

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL
COMPUESTO BOLAINA BLANCA (*Guazuma
crinita* C. Martius) CON POLIPROPILENO.**

Presentado por:

Alexei Rodolfo Córdova Contreras

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

Lima - Perú
2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **ALEXEI RODOLFO CÓDOVA CONTRERAS**, titulado “ **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL COMPUESTO BOLAINA BLANCA (*GUAZUMA CRINITA* C. MARTIUS) CON POLIPROPILENO.** ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia, queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de **INGENIERO FORESTAL**.

La Molina, 4 de Octubre de 2018

.....
Mg. Sc. Miguel Meléndez Cárdenas
Presidente

.....
Mg. Sc. Moisés Acevedo Mallque
Miembro

.....
Ing. Neptalí Bustamante Guillén
Miembro

.....
PhD. Héctor Gonzales Mora
Asesor

.....
Mg. Sc. Javier Jorge Gago Campusano
Coasesor

DEDICATORIA

Con mucho cariño y esmero dedico este trabajo a

Mis padres, Doña Lourdes y Don Rodolfo, quienes nunca dejaron de creer en mis capacidades y me guiaron por una senda provechosa en la vida;

A mi hermana Minoska, quien representa un ejemplo fidedigno de superación;

A mi pequeña sobrina Paula Regina, quien llegó para dar alegría a mi familia;

A mi tía Reyna, quien fue mi sostén durante mis primeros años de vida;

A mi tío Jorge, de quien supe por su audacia, generosidad y franca rebeldía;

A Jessenia, sincera y valiosa amistad que conocí durante la vida universitaria;

A Juan Alberto Polack Ducos, hombre noble de quien conservo un grato recuerdo;

A Betho y Duke, mis fieles compañeros;

A todos mis amigos y aquellas personas que de alguna u otra manera hicieron posible la conclusión de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar a través de estas líneas, mis más sinceros agradecimientos a mis padres, Doña Lourdes Contreras y Don Rodolfo Córdova, por brindarme una educación basada en valores morales sólidos, actuando en coherencia con sus principios. Sus enseñanzas quedarán grabadas por siempre en lo más profundo de mí ser y me guiarán, cual antorcha en la oscuridad, cuando surjan dudas en el largo camino que toca aún por recorrer.

A mi hermana Minoska Córdova, a quien desde pequeño admire por su inteligencia y sagacidad. Ha seguido de cerca mis progresos, demostrándome que la confianza en uno mismo es la clave para lograr el éxito.

A Jessenia Polack, con quien compartí gran parte de la vida universitaria y muchos sueños en común. Su apoyo en esta empresa fue clave y trascendió las barreras de lo estrictamente académico. No tengo dudas de que este logro es tuyo también.

Una mención especial al PhD. Héctor Enrique Gonzáles Mora, asesor principal de la presente investigación, por su real compromiso con la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En tiempos donde la educación superior está dejando de ser una prioridad para el país, él se mantiene incólume guiando a nuevas generaciones de estudiantes por el camino de la ciencia e investigación. No son pocos los que pueden dar fe de tan generoso proceder. Agradezco su paciencia, sus consejos y, sobre todo, el tiempo invertido en mi formación profesional.

Al Ing. Javier Gago Campusano, co-asesor de la presente investigación, profesional a carta cabal, probo y sobre todo gran persona. Me brindó todas las facilidades para desarrollar y complementar la presente investigación.

Al Instituto Peruano de Energía Nuclear – IPEN, por permitirme utilizar las instalaciones del Centro Nuclear RACSO durante una etapa importante de la presente investigación.

A los profesores de la Facultad de Ciencias Forestales, Moisés Acevedo, Miguel Meléndez, Neptali Bustamante y Aldo Cárdenas, por sus enseñanzas en la vida universitaria y por sus valiosos aportes a la presente investigación.

A los técnicos de laboratorio Vicente Cuba, Enrique Cabrera, David Huamán y Marco Panduro, quienes me apoyaron en uno o varios tramos de este largo camino.

A todos ellos, gracias totales.

RESUMEN

La presente investigación consiste en la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del material compuesto polipropileno virgen con partículas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius). Se acondicionó material de raleos de 4, 5 y 6 años de edad de bolaina blanca procedente de plantaciones forestales en la provincia de Puerto Inca, se molieron y tamizaron hasta obtener partículas de diferente granulometría (+40/-60; +60/-80 y +80/-100 malla ASTM). Las proporciones de mezcla de polipropileno y partículas de bolaina blanca fueron 70/30, 80/20 y 90/10%, respectivamente. Se agregó 2% de anhídrido maleico de polipropileno (MAPP) como agente acoplante para todos los tratamientos. Los materiales compuestos fueron elaborados por el método de extrusión y moldeo por compresión térmica. La preparación de las probetas y los ensayos físicos-mecánicos se realizaron tomando como referencia las normas ASTM D1037-99, D570-98, D638-03, D790-03 y D5420-04 de la *American Society for Testing and Materials*. Adicionalmente se realizó una caracterización anatómica y química de las fibras de bolaina blanca en sus tres edades. Para el procesamiento de datos se utilizó el programa estadístico SAS, empleando la prueba estadística análisis de variancia (ANVA) y prueba de Mínimos Cuadrados. Los elementos anatómicos de interés y la composición química de las fibras de bolaina blanca no presentaron diferencias significantes para las tres edades en estudio. Materiales compuestos con partículas de 4 años de edad registraron los valores más altos para las propiedades mecánicas. Partículas de tamaño +60/-80 registraron los valores más bajos para contenido de humedad y absorción, mientras partículas de tamaño +40/-60 registraron los valores más altos para las propiedades mecánicas. Los resultados mostraron que existe una relación directa entre la cantidad de partículas de bolaina blanca y las propiedades contenido de humedad, densidad aparente, absorción, hinchamiento, módulo de elasticidad (MOE) y resistencia al impacto (parcialmente). Sólo el módulo de ruptura (MOR) disminuyó cuando se incrementó la cantidad de partículas de bolaina blanca en el material compuesto. En líneas generales, los tratamientos presentaron mejores propiedades físicas respecto a los testigos, no obstante, las propiedades mecánicas resultaron inferiores.

Palabras claves: Materiales compuestos, Polipropileno, Bolaina blanca (*Guazuma crinita*), Hinchamiento, Propiedades mecánicas, Elasticidad

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. Introducción	1
II. Revisión de Literatura	3
1. Antecedentes.....	3
2. Materiales compuestos	4
2.1. Definición	4
2.2. Clasificación	4
3. Estructura de la madera	5
3.1. Generalidades.....	5
3.1.1. Coníferas.....	5
3.1.2. Latifoliadas	5
3.2. Bolaina Blanca.....	6
4. Las fibras como refuerzo en materiales compuesto	9
5. Influencia de la edad en las propiedades de la madera	10
6. Influencia de la edad de las fibras en materiales compuestos.	11
7. Matrices polimericas.....	12
7.1. Definición	12
7.2. Clasificación	12
7.3. Polipropileno.....	13
8. Aditivos.....	14
8.1. Aditivos como acoplantes en materiales compuestos.....	14
8.2. Anhídrido maleico de polipropileno (MAPP)	15
8.3. Otros aditivos.	15
9. Propiedades físicas y mecánicas de los materiales compuestos.....	17
9.1. Propiedades físicas	17
9.1.1. Contenido de humedad.....	17
9.1.2. Densidad.....	17
9.1.3. Absorción	17
9.1.4. Hinchamiento.....	18
9.2. Propiedades mecánicas	18
9.2.1. Tracción	18
9.2.2. Módulo de elasticidad.....	19
9.2.3. Flexión estática.	20
9.2.4. Resistencia al impacto.....	20
10. Métodos para la producción de materiales compuestos	21
11. Investigaciones en materiales compuestos plástico - madera	22
12. Aplicaciones de materiales compuestos plástico - madera.	25
III. Materiales y Métodos.....	27
1. Procedencia de la materia prima.....	27
2. Lugar de ejecución	27
3. Materiales y equipos	29
3.1. Materia prima.....	29
3.2. Matriz polimérica	29
3.3. Aditivo.....	29
3.4. Materiales y equipos.	29
4. Métodos y procedimientos	31
4.1. Obtención del material lignocelulósico.....	31

4.2.	Acondicionamiento de las muestras y obtención de partículas.....	31
4.3.	Mezclado y extrusión.....	34
4.4.	Elaboración del material compuesto	36
4.5.	Obtención de las probetas.....	39
5.	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas	40
5.1.	Contenido de humedad y densidad aparente	40
5.2.	Absorción e hinchamiento	41
5.3.	Ensayo de tensión.	42
5.4.	Ensayo de flexión estática	43
5.5.	Ensayo de resistencia al impacto.....	45
5.6.	Caracterización anatómica de las fibras de Bolaina Blanca.....	46
5.7.	Caracterización química de las fibras de Bolaina Blanca.....	46
5.8.	Diseño experimental y análisis estadístico.....	47
IV.	Resultados y discusión	49
1.	Características anatómicas de las fibras de Bolaina Blanca.....	49
2.	Características químicas de las fibras de Bolaina Blanca.....	50
3.	Evaluación de las propiedades físicas.	51
3.1.	Contenido de humedad.....	55
3.2.	Densidad aparente.....	58
3.3.	Absorción	61
3.4.	Hinchamiento.....	68
4.	Evaluación de las propiedades mecánicas.....	73
4.1.	Tensión.....	77
4.1.1.	Módulo de ruptura (MOR).....	77
4.1.2.	Módulo de elasticidad (MOE)	81
4.2.	Flexión estática.....	83
4.2.1.	Módulo de ruptura (MOR).....	83
4.2.2.	Módulo de elasticidad (MOE)	86
4.3.	Resistencia al impacto.....	89
V.	Conclusiones	95
VI.	Recomendaciones	97
VII.	Referencias bibliográficas	99
VIII.	Anexos.....	111

Índice de tablas

	Página
Tabla 1:	Tabla 1. Valores porcentuales de las formulaciones utilizadas para todos los tratamientos en el presente estudio. (*) 33
Tabla 2:	Cantidad de tableros utilizados según el tipo de ensayo. 39
Tabla 3:	Diseño experimental de los tratamientos empleados para la evaluación de las propiedades del material compuesto polipropileno-bolaina blanca. (*) 48
Tabla 4:	Valores promedio y coeficientes de variabilidad de las fibras de bolaina blanca (<i>Guazuma crinita</i> C. Martius) de 4, 5 y 6 años de edad. 49
Tabla 5:	Valores promedio y coeficientes de variabilidad de los componentes químicos de las fibras de bolaina blanca (<i>Guazuma crinita</i> C. Martius) de 4, 5 y 6 años de edad. 50
Tabla 6:	Valores promedios y coeficientes de variabilidad de las propiedades físicas de contenido de humedad, densidad aparente, absorción e hinchamiento de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca. 52
Tabla 7:	Valores del análisis de variancia (ANVA) de las propiedades físicas de contenido de humedad, densidad aparente, absorción e hinchamiento. 54
Tabla 8:	Valores más Destacados para las propiedades físicas en materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca. 73
Tabla 9:	Valores promedios y coeficientes de variabilidad de las propiedades mecánicas de tensión, flexión estática y resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca. 74
Tabla 10:	Valores del análisis de variancia (ANVA) de las propiedades mecánicas de tensión, flexión estática y resistencia al impacto. 76
Tabla 11:	Valores más destacados para las propiedades mecánicas en materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca. 93

Índice de figuras

	Página
Figura 1:	Polimerización del polipropileno a partir de moléculas de propileno. 13
Figura 2:	Esquema de una posible reacción de esterificación y enlace puente de hidrógeno en la interfase de fibras lignocelulósicas y el MAPP. 16
Figura 3:	Imagen de los componentes de una extrusora de un solo tornillo. 22
Figura 4:	Mapa de ubicación de las plantaciones de bolaina (punto rojo) de la empresa Reforestadora Amazónica S.A.C. 28
Figura 5:	Acondicionamiento de los raleos de bolaina blanca 32
Figura 6:	Obtención de partículas de bolaina blanca 32
Figura 7:	Diagrama de flujo del proceso de obtención de partículas de bolaina blanca (<i>Guzuma crinita</i> C. Martius). 33
Figura 8:	Tamaño de partícula: 34
Figura 9:	Mezcla de materiales previo a la extrusión 35
Figura 10:	Extrusora de husillo simple 360W, Laboratorio de la Sub-Dirección de Desarrollo Tecnológico – Instituto Peruano de Energía Nuclear. 35
Figura 11:	Material extruido 36
Figura 12:	Prensa hidráulica de vulcanizado de caucho 60 TN, Laboratorio de Transformación Química de la Madera – Universidad Nacional Agraria La Molina. 37
Figura 13:	Proceso de elaboración de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca 38
Figura 14:	Probetas para los ensayos 39
Figura 15:	Prensa de ensayos universales <i>Tinius Olsen</i> de 60000 lb, Laboratorio de Propiedades Físico Mecánicas de la Madera – Universidad Nacional Agraria La Molina. 42
Figura 16:	Máquina diseñada para la evaluación de la resistencia al impacto, Laboratorio de Ensayos en Fibrforte – Lima. 46
Figura 17:	Contenido de humedad (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad. 55
Figura 18:	Contenido de humedad (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad. 56
Figura 19:	Contenido de humedad (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad. 56
Figura 20:	Densidad aparente (g/cm^3) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad. 58

Figura 21:	Densidad aparente (g/cm^3) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.....	59
Figura 22:	Densidad aparente (g/cm^3) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.....	59
Figura 23:	Absorción a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.	62
Figura 24:	Absorción a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.	62
Figura 25:	Absorción a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.	63
Figura 26:	Evolución de la absorción en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.....	65
Figura 27:	Evolución de la absorción en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.....	65
Figura 28:	Evolución de la absorción en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.....	66
Figura 29:	Imagen de la superficie del material compuesto polipropileno y bolaina blanca mostrando las agrupaciones irregulares de fibras (dentro de los círculos), tratamiento T-6/40/30.	67
Figura 30:	Imagen de los espacios vacíos presentes en la estructura interna del material compuesto polipropileno y bolaina blanca (dentro de los círculos), tratamiento T-4/80/10.....	67
Figura 31:	Hinchamiento a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.	68
Figura 32:	Hinchamiento a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.	69
Figura 33:	Hinchamiento a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.	69
Figura 34:	Evolución del hinchamiento en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.....	71
Figura 35:	Evolución del hinchamiento en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca para la edad 5 años.....	71
Figura 36:	Evolución del hinchamiento en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y blanca bolaina para la edad 6 años.....	72
Figura 37:	Módulo de ruptura (MOR) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.....	77
Figura 38:	Módulo de ruptura (MOR) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.....	78

Figura 39:	Módulo de ruptura (MOR) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.....	78
Figura 40:	Tipos de fallas ocurridas durante los ensayos del módulo de ruptura (dentro de los círculos) en materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca, tratamiento T-4/60/20.....	80
Figura 41:	Módulo de elasticidad (MOE) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.....	81
Figura 42:	Módulo de elasticidad (MOE) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.....	82
Figura 43:	Módulo de elasticidad (MOE) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.....	82
Figura 44:	Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.....	84
Figura 45:	Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.....	85
Figura 46:	Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.....	85
Figura 47:	Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.	87
Figura 48:	Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.	88
Figura 49:	Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.	88
Figura 50:	Resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.....	90
Figura 51:	Resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.....	90
Figura 52:	Resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.....	91
Figura 53:	Tipos de fallas ocurridas durante los ensayos de resistencia al impacto (dentro de los círculos) en materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca, tratamiento T-4/60/20.....	93

Índice de anexos

	Página
Anexo 1 Rendimientos de los procesos para la obtención de partículas de Bolaina Blanca (<i>Guazuma crinita</i> C. Martius) utilizados en el presente estudio.....	111
Anexo 2 Cantidad total de material requerido en el presente estudio.....	112
Anexo 3 Fotos de los ensayos físicos y mecánicos de los materiales compuestos.....	113
Anexo 4 Fotos de la fibra de Bolaina Blanca de 4, 5 y 6 años.....	114
Anexo 5 Datos para la determinación de contenido de humedad y densidad.....	115
Anexo 6 Datos para la determinación de la absorción.	129
Anexo 7 Datos para la determinación del hinchamiento.....	143
Anexo 8 Datos para la determinación del MOR y MOE en tensión.....	157
Anexo 9 Datos para la determinación del MOR y MOE en flexión estática.....	171
Anexo 10 Datos para la determinación de la resistencia al impacto.....	185
Anexo 11 Análisis estadístico del contenido de humedad..	194
Anexo 12 Análisis estadístico de la densidad	201
Anexo 13 Análisis estadístico de la absorción.....	202
Anexo 14 Análisis estadístico del hinchamiento.	209
Anexo 15 Análisis estadístico del MOR en tensión.	210
Anexo 16 Análisis estadístico del MOE en tensión.....	217
Anexo 17 Análisis estadístico del MOR en flexión estática.	224
Anexo 18 Análisis estadístico del MOE en flexión estática.....	231
Anexo 19 Análisis estadístico de la resistencia al impacto.	238

I. INTRODUCCIÓN

Los polímeros son grandes moléculas constituidas por la repetición de pequeñas unidades químicas simples llamadas monómeros, las que se unen por medio de una reacción química denominada polimerización (Billmeyer, 1984; Reyes & Hinojosa, 2000). Dentro del grupo de polímeros sintéticos podemos diferenciar a los termoplásticos, moldeables cuando se someten a la acción del calor; y los termoestables, que no pueden ser moldeados una vez que se enfrían (Cárdenas, 2012). El polipropileno es, junto al polietileno, dos de los polímeros termoplásticos más utilizados en la producción de piezas plásticas. Vélez & Mosquera (2012) reportaron una producción de plásticos anual cercana a los 60000 millones de toneladas, consumidas para la elaboración diferentes tipos de envases, fundas y envoltorios. Contrasta con ello, la inmensa cantidad de desechos plásticos disgregados a lo largo del planeta. Se ha planteado reutilizar este material en la fabricación de nuevos productos para reducir las fuentes de contaminación ambiental.

Se han propuesto muchas fibras vegetales como refuerzo en materiales compuestos. De especial interés resulta la utilización de fibras de madera, por ser un recurso natural renovable, de bajo costo, y de gran disponibilidad para fines industriales. Así como por las propiedades inherentes que posee la madera y que la fibra puede aportar en la formación del nuevo producto. En este contexto se encuentra la bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius), especie forestal muy difundida como alternativa para plantaciones forestales en la Amazonía peruana. El principal producto de la bolaina blanca es la madera aserrada, con la cual se fabrican machihembrados para interiores y exteriores, tableros encolados, molduras, interior de muebles y otros tipos de carpintería. Sin embargo, urge la necesidad de incrementar más aún el rendimiento para estas plantaciones forestales desde temprana edad, en especial para los raleos, que genera poco o ningún valor económico para el silvicultor.

Se ha investigado bastante acerca de materiales compuestos de plástico y madera (*Wood Plastic Composite*, por su sigla en inglés), siendo las principales premisas la búsqueda del tamaño óptimo de partículas, así como la proporción de éstos en el compuesto. Los materiales compuestos reforzados con fibras vegetales vienen posicionándose con fuerza en el mercado,

favorecidos por su bajo costo y alta durabilidad (Cárdenas, 2012). A esto se suma la incesante demanda, por parte de la sociedad, de productos amigables con el ambiente. Todo ello ha permitido a las industrias de construcción y automotriz desarrollar diferentes productos, tales como barandillas, marcos de ventanas, paneles de puertas, molduras, pisos, tapicerías de asientos, etc. Incluso existe la posibilidad de expansión hacia otras líneas productivas, evidenciando el gran potencial económico que poseen.

A nivel nacional, los antecedentes de investigaciones relacionadas con materiales compuestos de plástico y madera son aún insuficientes, a pesar de los esfuerzos que vienen realizando las universidades, organismos del Estado y entidades privadas por su promoción. Madecoplast es la única empresa nacional que produce y comercializa materiales compuestos de plástico y madera a nivel local, cuyo logro más reciente ha sido el diseño y validación de un piso ecológico (*decking*) para viviendas en zonas rurales de Cañete, Huancavelica y Ayacucho (Madecoplast, 2017). Dentro de su línea productiva, también encontramos contrazócalos, rodones y contrazócalos para piso laminado; todos ellos a base de polímero PVC, harina de pino radiata, aditivos, colorantes y reforzantes. La principal demandante de estos productos son las empresas constructoras, que las utilizan para sus proyectos multifamiliares por sus bajos costos de instalación y mantenimiento, así como por su prolongado tiempo de servicio.

En la presente investigación se elaboraron materiales compuestos a base de polipropileno virgen reforzados con fibras de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) procedentes de raleo de 4, 5 y 6 años, de plantaciones forestales de la provincia Puerto Inca en Huánuco. Como agente acoplante se utilizó anhídrido maleico de polipropileno (MAPP) en bajas concentraciones. La finalidad fue obtener una caracterización de estos materiales compuestos a través de la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. ANTECEDENTES

Contrariamente a lo que muchos piensan, los materiales compuestos han estado presentes desde los albores de las antiguas civilizaciones humanas. Durante la construcción de la Gran Muralla China en el año 209 AC, se emplearon ladrillos de grava, piedra y arena, fortalecidos con cañas y fibras de sauce rojo. Otros ejemplos incluyen los arcos hechos con laminados de cuernos de animales unidos adhesivamente y los tendones de madera o seda, utilizados por los mongoles en el año 1200 DC (Satyanarayana *et al.*, 2009).

A finales de la década de los ochenta, los materiales compuestos surgen en los mercados de Estados Unidos. Su desarrollo fue principalmente estimulado por el aumento en el volumen de materiales plásticos desechados que necesitaban reutilizarse, así como por el interés por parte del consumidor en productos de mayor duración y de menor mantenimiento para uso en exteriores (Bowyer *et al.*, 2010). El desarrollo y la comercialización de los materiales compuestos que utilizan insumos de fuentes renovables, reducirán a futuro la dependencia que existe por los productos derivados del petróleo, representando una mejor alternativa principalmente por su impacto ambiental y económico (Castro *et al.*, 2012).

En términos globales hacia el año 2007, la producción de materiales compuestos plástico – madera alcanzó las 700000 t en Norteamérica, 100000 t en Europa, 50000 t en China y 40000 t en Japón, con una clara tendencia al aumento. Conscientes de esta situación, los gobiernos locales en Norteamérica han mostrado su interés en seguir financiando proyectos para la investigación y mejora de la tecnología productiva de los materiales compuestos (Crespell & Vidal, 2008). En el Perú, la estructura y composición productiva de materiales compuestos tiene un patrón de especialización que no se ajusta con lo que demanda. Esto genera que se importe cantidades cada vez mayores de este bien para seguir atendiendo la demanda local, mientras que se exportan bienes de poco valor añadido. Por lo general, la heterogénea relación entre los productos que el Perú exporta y los que importa, representa una de las mayores debilidades de la economía nacional (CONCYTEC, 2016).

Los interiores para automóviles y los *decking* para aplicaciones en exteriores, representan el mercado más grande para los *composites* plástico-madera en Europa y Norteamérica. Solo en los Estados Unidos, se proyecta que la demanda de estos materiales compuestos para uso en *decking* residenciales alcanzará del 23 al 32 por ciento del total del mercado de *decking* para los años 2011 y 2016 (Bowyer *et al.*, 2010).

La ciencia con respecto a los materiales compuestos plástico-madera se ha centrado principalmente en la interacción química entre dos materiales bastante disímiles, como son las fibras lignocelulósicas y las matrices poliméricas. A pesar de que se trata de un tema muy relevante, no ha podido limitar la frontera de comercialización en esta clase de productos. (Walcott & Englund, 1999).

2. MATERIALES COMPUESTOS

2.1. DEFINICIÓN

En general, se denominan materiales compuestos a la unión de dos o más componentes que entregan a la combinación propiedades que no pueden ser obtenidas de otra forma. En el material compuesto hay dos fases: la continua, también conocida como matriz; y el refuerzo, que se distribuye dentro de la matriz. El refuerzo puede ser en forma de fibras o partículas. Asimismo, las fases constituyentes deben ser químicamente diferentes y separadas por una interfaz distinta (Duroway *et al.*, 2014). La fase matriz suele ser la más tenaz, aunque también la menos resistente y dura. La fase refuerzo, por el contrario, es la de mayor resistencia y con más alto módulo elástico, pero también la de mayor fragilidad. La combinación y compensación de dureza y blandura, fragilidad y tenacidad en los compuestos bien diseñados hace que estos materiales tengan muchas aplicaciones y respondan a muy variadas exigencias constructivas (Olivares *et al.*, 2003).

2.2. CLASIFICACIÓN

Se pueden diferenciar tres tipos de compuestos: (a) *composites* particulados, cuya fase inmersa en la matriz se compone de partículas con formas más o menos aproximadas a la esférica; (b) *composites* fibrosos, cuando el material de refuerzo está formado por fibras. Dentro de este compuesto, las fibras pueden quedar orientadas en diversas formas: de forma unidireccional (fibras largas), de manera aleatoria (fibras cortas), con disposición ortogonal (mallas ortogonales) y en varias capas alternadas. Finalmente, (c) *composites* laminados, en

los que suelen alternarse las fases componentes en forma laminar y no siempre con espesores semejantes (Olivares *et al.*, 2003).

3. ESTRUCTURA DE LA MADERA

3.1. GENERALIDADES

A nivel anatómico, existen algunos caracteres que pueden ser utilizados para la diferenciación de la madera de latifoliadas y coníferas. De manera general, las latifoliadas poseen una estructura más compleja que las coníferas, pues existe una mayor especialización de las células. En coníferas, las células del tipo traqueida cumplen funciones conductoras y de sostén a la vez. En latifoliadas, las funciones de conducción las realizan las células de vaso, mientras que las funciones de sostén son realizadas por las células de fibra (Vignote y Martínez, 2006).

3.1.1. CONÍFERAS

Las traqueidas son tejidos fibrosos lignificados, con punteaduras rebordeadas y extremos no perforados. Tiene un aspecto y forma característica en las coníferas, con punteaduras grandes y areoladas, generalmente uniseriados. Las traqueidas constituyen el elemento más abundante en la madera de coníferas, conformando el 90 por ciento del volumen xilemático total (García *et al.*, 2003). El parénquima longitudinal de las coníferas se presenta en forma de columnas alargadas en el sentido del eje del árbol. Los elementos transversales de la madera de coníferas están constituidos exclusivamente por los radios leñosos. Las células secretoras de los canales resiníferos segregan resinas a manera de defensa y protección contra agentes patógenos (Vignote y Martínez, 2006).

3.1.2. LATIFOLIADAS

Los vasos son auténticos tubos de conducción de agua y savia dentro del tejido vegetal en latifoliadas, que se extienden en el sentido longitudinal del árbol, y están formados por el empalme longitudinal de células, cada una de las cuales recibe el nombre de elemento vascular. En latifoliadas se aprecian dos tipos de parénquima: fusiforme y septado; el parénquima de células septadas o leñoso, es el más frecuente y abundante en la madera de latifoliadas, ofreciendo el aspecto de una cadena con eslabones rectangulares. En maderas tropicales, el parénquima leñoso puede superar el 50 por ciento de su volumen, mientras que en maderas de zonas templadas varía de 1 a 18 por ciento (García *et al.*, 2003). Los radios leñosos en latifoliadas pueden ser uniseriados y multiseriados. Los radios multiseriados son los más abundantes en madera de latifoliada, siendo los tres a más series los más comunes.

Por otro lado, el porcentaje que el volumen de los radios ocupa es de gran importancia en las características físico-mecánicas de la madera. Otras estructuras anatómicas presentes en maderas latifoliadas son las células de aceite y/o mucílagos, canales intercelulares, tubos laticíferos y taníferos, inclusiones cristalinas y sílice.

3.2. BOLAINA BLANCA

Taxonomía

Familia: STERCULIACEAE (Clasificación APG: MALVACEAE).

Nombre Científico: *Guazuma crinita* C. Martius.

Nombres Comunes: Bolaina, Bolaina blanca.

Sinonimia: *Guazuma rosea* Poeppig.

Descripción dendrológica

Se trata de un árbol de 25-80 cm de diámetro y 15-30 m de altura total, con fuste cilíndrico, ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recta. Corteza externa finamente agrietada, color marrón claro a grisáceo. Corteza interna fibrosa, amarillenta, conformando un tejido finamente reticulado; oxida rápidamente a marrón. Se reconoce por su fuste cilíndrico y esbelto, la corteza interna fibrosa, las hojas aserradas y palminervadas, inequiláteras y los frutos cubiertos con largas cerdas (Reynel *et al.*, 2016).

Distribución

Se distribuye en selva baja y ceja de selva, hasta los 1500 msnm, en bosques secundarios, no tolera la inundación, sobre todo en estado de plántula. Guerra *et al.* (2008) coinciden con Reynel *et al.* (2016) al señalar que la bolaina blanca es una especie forestal nativa de crecimiento relativamente rápido, la cual se cosecha a partir de los ocho años de edad en las plantaciones productivas de la selva central peruana.

Fenología

La floración tiene lugar entre los meses de julio a setiembre, mientras que la fructificación tiene lugar entre octubre a diciembre. La dispersión de los frutos es efectuada por la acción del viento (Reynel *et al.*, 2016).

Características

La madera es de color blanco cremoso, de grano recto, textura media, brillo regular, sin olor, liviana y presenta con frecuencia pequeños nudos. De fácil trabajabilidad, se comporta muy bien al aserrío, cepillado e impregnado. No reporta defectos al secado natural. No es abrasiva ni tensionada. Su resistencia al ataque biológico es moderada. (CNF, 1999).

Anatómicamente, la madera de bolaina presenta porosidad difusa, parénquima ligeramente apotraqueal difuso en agregado y paratraqueal vasicéntrico, no estratificadas con presencia de células cristalíferas septadas. Radios heterogéneos tipo III, multiseriado no estratificado, con inclusiones de gomas en células procumbentes y tipo baldosas. Las fibras son libriformes, no estratificadas (Acevedo y Kikata, 1994).

Propiedades físicas y mecánicas

De acuerdo con Acevedo y Kikata (1994), la madera de bolaina blanca procedente de bosque natural presenta densidad básica de $0,41 \text{ g/cm}^3$. Por su parte, Aróstegui (1974) señala que la bolaina blanca posee una contracción tangencial de 5,50 por ciento, contracción radial de 3,50 por ciento y coeficiente T/R de 1,60. Por otro lado, el Laboratorio de Tecnología de la madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2015) determinó algunas propiedades físicas de bolaina blanca procedente de plantaciones forestales de 4 años de edad, tales como: densidad básica $0,37 \text{ g/cm}^3$, contracción tangencial 7,90 por ciento, contracción radial 4,20 por ciento, contracción longitudinal 0,06 por ciento y contracción volumétrica 12,20 por ciento.

Respecto a las propiedades mecánicas, Aróstegui y Sato (1970), evaluaron individuos de bolaina blanca procedente de bosques naturales en Tingo María, libre de defectos, con edad no especificada y con diámetros de troza entre 35 a 45 cm, obteniendo los siguientes valores: módulo de ruptura $507,80 \text{ kg/cm}^2$ y módulo de elasticidad $97,80 \text{ t/cm}^2$ para flexión estática;

resistencia máxima 375,70 kg/cm² y módulo de elasticidad 121,81 t/cm² para compresión paralela., esfuerzo al límite proporcional 50,91 kg/cm² para compresión perpendicular.

Bolaina Blanca de bosque natural y de plantación forestal

Es evidente la variabilidad que exhiben los árboles de bolaina blanca procedentes de bosques naturales y de plantaciones forestales. Se cree con frecuencia, aunque de forma equivocada, que la madera de una misma especie debe presentar propiedades iguales para todos sus individuos. Panshin y De Zeeuw (1980) señalan que las características de la madera pueden ser modificadas como consecuencia de las condiciones de crecimiento a largo plazo en diferentes sitios, tales como la competencia en el soporte o fertilidad del suelo, desarrollando grandes diferencias en la magnitud de la variabilidad de las propiedades de la madera de la misma especie que crecen en un mismo suelo. De igual forma, la ubicación geográfica, latitud y longitud, que hacen referencia a la interacción entre temperatura y precipitación, han mostrado efectos considerables sobre las modificaciones en las propiedades de la madera.

Importancia de la especie: principales usos de la madera.

Al ser una especie de rápido crecimiento, la bolaina blanca está siendo bastante promovida, tanto en el sector público como en el privado, entre los programas estatales y planes de reforestación para su aprovechamiento. El interés de la inversión privada busca maximizar la utilización de la madera de bolaina blanca, para lo cual demanda nuevas alternativas de uso, en especial para el material proveniente de raleo (Urbina, 2017).

La madera se usa principalmente en machihembrados para interiores y exteriores. También en carpintería, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforo, artesanía, cajonería y recientemente en la industria de los tableros contrachapados. La corteza interna fibrosa es empleada localmente como material de amarre. (Reynel et al., 2016).

4. LAS FIBRAS COMO REFUERZO EN MATERIALES COMPUESTO

Las fibras vegetales son excelentes agentes de refuerzo para los plásticos, además son resistentes, ligeras de peso y no abrasivas. En años recientes, se han desarrollado materiales compuestos reforzados con varias fibras de origen natural, tales como yute, coco, caña de azúcar, algodón, bambú, sisal y piña (Castro *et al.*, 2012). La localización geográfica define a menudo la elección de las fibras vegetales. En Estados Unidos la madera es la materia prima más abundante; en Europa hay preferencia por las fibras de yute, cáñamo y kenaf; en Asia se utiliza la harina de cáscara de arroz y la fibra de bambú (Forest Products Laboratory, 2010).

En los últimos años, se han llevado a cabo muchas investigaciones con el propósito de desarrollar materiales compuestos a bajo costo, con buenas propiedades y de bajo impacto ambiental. El uso de las fibras sintéticas como materiales de refuerzo para plásticos está bastante arraigado; sin embargo, las fibras lignocelulósicas resultan particularmente atractivas porque son amigables con el ambiente y representan una solución al problema del abastecimiento de petróleo (Castro *et al.*, 2012).

La madera viene siendo usada desde hace mucho por la industria del plástico como un relleno que incrementa los niveles de resistencia y dureza en el compuesto. Altos porcentajes de relleno lignocelulósico en el compuesto le proveen resistencia natural a la degradación por radiación ultravioleta. En la actualidad, la selección de las especies parece estar más influenciada por la disponibilidad del material que por razones de ingeniería (Walcott & Englund, 1999). Bowyer *et al.* (2010) resume algunos problemas que presentaron diferentes tipos de materiales compuestos con fibras lignocelulósicas: desarrollo de hongos y mohos, bio-deterioro, ganancia y pérdida de humedad, degradación por acción de rayos UV y decoloración. Otros desafíos que aún están pendientes incluyen el desarrollo de especificaciones técnicas para la manufactura y la solución de problemas relacionados al derecho de la propiedad intelectual (Crespell & Vidal, 2008).

