,1	-0,5	0,2	-1,7	1,9
Dead	-1,4	1,0	-0,5	1,1	-1,5	2,3
Dead	-1,8	-0,7	-0,2	-0,7	-1,8	1,6
Dead	-1,2	2,3	-0,8	2,5	-1,3	3,4
Dead	-2,8	2,0	-1,4	2,3	-3,2	4,8
Dead	-3,4	-1,1	-0,7	-0,9	-3,6	3,3
Dead	-1,8	2,2	-0,2	2,2	-1,8	3,5
Dead	2,0	2,9	0,1	2,9	2,0	2,6
Dead	1,4	2,8	0,1	2,8	1,4	2,4
Dead	-1,5	2,3	-0,2	2,3	-1,5	3,3
Dead	0,2	1,1	-0,5	1,3	0,0	1,3
Dead	-1,9	-9,7	-0,4	-1,9	-9,7	8,9
Dead	-4,1	-10,1	-1,8	-3,6	-10,6	9,3
Dead	-1,9	0,7	-1,9	1,7	-2,9	4,0
Dead	-1,9	-9,7	-0,6	-1,9	-9,7	8,9
Dead	-1,9	-9,7	0,6	-1,9	-9,8	9,0
Dead	-4,8	-10,3	0,5	-4,8	-10,4	9,0
Dead	-4,8	-10,2	-0,6	-4,7	-10,3	8,9
Dead	-1,9	-9,7	0,4	-1,9	-9,8	8,9
Dead	0,2	1,1	0,5	1,3	0,0	1,3
Dead	-1,9	0,7	1,9	1,7	-2,9	4,0
Dead	-4,1	-10,2	1,8	-3,6	-10,6	9,4
Dead	1,3	1,3	2,5	3,9	-1,2	4,6
Dead	-2,3	-17,0	6,9	0,4	-19,7	19,9
Dead	-0,1	-16,6	5,9	1,8	-18,5	19,4
Dead	3,5	1,8	1,6	4,5	0,8	4,1
Dead	-6,6	-17,9	2,3	-6,2	-18,3	16,1
Dead	-5,8	-13,9	-6,3	-2,4	-17,3	16,2
Dead	4,2	-11,9	-3,2	4,8	-12,5	15,4
Dead	3,4	-15,9	5,3	4,7	-17,2	20,0
Dead	-5,2	-13,7	-9,7	1,1	-20,0	20,6

Resultados Poliestireno expandido						
Load Case/Combo	F11	F22	F12	FMax	FMin	FVM
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Dead	-2,2	1,2	-8,3	8,0	-9,0	14,7
Dead	-2,7	1,1	-4,7	4,3	-5,9	8,8
Dead	-5,7	-13,8	-6,0	-2,5	-17,0	15,9
Dead	12,5	4,1	-1,6	12,8	3,8	11,4
Dead	12,5	4,1	1,6	12,8	3,8	11,4
Dead	-14,1	-1,2	1,6	-1,0	-14,3	13,8
Dead	-14,1	-1,2	-1,7	-1,0	-14,3	13,8
Dead	-2,1	1,2	8,4	8,0	-9,0	14,8
Dead	-5,1	-13,7	9,7	1,2	-20,0	20,6
Dead	-5,8	-13,9	6,0	-2,6	-17,1	15,9
Dead	-2,8	1,0	4,7	4,2	-6,0	8,8
Dead	1,3	1,3	2,5	3,9	-1,2	4,6
Dead	-2,3	-17,0	6,8	0,3	-19,7	19,9
Dead	-0,1	-16,6	5,9	1,8	-18,5	19,4
Dead	3,5	1,7	1,6	4,5	0,8	4,2
Dead	-6,7	-17,9	2,2	-6,3	-18,3	16,1
Dead	-5,9	-13,9	-6,3	-2,4	-17,3	16,3
Dead	4,3	-11,8	-3,2	4,9	-12,4	15,5
Dead	3,5	-15,9	5,4	4,9	-17,2	20,1
Dead	-2,4	0,2	0,8	0,4	-2,6	2,8
Dead	-2,4	0,3	-0,8	0,6	-2,6	2,9
Dead	-5,1	-0,2	-0,4	-0,2	-5,1	5,0
Dead	-5,1	-0,4	1,2	-0,1	-5,4	5,3

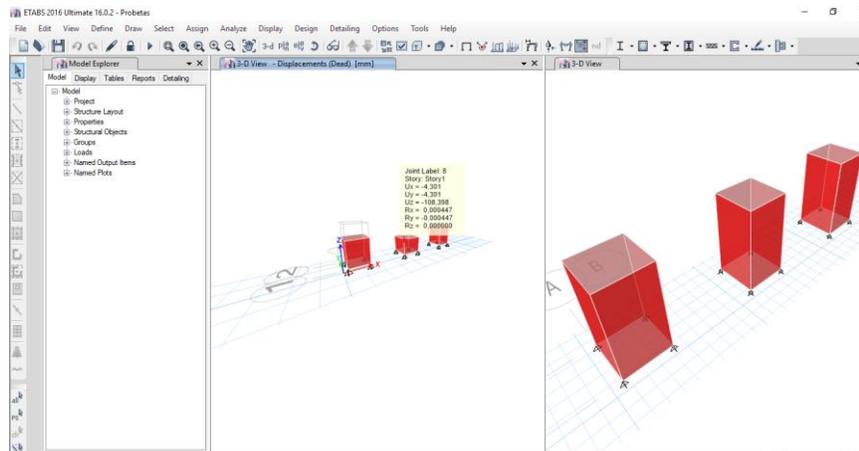
- Anexo 1 5 Anexos ETABS deflexiones máximas



- Deformación ultima madera



- Deformación ultima icopor



- Deformación ultima plástico