Entre los atributos que exhiben los compuestos plástico-madera figuran: costo del ciclo de vida más corto, posibilidad de usar material reciclado, bajo costo de mantenimiento, material seguro y sin toxicidad, mejora la estabilidad térmica-dimensional sobre el plástico, reduce la torsión, deformación, división y astillado en el compuesto, baja absorción de humedad, resistencia a la descomposición, capacidad de ser diseñado y menor variabilidad en relación a la madera. Sus principales desventajas son: costos iniciales más altos, menor dureza

comparada con la madera, problemas de deformación, baja resistencia al fuego, decoloración térmica y algunos problemas con el acabado de la superficie (Crespell & Vidal, 2008). La mayoría de los *composites* plástico-madera que se encuentran disponible en el mercado, tienen un alto contenido de termoplástico en su composición. Aquí la madera cumple la función de refuerzo o relleno, no logrando superar el 60 por ciento del peso total del material compuesto (Forest Products Laboratory, 2010).

5. INFLUENCIA DE LA EDAD EN LAS PROPIEDADES DE LA MADERA

Pardos citado por Torres (2009), señala que las tensiones que soporta un árbol en sus primeros años de vida, sea por el peso de su copa o del propio fuste, son mucho menores en comparación a las de un árbol adulto. Las células que conforman la madera joven no tienen una resistencia especial, debido a su tamaño más pequeño y pared delgada, con menor porcentaje de celulosa y más de hemicelulosa respecto a las células adultas.

Rodríguez *et al.* (2014) afirman que la densidad de la madera está influenciada por la edad. En una investigación con madera de teca de tres edades diferentes, hallaron que la densidad de madera de 9 años resultó menor en comparación a las edades 15 y 21 años, respectivamente. Dhamodaran & Chacko (1999), evaluaron la densidad básica de individuos de 8 y 10 años de *Acacia mangium* procedente de plantaciones forestales y no encontraron diferencias significativas entre los valores de densidad. Respecto a las propiedades mecánicas, Rodríguez *et al.* (2014) señalan que el módulo de elasticidad y resistencia máxima en flexión, así como la resistencia al impacto, están influenciados por la edad. Para todas ellas, la madera de 9 años de edad presentó los valores más bajos comparados con las edades de 15 y 21 años.

Kokutse *et al.* (2004) encontraron que la densidad al 12 por ciento de humedad en árboles de teca procedentes de Togo, se incrementaba con la edad, resaltando que la densidad de árboles de teca entre 11 y 16 años fue solo un 17 por ciento menor en comparación con los árboles de edades entre 67 y 70 años. Bhat & Indira (1997) señalan que la edad es una fuente importante de variación para las propiedades de módulo de elasticidad y módulo de ruptura en flexión estática, por lo que sugieren que la madurez mecánica en la madera de teca se alcanza antes de los 21 años.

6. INFLUENCIA DE LA EDAD DE LAS FIBRAS EN MATERIALES COMPUESTOS.

Al referirnos a cómo influye la edad de las fibras en los materiales compuestos, necesariamente debemos hablar de sus características anatómicas, de particular interés es el coeficiente de esbeltez. Kelly citados por Poblete *et. al.* (2000) señalan que la geometría de las partículas está dada por el largo y el ancho de ellas, así como por la relación entre ambas (coeficiente de esbeltez). La resistencia a la flexión en tableros de partículas puede ser mejorada al aumentar la longitud de las partículas (Ginzel y Peraza citados por Tello, 2006). La longitud de fibras ha sido siempre considerada como positiva para las propiedades mecánicas. De igual forma, el espesor de pared de las fibras, pues mientras más gruesas sean éstas aportaran mayor rigidez a la fibra (Toval, 2010)

Tello (2006) utilizó partículas de Marupá (*Simarouba amara*) procedentes de plantaciones forestales de 16 y 27 años de edad, así como de bosque natural, en la elaboración de tableros de partículas. Al analizar el coeficiente de esbeltez en las partículas reportó los siguientes valores: 73 para la edad 16 años, 69 para la edad 27 años y 69 para las procedentes de bosque natural. El mismo autor concluye que no existieron diferencias significativas entre las partículas obtenidas de las diferentes edades, por lo que consideró como constata esta variable para todos sus tableros.

7. MATRICES POLIMERICAS

7.1. DEFINICIÓN

Los polímeros son materiales compuestos de moléculas, que poseen largas secuencias de una o más clases de átomos o grupos de átomos, unidos entre sí por enlaces primarios, generalmente covalente. Los polímeros son producidos mediante la polimerización de los monómeros o unidades simples de las cuales están formados (Torres, 1999).

Lo que distingue a los polímeros de los demás materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. Generalmente, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero (Gago, 2011).

7.2. CLASIFICACIÓN

De acuerdo a Rodríguez Porca (2010), las matrices pueden clasificarse de acuerdo a su composición, origen, estructura, comportamiento frente al calor y reacción de polimerización. Según su composición pueden ser: homopolímeros, formados a partir de un solo tipo de monómero, y heteropolímeros, formados por dos o más monómeros distintos. Cuando están formados solo por dos tipos de monómeros reciben el nombre de copolímeros. Según su origen pueden ser: (i) naturales, que se forman durante los ciclos de crecimiento y vida de los organismos (los polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos, caucho vegetal, lignina, entre otros); (ii) semi-sintéticos, se obtienen por transformación de polímeros naturales (caucho vulcanizado), y (iii) sintéticos, se obtienen industrialmente (nailon, poliestireno, policloruro de vinilo, polietileno, polipropileno, entre otros).

Según su estructura pueden ser: (i) lineales, formados por monómeros difuncionales (polietileno, kevlar), (ii) ramificados, formados por monómeros trifuncionales (poliestireno), (iii) entrecruzado, cadenas lineales adyacentes unidas linealmente con enlaces covalentes (caucho), y (iv) reticulados, con cadenas ramificadas entrelazadas en las tres direcciones del espacio (epoxi). Según su comportamiento frente al calor pueden ser: termoplásticos, después de ablandarse o fundirse por calentamiento recuperan sus propiedades al enfriarse (derivados polietilénicos, poliamidas, sedas artificiales, celofán, entre otros), y termoestables, después del calentamiento se convierten en sólidos más rígidos que los polímeros originales (baquelita, ebonita, entre otros). Los polímeros termoplásticos presentan estructura tanto amorfa como

semi-cristalina. Los polímeros amorfos son cadenas moleculares configuradas de manera aleatoria (poliestireno y policloruro de vinilo) (Cárdenas, 2012).

Según la reacción de polimerización pueden ser: por adicción, a partir del monómero se genera un reactivo que se adiciona a la insaturación del monómero, prosiguiendo a través de una reacción en cadena (teflón, elastómeros, entre otros), y por condensación, se produce una reacción entre dos monómeros diferentes, cada uno de ellos con dos grupos funcionales, uno en cada extremo de la molécula. La unión entre los monómeros supone la eliminación de una molécula pequeña, normalmente agua (poliuretanos, policarbonatos, resinas epoxi, siliconas, entre otros). (Rodríguez Porca, 2010).

7.3. POLIPROPILENO

Es un polímero termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno (Figura 1). Es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, de excelente resistencia química y de baja densidad. Al adicionarse cargas (talco, caucho o fibras), se refuerzan sus propiedades hasta convertirlo en un polímero de ingeniería. Muy sensible al frío y a la luz ultravioleta (envejece rápidamente), por lo que necesita estabilizantes a la luz. Es transformado en la industria por procesos de inyección, soplado y extrusión/termo formado. Soporta temperaturas cercanas a 100°C por lo que se utiliza para tuberías de fluidos calientes. También para piezas de automóviles, electrodomésticos, caja de baterías, jeringas desechables, tapas en general, envases, baldes, rafias, cuerdas, sacos tejidos, cintas de embalaje, pañales, entre otros (Peláez y González 2011).

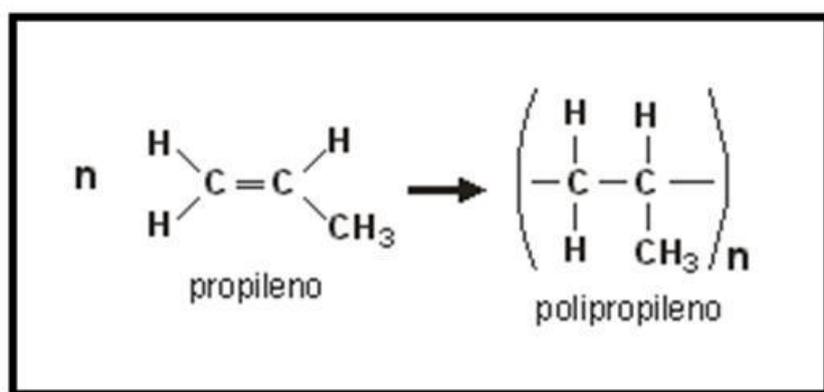


Figura 1: Polimerización del polipropileno a partir de moléculas de propileno.

FUENTE: *Elaboración propia*

Los polímeros como el polietileno y el polipropileno exhiben diferentes grados de cristalinidad, las cuales influyen en sus propiedades físicas y mecánicas (Walcott & Englund, 1999). El polietileno es la matriz polimérica más común en la fabricación de los materiales compuestos. Sin embargo, el policloruro de vinilo y el polipropileno van ganando protagonismo y se espera que sus usos se incrementen durante los próximos años (Crespell & Vidal, 2008).

El criterio principal para la selección de los termoplásticos usados en los materiales compuestos es que la temperatura de fusión o ablandamiento de estos tiene que ser necesariamente menor a la temperatura de degradación térmica de la madera ($\approx 210^{\circ}\text{C}$). Este criterio térmico restringe el uso de una clase de polímeros conocidos como polioleofinas (Walcott & Englund, 1999). Durante un ensayo experimental, Yuan *et al.* (2008) identificaron a través de microscopio de alta resolución que los termoplásticos de baja viscosidad en estado fundido, como el polipropileno y el polietileno, pueden penetrar con mayor profundidad en los vasos y en las grietas finas de las fibras lignocelulósicas, mientras al mismo tiempo se reduce el número de espacios vacíos y se incrementa la densidad en el material compuesto.

8. ADITIVOS

8.1. ADITIVOS COMO ACOPLANTES EN MATERIALES COMPUESTOS.

Otros materiales pueden generar mejoras en el procesamiento y performance de los *composites* plástico-madera al ser añadidos. Los aditivos son capaces de mejorar la unión entre la matriz polimérica y la madera, modificar su comportamiento al impacto, estabilizar el efecto de la radiación UV, retardar la acción del fuego y actuar como lubricantes (Forest Products Laboratory, 2010). Una de las principales desventajas que tienen los materiales compuestos es la muy limitada adhesión entre la interfase madera-termoplástico. Esto se debe a la naturaleza propia de los componentes; la madera es polar y los termoplásticos son apolares, siendo necesario el uso de agentes acoplantes para mejorar la adhesión (Walcott & Englund, 1999).

La ausencia de compatibilidad química y adhesión de la interfase madera-termoplástico en el *composite*, produce una interfase débil que puede resultar en la pérdida de adherencia del relleno en la matriz polimérica. En consecuencia, la transferencia de carga de la matriz hacia el relleno es ineficaz y no se consigue un reforzamiento adecuado (Correa *et al.*, 2007). Durante el proceso de producción del *composite*, el plástico tiende a formar una barrera en las

partículas de madera evitando la absorción de agua, mientras que la característica higroscópica de la madera hace que esta actúe de forma opuesta. Por esta razón se incorpora agentes acoplantes para complementar la unión de estos materiales, siendo los más utilizados el anhídrido maleico de polipropileno (MAPP) y el anhídrido maleico de polietileno (MAPE) (Caulfield *et al.*, 2005).

8.2. ANHÍDRIDO MALEICO DE POLIPROPILENO (MAPP)

Conocido también como polipropileno injertado con anhídrido maleico, es una macromolécula que posee un alto punto de fusión y excelente propiedad de fluidez, lo cual le permite mejorar la compatibilidad y afinidad en la interfaz madera-plástico, presentando a la par alta polaridad y reactividad mientras conserva las propiedades físicas del polipropileno. El MAPP puede fortalecer la adhesión y compatibilidad entre materiales polares y no polares. Se utiliza para reforzar el polipropileno, mejorando sus propiedades mecánicas, reduciendo su higroscopicidad y elevando su estabilidad (Yinghua Chemical). Una dosificación excesiva o insuficiente de MAPP en el material compuesto madera-plástico, podría reducir el efecto de compatibilidad del mismo (Caicedo *et al.*, 2015).

Correa *et al.* (2007) reportaron que reacciones de esterificación y enlaces puente de hidrógeno toman lugar entre la interfase del relleno lignocelulósico y el anhídrido maleico de polipropileno, tal y como sugiere la literatura actual (Figura 2).

8.3. OTROS ADITIVOS.

El anhídrido maleico de polietileno (MAPE) es otro agente químico de acoplamiento que es utilizado para rellenar y reforzar el polietileno, mejorando significativamente las propiedades mecánicas y térmicas de los polietilenos. Es aplicable para los materiales compuestos madera-plástico, donde el grupo anhídrido carboxílico que contiene puede causar acetificación con el grupo hidroxilo de la fibra de madera, disminuyendo así su polaridad e higroscopicidad (Yinghua Chemical). Otros agentes compatibilizantes de amplio uso son los organosilanos, que se adicionados a los polímeros para mejorar sus propiedades mecánicas y eléctricas.

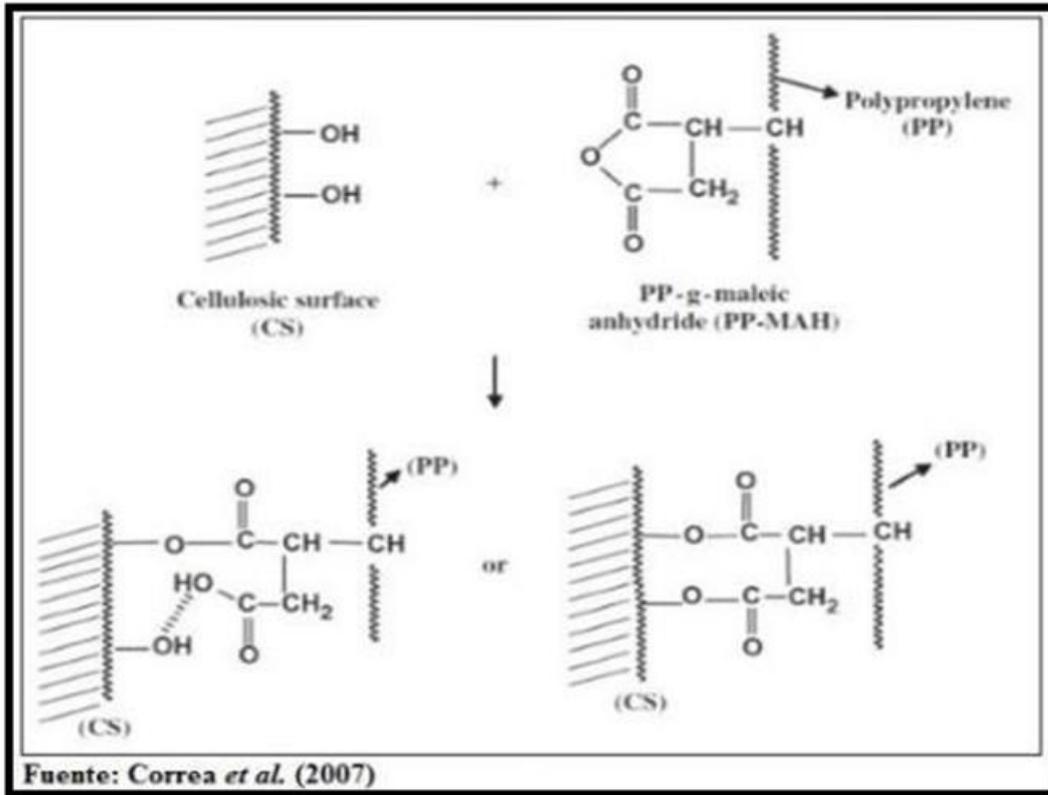


Figura 2: Esquema de una posible reacción de esterificación y enlace puente de hidrógeno en la interfase de fibras lignocelulósicas y el MAPP.

FUENTE: Correa et al. (2007)

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS MATERIALES COMPUESTOS.

9.1. PROPIEDADES FÍSICAS

9.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.

El alto contenido de humedad en la madera y otras fibras naturales representa un problema para la industria del plástico, la cual considera alrededor de 1 a 2 por ciento de humedad un contenido alto (Caulfield *et al.*, 2005). Adicionar madera a la matriz termoplástica causará inevitablemente un incremento en el contenido de humedad del material compuesto. Incluso los procesadores de plástico con equipamiento ventilado capaz de remover la humedad durante el procesamiento, fueron incapaces de eliminar de 5 a 7 por ciento de humedad en las fibras de madera. Por lo tanto, cualquier relleno de madera expuesto en la superficie del compuesto absorberá el vapor de agua circundante alcanzado el contenido de humedad en equilibrio. La falta de conocimiento sobre el comportamiento de la madera y los intentos fallidos en su utilización, llevaron a la industria a generar escepticismo en relación a combinar madera y plástico.

9.1.2. DENSIDAD

Klyosov (2007) señala que la densidad disminuye como respuesta a la alta porosidad en la estructura de los materiales compuestos. Esta porosidad se origina por la humedad presente en los ingredientes iniciales del material compuesto (partículas de madera), así como por la degradación del plástico durante el procesamiento (sobrecalentamiento excesivo o falta de antioxidantes). Una porosidad excesiva permite que el oxígeno penetre el material desde adentro aumentando significativamente la superficie de acceso y por consiguiente la tasa de oxidación. La humedad también es un catalizador efectivo de la oxidación del plástico.

9.1.3. ABSORCIÓN.

Klyosov (2007) afirma que la absorción de agua en los materiales compuestos plástico madera podrían acarrear una serie de eventos poco deseables para el producto, tales como distorsiones en sus dimensiones, hinchamiento, pandeo, propagación de mohos, disminución de algunas propiedades mecánicas, deterioro por oxidación, entre otras consecuencias negativas. Clemons (2002) señala que los materiales compuestos madera plástico absorben menos humedad y lo hacen de forma más lenta que la madera sólida. Asimismo, tienen mejor resistencia a los hongos y mayor estabilidad dimensional cuando están expuestas a humedad. Liang citado por Walcott & Englund (1999), elaboró *composites* de poliestireno con fibras de

madera para someterlas a pruebas de absorción de humedad. Observó que mientras incrementaba la cantidad de la matriz polimérica disminuía la absorción de agua y el hinchamiento en el *composite*. Sin embargo, esta mejora resultaba desproporcionada para la cantidad de poliestireno en la formulación. Para tres tipos de fibras diferentes, la adición de un 25 por ciento de poliestireno redujo la absorción de agua de un 40 por ciento a menos del 10 por ciento. Con respecto a los plásticos sin refuerzo, Clemons (2002) señala que éstos absorben muy poca cantidad de humedad, son muy resistentes al ataque de hongos y presentan buena estabilidad dimensional cuando se exponen a humedad.

9.1.4. HINCHAMIENTO

Caulfield *et al.* (2005) menciona que el hinchamiento en materiales compuestos de madera es mucho mayor incluso que la madera misma. Esto obedece a la liberación de las fuerzas de compresión, que son el resultado de la compresión física de los elementos de madera durante el prensado del tablero de partículas. Este hinchamiento es irreversible y sucede durante la primera humectación del material. También está presente el hinchamiento reversible, el cual corresponde a los elementos de madera, los cuales pueden contraerse nuevamente por pérdida de humedad.

9.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas de los *composites* plástico-madera dependen de una variedad de factores que incluyen: tipo de especie, regímenes en el manejo forestal (regeneración natural, manejo intensivo), tipo de adhesivo usado para unir los elementos de madera, geometría de los elementos (fibra, viruta, partícula, hebra) y densidad del producto final (Cai, 2006).

9.2.1. TRACCIÓN

Walcott & Englund (1999) señala que la resistencia a la tracción en muestras extrusadas de polipropileno, polietileno reciclado de alta densidad y poliestireno, disminuyeron de forma gradual con la adición de fibras de madera. Contrasta con ello el módulo de tensión, el cual incrementó su valor conforme se agregaban fibras de madera. Woodhams *et al.*, citado por Walcott & Englund (1999), notó una correlación positiva entre el módulo y la resistencia para las propiedades de tracción y flexión, mientras incrementaba la carga de madera en el *composite*. Sin embargo, la resistencia al impacto disminuyó cuando se incrementaba la cantidad de madera en muestras que no habían sido cizalladas.

9.2.2. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Essabir *et al.* (2015) señalan que la rigidez de una estructura es el factor más importante para muchas aplicaciones en ingeniería, por tal se considera a menudo al módulo de elasticidad (MOE) como una de las principales propiedades al momento de seleccionar un material. Un alto módulo de elasticidad es buscado cuando las deflexiones son indeseables, mientras que un bajo módulo de elasticidad es requerido cuando se busca flexibilidad. También afirman que existe una marcada mejora en los valores de módulo de elasticidad cuando se refuerza la matriz polimérica con fibras de origen vegetal, alcanzando el valor más alto de 1,8 GPa para materiales compuestos de polietileno reforzados con fibras de cáscara de nuez en un 25 por ciento del peso total.

Ravi Kumar *et al.* (2014) mencionan que el módulo de elasticidad es un indicador de la capacidad de carga, y que ésta aumenta con la proporción de fibra en el peso total del material compuesto. Como la fibra es el componente más rígido en la mezcla, la resistencia a la deformación aumenta con el contenido de fibra, esto consecuentemente incrementa la rigidez en el material compuesto. Simonsen & Rial (1996) elaboraron *composites* adicionando madera pre-tratada como relleno en forma separada a matrices de poliestireno y polietileno de alta densidad, respectivamente. Los resultados mostraron un incremento en los valores del módulo de elasticidad. Klyosov (2007) afirma que el módulo de elasticidad tiende a incrementarse si el polipropileno es reforzado con fibras en el material compuesto. Los valores del MOE aumentaron de 1,3 GPa en el polipropileno puro a 4,6 GPa en materiales compuestos reforzados con harina de madera en un 60 por ciento del peso total y 5,8 GPa para materiales compuestos reforzados con fibras lignocelulósicas en un 80 por ciento del peso total.

Idrus *et al.* (2011) afirmaron que el módulo de elasticidad en tensión mostró un incremento cuando aumentó la proporción de aserrín de 10 al 30 por ciento del peso total en materiales compuestos con polipropileno. También corroboraron que incrementos en la proporción de aserrín de hasta 25 por ciento del peso total en los materiales compuestos, correspondían a incrementos graduales en la resistencia a la flexión, debido a la mayor presencia de fibras en la mezcla. Lisperguer *et al.* (2013) señalan que la presencia de madera en la matriz polimérica de polipropileno reciclado incrementa la rigidez del polímero, incrementando fuertemente los valores de MOE en flexión, respecto a los polímeros puros.

9.2.3. FLEXIÓN ESTÁTICA.

Idrus *et al.* (2011) coinciden en afirmar que la adición de aserrín crudo a los materiales compuestos aumenta significativamente el módulo de elasticidad en flexión. Dado que las fibras de madera tienen altos valores de MOE, una mayor concentración de fibras requerirá un mayor esfuerzo para lograr la deformación.

Ravi Kumar *et al.* (2014) señalaron que la resistencia a la flexión en materiales compuestos polipropileno/fibra de “*vakka*” aumentó con la adición de fibras hasta en un 15 por ciento del peso total, luego de la cual disminuye conforme se adiciona mayor cantidad de fibras. Los bajos valores de resistencia a la flexión cuando se incrementa la proporción de fibras, se deben posiblemente a una interacción baja entre las fibras, los espacios vacíos en el compuesto y una deficiente dispersión de las fibras en la matriz.

9.2.4. RESISTENCIA AL IMPACTO.

A su vez, se refieren a la resistencia al impacto como la capacidad de un material para resistir la fractura cuando se le aplica una carga. Las fibras juegan un papel muy importante en la resistencia al impacto en el material compuesto, ya que interactúa en la formación de grietas en la matriz y actúa como medio de transferencia del esfuerzo. También afirman que la resistencia al impacto en materiales compuestos, se incrementa cuando aumenta la proporción de fibras en la mezcla. Sin embargo, el máximo incremento se reportó para un refuerzo de fibras del 15 por ciento, luego del cual la resistencia al impacto empezó a disminuir conforme aumentaba la proporción de fibras.

Durowaye *et al.* (2014) afirman que la resistencia al impacto en materiales compuestos de polipropileno/partículas de sisal decrece conforme se incrementa la proporción de partículas en el compuesto. Un incremento en la concentración de partículas reduce la habilidad de absorber energía por parte de la matriz, y de ese modo reduce la tenacidad del compuesto. Los valores varían de 4,0 J para compuestos con 5 por ciento de partículas de sisal a 1,9 J para compuestos con 25 por ciento de partículas como refuerzo.

10. MÉTODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

Dentro del proceso de producción de los *composites*, la dispersión de las fibras a través de la matriz polimérica resulta en uno de los mayores desafíos. La calidad en el producto final dependerá en su mayoría de que tan buena resulte la mezcla entre los componentes. Deficiencias en el mezclado originan mala dispersión del plástico y fibras poco humectadas, así como una excesiva mezcla causa severos daños a la fibra. La consecuencia es una reducción efectiva de las propiedades mecánicas del material compuesto (Walcott & Englund, 1999).

La manufactura de los materiales compuestos puede resumirse en dos pasos: primero, la matriz y las fibras vegetales son mezclados conjuntamente para producir un material de mayor homogeneidad; y segundo, la mezcla homogénea es prensada y fundida por acción del calor (Forest Products Laboratory, 2010). La extrusión y el moldeo por inyección son las metodologías más empleadas en la industria del plástico. Ambas tecnologías emplean un tornillo como mecanismo de transporte, el cual permite un mejor acondicionamiento del material para las subsiguientes fases del proceso productivo. Las mezcladoras de corte intensivo pueden facilitar la preparación de las fibras de madera y los termoplásticos, antes de ingresar al proceso de moldeo por inyección.

Extrusoras de un solo tornillo son altamente recomendables para los procesos de fabricación continua de una gran variedad de materiales termoplásticos. Actúa a manera de una bomba que empuja el material a través de las paredes del barril generando fricción por acción del calor (Figura 3). Es un equipo adecuado para trabajar con fluidos de alta viscosidad en condiciones de altas presiones y elevadas temperaturas, necesarias para el procesamiento de los polímeros (Walcott & Englund, 1999).

Otras tecnologías de procesamiento tales como el moldeo por inyección y moldeo por compresión son también utilizadas para producir materiales compuestos, pero con una producción mucho menor en cuanto a peso. Estos métodos alternativos de transformación tienen ventajas cuando no se desea el procesamiento de piezas en forma continua o se requieren formas más complejas. La formulación del *composite* debe ajustarse para cumplir con los requisitos del procesamiento (Caulfield *et al.*, 2005).

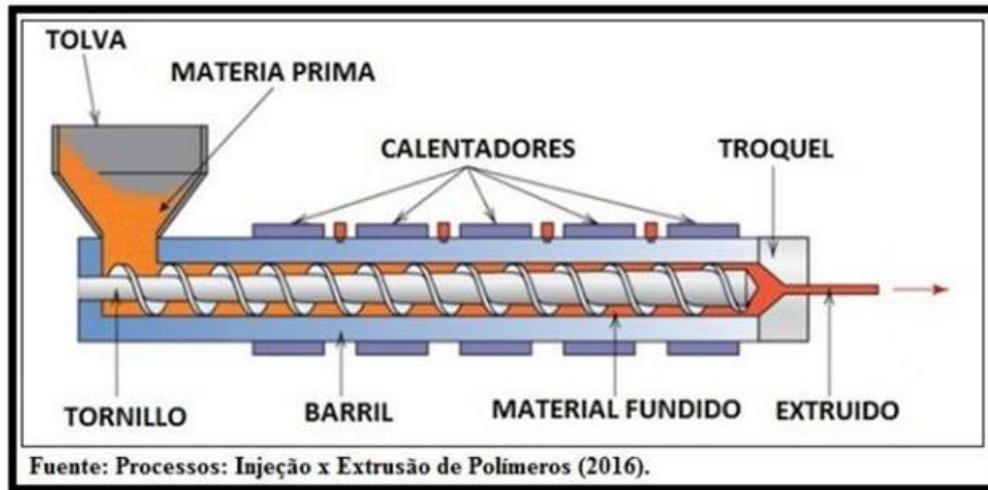


Figura 3: Imagen de los componentes de una extrusora de un solo tornillo.

FUENTE: PROCESSOS: INJEÇÃO X EXTRUSÃO DE POLÍMEROS. (2016)

11. INVESTIGACIONES EN MATERIALES COMPUESTOS PLÁSTICO - MADERA

Klason *et al.* citado por Walcott & Englund (1999), expuso materiales compuestos formados con polipropileno y polvillo de madera, en un ambiente con humedad relativa de 50 por ciento a 23 °C por 150 días, observando un contenido de humedad de equilibrio de 1,6 por ciento para un relleno de fibras del 60 por ciento. El valor del contenido de humedad de equilibrio cayó cuando el porcentaje de harina de madera disminuyó.

Soatthiyanon (2010) elaboró materiales compuestos empleando como carga de refuerzo polvillo de madera y fibra de kenaf molido respectivamente, en una proporción de 40 por ciento del peso total. Utilizó polipropileno y polietileno de alta densidad como matrices termoplásticas. Los resultados mostraron que los *composites* con polipropileno eran más rígidos y más fuertes que sus homólogos de polietileno, no obstante, su resistencia al impacto fue sustancialmente menor. Asimismo, la adición de agentes acoplantes tales como anhídrido maleico de polietileno (MAPE) y anhídrido maleico de polipropileno (MAPP) aumentaron considerablemente el módulo de tracción y de resistencia para ambos casos. Hubo una mejora muy discreta en la resistencia a la flexión, pero ninguna mejora significativa en el módulo de flexión. Los agentes acoplantes no afectaron la resistencia al impacto en los materiales compuestos de polipropileno, sin embargo, la resistencia al impacto se redujo sustancialmente para los *composites* de polietileno de alta densidad.

Yuan *et al.* (2008) desarrollaron materiales compuestos reforzados con fibra de madera de arce en una proporción de 50 por ciento del peso total, utilizando polipropileno y polietileno como matrices termoplásticas. Se observó que los *composites* que incluyeron agentes acoplantes en su formulación, mejoraron su resistencia al impacto en un 60 por ciento con relación a los que no utilizaron ningún compatibilizante. El módulo de Young que exhibieron los *composites* con matriz de polipropileno fue mayor en comparación a los que emplearon matriz de polietileno. Mientras que en la resistencia al impacto ocurrió lo contrario, donde los materiales compuestos con polietileno alcanzaron los valores más altos.

Klyosov (2007) afirma que la resistencia máxima del polietileno de alta densidad decrece cuando es reforzado, es decir, cuando se convierte en material compuesto. En este caso, el MOR varía de 20-30 MPa para polietileno de alta densidad, a 5,5-19 MPa para materiales compuestos. Asimismo, menciona que la resistencia máxima del polipropileno (28 MPa) también disminuye cuando es reforzado con harina de madera en un 60 por ciento del peso total (20 MPa) y continúa decreciendo cuando es reforzado con fibras lignocelulósicas en un 70-85 por ciento del peso total (9 MPa). El mismo autor señala que materiales compuestos de polietileno de alta densidad reforzado con fibras de origen vegetal incrementaron su resistencia máxima en flexión hasta alcanzar valores cercanos a 21 MPa. Un incremento adicional en el valor de la resistencia máxima de hasta 26 MPa, puede alcanzarse si se emplea agente acoplante en la mezcla.

Ravi Kumar *et al.* (2014) en su investigación señalan, que la resistencia a la tensión en materiales compuestos polipropileno/fibra de “*vakka*” se incrementa con la adición de fibras hasta en un 15 por ciento del peso total, luego de la cual disminuye conforme se adiciona mayor cantidad de fibras. También reportaron valores de módulo de elasticidad en flexión superiores a 1,5 GPa en materiales compuestos polipropileno/fibra de “*vakka*” con proporciones de fibra de 15 por ciento.

Caulfield *et al.* (2005) reportaron valores de módulo de elasticidad en tensión de 4,1 GPa, para materiales compuestos polipropileno/fibra de álamo con proporciones de fibra de 30 por ciento utilizando anhídrido maleico de polipropileno (MAPP) en bajas cantidades como agente acoplante. Asimismo, deja en evidencia que conforme aumenta la proporción de fibras en el material compuesto se incrementa el módulo de elasticidad. Los mismos autores reportaron valores de resistencia máxima en flexión estática de 60,2 MPa, para materiales compuestos con las mismas características. También reportaron valores de módulo de

elasticidad en flexión estática de 3,82 GPa, para materiales compuestos polipropileno/fibra de álamo con proporciones de fibra de 30 por ciento y MAPP como acoplante en bajas concentraciones.

Cárdenas (2012) reportó valores de módulo de elasticidad en tensión entre 1,3 y 1,5 GPa para materiales compuestos polipropileno/madera de pino elaborados por método de inyección, siendo de 1,1 GPa el valor de módulo de elasticidad más alto. Asimismo, reportó valores de resistencia máxima en flexión entre 31 y 34 MPa para materiales compuestos polipropileno/madera de pino elaborados por el mismo método. El mismo autor reportó valores de MOE en flexión entre 0,9 y 1,0 GPa para materiales compuestos polipropileno/madera de pino elaborados por el mismo método. A su vez, reportó valores de resistencia al impacto entre 0,63 y 0,66 J para materiales compuestos polipropileno/madera de pino elaborados por el mismo método.

Mattos *et al.* (2014) reportaron valores máximos para MOR en flexión de 15 MPa en materiales compuestos de polipropileno y partículas de eucalipto en proporciones cercanas a 60 por ciento del peso total. Lisperguer *et al.* (2013) reportaron en su investigación valores de resistencia máxima en tensión superiores a 20 MPa para materiales compuestos reforzados con 50 por ciento de harina de madera de pino, y 10 MPa para los reforzados con 60 por ciento de harina de madera de pino. A su vez, reportaron valores de módulo de elasticidad en tensión cercanos a 1,6 GPa para materiales compuestos reforzados con 50 por ciento de harina de madera de pino, y 1,4 GPa para los reforzados con 60 por ciento de harina de madera de pino. Los mismos autores reportaron valores de resistencia máxima en flexión superiores a 60 MPa para materiales compuestos de polipropileno reforzados con 50 por ciento de harina de madera de pino y MAPP en bajas concentraciones. También reportaron valores de resistencia al impacto superiores a 6,0 J, para materiales compuestos de polipropileno reforzados con 50 por ciento de harina de madera de pino y MAPP en bajas concentraciones. Liu *et al.* (2008) reportaron valores de módulo de elasticidad en flexión de 2,4 y 2,9 GPa para materiales compuestos polietileno/harina de bambú con proporciones de fibras de 40 por ciento de peso total. Bouafif *et al.* (2009) reportaron valores promedio de módulo de elasticidad en flexión de 2.2 a 2.3 GPa para materiales compuestos con fibra de diferentes tipos de pino.

12. APLICACIONES DE MATERIALES COMPUESTOS PLÁSTICO - MADERA.

Materiales compuestos plástico-madera son muy utilizados en la actualidad, o están en fase de desarrollo, para una amplia gama de aplicaciones en diferentes sectores del mercado, los cuales incluyen: construcción y edificaciones, acabados interiores y exteriores, automotriz, jardinería y productos para exteriores, industrial e infraestructuras, otros usos de menor volumen y especializados. (WRAP, 2003).

Las principales aplicaciones para los compuestos plástico-madera incluyen: *decking*, barandillas, puertas y ventanas, techos, asientos y mesas para picnic, cercos, miradores, pérgolas, autopartes, equipos para juegos. También como revestimientos, estructuras marinas, pisos laminados, muebles residenciales, postes de electricidad y crucetas (Crespell & Vidal, 2008). Su potencial capacidad de soportar carga y bajo costo, le han permitido extenderse a varios sectores tales como la aviación, construcción, almacenamiento de frutas y granos, y calzado (Satyanarayana *et al.*, 2009).

Otros productos tales como pilotes, durmientes para ferrocarril, persianas de ventanas y materiales aislantes de sonidos han sido desarrollados más de forma experimental que comercial, por lo que su comercialización es aún bastante reducida si los comparamos con los principales productos a base de *composites* (Klysov, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. PROCEDENCIA DE LA MATERIA PRIMA

La madera de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) procedente de raleo de 4, 5 y 6 años de edad respectivamente, fue colectada de las plantaciones forestales que posee la empresa Reforestadora Amazónica S.A.C., ubicadas en la provincia de Puerto Inca, entre los distritos de Puerto Inca y Yuyapichis, departamento de Huánuco (Figura 4). Limita al norte con las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo, por el sur con Oxapampa, por el este con Coronel Portillo, por el oeste con Padre Abad y por el sur-oeste con Leoncio Prado y Pachitea. Geográficamente se encuentra a 9°37'43'' latitud S y 74°58'28'' latitud W. Puerto Inca posee temperaturas medias y anuales entre 22-25°C, con máximas y mínimas de 33°C y 11°C respectivamente. La humedad relativa promedio es 84 por ciento con una precipitación anual de 2300 mm/año (Urbina, 2017).

2. LUGAR DE EJECUCIÓN

El acondicionamiento de la materia prima, la caracterización química de las fibras de bolaina blanca y los ensayos físicos de los composites se realizaron en el Laboratorio de Transformación Química de la Madera; los ensayos de flexión y tensión de los composites se realizaron en el Laboratorio de Propiedades Físico Mecánicas de la Madera; la caracterización anatómica de las fibras de bolaina blanca se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera. Todos ellos pertenecientes al Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La fase de extrusión tuvo lugar en las instalaciones del Centro Nuclear RACSO del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) en Puente Piedra. Finalmente, el ensayo de resistencia al impacto de los composites se realizó en las instalaciones de la empresa Fibraforte – Lima.

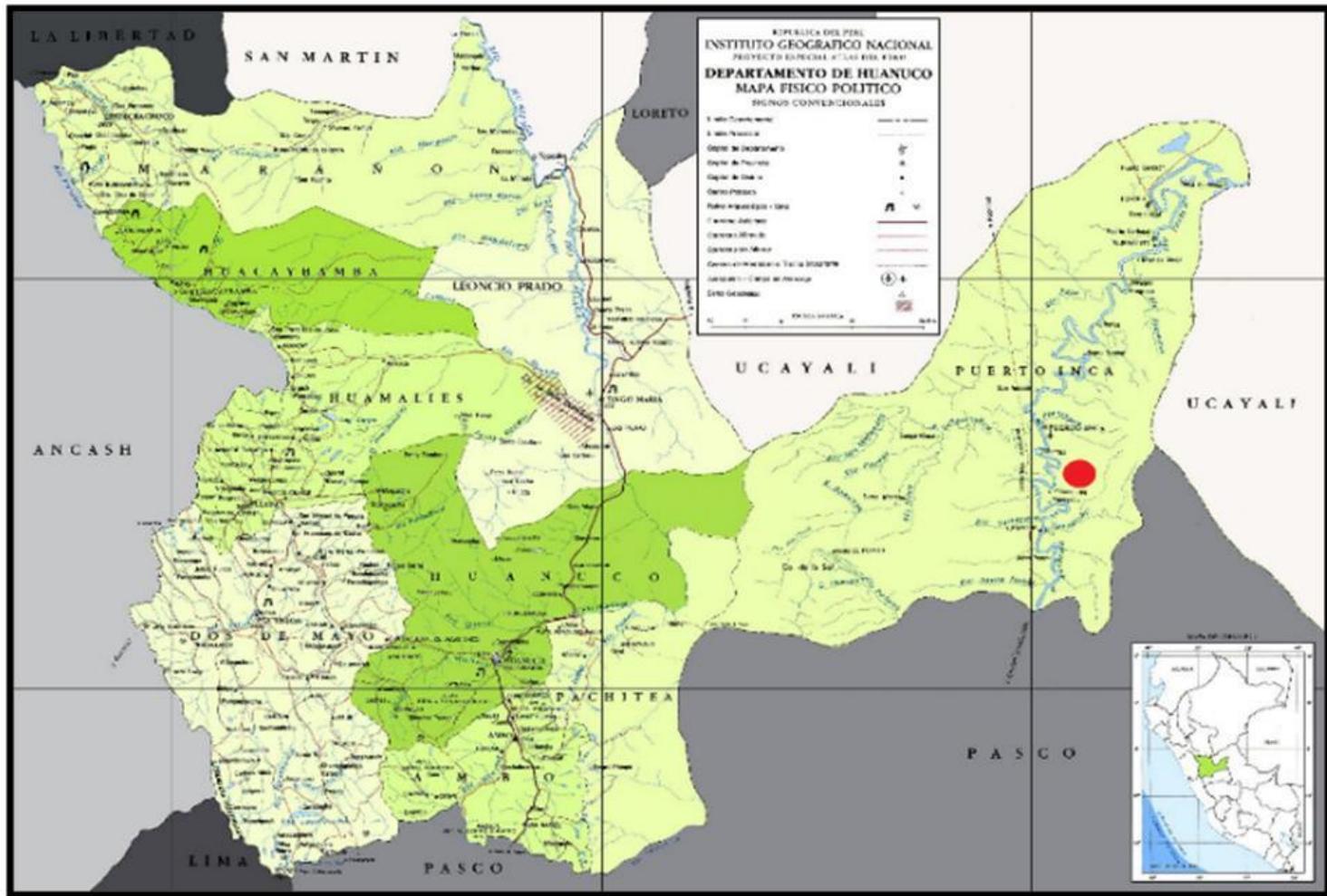


Figura 4: Mapa de ubicación de las plantaciones de bolaina (punto rojo) de la empresa Reforestadora Amazónica S.A.C.

FUENTE: IGN.

3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1. MATERIA PRIMA

Se demandó aproximadamente un total de 60 Kg de madera bolaina blanca procedente de raleo para las tres edades en estudio.

3.2. MATRIZ POLIMÉRICA

Se utilizó homopolímero polipropileno (PP) de fórmula $-(C_3H_6)_n-$, marca PROPILCO 11HA01A, con un índice de fluidez de 2,16 kg/230°C: 12,5 g/10min, temperatura de fusión 160 -166°C.

3.3. ADITIVO

Se utilizó como agente acoplante el Anhídrido Maleico de Polipropileno (MAPP) de fórmula $C_7H_8O_3$, marca OVERAC CA100, con una temperatura de fusión de 167°C.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS.

Para obtención de partículas.

- Formón.
- Martillo.
- Serrucho.
- Costales de rafia.
- Balanza romana de 50 kg de 10 g de precisión.
- Balanza electrónica de 5kg de 1 g de precisión.
- Bolsa de tocuyo.
- Tamices ASTM con abertura de malla número 40 (0,43mm), 60 (0,25mm), 80 (0,18mm) y 100 (0,15mm) con fondo y tapa.
- Bolsas de polietileno.
- Etiquetas.
- Plumón indeleble.

- Sierra circular de 1700 W.
- Molino de cuchillas de 2830 rpm.
- Zaranda vibratoria de 1700 rpm.

Para fase de extrusión

- Bandejas de acero.
- Estufa para secado de partículas.
- Extrusora de husillo simple de 360 W.
- Balanza analítica de 0,1 mg de precisión.

Para elaboración del material compuesto.

- Láminas metálicas de 32x32x0,3 cm (4 unidades).
- Marco de acero de 21x21x0,25 cm (2 unidades).
- Emulsión de silicona al 35por ciento.
- Guantes reflectantes.
- Mandil de cuero.
- Regla metálica.
- Rociador de plástico.
- Espátula de metal.
- Molino de cuchillas de 2830 rpm.
- Balanza analítica de 0,1 mg de precisión.
- Prensa hidráulica de vulcanizado de caucho 60 TN.

Para ensayos físicos y mecánicos.

- Baldes plásticos de 20 L.
- Agua destilada.
- Malla metálica.
- Estufa eléctrica a temperatura constante de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Prensa universal de ensayos mecánicos *Tinius Olsen* de 60000 lb de capacidad, con todos sus accesorios.
- Deflectómetro de 1" (2,54cm) de carrera con 0,001" (0,00254cm) de aproximación.
- Máquina para ensayos de impacto fabricado por la empresa Fibraforte.
- Vernier digital de 0,02 mm de precisión.
- Desecador de silicagel.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. OBTENCIÓN DEL MATERIAL LIGNOCELULÓSICO

El material procedente de la actividad silvicultural de raleo aplicada en las plantaciones forestales de bolaina blanca de 4, 5 y 6 años de edad fue seleccionado, despuntado y desramado *in-situ*. Luego fue trozado en secciones de aproximadamente 1 metro de longitud, puestos en costales y enviados a Lima por vía terrestre.

4.2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS Y OBTENCIÓN DE PARTÍCULAS.

Los trozos de madera fueron puestos a secar al ambiente (Figura 5A) por un periodo de 7 a 10 días, con el fin de disipar la humedad y evitar la proliferación de hongos. Luego se procedió a retirar la corteza utilizando un formón; seguidamente se cortaron en rodajas pequeñas (Figura 5B) con una sierra circular de 1700 w. Las rodajas fueron reducidas a chips utilizando comba y formón (Figura 5C), para finalmente ingresar a un molino de cuchillas de 2830 rpm (Figura 6A) y obtener un material molido de diferente granulometría. A continuación, se procedió a tamizar el material molido utilizando un equipo de clasificación de zarandas vibratorias (Figura 6B) y tamices de mallas ASTM con abertura de malla N° 40, 60, 80 y 100, respectivamente (Figura 6C). Las partículas resultantes de esta clasificación fueron almacenadas en bolsas de polietileno, indicando el tamaño y edad correspondiente (Figura 8).

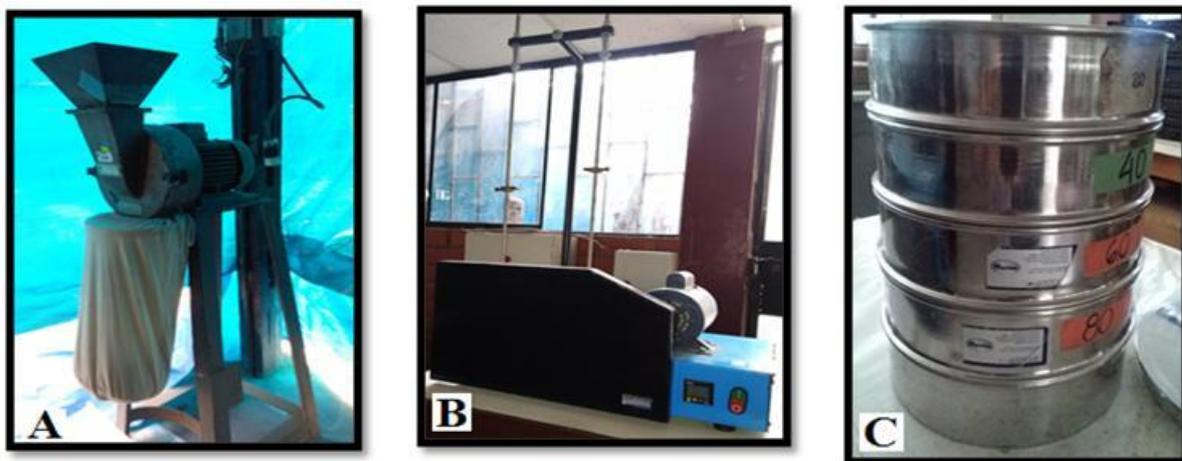
El polipropileno y el anhídrido maleico de polipropileno también fueron triturados en el molino de cuchillas para lograr una geometría que facilite la unión con las partículas de bolaina. La Figura 7 resume bien el flujo de los procesos mencionados. Los rendimientos de cada procedimiento se detallan en el Anexo 1.



(A) Secado al ambiente, (B) obtención de rodajas y (C) chips de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius).

Figura 5: Acondicionamiento de los raleos de bolaina blanca.

FUENTE: *Elaboración propia*



(A) Molino de cuchillas, (B) tamizador de zaranda vibratoria y (C) tamices ASTM.

Figura 6: Obtención de partículas de bolaina blanca.

FUENTE: *Elaboración propia*

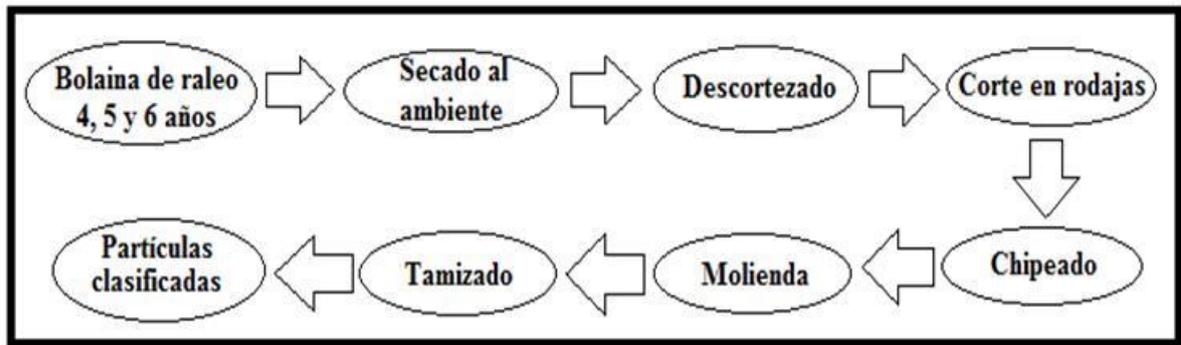


Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de obtención de partículas de bolaina blanca (*Guzuma crinita* C. Martius).

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 1 se presenta los diferentes valores porcentuales de las formulaciones utilizadas para la elaboración de los materiales compuestos.

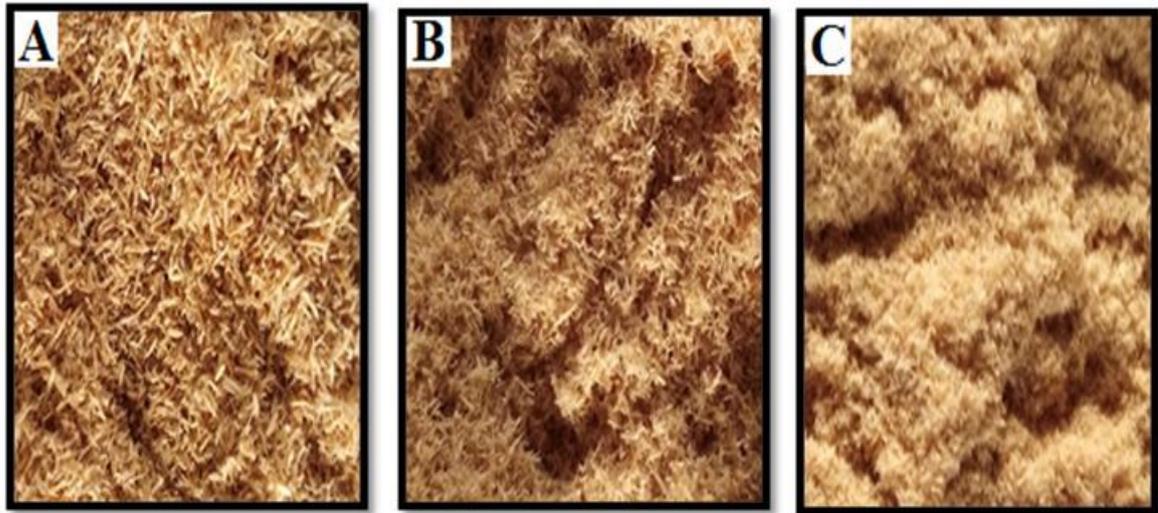
Tabla 1: Valores porcentuales de las formulaciones utilizadas para todos los tratamientos en el presente estudio. (*)

Tratamientos	Tamaño de malla ASTM	Bolaina blanca (%)	Polipropileno (%)
T ₁	+40/-60	30	68
T ₂	+40/-60	20	78
T ₃	+40/-60	10	88
T ₄	+60/-80	30	68
T ₅	+60/-80	20	78
T ₆	+60/-80	10	88
T ₇	+80/-100	30	68
T ₈	+80/-100	20	78
T ₉	+80/-100	10	88
T ₁₀	+40/-60	30	68
T ₁₁	+40/-60	20	78
T ₁₂	+40/-60	10	88
T ₁₃	+60/-80	30	68
T ₁₄	+60/-80	20	78
T ₁₅	+60/-80	10	88
T ₁₆	+80/-100	30	68
T ₁₇	+80/-100	20	78
T ₁₈	+80/-100	10	88
T ₁₉	+40/-60	30	68
T ₂₀	+40/-60	20	78
T ₂₁	+40/-60	10	88

T ₂₂	+60/-80	30	68
T ₂₃	+60/-80	20	78
T ₂₄	+60/-80	10	88
T ₂₅	+80/-100	30	68
T ₂₆	+80/-100	20	78
T ₂₇	+80/-100	10	88

(*) Todos los tratamientos incluyen en su formulación 2% de Anhídrido Maleico de Polipropileno (MAPP).

FUENTE: *Elaboración propia*



A (+40/-60 ASTM), B (+60/-80 ASTM) y C (+80/-100 ASTM) de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius).

Figura 8: Tamaño de partícula:

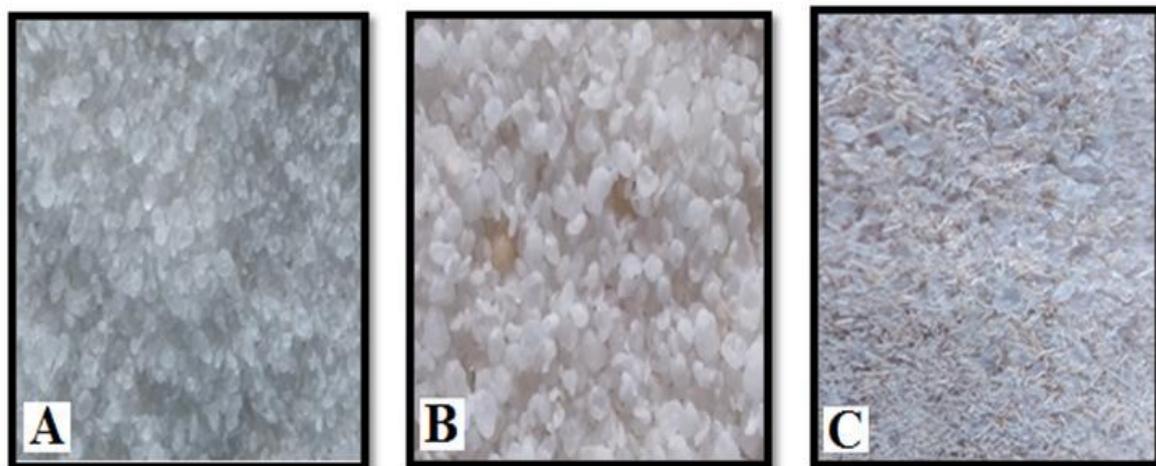
FUENTE: *Elaboración propia*

4.3. MEZCLADO Y EXTRUSIÓN

Para obtener las mezclas, las partículas de bolaina se secaron en estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que alcanzaron un contenido de humedad aproximada de 2 por ciento. Inmediatamente después, se mezclaron con el polipropileno y el anhídrido maleico de polipropileno molidos (Figura 9), en las proporciones señaladas anteriormente. Las mezclas se guardaron en bolsas de polietileno y llevadas a las instalaciones del IPEN¹ donde fueron sometidas al proceso de extrusión, en una extrusora de husillo simple con capacidad de mezcla 5g/min, trabajando a una temperatura aproximada de 160°C a 170°C y una velocidad de 30 rpm (Figura 10). El material extruido ingresó nuevamente al molino de cuchillas para lograr una mayor

¹ IPEN: Instituto Peruano de Energía Nuclear

uniformidad, previo a la etapa de prensado (Figura 11). La cantidad total de material requerido se detalla en el Anexo 2.



(A) Polipropileno, (B) anhídrido maleico de polipropileno y (C) mezcla de ambos con partículas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius).

Figura 9: Mezcla de materiales previo a la extrusión.

FUENTE: *Elaboración propia*

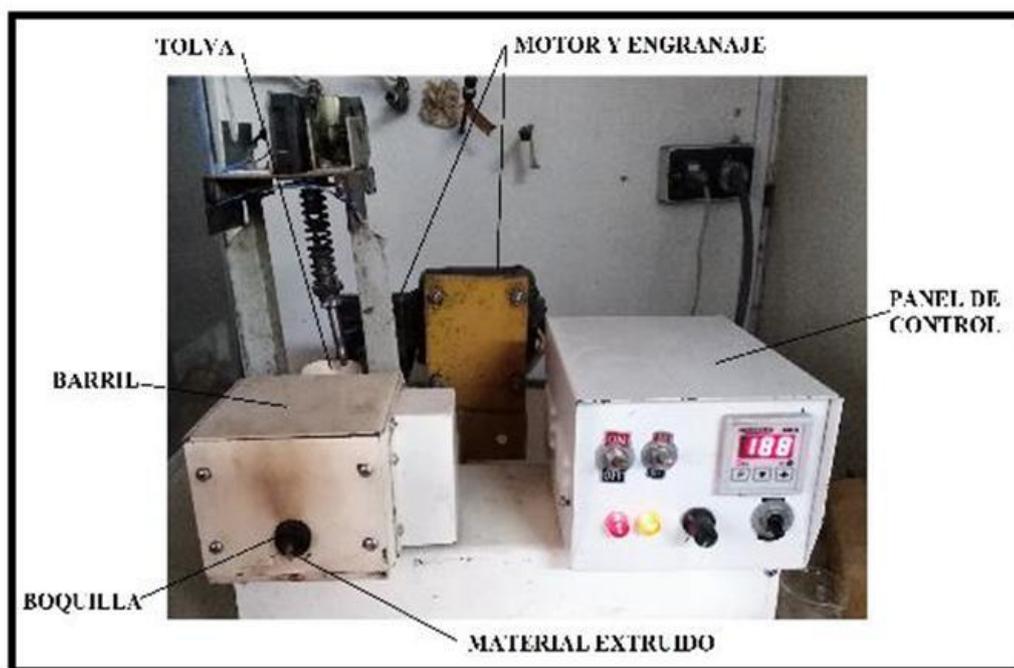
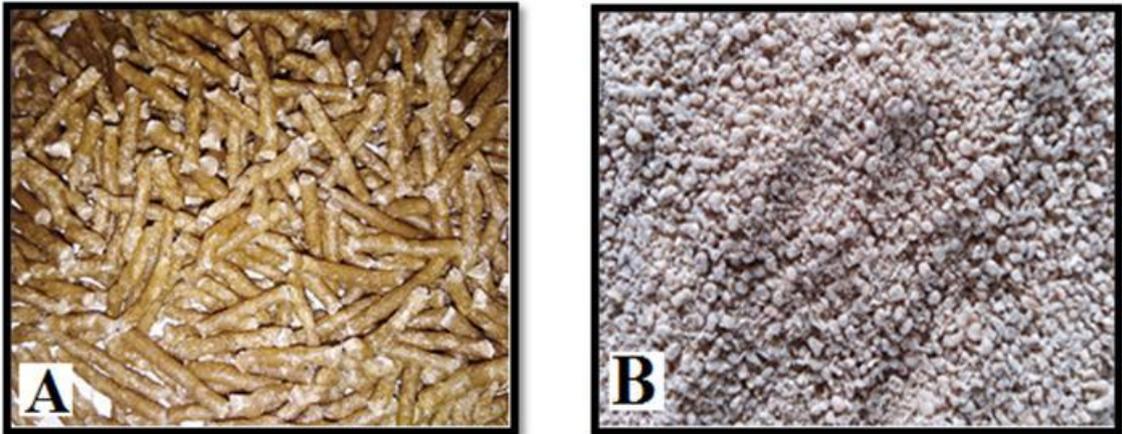


Figura 10: Extrusora de husillo simple 360W, Laboratorio de la Sub-Dirección de Desarrollo Tecnológico – Instituto Peruano de Energía Nuclear.

FUENTE: *Elaboración propia*



(A) sin moler y (B) molido, de la mezcla de polipropileno con partículas de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius).

Figura 11: Material extruido:

FUENTE: Elaboración propia

4.4. ELABORACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

Los materiales compuestos se formaron por el método de moldeo por compresión térmica empleando para ello una prensa hidráulica de platos calientes (Figura 12), que trabajó con una velocidad de 0,9 cm/s y presión de 40 bares. Previamente se pesó la cantidad de mezcla extruida a utilizar en la elaboración de cada material compuesto. Las placas metálicas y el marco se calentaron por un periodo de 20 minutos en la prensa. Una vez calientes se retiraron utilizando los guantes reflectantes. Inmediatamente después se aplicó, en toda la superficie de contacto de las placas metálicas, silicona en emulsión. El marco fue posicionado en el centro de una de las placas metálicas. Dentro del perímetro del marco se colocó la mezcla extruida, esparciendo cuidadosamente con una regla metálica, de tal manera que toda la mezcla quede bien distribuida evitando dejar espacios de aire y asegurando una superficie homogénea; seguidamente se colocó la otra placa metálica haciendo presión sobre el marco. Luego fueron colocados en el centro de la prensa, dando inicio a la compresión de los platos calientes. El proceso de curado duró de 4 a 5 minutos trabajando en un rango de temperatura de 177°C – 185°C.

Luego del curado, se retiró rápidamente las placas metálicas de la prensa utilizando guantes reflectantes y mandil de cuero. Las placas metálicas fueron puestas a enfriar envolviéndolos entre trapos húmedos, colocando encima una pieza de madera de 2” de espesor y aplicando presión perpendicular constante sobre ellos para evitar la deformación por pérdida de

temperatura. El enfriamiento duró de 3 a 4 minutos, tiempo durante el cual se adicionó agua fría para disipar el calor, hasta que las placas metálicas lograron desmoldarse. Se retiró el material compuesto y los retazos del mismo de las superficies de las placas metálicas y el marco utilizando una espátula. La secuencia del procedimiento mencionado líneas arriba se muestra en la Figura 13.



Figura 12: Prensa hidráulica de vulcanizado de caucho 60 TN, Laboratorio de Transformación Química de la Madera – Universidad Nacional Agraria La Molina.

FUENTE: Elaboración propia



(1) calentamiento de las placas y marco metálico; (2) aplicación de silicona en superficies de placas; (3) homogeneización de la mezcla extruida; (4) ingreso de placas a prensa; (5) enfriamiento de placas; (6) desmoldado de placas y marco metálico; (7) material compuesto.

Figura 13: Proceso de elaboración de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca.

FUENTE: Elaboración propia

Las dimensionales finales de los materiales compuestos resultaron semejantes a un tablero de 210 mm x 210 mm. Se elaboraron en total 216 tableros, 8 para cada tratamiento. La cantidad de tableros necesarios para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas se muestra en la Tabla 2.

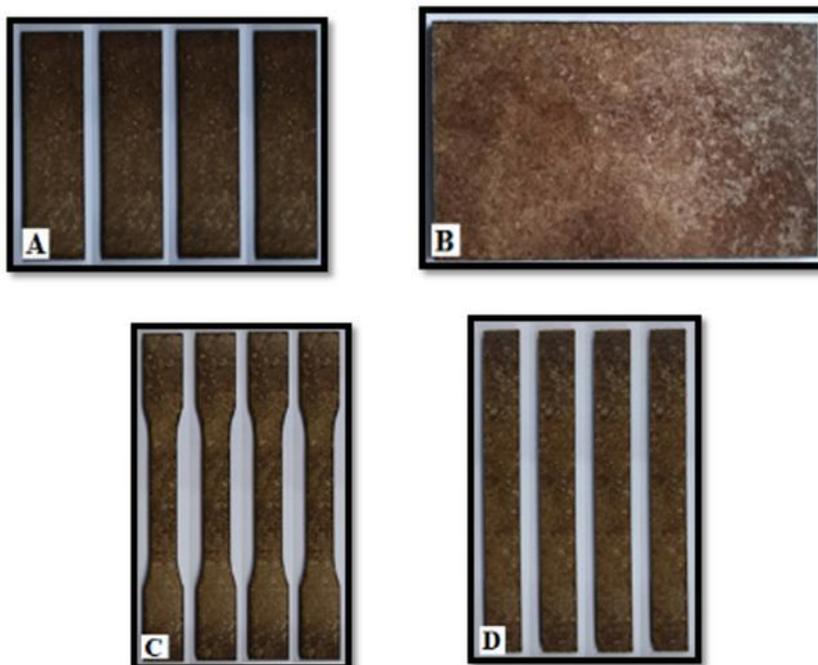
Tabla 2: **Cantidad de tableros utilizados según el tipo de ensayo.**

<i>Propiedad</i>	<i>Número de tableros necesarios</i>	<i>Número de probetas por tratamiento</i>	<i>Número total de probetas</i>	<i>Dimensiones de las probetas</i>		
				<i>Espesor (mm)</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>
Físicas	1	10	270	2.5 ± 0.2	76,2	25,4
Tensión	1	5	135	2.5 ± 0.2	165	19
Flexión	1	5	135	2.5 ± 0.2	127	12,7
Impacto	5	20	540	2.5 ± 0.2	120	65

Cantidad de mezcla extruida por tablero: 103 g.

4.5. OBTENCIÓN DE LAS PROBETAS

La geometría de las probetas fue diseñada aplicando el software *CorelDraw*, respetando las dimensiones requeridas para cada caso. Luego fueron cortadas en una maquina láser de 80W de energía a una velocidad de 18 por ciento. Las formas finales de las probetas se muestran en la Figura 14.



(A) físicos; (B) resistencia al impacto; (C) tensión y (D) flexión estática.

Figura 14: Probetas para los ensayos.

5. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD APARENTE

Las evaluaciones de contenido de humedad y densidad aparente se realizaron tomando como referencia la norma ASTM D1037 – 99 (*Standard Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Material*). Se evaluaron 5 probetas por cada tratamiento y se codificaron y midieron el largo, ancho y espesor con un vernier digital. Posteriormente, las probetas se colocaron en una estufa eléctrica a una temperatura constante de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta que se obtuvo una masa constante. Previo a cada control de masa, las probetas fueron acondicionadas en un desecador silicagel por un lapso de 10 minutos inmediatamente después de salir de la estufa. Para los controles de masa se utilizó una balanza analítica de 0,1 mg de precisión, y la frecuencia de medición fue cada 2 horas las 8 primeras horas, luego a las 24, 48, 96, 144, 240 y 288 horas, tiempo en el cual se obtuvo la masa constante. Los resultados completos se muestran en el Anexo 4.

El contenido de humedad se estimó mediante la siguiente relación:

$$M = ((m_h - m_0) / m_0) \times 100$$

Dónde:

M = contenido de humedad en base seca (%)

m_h = masa húmeda de la probeta (g)

m_0 = masa seca de la probeta (g)

Para la densidad aparente se utilizó la siguiente relación:

$$D = (m_0 / v) \times 100$$

Dónde:

D = densidad aparente (g/cm^3)

m_0 = masa seca de la probeta (g)

v = volumen (cm^3)

5.2. ABSORCIÓN E HINCHAMIENTO

Las evaluaciones de absorción e hinchamiento se realizaron tomando como referencia la norma ASTM D570 – 98 (*Standard Test Method for Water Absorption of Plastic*). Se evaluaron 5 probetas por cada tratamiento. Las probetas se codificaron y midieron largo, ancho y espesor con un vernier digital. Fueron acondicionadas a 50°C por 24 horas en una estufa eléctrica antes de ser sumergidas en agua destilada. Los controles de masa se realizaron a las 2 y 24 horas de inmersión, después el control fue semanal hasta completar el mes y finalmente un control a los dos meses. La medición de espesores se realizó a las 2 y 24 horas de inmersión, otra al mes y una final a los dos meses. Los resultados completos se muestran en los Anexos 5 y 6.

La absorción se calculó mediante la siguiente relación:

$$A = ((p_f - p_i)/p_i) \times 100$$

Dónde:

A = absorción (%)

p_f = peso luego de inmersión en agua (g)

p_i = peso inicial o acondicionado (g)

Para el hinchamiento se utilizó la siguiente relación:

$$H = ((e_f - e_i)/e_i) \times 100$$

Dónde:

H = hinchamiento (%)

e_f = espesor después de inmersión en agua (mm)

e_i = espesor inicial o acondicionado (mm)

5.3. ENSAYO DE TENSIÓN.

Los ensayos de tensión se realizaron tomando como referencia la norma ASTM D638 – 03 (*Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*). Se eligió el tamaño de probeta Tipo I (165 mm x 19 mm x espesor). Se ensayaron 5 probetas por cada tratamiento. Las probetas fueron acondicionadas previamente a 70 por ciento de humedad relativa por un mínimo de 40 horas, midiéndose el ancho y espesor en la parte central.

Para los ensayos se utilizó la prensa universal *Tinius Olsen* (Figura 15) equipada con los accesorios respectivos, seleccionando los siguientes parámetros; luz entre las celdas 115 mm, velocidad 1 mm/min (6,6 Hz), escala de lectura 5 libras. Las probetas se colocaron entre las celdas de los cabezales fijo y móvil, siendo sujetadas por tornillos en cada extremo. Se colocó el deflectómetro para medir la deformación cada 5 libras. Durante el ensayo se registró la deformación correspondiente a cada 5 libras de incremento, hasta alcanzar la carga máxima. El tiempo de duración para cada ensayo fue de 4 a 5 minutos. Con los valores de carga y deformación de cada probeta se elaboraron las gráficas correspondientes en coordenadas cartesianas; en el eje de las ordenadas la carga (libras) y en el eje de las abscisas la deformación (pulgadas). Los resultados obtenidos se detallan en el Anexo 7.

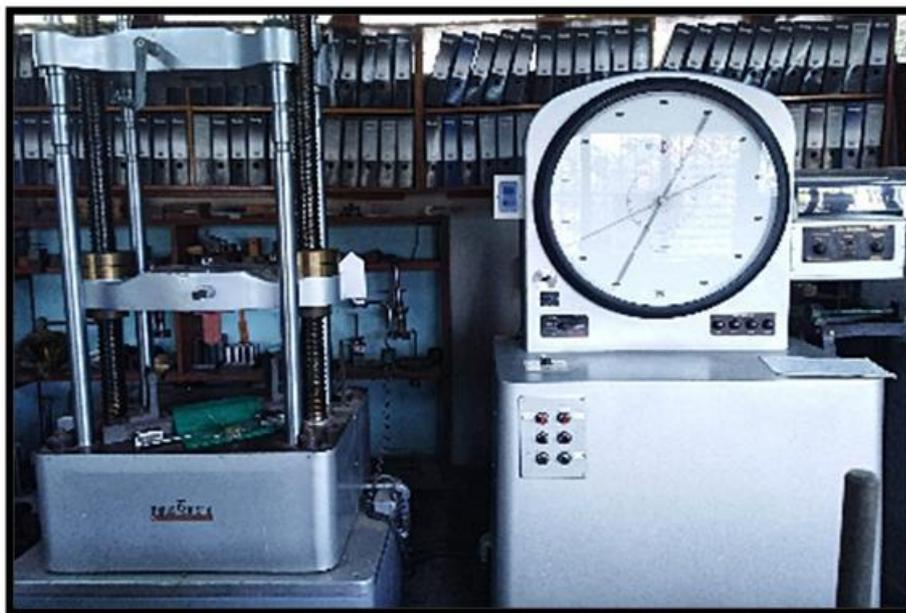


Figura 15: Prensa de ensayos universales *Tinius Olsen* de 60000 lb, Laboratorio de Propiedades Físico Mecánicas de la Madera – Universidad Nacional Agraria La Molina.

FUENTE: *Elaboración propia*

El módulo de ruptura fue calculado utilizando la siguiente relación:

$$\text{MOR} = P/A$$

Dónde:

MOR = módulo de ruptura (MPa)

P = carga máxima (N)

A = área de la sección transversal (mm²)

El módulo de elasticidad fue calculado utilizando la siguiente relación:

$$\text{MOE} = (P \times L_0)/(A \times \Delta L)$$

Dónde:

MOE = módulo de elasticidad (MPa)

P = carga perpendicular (N)

L₀ = longitud inicial (mm)

A = área de la sección transversal (mm²)

ΔL = deformación (mm)

5.4. ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA

Los ensayos de flexión se realizaron tomando como referencia la norma ASTM D790 – 03 (*Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*). Se ensayaron 5 probetas por cada tratamiento. Las probetas fueron acondicionadas previamente a 70 por ciento de humedad relativa por un mínimo de 40 horas, midiéndose el ancho y espesor en la parte central.

Para los ensayos se utilizó la prensa universal *Tinius Olsen* equipada con los accesorios respectivos, seleccionando los siguientes parámetros; luz entre los soportes 41,6 mm, velocidad 0,838 mm/min (5,5 Hz), escala de lectura 0,5 libras. Las probetas se colocaron entre

los soportes y la cabeza móvil de la prensa. Se colocó el defleómetro para medir la deformación cada 0,5 libras. Durante el ensayo se registró la deformación correspondiente a cada 0,5 libras de incremento, hasta alcanzar la carga máxima. El tiempo de duración para cada ensayo fue de 13 a 15 minutos. Con los valores de carga y deformación de cada probeta se elaboraron las gráficas correspondientes en coordenadas cartesianas; en el eje de las ordenadas la carga (libras) y en el eje de las abscisas la deformación (pulgadas). Los resultados obtenidos se detallan en el Anexo 8.

El módulo de ruptura fue calculado utilizando la siguiente relación:

$$\text{MOR} = 3PL/2ae^2$$

Dónde:

MOR = módulo de ruptura (MPa)

P = carga máxima (N)

L = luz entre los soportes (mm)

a = ancho de la probeta (mm)

e = espesor de la probeta (mm)

El módulo de elasticidad fue calculado utilizando la siguiente relación:

$$\text{MOE} = L^3m/4ae^3$$

Dónde:

MOE = módulo de elasticidad (MPa)

L = luz entres los soportes (mm)

m = tangente carga/deformación (N/mm)

a = ancho de la probeta (mm)

e = espesor de la probeta (mm)

5.5. ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO

Los ensayos de resistencia al impacto se realizaron tomando como referencia la norma ASTM D5420 – 04 (Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimen by Means of a Stricker Impacted by a Falling Weight – Gardner Impact). Se ensayaron 20 probetas por cada tratamiento. Las probetas fueron acondicionadas previamente a 70 por ciento de humedad relativa por un mínimo de 40 horas, midiendo el espesor en la parte central.

Para los ensayos se utilizó una máquina diseñada específicamente para este fin, con una bala de 2,010 kg y una regla de 2 metros de altura (Figura 16). Las probetas se colocaron en el centro de la máquina para luego aplicarles la carga. Luego de recibir el impacto, se evaluó el tipo de falla presente. Los resultados obtenidos se detallan en el Anexo 9.

El valor de energía producto del impacto fue calculado utilizando la siguiente relación:

$$E = h \times m \times g$$

Dónde:

E = energía (J)

h = altura (mm)

m = masa de la bala (kg)

g = gravedad ($9,8 \times 10^{-3}$)

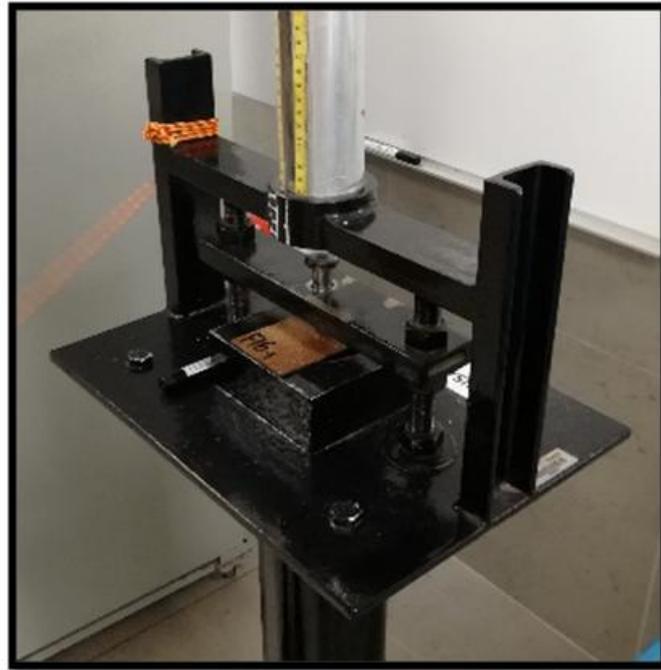


Figura 16: Máquina diseñada para la evaluación de la resistencia al impacto, Laboratorio de Ensayos en Fibraforte – Lima.

FUENTE: Elaboración propia

5.6. CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA DE LAS FIBRAS DE BOLAINA BLANCA.

La determinación de las características microscópicas de las fibras de bolaina blanca se realizó de acuerdo a la metodología sugerida por el Laboratorio de Anatomía de la Madera. Se midió la longitud, el ancho y el espesor de pared de 25 haces fibrosos obtenidos después del proceso de desfibrado, para las tres edades en estudio. Se utilizó una cámara LEICA ICC50 HD acoplada a un microscopio LEICA DM500, con aumentos de 4X, 10X y 40X. Las imágenes fueron procesadas utilizando el software LAS EZ (Leica Application Suite).

5.7. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS FIBRAS DE BOLAINA BLANCA.

La determinación de las propiedades químicas de las fibras de bolaina blanca se realizó tomando como referencia las siguientes normas: TAPPI T 264 CM-97 en la preparación de la madera para análisis químico; TAPPI T 204 CM-97 para determinar el contenido de extractivos; el método de Jayme – Wise para determinar el contenido de holocelulosa; TAPPI T 222 OM-98 para determinar el contenido de lignina insoluble; y TAPPI T 211 OM-93 para determinar el contenido de cenizas.

5.8. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El modelo estadístico utilizado fue el diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial de 3 x 3 x 3 (edad, tamaño de partículas y proporción de mezcla polipropileno bolaina), con 5 repeticiones para los ensayos contenido de humedad, densidad, absorción, hinchamiento, tensión y flexión estática. En la Tabla 3 se muestra el diseño experimental de los tratamientos empleados. Para el ensayo de impacto se utilizó el mismo diseño experimental (DCA 3 x 3 x 3), solo que el número de repeticiones para este caso fueron 20.

El modelo estadístico del diseño factorial fue el siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + E_i + T_j + P_k + (ET)_{ij} + (EP)_{ik} + (TP)_{jk} + (ETP)_{ijk} + \varepsilon$$

Dónde:

X_{ijk} = Observación correspondiente a la i-ésima repetición.

μ = Media de todas las observaciones del tratamiento.

E_i = Parámetro que mide el efecto de la variable principal edad.

T_j = Parámetro que mide el efecto de la variable principal tamaño de partícula.

P_k = Parámetro que mide el efecto de la variable principal proporción de mezcla.

$(ET)_{ij}$ = Efecto de la interacción doble de las variables edad y tamaño de partícula.

$(EP)_{ik}$ = Efecto de la interacción doble de las variables edad y proporción de mezcla.

$(TP)_{jk}$ = Efecto de la interacción doble de las variables tamaño de partícula y proporción de mezcla.

$(ETP)_{ijk}$ = Efecto de la interacción triple de las variables edad, tamaño de partícula y proporción de mezcla.

ε = Error experimental.

Tabla 3: Diseño experimental de los tratamientos empleados para la evaluación de las propiedades del material compuesto polipropileno-bolaina blanca. (*)

<i>Edad (años)</i>	<i>Tamaño de malla ASTM</i>	<i>Tamaño de partículas estándar (µm)</i>	<i>Proporción de mezcla polipropileno/bolaina (%/%)</i>	<i>Tratamientos</i>
4	+40/-60	400 – 250	70/30	T-4/40/30
			80/20	T-4/40/20
			90/10	T-4/40/10
	+60/-80	250 – 177	70/30	T-4/60/30
			80/20	T-4/60/20
			90/10	T-4/60/10
	+80/-100	177 – 149	70/30	T-4/80/30
			80/20	T-4/80/20
			90/10	T-4/80/10
5	+40/-60	400 – 250	70/30	T-5/40/30
			80/20	T-5/40/20
			90/10	T-5/40/10
	+60/-80	250 – 177	70/30	T-5/60/30
			80/20	T-5/60/20
			90/10	T-5/60/10
	+80/-100	177 – 149	70/30	T-5/80/30
			80/20	T-5/80/20
			90/10	T-5/80/10
6	+40/-60	400 – 250	70/30	T-6/40/30
			80/20	T-6/40/20
			90/10	T-6/40/10
	+60/-80	250 – 177	70/30	T-6/60/30
			80/20	T-6/60/20
			90/10	T-6/60/10
	+80/-100	177 – 149	70/30	T-6/80/30
			80/20	T-6/80/20
			90/10	T-6/80/10

(*) Todos los ensayos contemplaron 5 repeticiones, a excepción del ensayo de resistencia al impacto, que tuvo 20 repeticiones según la norma ASTM D5420 – 04.

FUENTE: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se hallaron el análisis de varianza (ANVA) y el coeficiente de variabilidad (CV), para saber si los efectos son estadísticamente significativos para el modelo estadístico propuesto. Se consideró un intervalo de confianza de 95 por ciento con un margen de error de 5 por ciento. Se aplicó la prueba de Mínimos cuadrados para identificar las mejores combinaciones de las variables. Se utilizó el programa estadístico SAS para el procesamiento de la data. Los valores del análisis estadístico se detallan en los Anexos 10 al 18.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LAS FIBRAS DE BOLAINA BLANCA

La Tabla 4 muestra los resultados de la caracterización anatómica de las fibras de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) procedente de raleo de 4, 5 y 6 años de edad.

Tabla 4: Valores promedio y coeficientes de variabilidad de las fibras de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) de 4, 5 y 6 años de edad.

CARACTERÍSTICA	4 AÑOS		5 AÑOS		6 AÑOS	
	Media	CV	Media	CV	Media	CV
Longitud de fibra (μm)	1399	36,1	1554	19,2	1100	13,1
Diámetro total de fibra (μm)	27	24,4	28	19,9	26	25,4
Espesor de pared de fibra (μm)	2	14,1	2	17,3	2	15,9
Diámetro lumen de fibra (μm)	22	29,0	24	22,7	22	30,5
Coefficiente esbeltez	53	36,7	57	26,1	44	24,2

La longitud promedio de fibra alcanzó su valor más alto para la edad 5 años (1554 μm), seguido de la edad 4 años (1399 μm) y la edad 6 años (1100 μm), respectivamente. De acuerdo con IAWA (1989), son consideradas como fibras de longitud mediana (900-1600 μm). El diámetro de fibra promedio fue de 28, 27 y 26 μm , para las edades 5, 4 y 6 años respectivamente. Todas ellas superan a 25 μm , diámetro de fibra promedio hallado por Miguel (2012) en su investigación con bolaina blanca de 4 años procedente de plantaciones. Según IBAMA (1991), clasifican como diámetro de fibras mediana. El espesor de pared promedio para las tres edades (2 μm) se considera como muy delgada, según IAWA (1989). El coeficiente de esbeltez (conocido también como relación largo/ancho) alcanzó su valor más alto para la edad 5 años (57), seguido de la edad 4 años (53) y la edad 6 años (44), respectivamente.

2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS FIBRAS DE BOLAINA BLANCA

La Tabla 5 muestra los resultados de la caracterización química de las fibras de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) procedente de raleo de 4, 5 y 6 años de edad.

Tabla 5: Valores promedio y coeficientes de variabilidad de los componentes químicos de las fibras de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) de 4, 5 y 6 años de edad.

COMPONENTE	4 AÑOS		5 AÑOS		6 AÑOS	
	Media	CV	Media	CV	Media	CV
Extractivos (%)	3,1	36,0	2,0	33,6	2,1	10,9
Holocelulosa (%)	72,0	5,3	75,4	9,3	72,4	0,6
Lignina (%)	22,8	5,3	21,8	8,0	24,3	2,9
Cenizas (%)	1,2	16,6	1,2	4,4	1,1	14,5

El contenido de extractivos alcanzó su valor más alto para la edad 4 años (3,1 por ciento), seguido de la edad 6 años (2,1 por ciento) y 5 años (2,0 por ciento), respectivamente. Sin embargo, estos valores resultaron inferiores a los hallados por Malpartida (2010), en su investigación sobre la composición química de bolaina blanca de 3, 4 y 5 años procedente de plantaciones. El contenido de holocelulosa se puede considerar en general de medio a alto, alcanzando su valor más alto para la edad 5 años (75,4 por ciento), seguido de la edad 6 años (72,4 por ciento) y 4 años (72,0 por ciento), respectivamente. El contenido de lignina se puede considerar en general bajo, alcanzando su valor más alto para la edad 6 años (24,3 por ciento), seguido de la edad 4 años (22,8 por ciento) y 5 años (21,8 por ciento), respectivamente. Estos valores resultan ligeramente superiores a los hallados por Malpartida (2010). El contenido de cenizas no mostró una diferencia significativa para las tres edades, 1,2 por ciento para la edad 4 y 5 años, y 1,1 por ciento para la edad 6 años; valores que guardan semejanza a los hallados por Malpartida (2010).

3. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.

En la Tabla 6 se presentan los valores promedios con sus respectivos coeficientes de variabilidad, la Tabla 7 presenta los valores del análisis de variancia (ANVA) de las propiedades físicas de contenido de humedad, densidad aparente, absorción e hinchamiento, evaluados para todos los tratamientos.

Tabla 6: Valores promedios y coeficientes de variabilidad de las propiedades físicas de contenido de humedad, densidad aparente, absorción e hinchamiento de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca.

Edad (años)	Tamaño malla ASTM	Tamaño de partícula (μm)	Proporción polipropileno/bolaina (%)	Tratamiento	Contenido de humedad (%)	Densidad aparente (g/cm^3)	Absorción (%)			Hinchamiento (%)		
							2h	24h	2 meses	2h	24h	2 meses
4	+40/-60	400 – 250	70/30	T-4/40/30	2,2 [3,6]	0,90 [2,2]	2,0 [21,5]	5,9 [18,1]	14,0 [16,2]	1,5 [38,0]	3,5 [24,8]	5,3 [7,9]
	+40/-60	400 – 250	80/20	T-4/40/20	1,5 [8,6]	0,87 [2,9]	0,9 [35,5]	2,7 [33,7]	7,7 [21,1]	1,0 [73,0]	2,4 [50,8]	4,0 [40,7]
	+40/-60	400 – 250	90/10	T-4/40/10	1,0 [6,0]	0,76 [7,8]	0,9 [27,7]	4,1 [20,2]	17,4 [37,9]	2,3 [60,8]	2,8 [46,0]	3,2 [45,3]
	+60/-80	250 – 177	70/30	T-4/60/30	2,2 [3,1]	0,91 [1,0]	2,0 [18,5]	5,7 [15,0]	11,9 [6,9]	2,4 [16,6]	3,6 [14,4]	4,2 [13,3]
	+60/-80	250 – 177	80/20	T-4/60/20	1,5 [2,6]	0,87 [1,1]	0,9 [11,1]	3,0 [24,0]	8,2 [16,0]	2,2 [22,2]	3,1 [15,8]	3,3 [29,6]
	+60/-80	250 – 177	90/10	T-4/60/10	0,9 [11,1]	0,81 [3,7]	0,6 [31,6]	2,7 [51,1]	9,3 [64,3]	2,5 [18,4]	3,2 [12,8]	3,7 [6,2]
	+80/-100	177 – 149	70/30	T-4/80/30	2,2 [4,0]	0,91 [2,1]	1,5 [14,6]	4,9 [16,7]	12,2 [14,6]	2,3 [35,6]	3,8 [18,4]	5,8 [18,7]
	+80/-100	177 – 149	80/20	T-4/80/20	1,6 [6,8]	0,87 [1,1]	0,8 [12,5]	2,5 [21,6]	6,9 [13,3]	1,9 [17,8]	2,7 [23,3]	3,1 [22,9]
	+80/-100	177 – 149	90/10	T-4/80/10	2,0 [52,0]	0,83 [4,8]	0,4 [22,5]	2,0 [34,0]	5,7 [30,7]	2,8 [22,1]	3,3 [17,5]	3,7 [13,5]
5	+40/-60	400 – 250	70/30	T-5/40/30	2,7 [11,8]	0,91 [1,0]	2,3 [31,7]	7,6 [31,0]	16,3 [22,4]	3,9 [22,0]	5,0 [8,8]	5,8 [14,6]
	+40/-60	400 – 250	80/20	T-5/40/20	1,9 [25,2]	0,89 [2,2]	3,7 [67,5]	9,7 [32,0]	18,8 [22,7]	3,0 [21,3]	3,9 [18,9]	4,2 [14,7]
	+40/-60	400 – 250	90/10	T-5/40/10	1,7 [19,4]	0,85 [2,3]	0,6 [18,3]	2,5 [28,0]	6,7 [41,9]	3,0 [20,0]	4,1 [32,6]	4,6 [22,6]
	+60/-80	250 – 177	70/30	T-5/60/30	2,4 [10,4]	0,90 [2,2]	1,7 [8,8]	5,7 [6,6]	11,7 [3,9]	4,1 [14,8]	5,0 [11,2]	5,2 [10,9]
	+60/-80	250 – 177	80/20	T-5/60/20	1,4 [18,5]	0,90 [2,2]	0,8 [12,5]	3,1 [26,1]	9,1 [18,6]	3,3 [12,4]	3,7 [13,5]	4,1 [7,0]
	+60/-80	250 – 177	90/10	T-5/60/10	1,8 [21,1]	0,83 [4,8]	0,6 [30,0]	3,4 [36,1]	9,1 [35,8]	3,2 [16,8]	3,8 [9,4]	4,0 [9,5]
	+80/-100	177 – 149	70/30	T-5/80/30	2,0 [11,0]	0,93 [1,0]	1,3 [13,0]	4,2 [13,3]	10,6 [5,1]	3,4 [35,2]	4,2 [26,9]	4,9 [21,2]
	+80/-100	177 – 149	80/20	T-5/80/20	1,3 [10,7]	0,90 [1,1]	0,8 [17,5]	4,6 [85,0]	8,4 [17,2]	3,8 [11,5]	4,2 [9,0]	4,2 [13,0]
	+80/-100	177 – 149	90/10	T-5/80/10	2,1 [19,5]	0,86 [1,1]	0,6 [33,3]	2,3 [40,0]	6,0 [35,5]	2,6 [25,3]	3,1 [20,3]	3,3 [18,7]

Continuación de Tabla 6

Edad (años)	Tamaño malla ASTM	Tamaño de partícula (μm)	Proporción polipropileno/b olaina (%)	Tratamiento	Contenido de humedad (%)	Densidad aparente (g/cm^3)	Absorción (%)			Hinchamiento (%)		
							2h	24h	2 meses	2h	24h	2 meses
6	+40/-60	400 – 250	70/30	T-6/40/30	2,0 [8,0]	0,90 [1,1]	1,4 [12,1]	4,0 [4,7]	11,6 [5,5]	3,3 [13,3]	4,2 [11,9]	5,2 [8,8]
	+40/-60	400 – 250	80/20	T-6/40/20	1,6 [10,6]	0,88 [1,1]	0,7 [15,7]	2,2 [24,5]	6,4 [19,0]	2,4 [18,3]	3,2 [24,6]	3,7 [17,0]
	+40/-60	400 – 250	90/10	T-6/40/10	1,4 [7,8]	0,82 [1,2]	0,4 [12,5]	1,9 [24,7]	5,1 [30,1]	2,5 [23,2]	3,4 [21,4]	4,0 [28,5]
	+60/-80	250 – 177	70/30	T-6/60/30	2,1 [5,2]	0,90 [1,1]	1,4 [11,4]	4,3 [4,5]	10,8 [8,8]	2,8 [23,2]	4,0 [15,2]	5,2 [13,6]
	+60/-80	250 – 177	80/20	T-6/60/20	1,7 [11,1]	0,86 [2,3]	0,6 [8,3]	1,9 [10,0]	6,0 [6,5]	2,2 [18,1]	3,3 [22,1]	3,6 [17,5]
	+60/-80	250 – 177	90/10	T-6/60/10	1,6 [24,3]	0,84 [2,3]	0,5 [26,0]	2,4 [36,2]	6,6 [36,5]	2,2 [26,3]	2,5 [31,2]	3,6 [48,3]
	+80/-100	177 – 149	70/30	T-6/80/30	2,7 [16,6]	0,90 [3,3]	1,2 [22,5]	3,8 [20,7]	9,9 [13,1]	2,6 [21,5]	3,6 [15,5]	5,0 [25,0]
	+80/-100	177 – 149	80/20	T-6/80/20	1,8 [15,5]	0,90 [1,1]	0,8 [21,5]	2,7 [20,3]	6,8 [16,6]	2,6 [36,5]	3,6 [24,1]	4,3 [22,5]
	+80/-100	177 – 149	90/10	T-6/80/10	1,2 [15,8]	0,84 [1,1]	0,5 [24,0]	2,7 [19,2]	7,8 [27,1]	2,3 [26,5]	3,9 [13,3]	4,7 [16,3]

* Los valores entre corchetes [] representan el coeficiente de variabilidad.

Tabla 7: Valores del análisis de variancia (ANVA) de las propiedades físicas de contenido de humedad, densidad aparente, absorción e hinchamiento.

<i>Fuente de variabilidad</i>	<i>Grados de libertad (G.L.)</i>	<i>Contenido de humedad</i>		<i>Densidad aparente</i>		<i>Absorción (2 meses)</i>		<i>Hinchamiento (2 meses)</i>	
		<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>	<i>p-valor</i>	<i>Significancia</i>
E	2	0,0041	**	0,0001	**	0,0001	**	0,0886	N.S.
T	2	0,1696	N.S.	0,0015	**	0,0001	**	0,2683	N.S.
P	2	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**
E*T	4	0,0040	**	0,2592	N.S.	0,0007	**	0,2150	N.S.
E*P	4	0,0179	*	0,0405	*	0,0001	**	0,7304	N.S.
T*P	4	0,0495	*	0,2436	N.S.	0,7594	N.S.	0,9221	N.S.
E*T*P	8	0,0001	**	0,2601	N.S.	0,0001	**	0,1452	N.S.
Error	108								
Total corregida	134								
C.V.		19,60691		2,989324		29,48851		23,32467	

E: efecto de la variable principal edad.

T: efecto de la variable principal tamaño de partícula.

P: efecto de la variable principal proporción de mezcla.

E*T: efecto de la interacción doble entre las variables edad y tamaño de partícula.

E*P: efecto de la interacción doble entre las variables edad y proporción de mezcla.

T*P: efecto de la interacción doble entre las variables tamaño de partícula y proporción de mezcla.

E*T*P: efecto de la interacción múltiple entre las variables edad, tamaño de partícula y proporción de mezcla.

C.V.: coeficiente de variabilidad.

N.S.: no significativo.

*: significativo.

** : altamente significativo.

3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Los valores promedios del contenido de humedad de los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 6. El contenido de humedad varía según la edad, entre los valores de 2,2 a 0,9 por ciento para los tratamientos T-4/40/30, T-4/60/30, T-4/80/30 y T-4/60/10; de 2,7 a 1,3 por ciento para los tratamientos T-5/40/30 y T-5/80/20; y de 2,1 a 1,2 por ciento para los tratamientos T-6/80/30 y T-6/80/10. En general, los tratamientos presentaron valores de contenido de humedad superiores al testigo de polipropileno puro (0,9 por ciento), pero muy inferiores al testigo de madera bolaina blanca (12,2 por ciento). Las Figura 17, 18 y 19 representan de manera gráfica la variación en los valores de contenido de humedad para todos los tratamientos en estudio.

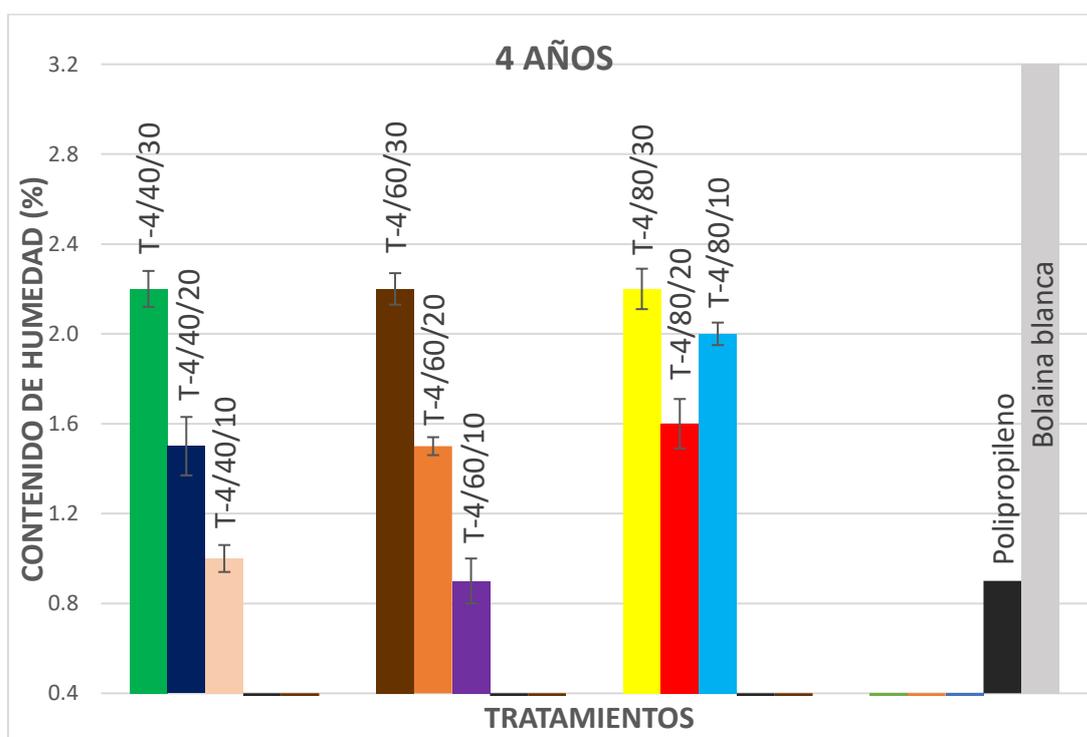


Figura 17: Contenido de humedad (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

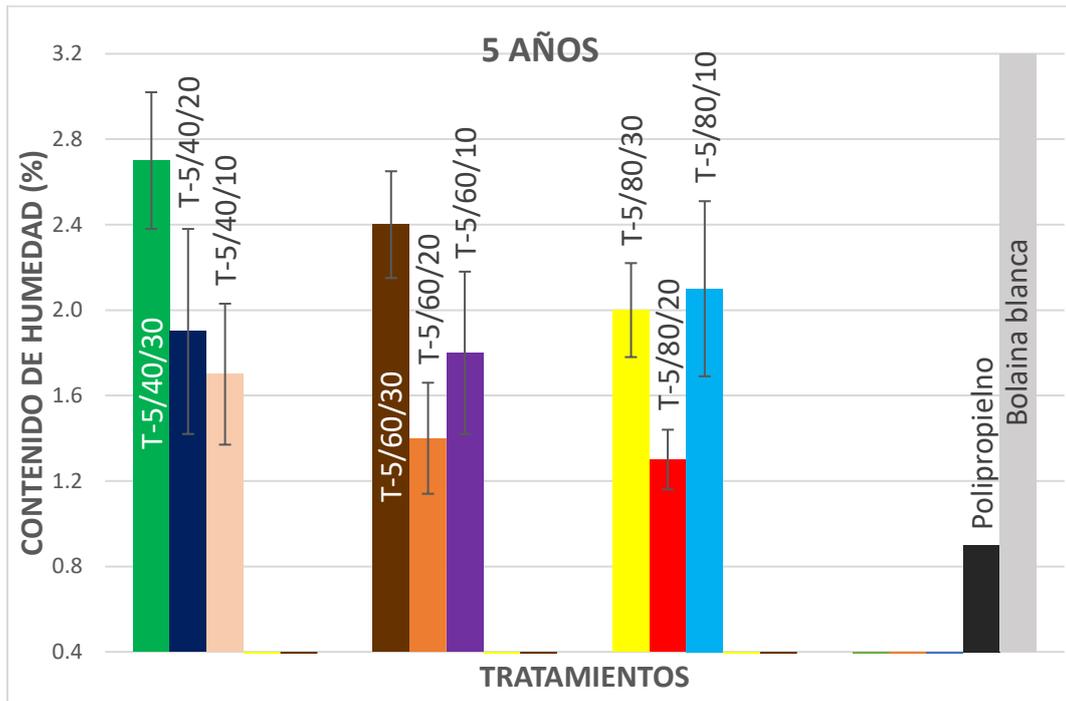


Figura 18: Contenido de humedad (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

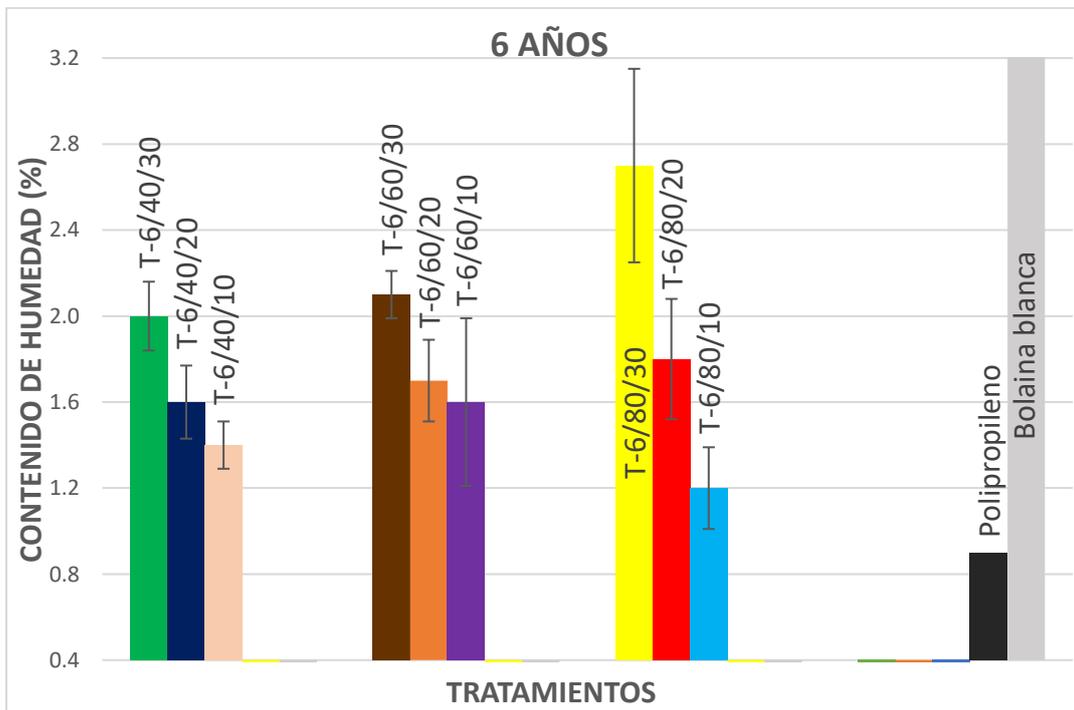


Figura 19: Contenido de humedad (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable contenido de humedad (Tabla 7) indicó que las variables edad y proporción de mezcla presentaron influencia altamente significativa ($p \leq 0,0041$), mientras que la variable tamaño de partícula resultó no significativa ($p = 0,1696$); la interacción doble *edad*tamaño de partícula* y la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* resultaron con influencia altamente significativa sobre los valores de humedad ($p \leq 0,0040$). Las otras interacciones *edad*proporción de mezcla* y *tamaño*proporción de mezcla* no presentaron influencia significativa ($p \geq 0,0179$). La prueba de Mínimos Cuadrados indicó que el tratamiento con la mejor combinación de variables fue T-4/60/10, presentando el valor más bajo de contenido de humedad entre todas las interacciones múltiples, y comportándose similar a los tratamientos T-4/40/10, T-6/80/10 y T-5/80/20.

Los resultados del análisis estadístico muestran una influencia altamente significativa para las variables edad y proporción de mezcla. La edad 4 años mostró en promedio los valores más bajos de contenido de humedad, aunque la diferencia con las demás edades no es marcada. Respecto a la proporción de mezcla, se aprecia cierta relación entre la cantidad de partículas y el contenido de humedad. Este fenómeno tiene explicación en la naturaleza higroscópica de las partículas de madera: la presencia de grupos hidroxilos (OH) de los carbohidratos que forman la pared celular de las fibras vegetales, tales como celulosa y hemicelulosa (Caulfield *et al.*, 2005). De acuerdo al análisis químico, el contenido promedio de holocelulosa (celulosa y hemicelulosa) de las fibras de bolaina blanca para las tres edades en estudio, está por encima del 70 por ciento (valor considerado de medio a alto), confirmando la fuerte afinidad por parte de las fibras hacia la humedad circundante. En materiales compuestos plástico-madera, los componentes lignocelulósicos son responsables de la ganancia de humedad; las matrices por lo general poseen carácter hidrófobo.

Cárdenas (2012) reportó valores de contenido de humedad entre 0,27 a 0,31 por ciento en materiales compuestos polipropileno/madera de pino, tomando en cuenta solo la proporción de partículas de madera. El mismo autor hace referencia a un rango máximo de aceptabilidad para el contenido de humedad del 2 por ciento, valor que no debe superarse para evitar problemas en la formación del material compuesto, ya sea por el método de inyección o por el de extrusión. Los valores de contenido de humedad obtenidos para los tratamientos en el presente estudio, son menores en comparación a los señalados por Cárdenas (2012); sin embargo, se ubican dentro del rango propuesto, por lo cual califican como aceptables para la

variable. A excepción de los tratamientos con 30 por ciento de partículas en su composición, las cuales superaron el 2 por ciento en contenido de humedad.

3.2. DENSIDAD APARENTE

Los valores promedios de densidad aparente en los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 6. Los valores de densidad aparente varían según la edad, de 0,91 a 0,76 g/cm³ para los tratamientos T-4/60/30, T-4/80/30 y T-4/40/10; de 0,93 a 0,83 g/cm³ para los tratamientos T-5/80/30 y T-5/60/10; y de 0,90 a 0,82 g/cm³ para los tratamientos T-6/40/30, T-6/60/30, T-6/80/30, T-6/80/20 y T-6/40/10. En general, los tratamientos presentaron valores de densidad aparente superiores al testigo de madera bolaina blanca (0,30 g/cm³), pero bastante similares al testigo de polipropileno puro (0,86 g/cm³). Las Figuras 20, 21 y 22 representan de manera gráfica la variación en los valores de densidad aparente para todos los tratamientos en estudio.

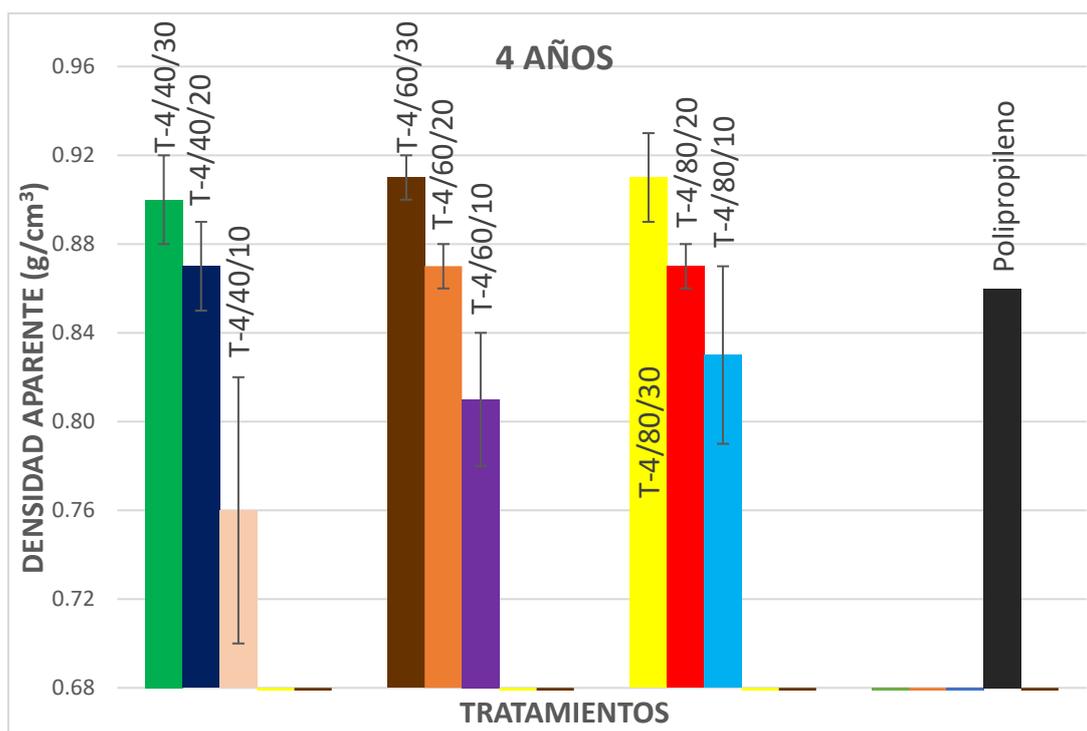


Figura 20: Densidad aparente (g/cm³) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

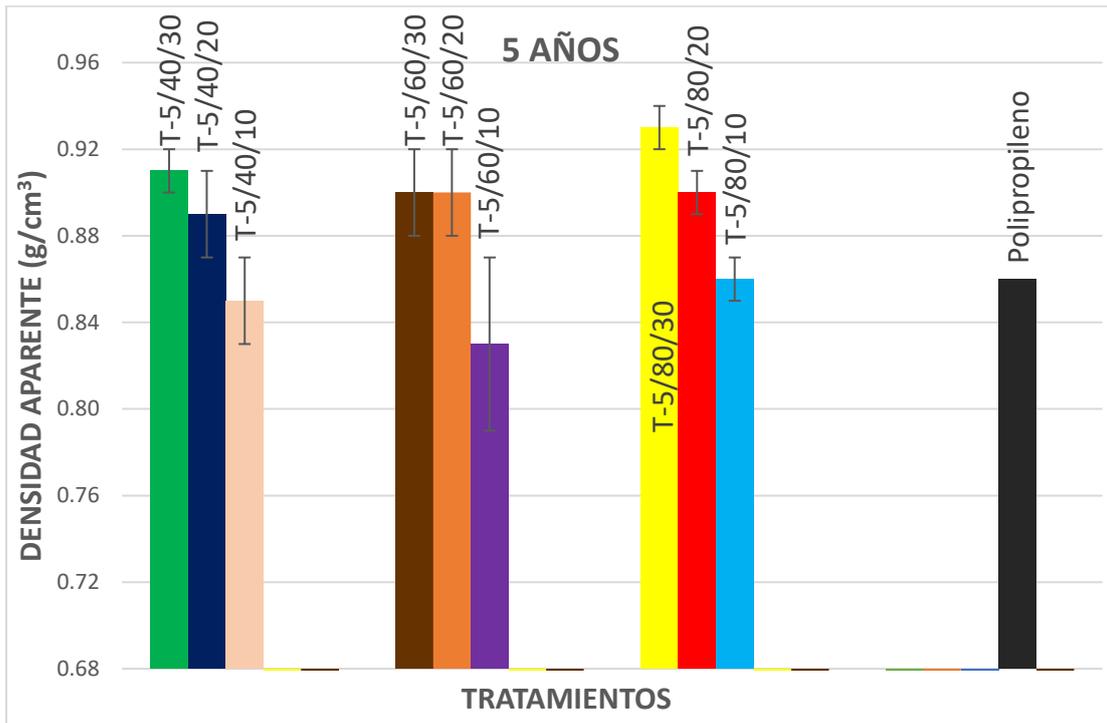


Figura 21: Densidad aparente (g/cm^3) de los materiales compuestos polipropileno y bolina blanca de 5 años de edad.

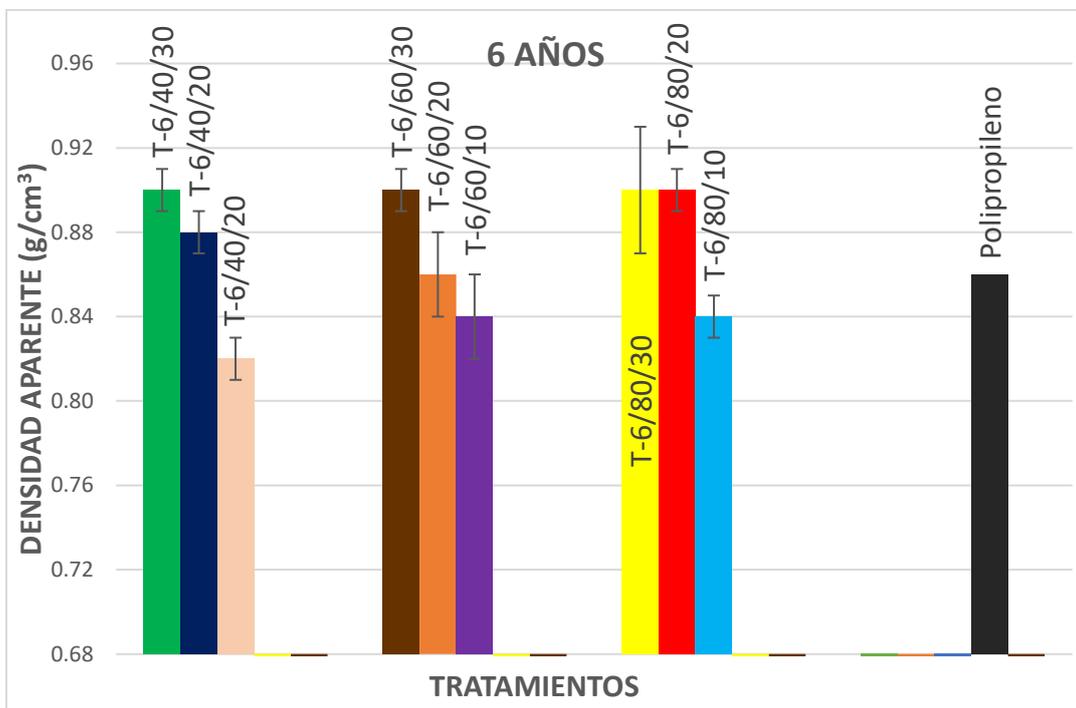


Figura 22: Densidad aparente (g/cm^3) de los materiales compuestos polipropileno y bolina blanca de 6 años de edad.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable densidad aparente (Tabla 7) indicó que las variables edad, tamaño de partícula y proporción de mezcla presentaron influencia altamente significativa ($p \leq 0,0015$); mientras que todas las interacciones dobles *edad*proporción de mezcla*, *edad*tamaño de partícula*, *tamaño de partícula*proporción de mezcla*, así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* no presentaron influencia significativa sobre los valores de densidad aparente ($p \geq 0,0405$).

Con relación a la influencia de la variable edad, los tratamientos con partículas de 5 años mostraron en promedio los valores más altos de densidad respecto al resto de edades, sin embargo, otros estudios no hallaron diferencias significativas entre valores de densidad para diferentes edades (Dhamodaran & Chacko, 1999). En relación al tamaño de partícula, los tratamientos con partículas más pequeñas obtuvieron los valores de densidad más altos para las tres edades. Durante el moldeado del tablero, la matriz se calienta y fluye entre las partículas de madera, envolviendo con mayor facilidad las partículas de menor tamaño que las más grandes; evitando así los espacios vacíos. Respecto a la proporción de mezcla, se aprecia una ligera mejora en los valores de densidad cuando aumenta la cantidad de partículas en el material compuesto polipropileno/bolaina. A pesar que la madera bolaina blanca de por sí presenta una densidad baja, su aumento en el material compuesto favorece la densidad.

Cárdenas (2012) reportó en su investigación valores de densidad entre 1,06 y 1,11 g/cm³ para materiales compuestos polipropileno/madera de pino elaborados por método de inyección. Fabiyi (2007) reportó valores de densidad entre 1,12 y 1,14 g/cm³ para materiales compuestos de polietileno/madera, en proporciones de mezcla que contenían 60 por ciento de partículas. Soattiyanon (2010) reportó valores de densidad para diferentes tipos de materiales compuestos entre 1,01 y 1,14 g/cm³. Moya *et al.* (2012) reportaron valores de densidad entre 0,98 y 1,04 g/cm³ para materiales compuestos reforzados con madera de pino. Los valores de densidad obtenidos por los tratamientos en el presente estudio, resultaron inferiores a los mencionados en la literatura.

El método utilizado para la elaboración de los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca (moldeo por compresión térmica), no garantizó un pleno control sobre las variables de producción, dando lugar a la aparición de burbujas y/o espacios vacíos en la estructura interna del material compuesto. Estas imperfecciones no permitieron alcanzar valores más altos de densidad para todos los tratamientos en estudio.

3.3. ABSORCIÓN

Los valores promedios de absorción de los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 6, para las primeras dos y veinticuatro horas, así como para dos meses de inmersión en agua. Los valores de absorción varían según la edad, de 17,4 a 5,7 por ciento para los tratamientos T-4/40/10 y T-4/80/10; de 18,8 a 6,0 por ciento para los tratamientos T-5/40/20 y T-5/80/10; y de 11,6 a 5,1 por ciento para los tratamientos T-6/40/30 y T-6/40/10. En general, los tratamientos presentaron valores de absorción superiores al testigo de polipropileno puro (0,4 por ciento), pero bastante inferiores al testigo de madera bolaina blanca (162,0 por ciento). Las Figuras 23, 24 y 25 representan de manera gráfica la variación en los valores de absorción a los dos meses de inmersión en agua para todos los tratamientos en estudio.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable absorción a los dos meses de inmersión en agua (Tabla 7) indicó que las variables edad, tamaño de partícula y proporción de mezcla presentaron influencia altamente significativa ($p=0,0001$), mientras que la interacción doble *tamaño de partículas*proporción de mezcla* no presentó influencia significativa ($p=0,7594$); las interacciones dobles *edad*tamaño de partícula*, *edad*proporción de mezcla*, así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* resultaron con influencia altamente significativa sobre los valores de absorción ($p\leq 0,0007$). Se debe tener en cuenta, que el coeficiente de variabilidad para este caso resulta muy cercano al 30 por ciento (CV=29,48 por ciento), valor que indica un nivel bajo de confiabilidad para los resultados. La prueba de Mínimos Cuadrados indicó que el tratamiento con la mejor combinación de variables fue T-6/40/10, presentando el menor valor de absorción para todas las interacciones múltiples, y comportándose similar a los tratamientos T-4/80/10, T-5/80/10 y T-6/60/20.

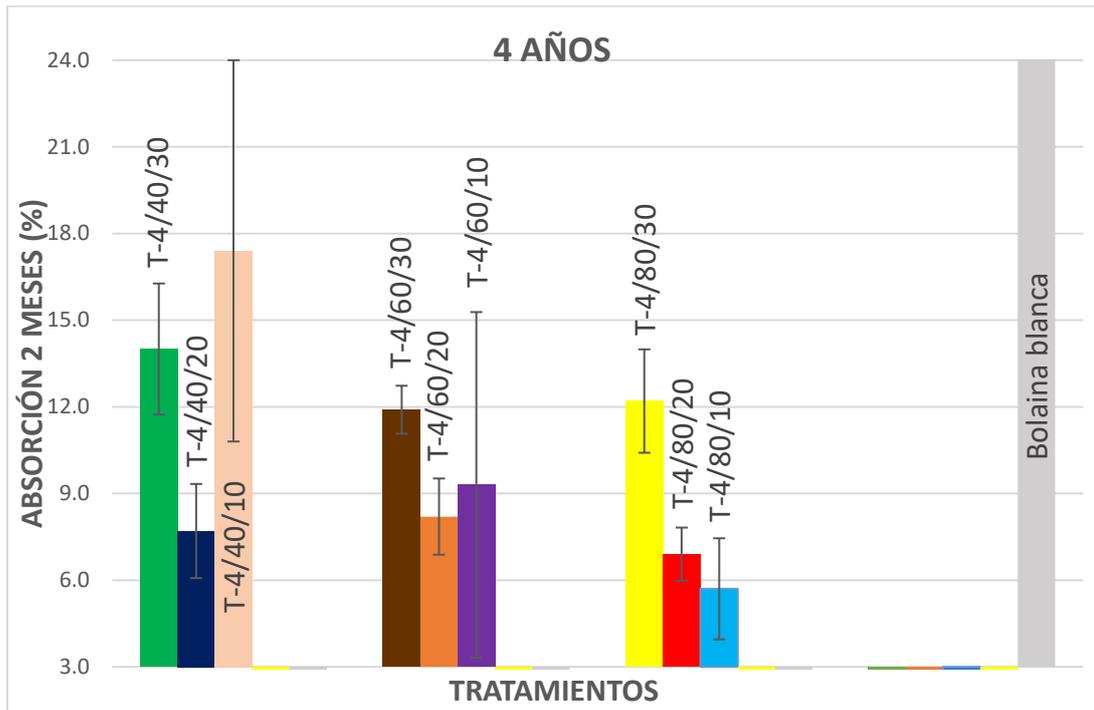


Figura 23: Absorción a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

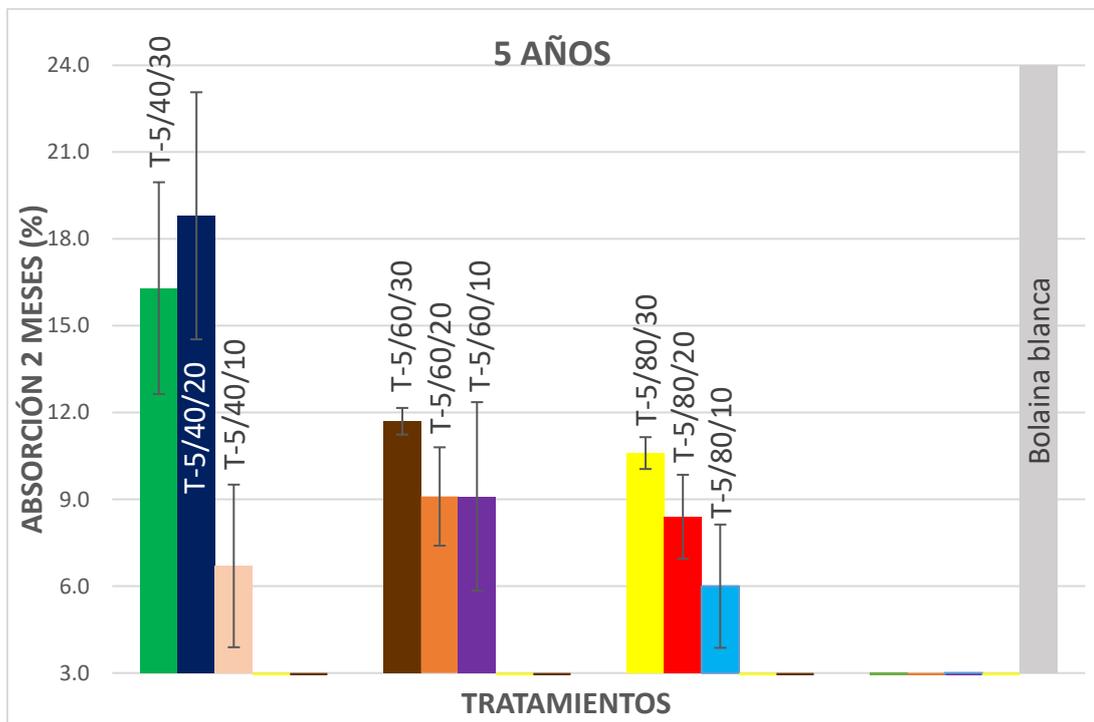


Figura 24: Absorción a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

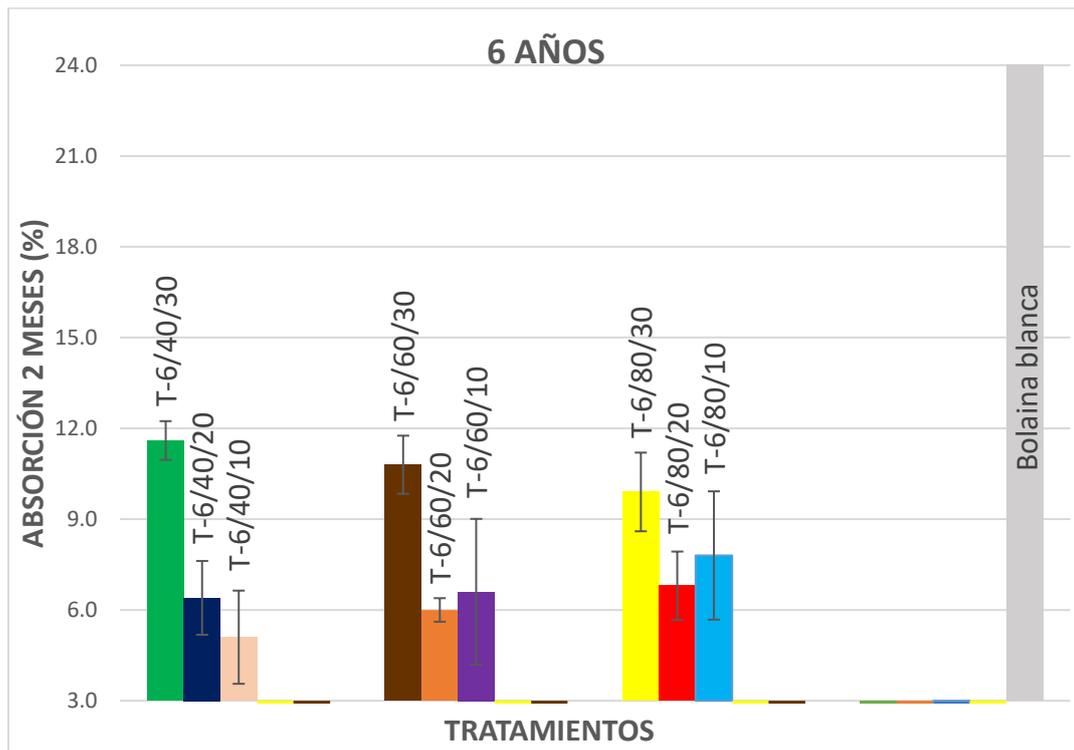


Figura 25: Absorción a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

Con relación a la variable edad, las partículas de 6 años mostraron los valores más bajos de absorción, diferenciándose claramente del resto de edades. De acuerdo a la caracterización química de las fibras de bolaina, es la edad 6 años la que presentó uno de los índices más bajos de holocelulosa (componente de la pared celular y responsable de su carácter hidrofílico) y el más alto de lignina, lo cual guarda relación con los resultados obtenidos. Respecto al tamaño de partículas, se aprecia una ligera disminución en los valores de absorción cuando se emplean partículas de menor tamaño. Cuando la interfase en el material compuesto es homogénea y compacta, los elementos fibrosos se encuentran embebidos dentro de la matriz, imposibilitados de absorber humedad del exterior. Partículas grandes resultan difíciles de embeber por la matriz, dejando regiones expuestas por donde absorberán humedad. A medida que aumenta el porcentaje de la región hidrofílica en las partículas de madera del material compuesto, hay un aumento correspondiente de la humedad (Caulfield *et al.*, 2005). Respecto a la proporción de mezcla, se aprecia que los valores de absorción decrecen cuando la proporción de partículas de madera en el material compuesto disminuye. Aunque no es un fenómeno que se replique para todos los tratamientos. Klyosov (2007) señala que la mayoría de plásticos empleados en la elaboración de materiales compuestos prácticamente no absorben

agua, y es la incorporación de fibras celulósicas en la mezcla lo que incrementa significativamente la absorción de agua.

Soattiyanon (2010) reportó valores de absorción entre 8 y 9 por ciento, para diferentes tipos de materiales compuestos durante un periodo de inmersión en agua mayor a los seis meses. Lázaro (2016) reportó valores de absorción de 14 a 15 por ciento para materiales compuestos polipropileno/bambú con 30 por ciento de partículas en un periodo de inmersión de dos meses. A pesar de la alta variabilidad de los resultados obtenidos en el presente estudio (principalmente porque que el termoformado no garantiza un pleno control sobre las variables de producción), los valores de absorción se asemejan a la bibliografía consultada.

Las Figuras 26, 27 y 28 muestran la evolución de la absorción de agua en los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca para las edades de 4, 5 y 6 años respectivamente. Se aprecia de manera general para las tres edades, que el mayor incremento de la absorción ocurrió durante la primera semana de inmersión, para luego disminuir de forma progresiva con una tendencia a la estabilización. Este comportamiento no se ajusta del todo para las edades 4 y 6 años, donde los tratamientos continuaron absorbiendo agua, aunque en menor proporción y en periodos de tiempo más prolongados. Otro punto a destacar, es que los tratamientos con mayor proporción de partículas registraron los valores más altos de absorción. No obstante, para algunos casos, fueron los espacios vacíos presentes en los materiales compuestos los responsables directos de altos valores en absorción.

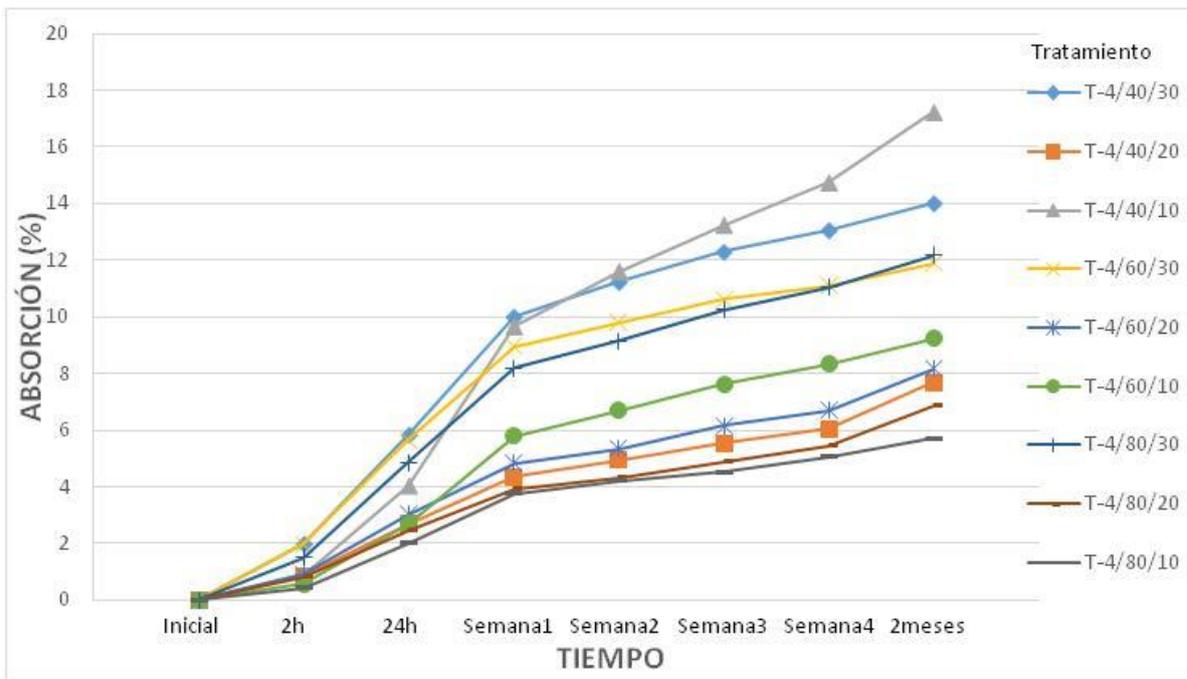


Figura 26: Evolución de la absorción en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

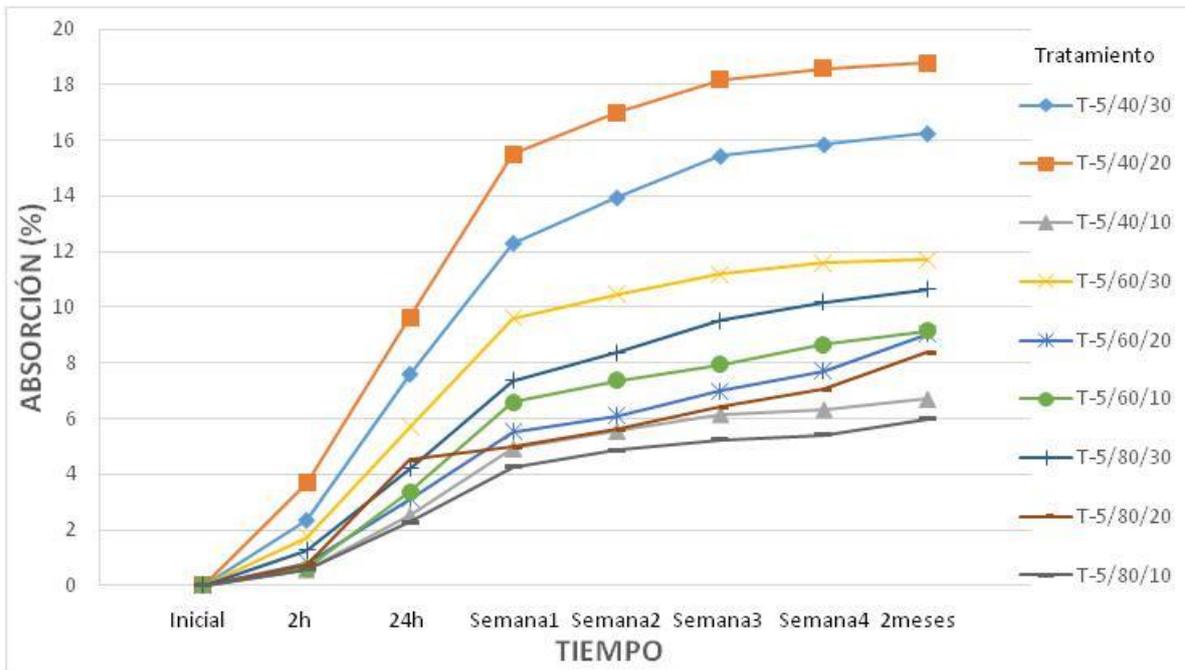


Figura 27: Evolución de la absorción en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

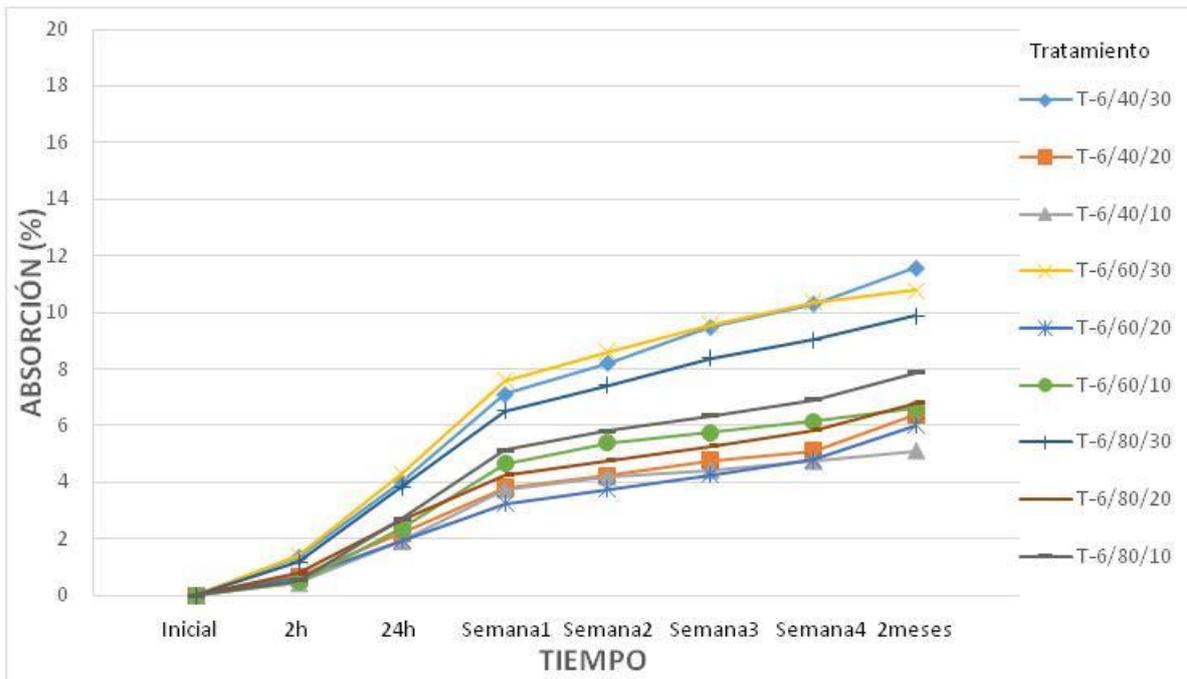


Figura 28: Evolución de la absorción en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

Las Figuras 29 y 30 muestran algunas de las irregularidades presentes en la superficie del material compuesto polipropileno/bolaina blanca. Las agrupaciones irregulares de partículas responden a una deficiente homogeneización del material extruido previo al termoformado; mientras que los espacios vacíos (burbujas) en la estructura interna del material compuesto responden a la humedad presente en las partículas de madera, las cuales sometidas al incremento de temperatura liberan vapor.

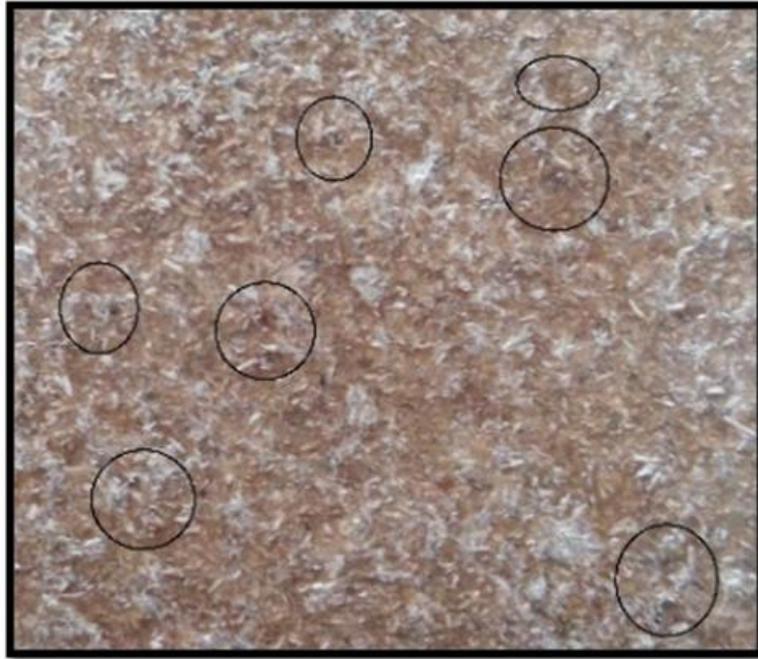


Figura 29: Imagen de la superficie del material compuesto polipropileno y bolaina blanca mostrando las agrupaciones irregulares de fibras (dentro de los círculos), tratamiento T-6/40/30.

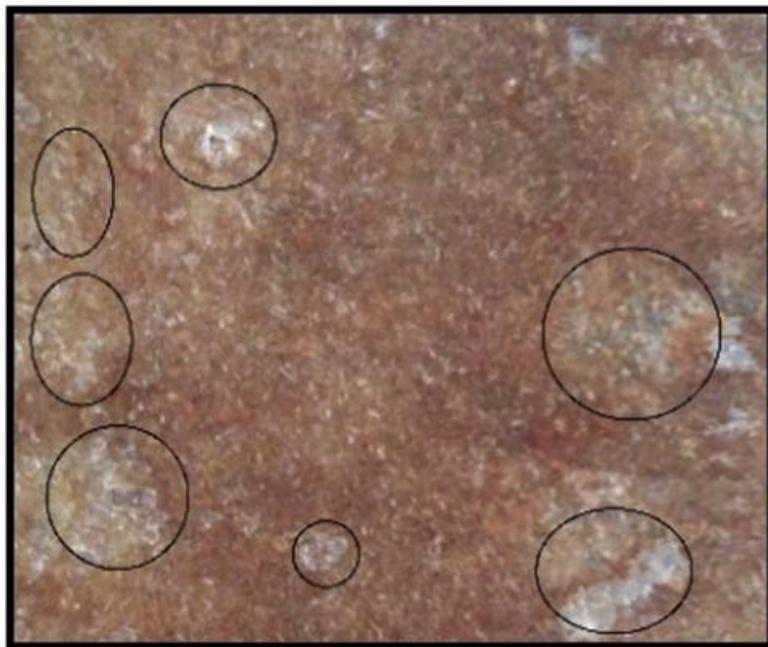


Figura 30: Imagen de los espacios vacíos presentes en la estructura interna del material compuesto polipropileno y bolaina blanca (dentro de los círculos), tratamiento T-4/80/10.

3.4. HINCHAMIENTO

Los valores promedios de hinchamiento de los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 6, para las primeras dos y veinticuatro horas, así como para dos meses de inmersión en agua. El hinchamiento varía según la edad, entre los valores de 5,8 a 3,1 por ciento para los tratamientos T-4/80/30 y T-4/80/20; de 5,8 a 3,3 por ciento para los tratamientos T-5/40/30 y T-5/80/10; y de 5,2 a 3,6 por ciento para los tratamientos T-6/40/30, T-6/60/30 y T-6/60/20, T-6/60/10. En general, los tratamientos presentaron valores de hinchamiento superiores al testigo de polipropileno puro (0 por ciento), y muy similares al testigo de madera bolaina blanca (4,5 por ciento). Las Figuras 31, 32 y 33 representan de manera gráfica la variación en los valores de hinchamiento a los dos meses de inmersión en agua para todos los tratamientos en estudio.

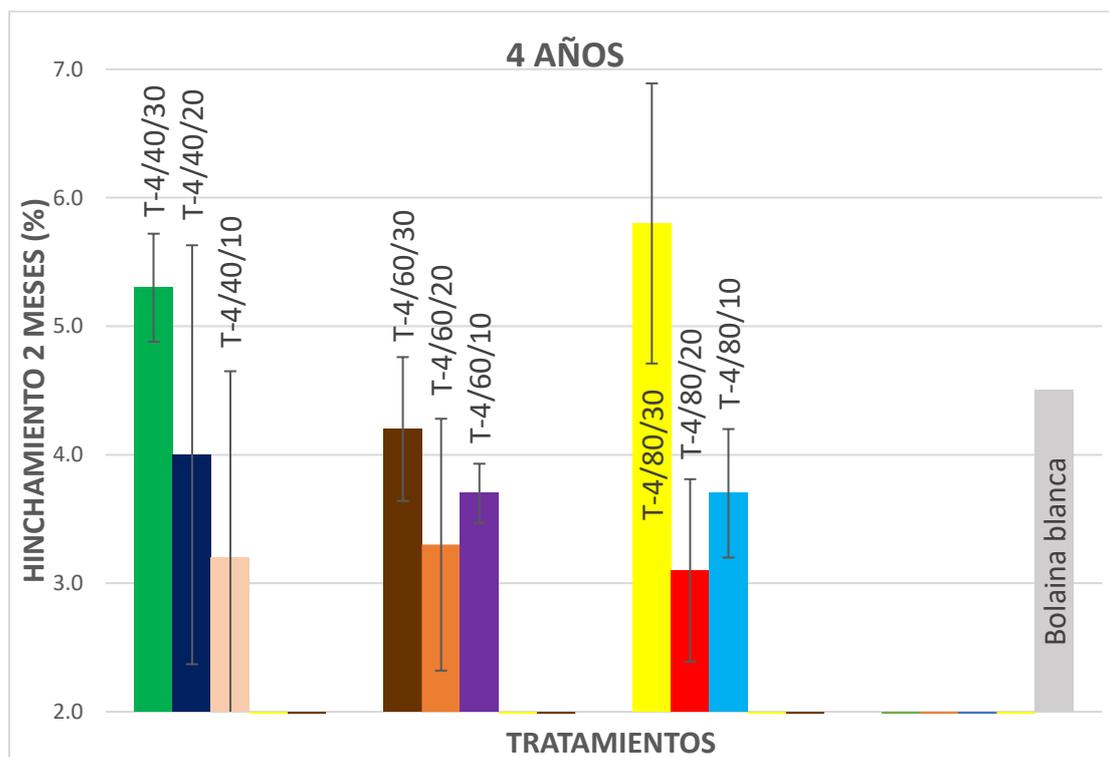


Figura 31: Hinchamiento a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

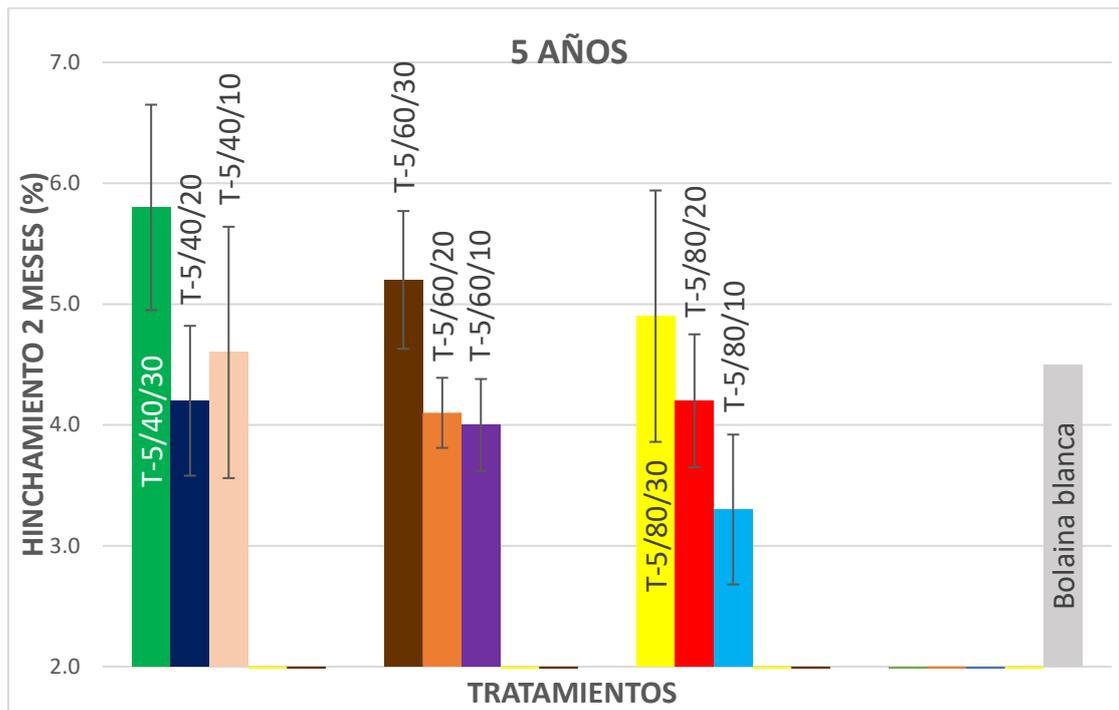


Figura 32: Hinchamiento a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

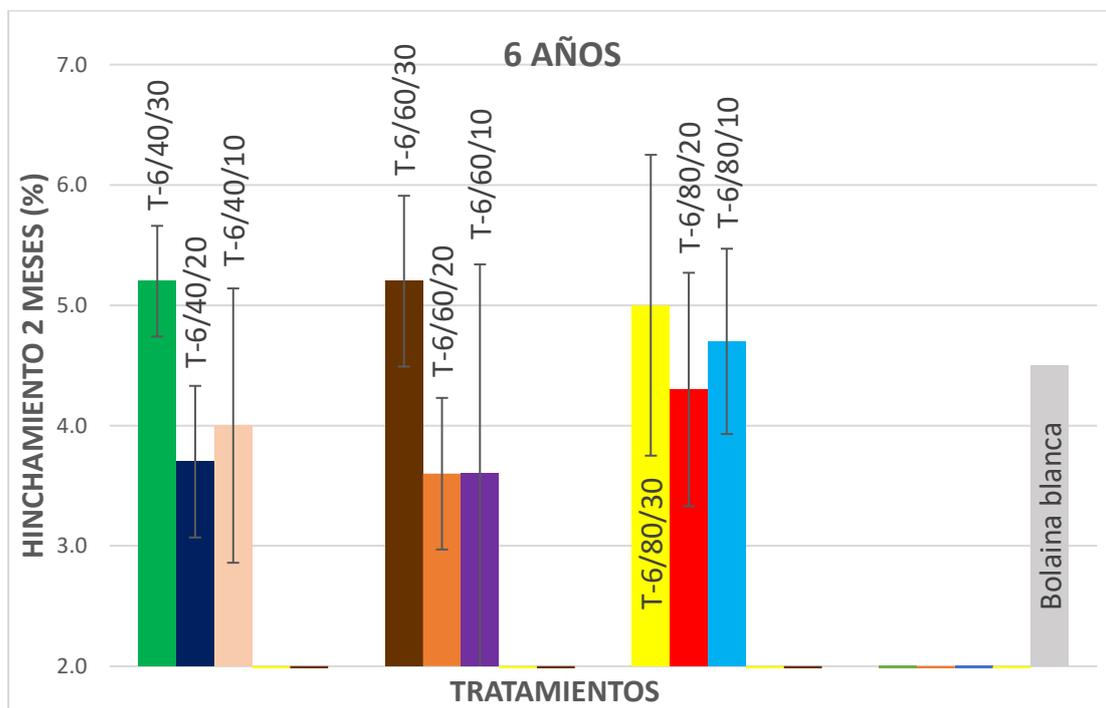


Figura 33: Hinchamiento a los dos meses de inmersión en agua (%) de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable hinchamiento (Tabla 7) indicó que la variable proporción de mezcla presentó influencia altamente significativa ($p=0,0001$), mientras que las variables edad y tamaño de partícula no resultaron significativas; las interacciones dobles *edad*tamaño de partícula*, *edad*proporción de mezcla* y *tamaño de partícula*proporción de mezcla*, así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* no presentaron influencia significativa sobre los valores de hinchamiento ($p \geq 0,0886$).

Respecto a la proporción de partículas, se aprecia que los valores de hinchamiento decrecen cuando la proporción de partículas en el material compuesto disminuye. Se sabe que las fibras de madera tienen naturaleza hidrofílica y son los principales responsables de la ganancia de humedad en los materiales compuestos plástico/madera. Esta explicación encuentra sustento en el análisis químico realizado a las fibras de bolaina blanca, que arrojaron un contenido de holocelulosa de medio a alto para las tres edades en estudio. Cabe precisar, que la celulosa y hemicelulosa (componentes de la holocelulosa) tienen naturaleza hidrofílica debido a la presencia de grupos hidroxilos (OH) en su composición. Asimismo, no menos importantes resultan los cortes realizados en los tableros para obtener las probetas. Al ejecutarse los cortes, la superficie de contacto de las fibras en el material compuesto quedó expuesta al ambiente, permitiendo que el hinchamiento ocurra por los extremos.

Cárdenas (2012) reportó incrementos en el hinchamiento cercanos al 10 por ciento en materiales compuestos reforzados con 50 por ciento de partículas de pino, para periodos de inmersión en agua superiores a los cinco meses. Suárez (2016) reportó valores de hinchamiento de 2,6 por ciento en materiales compuestos polipropileno/bambú reforzados con partículas en un 30 por ciento del peso total, para un periodo de inmersión de 24 horas. Los valores de hinchamiento obtenidos por los tratamientos en el presente estudio, resultaron inferiores a los referidos por Cárdenas (2012), aunque se debe resaltar que la proporción de partículas y el periodo de inmersión para este último fueron mayores. Sin embargo, los valores de hinchamiento obtenidos por los tratamientos si superan a los reportados por Suárez (2016), para una misma proporción de partículas e igual periodo de inmersión en agua.

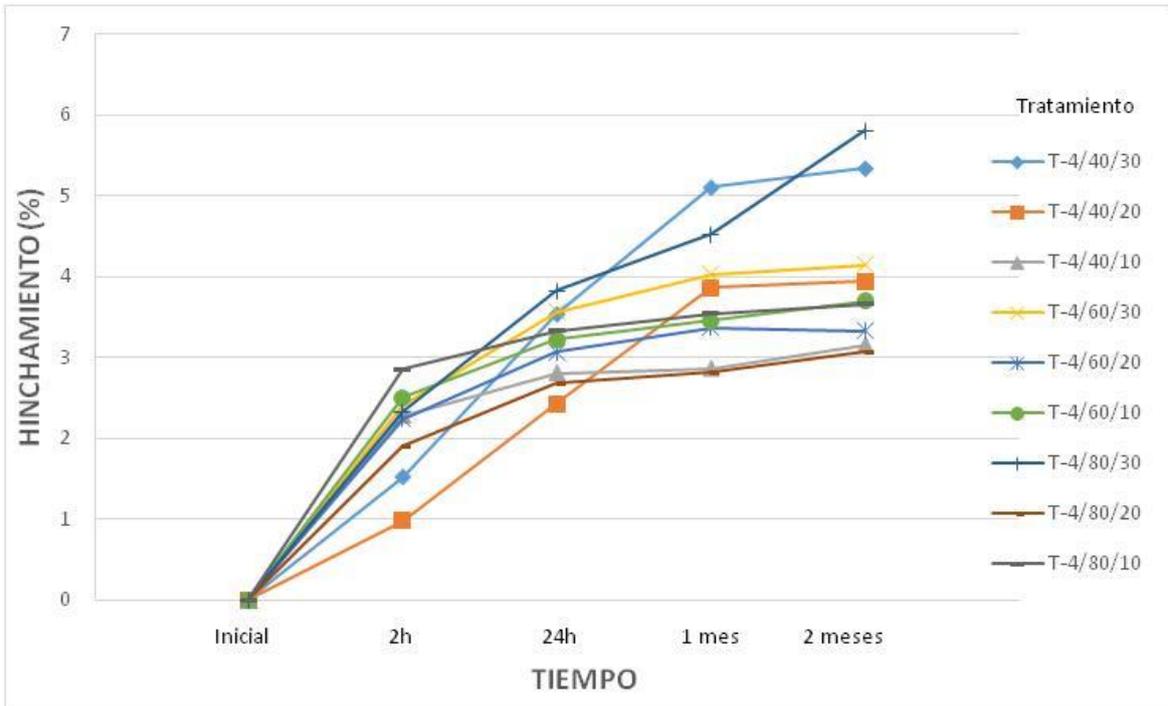


Figura 34: Evolución del hinchamiento en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

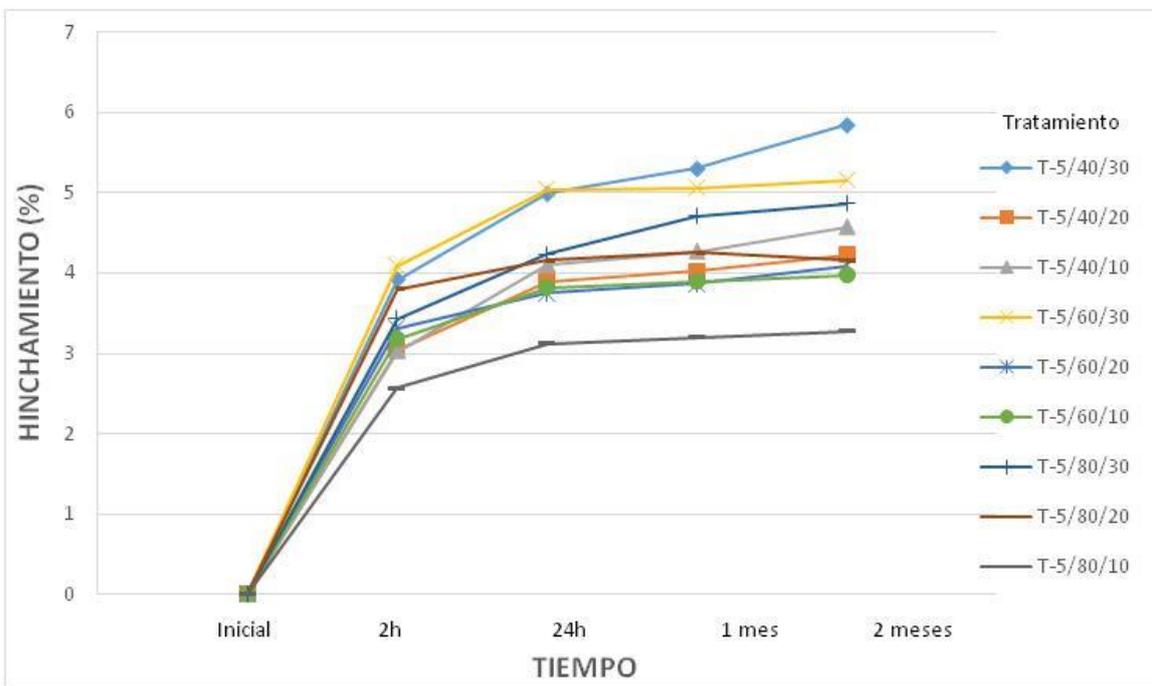


Figura 35: Evolución del hinchamiento en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca para la edad 5 años.

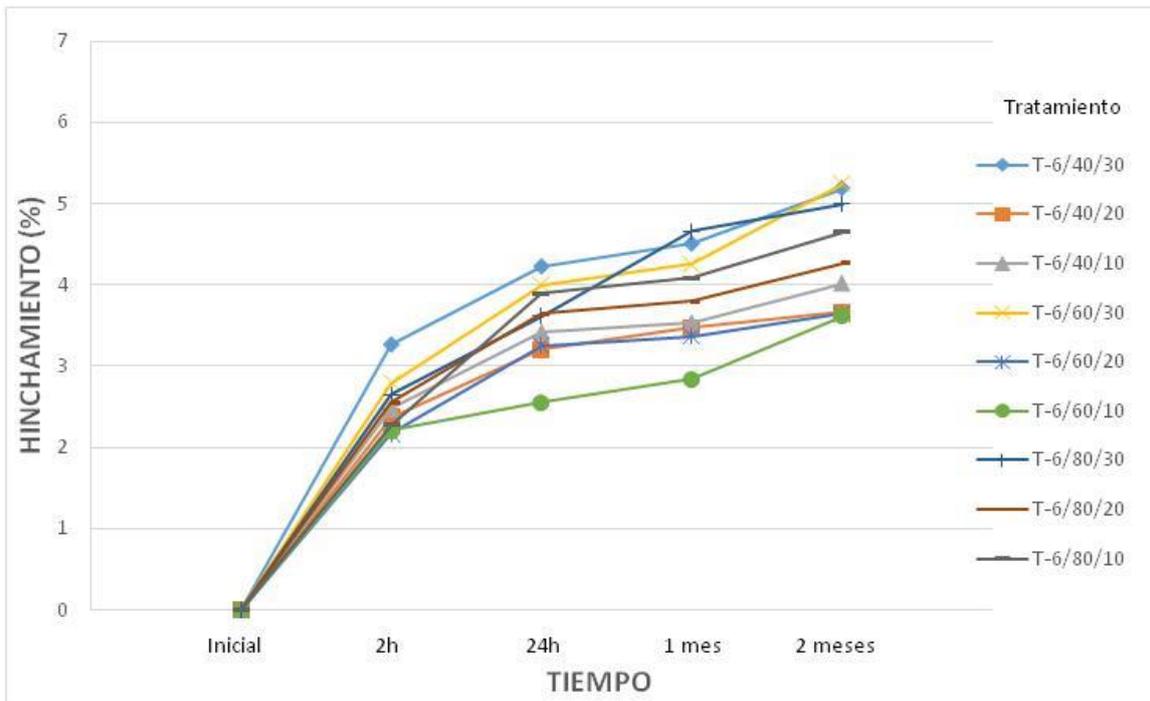


Figura 36: Evolución del hinchamiento en el tiempo para los materiales compuestos polipropileno y blanca bolaina para la edad 6 años.

Las Figuras 34, 35 y 36 muestran la evolución del hinchamiento en los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca para las edades de 4, 5 y 6 años respectivamente. Se aprecia para las edades 5 y 6 años, que el mayor incremento en el hinchamiento ocurrió durante las dos primeras horas de inmersión, para luego disminuir de forma progresiva con una tendencia a la estabilización. No se observó este mismo comportamiento para la edad 4 años. De manera general, los tratamientos con partículas más grandes alcanzaron valores de hinchamiento más elevados. Asimismo, si analizamos periodos de inmersión más prolongados, los tratamientos con mayor proporción de partículas fueron los que alcanzaron valores de hinchamiento más altos. Tenemos así, que el hinchamiento en materiales compuestos plástico/madera dependerá, entre otros factores, del tamaño y proporción de partículas de madera en su composición y del nivel de exposición de las mismas al ambiente exterior.

Tabla 8: Valores más Destacados para las propiedades físicas en materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca.

	Contenido de humedad (%)	Densidad aparente (g/cm³)	Absorción (%)	Hinchamiento (%)
Tratamiento	0,90 (T-4/60/10)	0,93 (T-5/80/30)	6,0 (T-6/60/20)	3,1 (T-4/80/20)
Testigo PP virgen	0,90	0,86	0,4	0,0
Testigo bolaina blanca ⁽¹⁾	12,2	0,30	162,0	4,5

⁽¹⁾ Procedente de un aserradero de Lima, de origen y edad no especificada.

4. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

En la Tabla 9 se presenta los valores promedios y los coeficientes de variabilidad, la Tabla 10 presenta los valores de análisis de variancia (ANVA) de las propiedades mecánicas de tensión, flexión estática y resistencia al impacto, evaluados para todos los tratamientos.

Tabla 9: Valores promedios y coeficientes de variabilidad de las propiedades mecánicas de tensión, flexión estática y resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca.

Edad (años)	Tamaño malla ASTM	Tamaño de partícula (μm)	Proporción polipropileno /bolaina (%)	Tratamientos	Tensión		Flexión estática		Resistencia al impacto
					Módulo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Módulo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	(J)
4	+40/-60	400 - 250	70/30	T-4/40/30	14,0 [4,7]	1,0 [10,0]	30,2 [6,2]	1,3 [3,8]	0,56 [10,7]
	+40/-60	400 - 250	80/20	T-4/40/20	16,7 [2,5]	0,9 [23,3]	30,4 [6,7]	1,1 [12,7]	0,62 [8,0]
	+40/-60	400 - 250	90/10	T-4/40/10	16,7 [12,6]	0,9 [16,6]	28,8 [8,1]	0,9 [8,8]	0,50 [10,0]
	+60/-80	250 - 177	70/30	T-4/60/30	11,6 [9,6]	0,7 [11,4]	26,2 [16,3]	1,2 [9,1]	0,58 [12,0]
	+60/-80	250 - 177	80/20	T-4/60/20	12,9 [8,6]	0,6 [10,0]	28,8 [5,9]	1,1 [8,1]	0,48 [18,7]
	+60/-80	250 - 177	90/10	T-4/60/10	15,5 [6,7]	0,5 [8,0]	33,7 [2,9]	1,1 [3,6]	0,46 [2,1]
	+80/-100	177 - 149	70/30	T-4/80/30	13,9 [10,5]	0,7 [24,2]	27,4 [2,8]	1,2 [4,1]	0,56 [7,1]
	+80/-100	177 - 149	80/20	T-4/80/20	13,7 [5,6]	0,6 [5,0]	30,6 [6,4]	1,2 [6,6]	0,54 [9,2]
	+80/-100	177 - 149	90/10	T-4/80/10	15,7 [8,2]	0,6 [23,3]	31,4 [7,1]	1,1 [9,0]	0,49 [6,1]
5	+40/-60	400 - 250	70/30	T-5/40/30	13,2 [7,4]	0,8 [6,2]	29,8 [7,8]	1,1 [11,8]	0,45 [6,6]
	+40/-60	400 - 250	80/20	T-5/40/20	13,3 [4,7]	0,8 [16,2]	28,3 [4,4]	1,0 [7,0]	0,45 [11,1]
	+40/-60	400 - 250	90/10	T-5/40/10	16,2 [9,2]	0,8 [21,2]	33,1 [11,0]	1,1 [12,7]	0,44 [13,6]
	+60/-80	250 - 177	70/30	T-5/60/30	11,9 [7,7]	0,7 [11,4]	28,8 [4,5]	1,2 [12,5]	0,46 [4,3]
	+60/-80	250 - 177	80/20	T-5/60/20	13,4 [6,4]	0,8 [11,2]	29,3 [4,4]	1,2 [14,1]	0,44 [6,8]
	+60/-80	250 - 177	90/10	T-5/60/10	13,2 [9,4]	0,7 [7,1]	29,8 [8,4]	1,1 [17,2]	0,44 [4,5]
	+80/-100	177 - 149	70/30	T-5/80/30	11,2 [7,9]	0,6 [5,0]	25,6 [7,0]	1,0 [8,0]	0,45 [8,8]
	+80/-100	177 - 149	80/20	T-5/80/20	13,7 [4,6]	0,7 [8,5]	27,4 [6,0]	1,0 [7,0]	0,45 [2,2]
	+80/-100	177 - 149	90/10	T-5/80/10	12,9 [5,5]	0,9 [12,2]	27,3 [11,7]	0,9 [16,6]	0,47 [8,5]

Continuación de Tabla 9

Edad (años)	Tamaño malla ASTM	Tamaño de partícula (μm)	Proporción polipropileno /bolaina (%)	Tratamientos	Tensión		Flexión estática		Resistencia al impacto
					Módulo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Módulo de ruptura (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	(J)
6	+40/-60	400 - 250	70/30	T-6/40/30	12,3 [7,7]	0,8 [12,5]	29,3 [17,3]	1,2 [17,5]	0,48 [8,3]
	+40/-60	400 - 250	80/20	T-6/40/20	16,8 [3,8]	0,8 [7,5]	27,8 [5,3]	1,1 [10,0]	0,42 [7,1]
	+40/-60	400 - 250	90/10	T-6/40/10	18,8 [4,4]	0,8 [11,2]	31,4 [9,7]	1,0 [11,0]	0,52 [3,8]
	+60/-80	250 - 177	70/30	T-6/60/30	12,7 [6,2]	0,7 [15,7]	25,5 [1,8]	1,0 [9,0]	0,46 [4,3]
	+60/-80	250 - 177	80/20	T-6/60/20	14,4 [9,5]	0,7 [12,8]	29,0 [6,6]	1,2 [5,8]	0,48 [6,2]
	+60/-80	250 - 177	90/10	T-6/60/10	15,0 [11,8]	0,8 [8,7]	33,6 [3,3]	1,1 [2,7]	0,46 [6,5]
	+80/-100	177 - 149	70/30	T-6/80/30	10,7 [2,3]	0,7 [14,2]	26,9 [3,6]	1,1 [9,0]	0,44 [4,5]
	+80/-100	177 - 149	80/20	T-6/80/20	13,2 [6,8]	0,7 [8,5]	27,2 [11,7]	1,1 [17,2]	0,47 [2,1]
	+80/-100	177 - 149	90/10	T-6/80/10	14,2 [13,5]	0,9 [4,4]	31,0 [5,6]	1,1 [5,4]	0,51 [7,8]

* Los valores entre corchetes [] representan el coeficiente de variabilidad.

Tabla 10: Valores del análisis de variancia (ANVA) de las propiedades mecánicas de tensión, flexión estática y resistencia al impacto.

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad (G.L.)	Tensión				Flexión Estática				Resistencia al impacto		
		Módulo de ruptura		Módulo de elasticidad		Módulo de ruptura		Módulo de elasticidad				
		p-valor	Signif.	p-valor	Signif.	p-valor	Signif.	p-valor	Signif.	G.L.	p-valor	Signif.
E	2	0,0001	**	0,2099	N.S.	0,2520	N.S.	0,3865	N.S.	2	0,0001	**
T	2	0,0001	**	0,0001	**	0,0157	*	0,0729	N.S.	2	0,0002	**
P	2	0,0001	**	0,8824	N.S.	0,0001	**	0,0017	**	2	0,0253	*
E*T	4	0,0019	**	0,0001	**	0,0984	N.S.	0,0401	*	4	0,0004	**
E*P	4	0,0093	**	0,0005	**	0,1458	N.S.	0,2248	N.S.	4	0,0001	**
T*P	4	0,0797	N.S.	0,0513	N.S.	0,0231	*	0,2042	N.S.	4	0,0001	**
E*T*P	8	0,0006	**	0,6401	N.S.	0,0339	*	0,1326	N.S.	8	0,0001	**
Error	108									280		
Total corregida	134									306		
C.V.		8,961179		15,12723		8,968745		11,71539		8,760846		

E: efecto de la variable principal edad.

T: efecto de la variable principal tamaño de partícula.

P: efecto de la variable principal proporción de mezcla.

E*T: efecto de la interacción doble entre las variables edad y tamaño de partícula.

E*P: efecto de la interacción doble entre las variables edad y proporción de mezcla.

T*P: efecto de la interacción doble entre las variables tamaño de partícula y proporción de mezcla.

E*T*P: efecto de la interacción múltiple entre las variables edad, tamaño de partícula y proporción de mezcla.

C.V.: coeficiente de variabilidad.

N.S.: no significativo.

*: significativo.

** : altamente significativo.

4.1. TENSION

4.1.1. MÓDULO DE RUPTURA (MOR)

Los valores promedios del módulo de ruptura (MOR) en tensión para los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 9. El MOR varía según la edad, entre los valores de 16,7 a 11,6 MPa para los tratamientos T-4/40/10, T-4/40/20 y T-4/60/30; de 16,2 a 11,2 MPa para los tratamientos T-5/40/10 y T-5/80/30; y de 18,8 a 10,7 MPa para los tratamientos T-6/40/10 y T-6/80/30. En general, los tratamientos presentaron valores de MOR inferiores al de los testigos de polipropileno puro (24,3 MPa) y madera bolaina blanca (39,3 MPa), respectivamente. Las Figuras 37, 38 y 39 representan de manera gráfica la variación del MOR en tensión para todos los tratamientos en estudio.

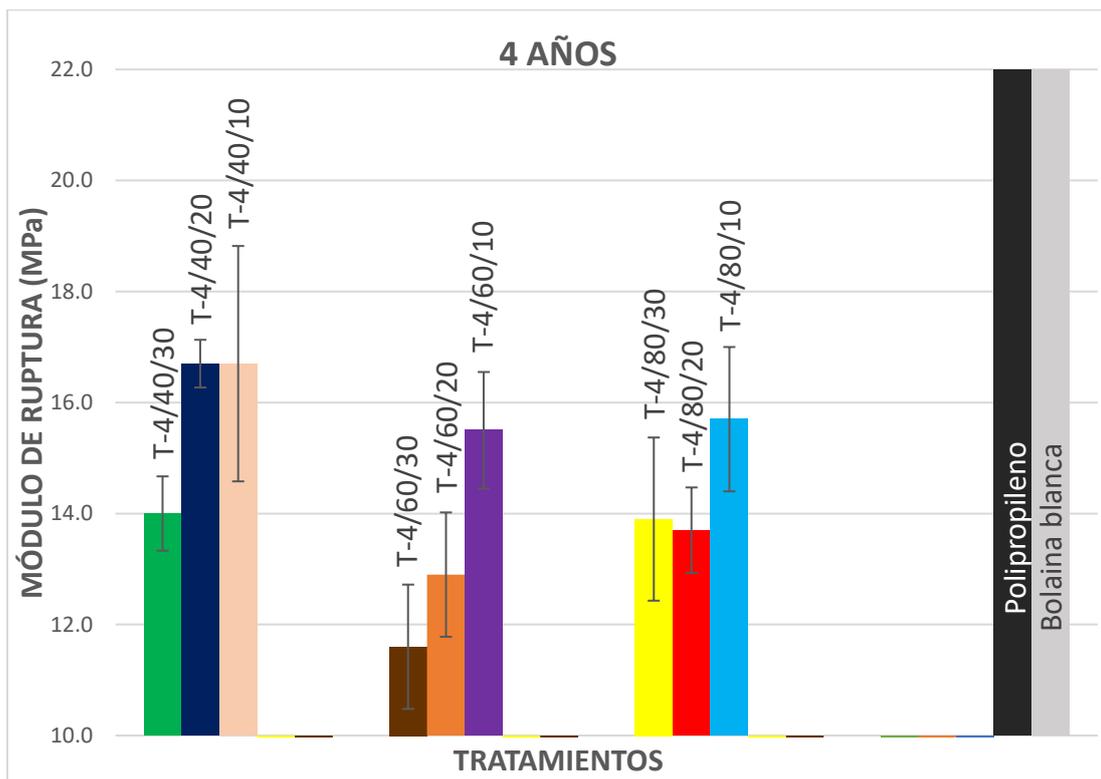


Figura 37: Módulo de ruptura (MOR) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

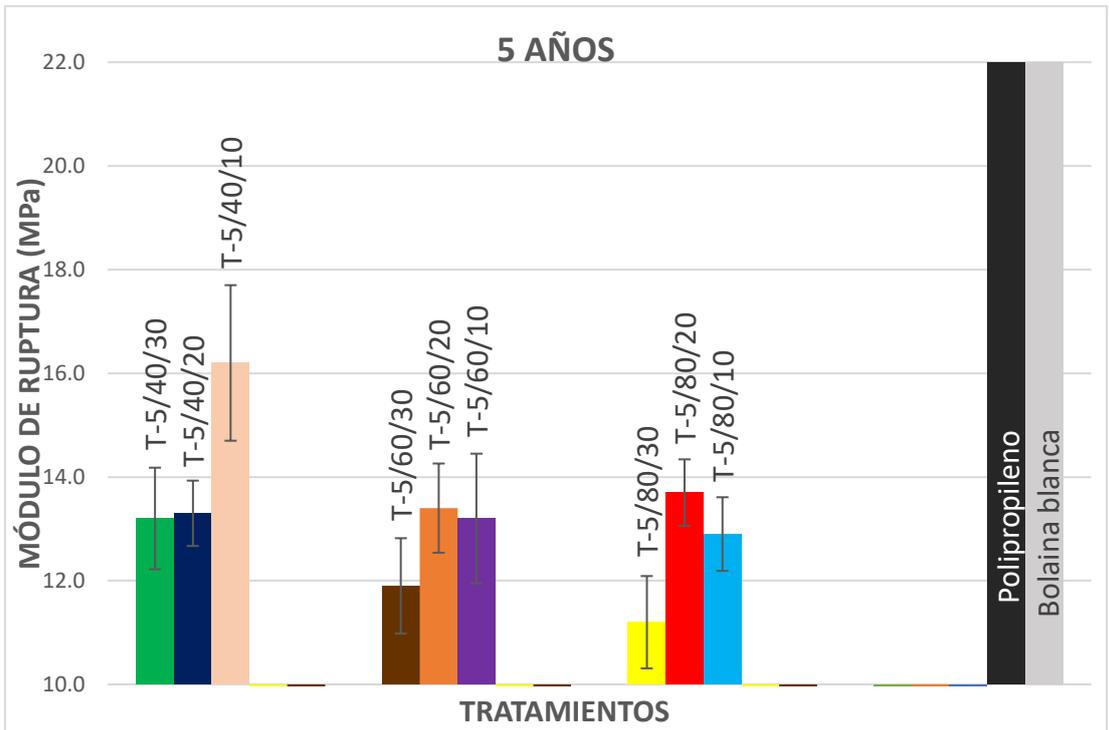


Figura 38: Módulo de ruptura (MOR) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

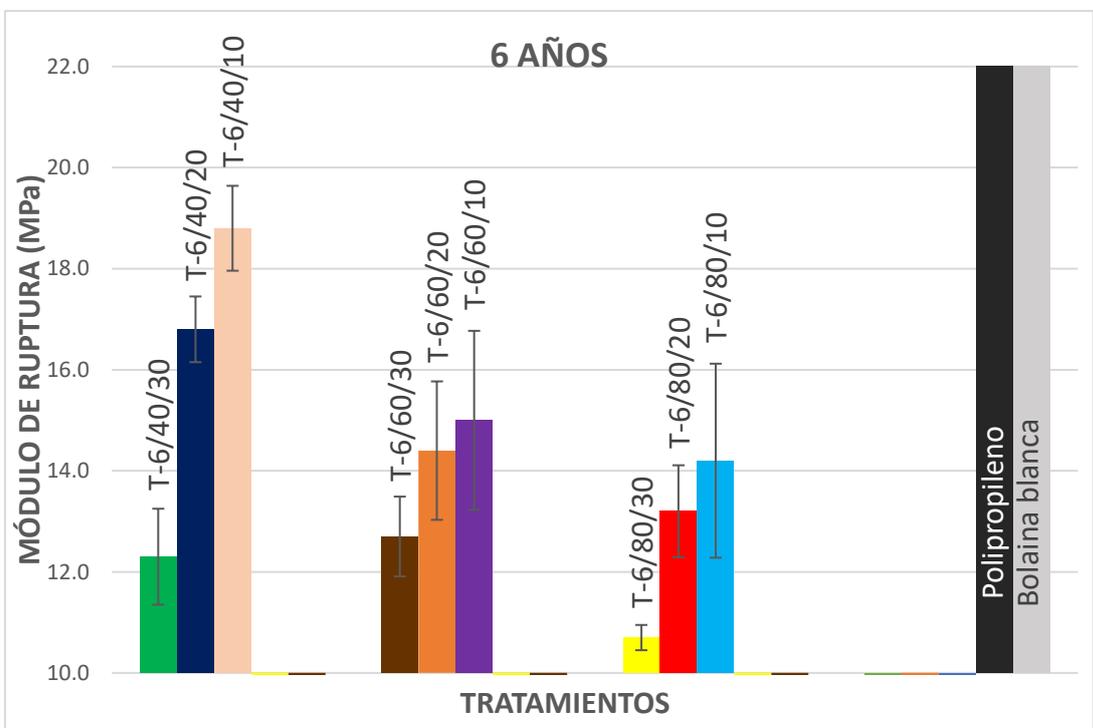


Figura 39: Módulo de ruptura (MOR) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable módulo de ruptura (MOR) en tensión (Tabla 10) indicó que las variables edad, tamaño de partícula y proporción de mezcla presentaron influencia altamente significativa ($p=0,0001$); las interacciones dobles *edad*tamaño de partícula*, *edad*proporción de mezcla*, así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* resultaron con influencia altamente significativa sobre los valores de resistencia máxima ($p\leq 0,0093$), mientras que la interacción doble *tamaño de partículas*proporción de mezcla* no presentó influencia significativa ($p=0,0797$). La prueba de Mínimos Cuadrados indicó que el tratamiento con la mejor combinación de variables fue T-6/40/10, presentando el valor más alto de MOR en tensión para todas las interacciones múltiples.

La edad 4 años mostró en promedio los valores más altos de MOR, aunque la diferencia con la edad 6 años es mínima; esto guarda relación con la poca variación presentada por el coeficiente de esbeltez de las fibras de bolaina blanca para las tres edades en estudio. Respecto al tamaño de partícula, se aprecia un ligero incremento en los valores del MOR cuando se emplean partículas más grandes. Stark y Berger (1997) señalan que el MOR en tensión se incrementa cuando aumenta el tamaño de partículas hasta alcanzar el tamaño de 250 μm , punto a partir del cual el MOR empieza a decrecer; sin embargo, este comportamiento no se aprecia en ninguno de los tratamientos estudiados. Respecto a la proporción de mezcla, se aprecia un claro incremento en los valores del MOR cuando se reduce la proporción de partículas en el material compuesto. Este fenómeno ha sido observado por otros investigadores (Klyosov 2007 y Ravi Kumar *et al.* 2014), que coinciden en afirmar que altas concentraciones de partículas reducen el MOR del material compuesto.

Caulfield *et al.* (2005) reportaron valores de MOR en tensión de 44,9 MPa para materiales compuestos de polipropileno reforzados con fibras de álamo en un 30 por ciento del peso total y utilizando MAPP como acoplante. Stark y Rowlands (2003) reportaron valores de MOR de 29,4 MPa para materiales compuestos reforzados con harina de madera en un 40 por ciento del peso total; y 37 MPa para materiales compuestos reforzados con fibras de madera en un 20 por ciento del peso total. Cárdenas (2012) reportó valores de MOR entre 19 y 25 MPa para materiales compuestos polipropileno/madera de pino elaborados por método de inyección. Los valores de MOR obtenidos por los tratamientos en el presente estudio resultaron inferiores a los citados en la bibliografía. Okubo *et al.* (2004), señalan que los espacios vacíos presentes

en la estructura del material compuesto, se deben al apilamiento de paquetes de fibras uno encima de otro. Es probable que tales espaciamentos se ubiquen en los puntos de entrecruzamiento de las fibras debido a su rigidez, reduciendo de esta manera el MOR del material compuesto. La presencia de burbujas y/o espacios vacíos en la estructura interna del material compuesto, así como un coeficiente de esbeltez de fibras bastante discreto, no permitieron alcanzar valores más altos en el MOR.

La Figura 40 permite apreciar las fallas en las probetas durante los ensayos del módulo de ruptura. Lo normal es que las fallas sucedan en la parte media de la probeta, sin embargo, en muchos casos las fallas ocurrieron cerca a los extremos. Por lo tanto, la estructura interna del material compuesto no resultó totalmente homogénea, existiendo zonas donde la interfase plástico/madera fue deficiente. Otras variables no controladas durante el proceso, como velocidad de cierre de platos en prensa, presión de trabajo, tiempo de curado, enfriamiento y desmoldado, influenciaron negativamente en la interfase plástico/madera.

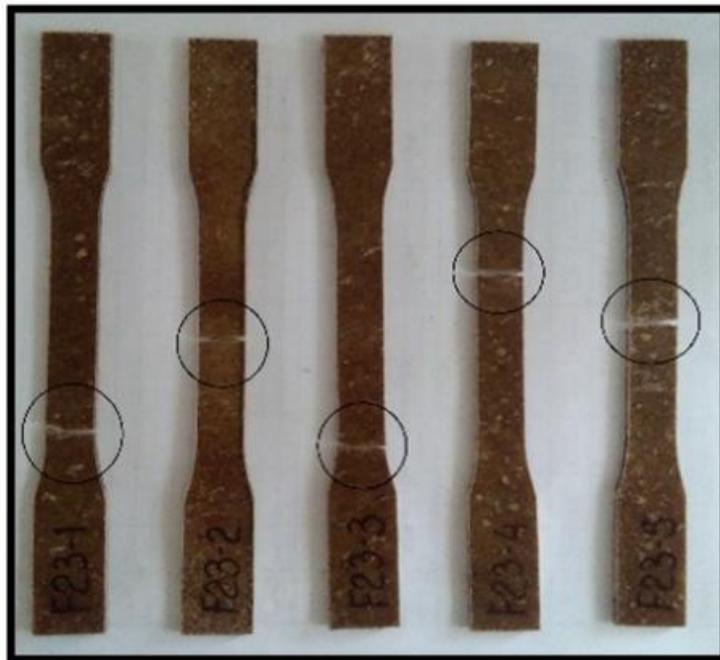


Figura 40: Tipos de fallas ocurridas durante los ensayos del módulo de ruptura (dentro de los círculos) en materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca, tratamiento T-4/60/20.

4.1.2. MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE)

Los valores promedio del módulo de elasticidad (MOE) en tensión para los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad se muestran en la Tabla 9. El módulo de elasticidad varía según la edad, entre los valores de 1,0 a 0,5 GPa para los tratamientos T-4/40/30 y T-4/60/10; de 0,9 a 0,6 GPa para los tratamientos T-5/80/10 y T-5/80/30; y de 0,9 a 0,7 GPa para los tratamientos T-6/80/10 y T-6/60/30, T-6/60/20, T-6/80/30, T-6/80/20. En general, los tratamientos presentaron valores de MOE superiores a los testigos de polipropileno puro (0,7 GPa), sin embargo, resultaron inferiores a los testigos de madera bolaina sólida (1,3 GPa). Las Figuras 41, 42 y 43 representan de manera gráfica la variación del MOE en tensión para todos los tratamientos en estudio.

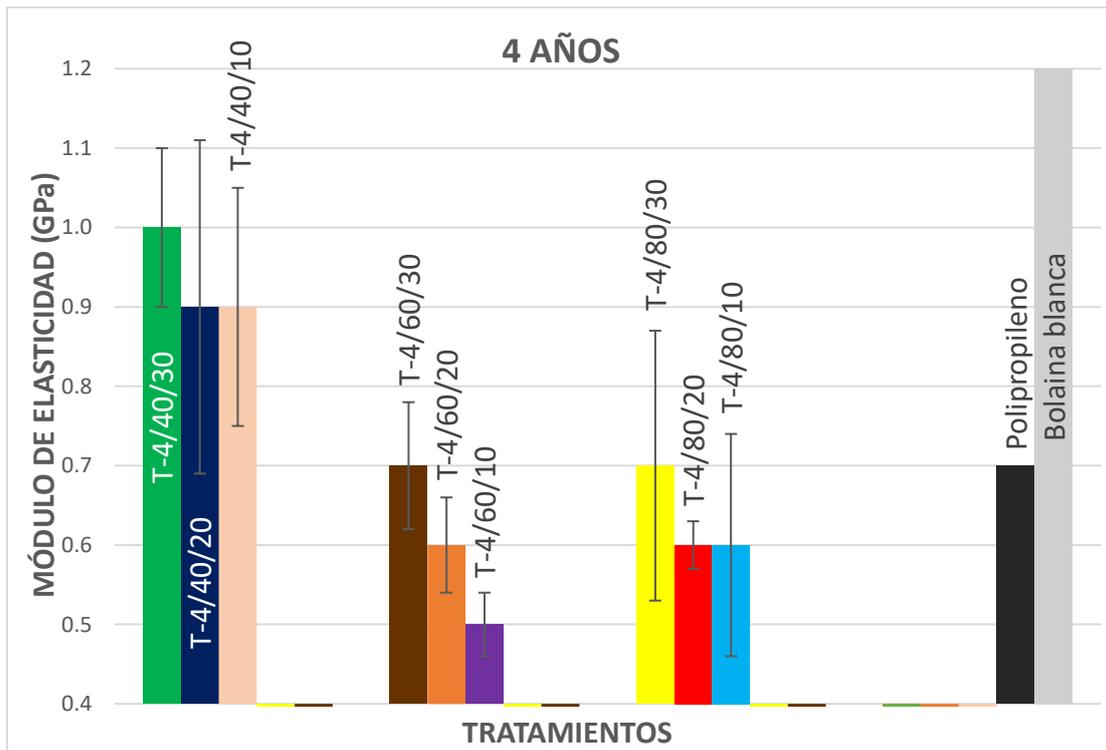


Figura 41: Módulo de elasticidad (MOE) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

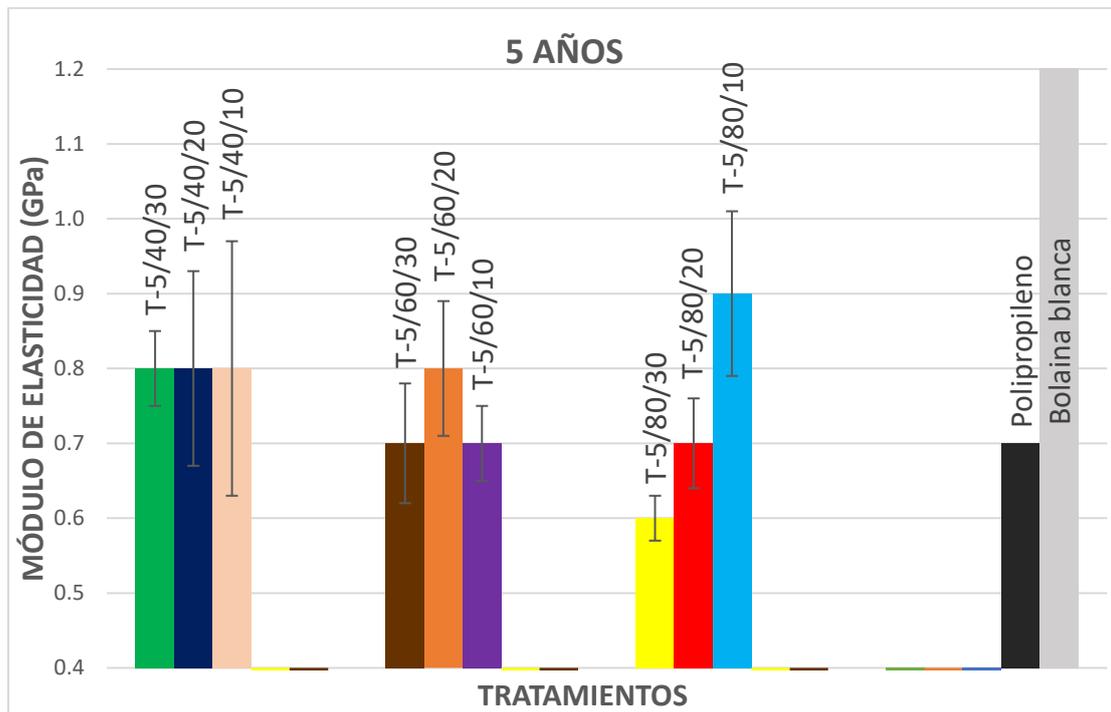


Figura 42: Módulo de elasticidad (MOE) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

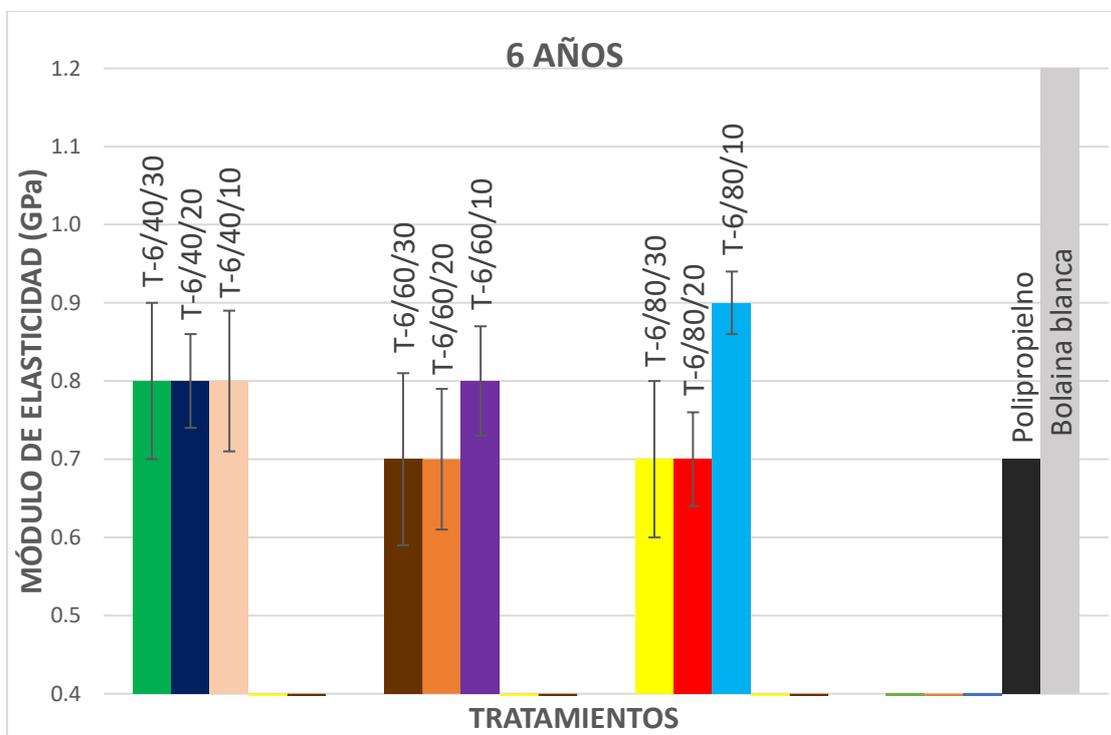


Figura 43: Módulo de elasticidad (MOE) en tensión para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable módulo de elasticidad (MOE) en tensión (Tabla 10) indicó que la variable tamaño de partícula presentó influencia altamente significativa ($p=0,0001$), mientras que las variables edad y proporción de mezcla resultaron no significativas ($p\geq 0,2099$); las interacciones dobles *edad*tamaño de partícula* y *edad*proporción de mezcla* resultaron con influencia altamente significativa sobre los valores del MOE ($p\leq 0,0005$), mientras que la interacción doble *tamaño de partícula*proporción de mezcla* así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* no presentaron influencia significativa ($p\geq 0,0513$). La prueba de Mínimos Cuadrados indicó que el tratamiento con la mejor combinación de variables fue T-4/40/30, presentando el valor más alto de MOE en tensión para todas las interacciones múltiples.

El módulo de elasticidad (MOE) al igual que el módulo de resistencia (MOR) en tensión, exhibe un comportamiento bastante similar con respecto al tamaño de partículas. Se aprecia una ligera mejora de estas propiedades cuando se emplean partículas más grandes (Stark y Berger, 1997). En general, los tratamientos con partículas más grandes le correspondieron valores más elevados de MOE, siendo el tratamiento T-4/40/30 el que registró el valor más alto (1,0 GPa). Los valores de MOE obtenidos por los tratamientos en el presente estudio resultaron inferiores a los citados en la bibliografía (Caulfield *et al.*, 2005; Cárdenas, 2012 y Lisperguer *et al.*, 2013). Estos bajos resultados responden principalmente a la baja adhesión interfacial entre las partículas de bolaina blanca y la matriz de polipropileno, generando zonas de alta heterogeneidad en el interior del material compuesto. De igual manera, las características anatómicas de la fibra de bolaina blanca (coeficiente de esbeltez), resultaron bastantes discretas para las tres edades en estudio, con longitudes de fibra medianas y espesores de pared muy delgados.

4.2. FLEXIÓN ESTÁTICA

4.2.1. MÓDULO DE RUPTURA (MOR)

Los valores promedio del módulo de ruptura (MOR) en flexión estática para los materiales compuestos polipropileno/bolaina elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 9. El MOR varía según la edad, entre los valores de 33,7 a 26,2 MPa para los tratamientos T-4/60/10 y T-4/60/30; de 33,1 a 25,6 MPa para los tratamientos T-5/40/10 y T-5/80/30; y de 33,6 a 25,5 MPa para los tratamientos T-6/60/10 y T-6/60/30. En general, los tratamientos presentaron valores de MOR

inferiores al de los testigos de madera bolaina sólida (61,2 MPa) y polipropileno puro (49,5 MPa), respectivamente. Las Figuras 44, 45 y 46 representan de manera gráfica la variación del MOR en flexión estática para todos los tratamientos en estudio.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable módulo de ruptura (MOR) en flexión estática (Tabla 10) indicó que la variable proporción de mezcla presentó influencia altamente significativa ($p=0,0001$), mientras que las variables edad y tamaño de partícula no presentaron influencia significativa ($p \geq 0,0157$); las dobles interacciones *edad*tamaño de partícula*, *edad*proporción de mezcla* y *tamaño de partícula*proporción de mezcla*, así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* no presentaron influencia significativa ($p \geq 0,0231$). La prueba de Mínimos Cuadrados indicó que el tratamiento con la mejor combinación de variables fue T-4/60/10, presentando el valor más alto de MOR (33,7 MPa) para todas las interacciones múltiples.

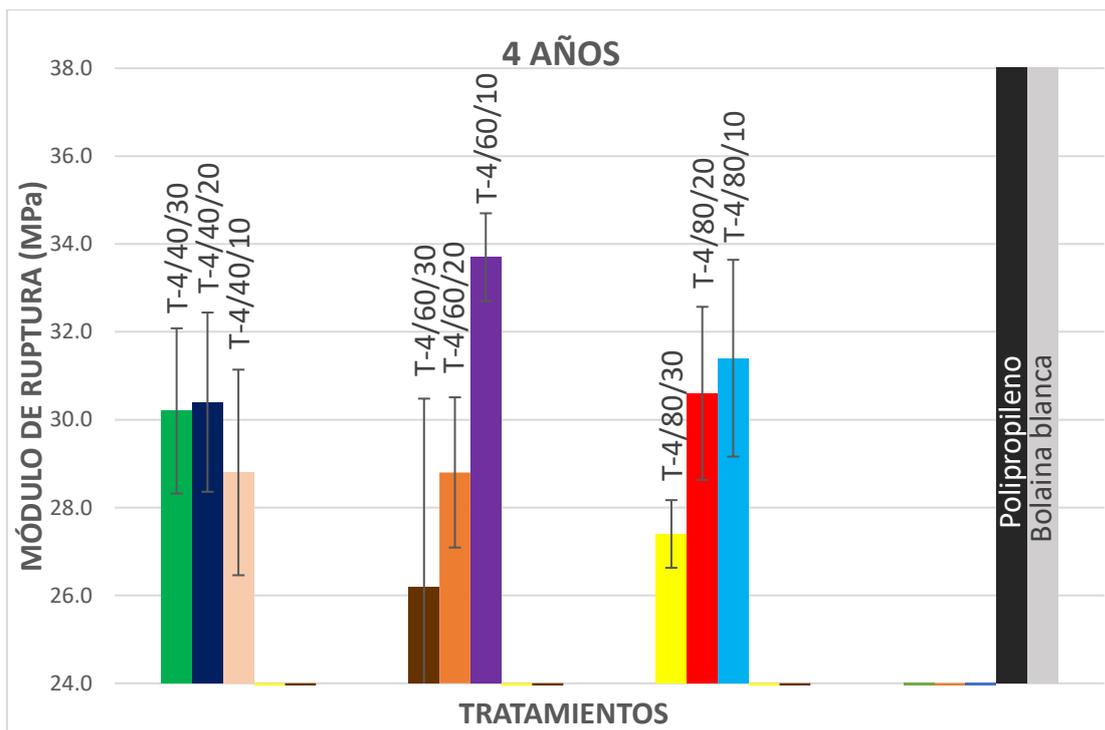


Figura 44: Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

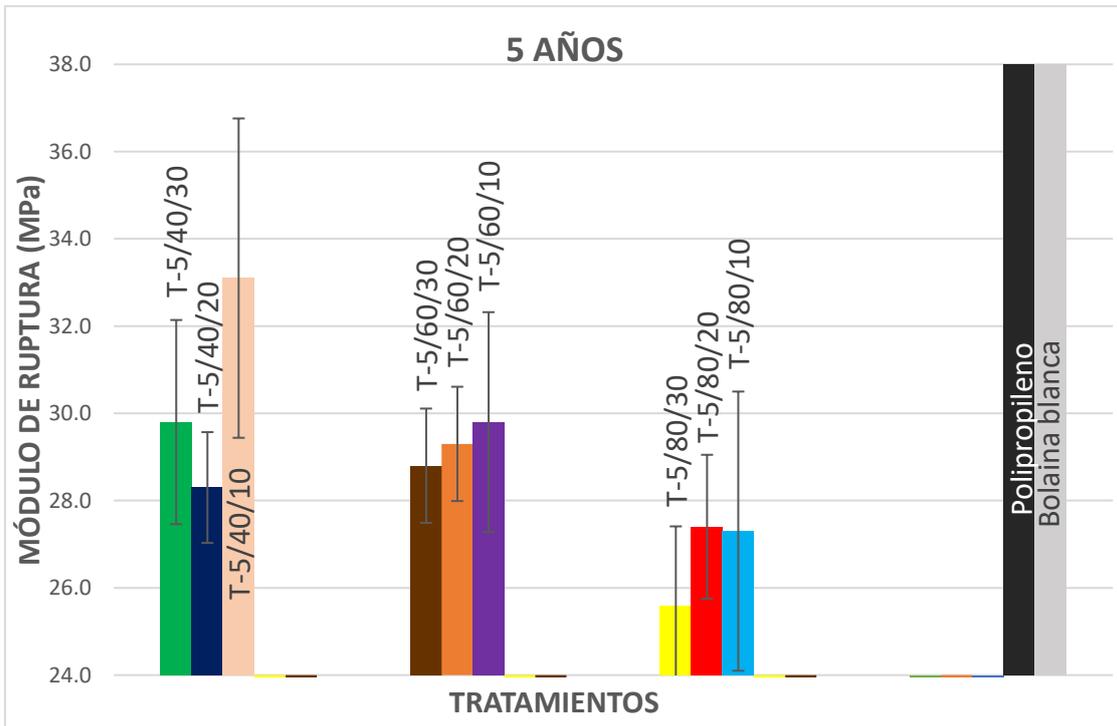


Figura 45: Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

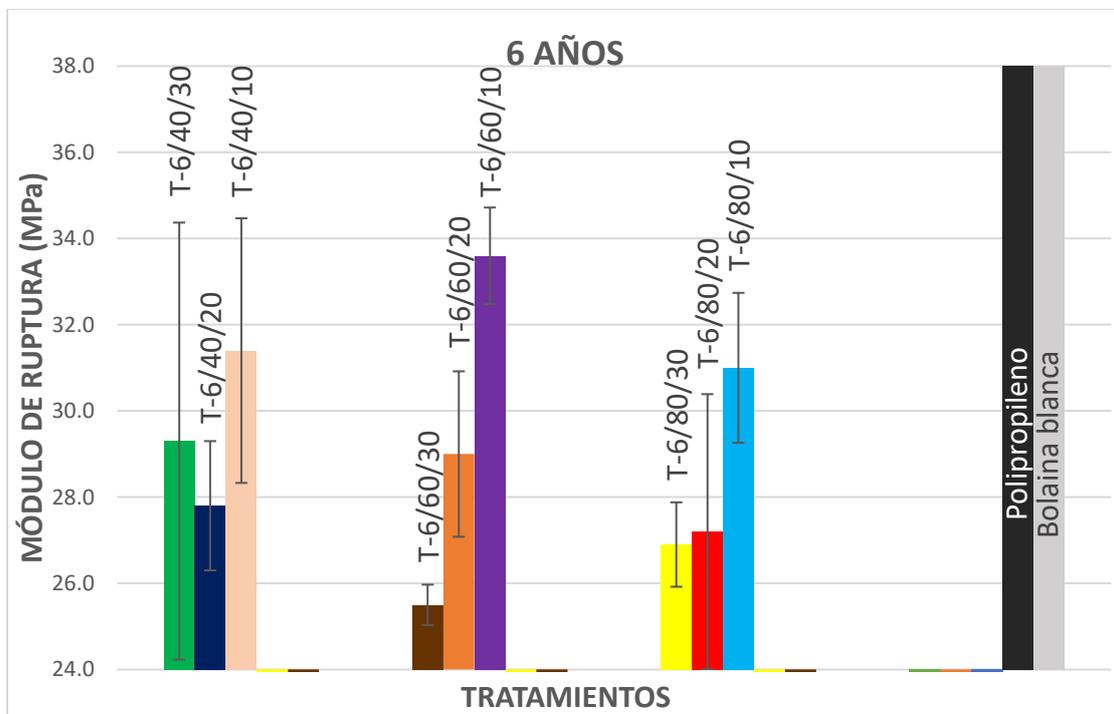


Figura 46: Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática para materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

De acuerdo al análisis estadístico, la variable proporción de mezcla resultó altamente significativa, siendo la proporción de mezcla 90/10 la que obtuvo mejores resultados entre todas las proporciones. Klyosov (2007) señala que el MOR en flexión del polipropileno disminuye cuando es reforzada con harina de madera en un 60 por ciento del peso total y puede continuar decreciendo en un 70-85 por ciento del peso total, cuando es reforzada con fibras lignocelulósicas. El adicionar mayor cantidad de partículas de madera al material compuesto no siempre producirá mejoras en sus propiedades mecánicas, en muchos casos resulta contraproducente.

Los tratamientos en estudio obtuvieron valores de MOR semejantes a los referidos por Cárdenas (2012) y Klyosov (2007) (31-34 MPa y 21-26 MPa, respectivamente), sin embargo, resultan inferiores a los valores mencionados por Caulfield *et al.* (2005) y Lisperguer *et al.* (2013) (60 MPa a más). Otros investigadores, tales como Idrus *et al.* (2011) y Ravi Kumar *et al.* (2014), coinciden en afirmar que conforme aumenta la proporción de fibras en el material compuesto, se percibe un incremento en el MOR. No obstante, estas afirmaciones no guardan relación con los resultados alcanzados en los tratamientos, donde los valores más altos de MOR corresponden a proporciones de mezcla con poca cantidad de partículas (generalmente 10 % de peso total). De mucho interés resulta analizar el coeficiente de esbeltez que presentó la fibra de bolaina blanca, el cual oscila entre 44 y 57, valores bajos si tomamos en consideración que para Brumbaugh citado por Tello (2006), el valor óptimo para un coeficiente de esbeltez debería variar de 150 a 250. Los bajos valores de MOR obtenidos en los tratamientos cuando se aumentó la proporción de fibras, responden a una deficiente interacción entre las fibras y la matriz en el material compuesto, así como a las discretas características anatómicas presentes en las fibras de bolaina blanca.

4.2.2. MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE)

Los valores promedio del módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática de los materiales compuestos polipropileno/bolaina elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 9. El MOE varía según la edad, entre los valores de 1,3 a 0,9 GPa para los tratamientos T-4/40/30 y T-4/40/10; de 1,2 a 0,9 GPa para los tratamientos T-5/60/30, T-5/60/20 y T-5/80/10; y de 1,2 a 1,0 GPa para los tratamientos T-6/40/30, T-6/60/20 y T-6/40/10, T-6/60/30. En general, los tratamientos presentaron valores de MOE inferiores al de los testigos de polipropileno puro (1,2 GPa) y

bolaina sólida (4,4 GPa), respectivamente. Las Figuras 47, 48 y 49 representan de manera gráfica la variación del MOE en flexión estática para todos los tratamientos en estudio.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática (Tabla 10) indicó que la variable proporción de mezcla presentó influencia altamente significativa ($p=0,0017$), mientras que las variables edad y tamaño de partícula resultaron no significativos ($p \geq 0,0729$). Las interacciones dobles *edad*proporción de mezcla*, *edad*tamaño de partícula*, *tamaño de partícula*proporción de mezcla*, así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* no presentaron influencia significativa ($p \geq 0,0401$). La prueba de Mínimos Cuadrados indicó que el tratamiento con la mejor combinación de variables fue T-4/40/30, presentando el valor más alto de MOE (1,3 GPa) para todas las interacciones múltiples.

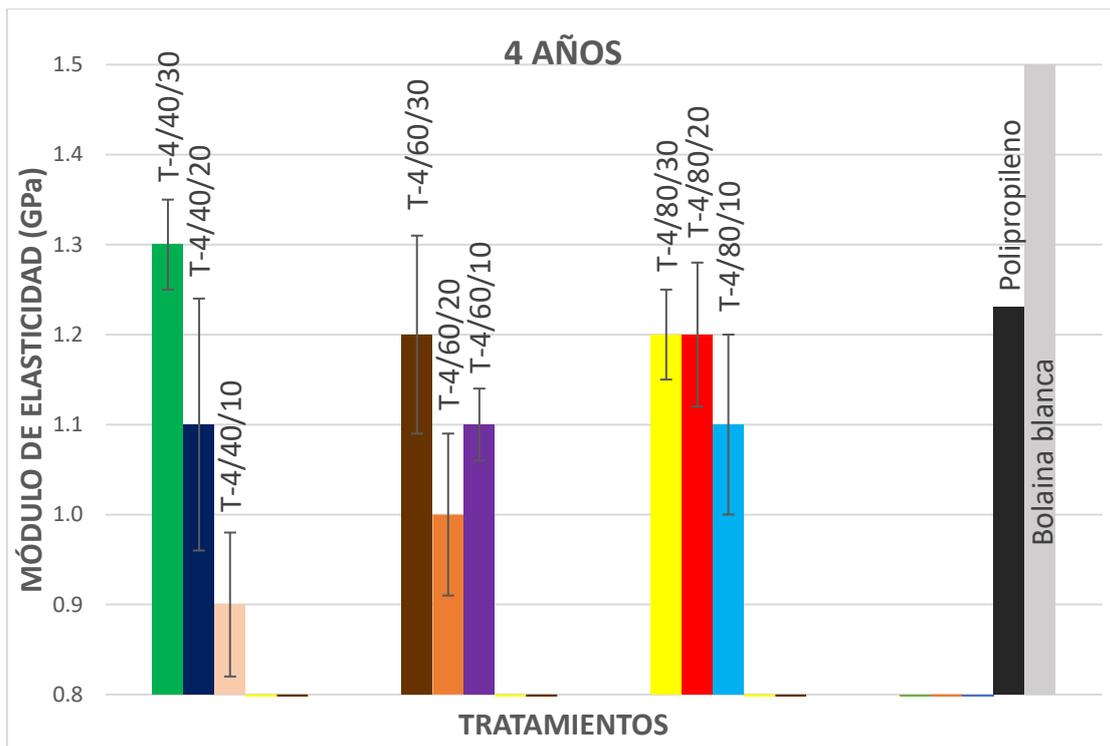


Figura 47: Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

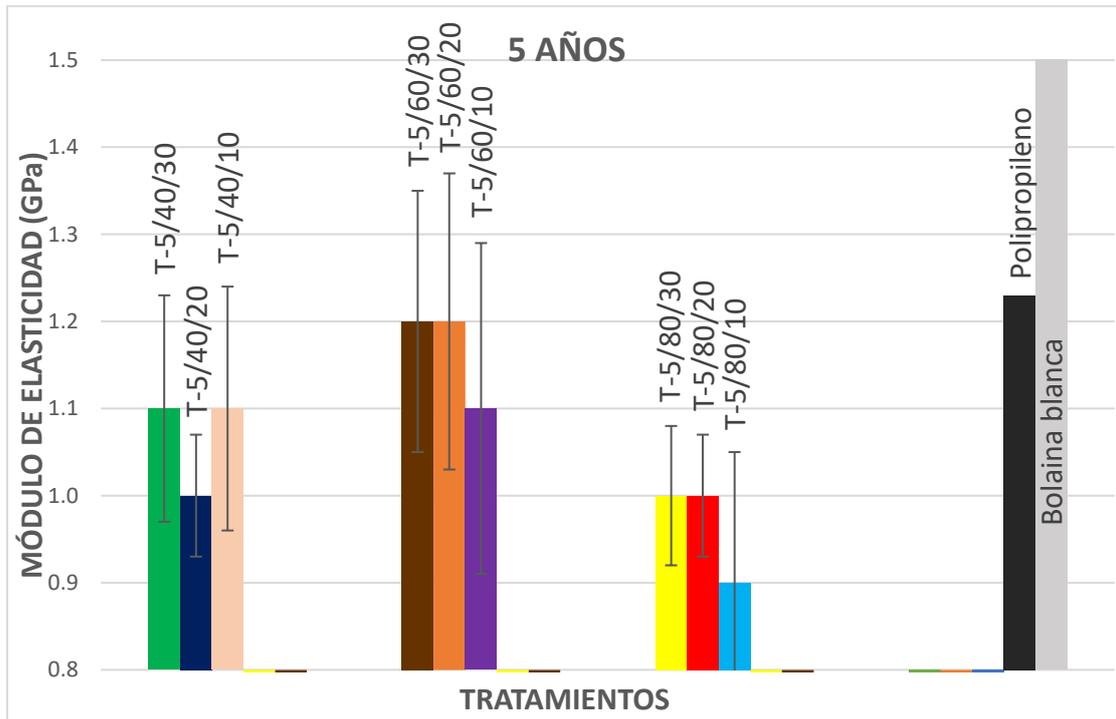


Figura 48: Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

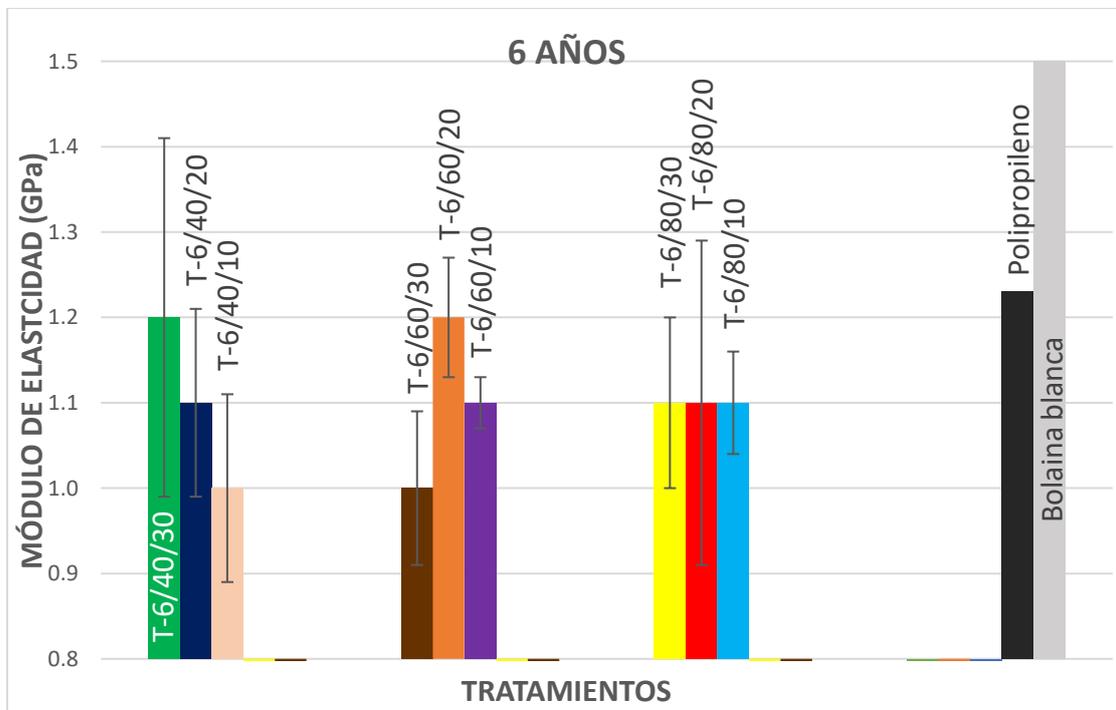


Figura 49: Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

De acuerdo al análisis estadístico, la variable proporción de mezcla resultó altamente significativa, siendo las proporciones de mezcla 70/30 y 80/20 las que obtuvieron los mejores resultados. Las fibras de madera generalmente presentan valores altos de MOE, por lo que una mayor acumulación de fibras en el material compuesto requerirá un esfuerzo mayor para lograr su deformación (Idrus *et al.*, 2011 y Caulfield *et al.* 2005). Las características anatómicas de la fibra de bolaina (principalmente el coeficiente de esbeltez) juegan un rol importante, pues a pesar de ser bastantes discretas y no presentar variación significativa para las tres edades en estudio, influyen de manera positiva en la mejora del MOE. Sin embargo, reforzar con más fibras el material compuesto no produce necesariamente mejoras en el MOE. Ravi Kumar *et al.* (2014), señalan que los espacios vacíos, la baja interacción entre fibras, así como una deficiente dispersión de las mismas en la matriz, influyen negativamente en las propiedades mecánicas del material compuesto.

Otros estudios indican valores de MOE en flexión estática superiores a los obtenidos por los tratamientos (1,5 GPa para Ravi Kumar *et al.* 2014; 2,2-2,3 GPa para Bouafif *et al.* 2009; 3,82 GPa para Caulfield *et al.* 2005 y 2,4-2,9 GPa para Liu *et al.*, 2008). Sin embargo, se debe tomar en consideración que estos resultados corresponden a materiales compuestos reforzados con proporciones de fibras igual o mayor a 45 por ciento. Cárdenas (2012) indica valores de MOE (0,9-1,0 GPa) muy semejantes a los hallados en los tratamientos.

4.3. RESISTENCIA AL IMPACTO

Los valores promedio de la resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno/bolaina elaborados en sus diferentes tratamientos, así como sus respectivos coeficientes de variabilidad, se muestran en la Tabla 9. La resistencia al impacto varía según la edad, entre los valores de 0,62 a 0,46 J para los tratamientos T-4/40/20 y T-4/60/10; de 0,47 a 0,44 J para los tratamientos T-5/80/10 y T-5/40/10, T-5/60/20, T-5/60/10; y de 0,52 a 0,42 J para los tratamientos T-6/40/10 y T-6/40/20. En general, los tratamientos presentaron valores de resistencia al impacto inferiores al de los testigos de polipropileno puro (1,38 J) y madera bolaina sólida (1,24 J), respectivamente. Las Figuras 50, 51 y 52 representan de manera gráfica la variación de la resistencia al impacto para todos los tratamientos en estudio.

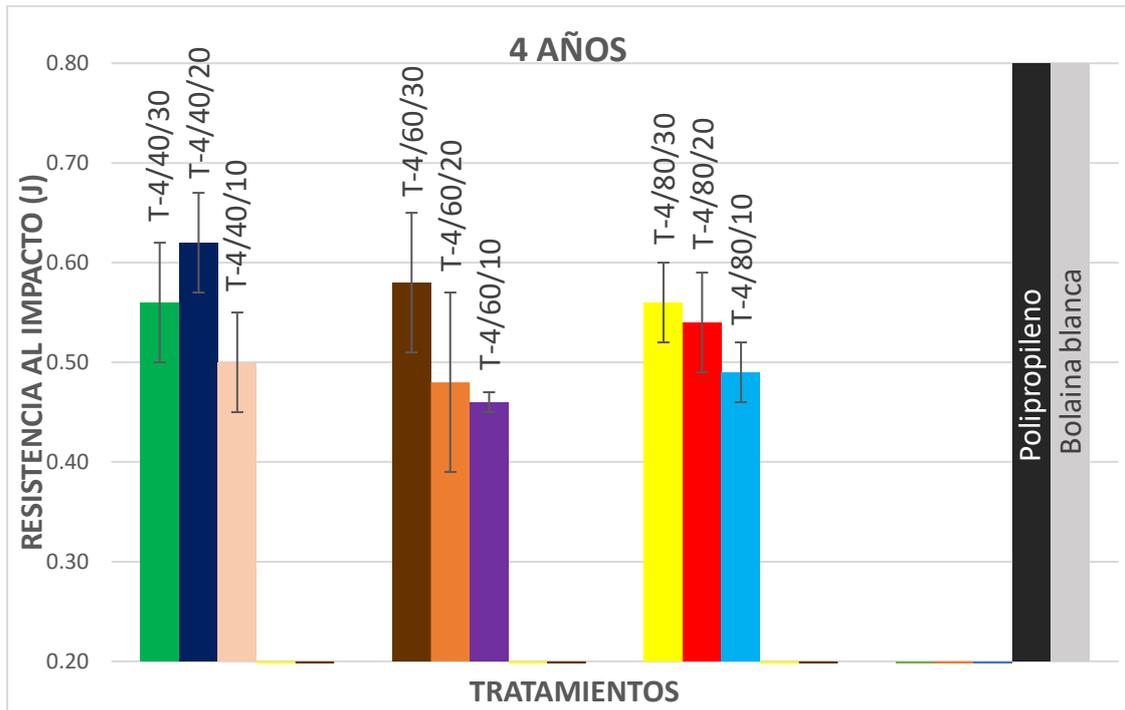


Figura 50: Resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 4 años de edad.

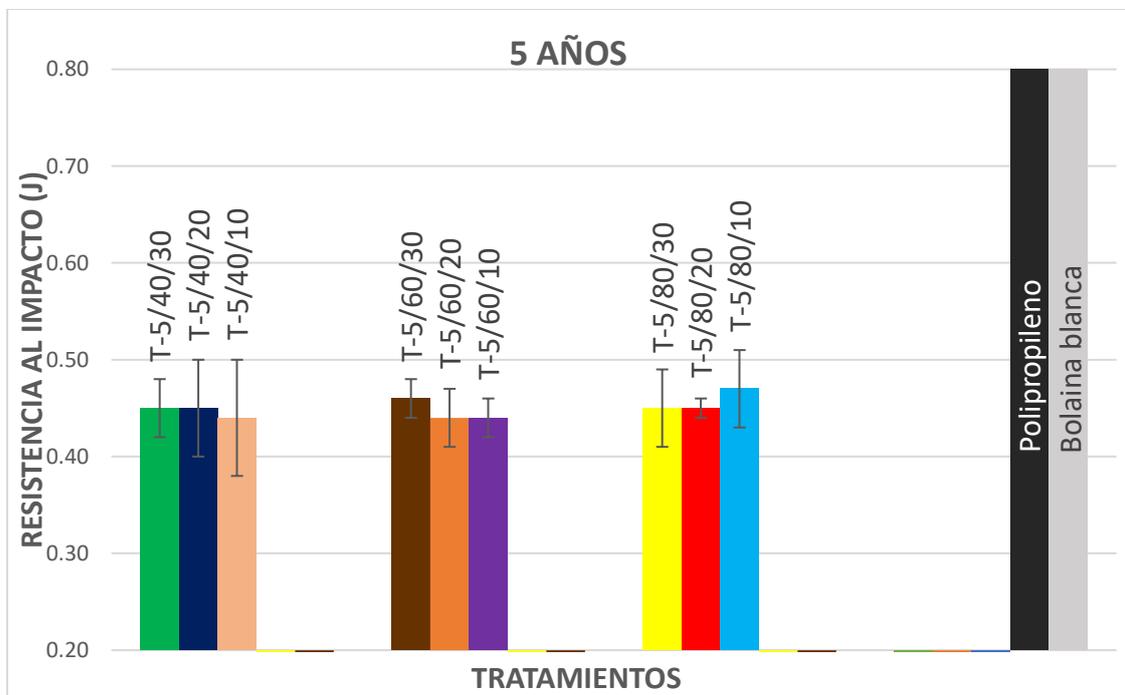


Figura 51: Resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 5 años de edad.

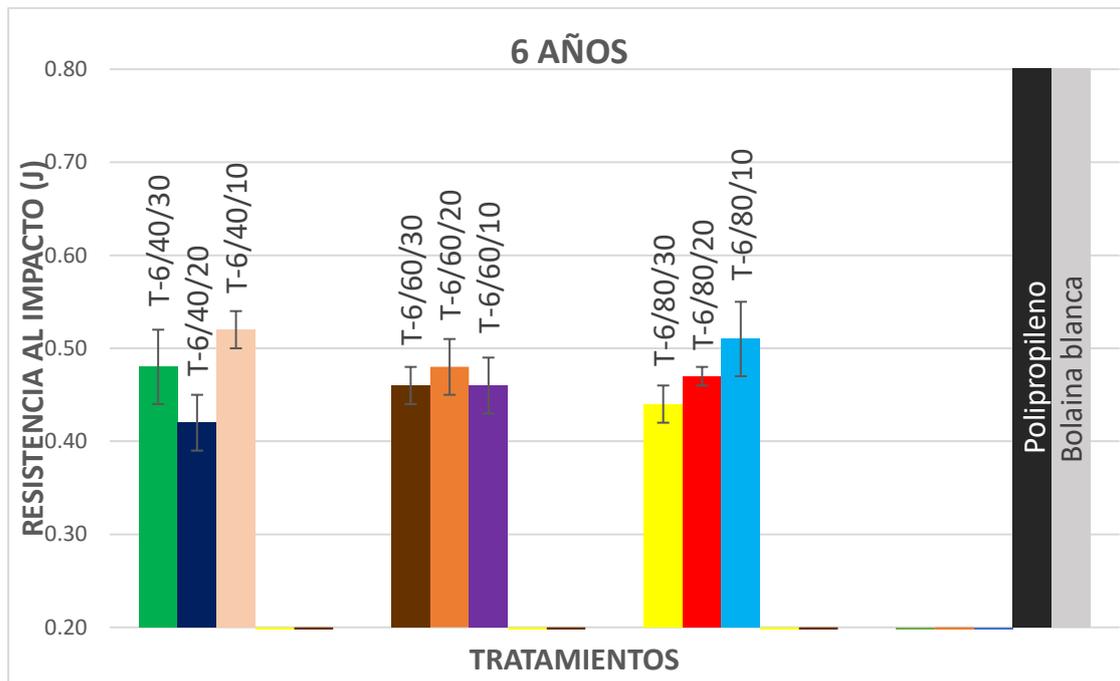


Figura 52: Resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca de 6 años de edad.

El análisis de variancia (ANVA) para la variable resistencia al impacto (Tabla 10) indicó que las variables edad y tamaño de partícula presentaron influencia altamente significativa ($p \leq 0,0002$), mientras que la variable proporción de mezcla resultó no significativa ($p = 0,0253$); las interacciones dobles *edad*tamaño de partícula*, *edad*proporción de mezcla*, *tamaño de partícula*proporción de mezcla*, así como la interacción múltiple *edad*tamaño de partícula*proporción de mezcla* resultaron con influencia altamente significativa sobre los valores de resistencia al impacto ($p \leq 0,0004$). La prueba de Mínimos Cuadrados indicó que el tratamiento con la mejor combinación de variables fue T-4/40/20, presentando el valor más alto de resistencia al impacto (0,62 J) para todas las interacciones múltiples.

Según el análisis estadístico, la variable edad resultó altamente significativa, siendo la edad 4 años la que presentó valores más altos de resistencia al impacto. Sin embargo, la caracterización anatómica de las fibras de bolaina blanca indicó que no existen diferencias notables entre longitud y espesor de pared de las fibras para las tres edades en estudio. Respecto al tamaño de partícula, los tratamientos con partículas más grandes y pequeñas, obtuvieron en promedio los valores de resistencia al impacto más elevados. Al respecto, Stark y Berger (1997) observaron que conforme aumentaba el tamaño de partícula se incrementaba

también la resistencia al impacto para diferentes materiales compuestos. Sin embargo, esta afirmación no se ajusta del todo a los resultados, en donde se aprecia que la matriz fue el principal responsable de conferirle resistencia al impacto en todos los materiales compuestos. Durowaye *et al.* 2014, añade que incrementos en la cantidad de partículas de madera reduce la habilidad de absorber energía por parte de la matriz, reduciendo de ese modo la resistencia al impacto en el material compuesto.

Cárdenas (2012) reportó valores de resistencia al impacto entre 0,63 y 0,66 J para materiales compuesto de polipropileno/madera de pino, valores que se asemejan a los obtenidos en el presente estudio. Por otro lado, Ravi Kumar *et al.* (2014) reportó que materiales compuestos reforzados con fibras en un 15 por ciento presentaron mayor resistencia al impacto que los mismos materiales compuestos pero reforzados con 25 por ciento de fibras. Incrementos en el porcentaje de fibras dentro de la composición del material compuesto, no siempre es garantía de mejoras en las propiedades mecánicas, para este caso, la resistencia al impacto.

La Figura 53 muestra los tipos de fallas presentes en las probetas durante los ensayos de resistencia al impacto, las cuales se ubicaron en el centro y con dirección a los extremos. Se debe señalar, que ningún tratamiento soportó cargas a más de 3,5 cm de altura. Nuevamente se apreciaron zonas donde la unión entre la matriz y las fibras era deficiente, evidenciando poca homogeneidad en la estructura interior del material compuesto. La principal razón de estas irregularidades recae en las variables no controladas durante el proceso de elaboración de los materiales compuestos, tales como velocidad de cierre de los platos en la prensa, presión de trabajo, tiempo de curado, enfriamiento y desmoldado.

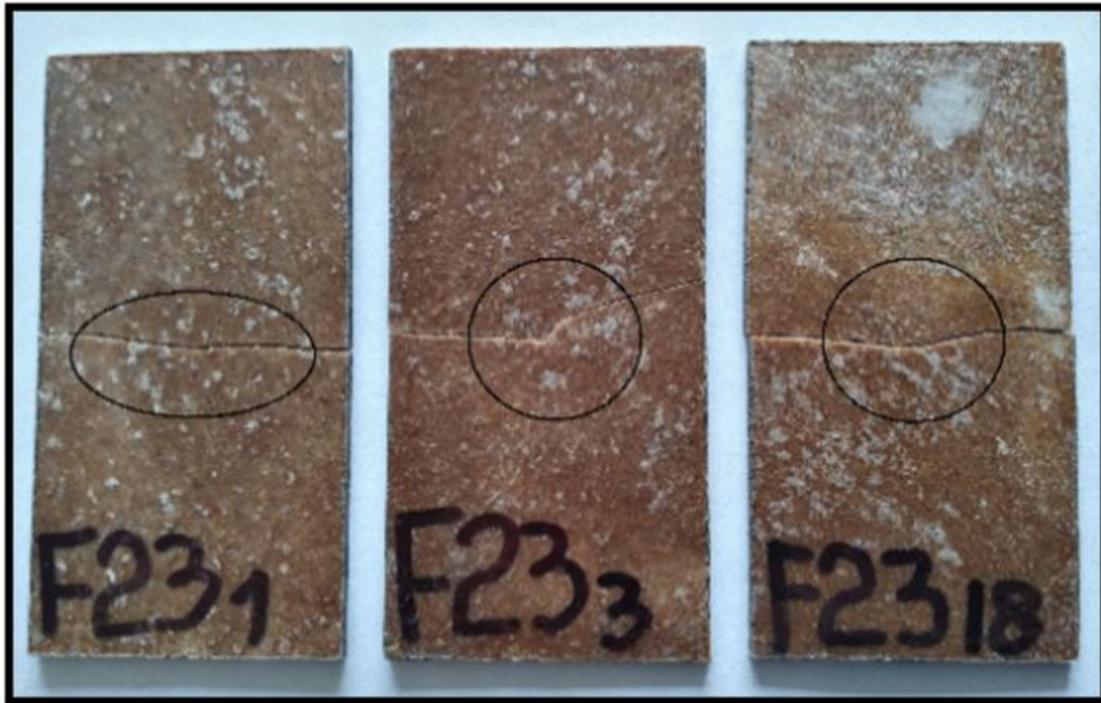


Figura 53: Tipos de fallas ocurridas durante los ensayos de resistencia al impacto (dentro de los círculos) en materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca, tratamiento T-4/60/20.

Tabla 11: Valores más destacados para las propiedades mecánicas en materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca.

	<i>Tensión</i>		<i>Flexión</i>		<i>Resistencia al impacto (J)</i>
	<i>MOR (MPa)</i>	<i>MOE (GPa)</i>	<i>MOR (MPa)</i>	<i>MOE (GPa)</i>	
Experimento	18,8 (T-6/40/10)	1,0 (T-4/40/30)	33,7 (T-4/60/10)	1,3 (T-4/40/10)	0,62 (T-4/40/20)
Testigo PP virgen	24,3	0,7	49,5	1,2	1,38
Testigo bolaina blanca ⁽¹⁾	39,3	1,3	61,2	4,4	1,24

(1) Procedente de un aserradero de Lima, de origen y edad no especificada.

V. CONCLUSIONES

- 1) Es posible elaborar materiales compuestos en base a polipropileno, partículas de bolaina blanca procedentes de raleo y agente acoplante por el método de compresión térmica.
- 2) La edad no representó una variable significativa para la mayoría de tratamientos, no obstante, la edad 4 años fue la de mejor comportamiento respecto a las demás edades.
- 3) La proporción de partículas en el material compuesto y las propiedades físicas en general presentaron una relación directa.
- 4) El tamaño de partícula en el material compuesto y la absorción presentaron una relación directa para la mayoría de tratamientos. El mismo comportamiento se observó para tensión.
- 5) La proporción de partículas en el material compuesto y el MOR en tensión y flexión estática describieron una relación inversa para la mayoría de tratamientos; mientras que la relación fue directa respecto al MOE en flexión estática.
- 6) El aumento en la resistencia al impacto con la proporción de partículas en el material compuesto presentó una relación directa para la edad 4 y 5 años e inversa para la edad 6 años.
- 7) Los parámetros no controlados durante el proceso de elaboración no permitieron obtener materiales compuestos libres de irregularidades que afecten sus propiedades físicas y mecánicas.

VI. RECOMENDACIONES

Habiendo realizado el estudio de caracterización físico-mecánica de los materiales compuestos polipropileno y bolaina blanca, se recomienda lo siguiente:

- Disminuir la variabilidad en los resultados controlando otros parámetros en el proceso de elaboración de materiales compuestos. Por ejemplo, utilizar extrusora de doble tornillo acoplado a equipo de moldeo por inyección.
- Estudiar la geometría de las partículas y diferentes pre-tratamientos físicos y químicos aplicados a las partículas de madera, con la finalidad de mejorar su comportamiento en la interfase plástico-madera.
- Ensayar material lignocelulósico proveniente de raleo y podas de formación (segundo y tercer año) de bolaina blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) en la elaboración de materiales compuestos, tomando en consideración los tamaños de partículas y proporciones de mezcla que mejores resultados dieron.
- Incluir otros aditivos (cargas, modificadores de impacto, absorbentes y estabilizadores anti UV, retardantes de flama) en las formulaciones de los materiales compuestos, de forma tal se obtenga un producto final de mayor consistencia, rigidez y tolerante a condiciones agresivas de intemperismo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, M; KIKATA, Y. 1994. Atlas de maderas del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú. Universidad de Nagoya – Japón. 202 p.

ARÓSTEGUI, A; SATO, A. 1970. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la madera de 16 especies forestales del Perú. Revista Forestal del Perú. Vol. 4. (1-2): 13 – 24.

ARÓSTEGUI, A. 1974. Estudio tecnológico de maderas del Perú. Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del país. Ministerio de Agricultura. Lima- Perú. 483 p.

ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 1998. Standard Test Method for Water Absorption of Plastic. ASTM D 570 – 98. ASTM International. West Conshohocken, US. Consultado 20 ene. 2017. Disponible en:

<http://file.yizimg.com/175706/2011090909475715.pdf>

ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 1999. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood Base Fiber and Particle Panels Materials ASTM D 1037 – 99. ASTM International. West Conshohocken, US. Consultado 20 ene. 2017. Disponible en:

<http://www.smartjd.org/pdf/187/11183596.pdf>

ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2003. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. ASTM D 790 – 03. ASTM International. West Conshohocken, US. Consultado 20 ene. 2017. Disponible en:

http://mahshahr.aut.ac.ir/lib/exe/fetch.php?media=labs:astm_d790.pdf

ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2003. Standard Test Method for Tensile Properties for Plastics. ASTM D 638 – 03. ASTM International. West Conshohocken, US. Consultado 22 ene. 2017. Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Nawras_Mostafa/post/Tensile_test_PLastic_polymer/attachment/59d628d679197b8077987464/AS:331566921338893@1456063122547/download/D+638+-+03+-+RDYZOA__.pdf

ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2004. Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimen by Means of a Striker Impacted by a Falling Weight (Gardner Impact). ASTM D 5420 – 04. ASTM International. West Conshohocken, US. Consultado 22 ene. 2017. Disponible en:

<http://file.yizimg.com/339091/2012112310374099.pdf>

BHAT, K. M; INDIRA, EP. 1997. Effects of faster growth on timber quality of teak. Kerala Forest Research Institute. Peechi, Thrissur. Research report N° 132. 60 p. Consultado el 17 de abr. 2018. Disponible en:

<http://www.docs.kfri.res.in/KFRI-RR/KFRI-RR132.pdf>

BILLMEYER, F. 1984. Textbook of Polymer Science. John Willey & Sons. 3er edition. Consultado el 17 de ago. 2017. Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=vL9QrpOKsQcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=polimeros&ots=ywQr8ctkvg&sig=oOFAwGI6nyu9ZGir6hV3qAT94_c#v=onepage&q=polimeros&f=false_

BOUAFIF, H; KOUBAA, A; PERRÉ, P; CLOUTIER, A. 2009. Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites. Composites. Part A. 40. 1975 – 1981.

BOWYER, J; FERNHOLZ, K; HOWE, J; BRATKOVICH, S. 2010. Wood-Plastic Composite Lumber vs. Wood Decking. A comparison of performance characteristics and environmental attributes. Dovetail Partners Inc, US. July 28, 2010. Consultado 20 feb. 2017. Disponible en:

http://www.dovetailinc.org/report_pdfs/2010/dovetailplasticdeck0710.pdf

CAICEDO, C; VÁSQUEZ, A; CRESPO, L; DE LA CRUZ, H; OSSA, O. 2015. Material compuesto de matriz Polipropileno y fibra de Cedro: influencia del compatibilizante PP-g-MA. Informador Técnico, CO. 79(2): 118-126. Consultado 22 may. 2018. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5289853.pdf>

CAI, Z. 2006. Selected properties of MDF and flakeboard overlaid with fiberglass mats. *Forest Products Journal*. 56(11/12). 142 – 146. Consultado 25 feb. 2017. Disponible en:

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2006/fpl_2006_cai005.pdf

CNF (Cámara Nacional Forestal, PE). 1999. *Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú*. Proyecto FANPE-INRENA/GTZ. 240 p.

CÁRDENAS, A. (2012). *Evaluación de la presencia como preservante antifúngico del borato de zinc y su efecto en las propiedades físicas y mecánicas de materiales compuestos de plástico y madera de pino*. Tesis de Maestría en Ciencia de Productos Forestales, Universidad de Guadalajara, MX. 145 p.

CASTRO, DO; RUVOLO-FILHO, A; FROLLINI, E. 2012. Materials prepared from biopolyethylene and curaua fibers: Composites from biomass. *Polymer Testing* 31. 880 – 888. Consultado 10 mar. 2017. Disponible en:

<https://core.ac.uk/download/pdf/82358532.pdf>

CAULFIELD, D; CLEMONS, C; JACOBSON, R; ROWELL, R. 2005. Wood thermoplastic composites. Chapter 13. *Handbook of wood chemistry and wood composite*. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida, US. 366 – 379. Consultado 04 feb. 2017. Disponible en:

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2005/fpl_2005_caulfield001.pdf

CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica, PE). 2016. *Programa Nacional Transversal de Ciencia y Tecnología de Materiales 2016 – 2021*. Programas Nacionales. Lima – Perú. Consultado 13 mayo. 2017. Disponible en:

http://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/libro_materiales_oct.pdf

CORREA, C; RAZZINO, C; HAGE, E. 2007. Role of Maleated Coupling Agents on the Interface Adhesion of Polypropylene – Wood Composites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. Vol. 20. 323 – 339. Consultado 27 abril. 2017. Disponible en:

<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0892705707078896>

CLEMONS, C. M. (2002). Wood Plastic Composites in the United States: the interfacing of two industries. *Forest Products Journal*. 52(6): 10 – 18. Consultado 27 feb. 2018. Disponible en:

<https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2002/clemo02b.pdf>

CRESPELL, P; VIDAL, M. 2008. Market and Technology Trends and Challenges for Wood Plastic Composites in North America. *Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology*. November 10 – 12, 2008. Concepción, CL. Consultado 10 mar. 2017. Disponible en:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.544.2684&rep=rep1&type=pdf>

DHAMODARAN, TK; CHACKO, KC. 1999. Growth and wood characteristics of *Acacia mangium* grown in Kerala. Kerala Forest Research Institute. Peechi, Thrissur, IN. Research report 174. 60 p. Consultado 24 abr. 2018. Disponible en:

<http://www.docs.kfri.res.in/KFRI-RR/KFRI-RR174.pdf>

DUROWAYE, S; LAWAL, G; OLAGBAJU, O. 2014. Microstructure and mechanical properties of sisal particles reinforced polypropylene composite. *International Journal of Composite Materials*. 4(4): 190 – 195. Consultado 19 mar. 2018. Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Stephen_Durowaye/publication/266613547_Micro-structure_and_Mechanical_Properties_of_Sisal_Particles_Reinforced_Polypropylene_Composite/links/543534560cf2dc341dafa657/Micro-structure-and-Mechanical-Properties-of-Sisal-Particles-Reinforced-Polypropylene-Composite.pdf

ESSABIR, H; EL ACHABY, M; HILALI, E; BOUHFID, R; QAISS, A. 2015. Morphological, structural, thermal and tensile properties of high-density polyethylene composites reinforced with treated argan nutshell particles. *Journal of Bionic Engineering*. 12(1): 129 – 141.

FABIYI, J. 2007. Chemistry of wood plastic composites weathering. PhD Thesis. University of Idaho, US. 227 p. Consultado 02 ene. 2018. Disponible en:

<https://search.proquest.com/docview/304852077>

FPL (Forest Products Laboratory, US). 2010. Wood Handbook – Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, US. 508 p. Consultado 20 mar. 2018. Disponible en:

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf

GARCÍA, L; GUINDEO, A; PERAZA, C; DE PALACIOS, P. 2003. La madera y su anatomía. Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar. Mundi-Prensa. AiTiM. Madrid, ES. 327 p.

GUERRA, W; SOUDRE, M; CHOTA, M. 2008. Tabla de volumen comercial de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Martius) de las plantaciones experimentales de Alexander von Humboldt, Ucayali, PE. Folia Amazónica 17(1-2): 47-58. Consultado 23 ene. 2017. Disponible en:

<http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foviaamazonica/article/view/266/335>

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Dos Recursos Naturais Renovaveis, BR). 1991. Normas de procedimento em estudos do anatomia do madeira: I. Angiospermae. 19 p.

IAWA (International Association of Wood Anatomist, NL). 1989. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin New series. 10:219-332.

IDRUS, M; HAMDAN, S; RAHMAN, M; ISLAM, M. 2011. Treated tropical wood sawdust-polypropylene polymer composite: mechanical and morphological study. Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology. 2 (4): 435 – 444. Consultado 23 mar. 2018. Disponible en:

https://file.scirp.org/pdf/JBNC20110400014_30909197.pdf

IGN (Instituto Geográfico Nacional, PE). 2011. Proyecto Especial Atlas del Perú. Consultado el 20 de abr. 2018. Disponible en:

<http://www.map-peru.com/es/mapas/ficha-departamento-de-huanuco-atlas-del-peru>

KLYOSOV, A. 2007. Wood-Plastic Composites. Published by John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, US. 726 pg.

KOKUTSE, AD; BAILLERES, H; STOKES, A; KOKON, K. 2004. Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (*Tectona grandis* L.f). *Forest Ecology and Management*. 189: 37 – 48. Consultado el 25 de abr. 2018. Disponible en:

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00711940/document>

LÁZARO, K. 2016. Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del material compuesto bambú plástico. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, PE. 174 p.

LISPERGUER, J; BUSTOS, X; SARAVIA, Y; ESCOBAR, C; VENEGAS, H. 2013. Efecto de las características de harina de madera en las propiedades físico mecánicas y térmicas de polipropileno reciclado. *Maderas. Ciencia y tecnología*. 15(3): 321 – 336. Consultado 20 mar. 2018. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/485/48528861006/6>

LIU, H; WU, Q; HAN, G; YAO, F; KOJIMA, Y; SUZUKI, S. 2008. Computerizing and toughening bamboo flour-filled HDPE composites: Mechanical properties and morphologies. *Composites. Part A*. 39. 1891 – 1990. Consultado 19 mar. 2018. Disponible en:

https://www.academia.edu/14400867/Compatibilizing_and_toughening_bamboo_flour-filled_HDPE_composites_Mechanical_properties_and_morphologies?auto=download

MADECOPLAST (2017). Pioneros en el Perú en madera plástica compuesta (WPC). Homepage (en línea). Lima, PE. Consultado 25 jul. 2018. Disponible en:

<http://madecoplast.com/es/>

MALPARTIDA, C. (2010). Determinación de la Composición Química de la especie Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Mart.) procedente del Sector Cadena – Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de la Selva, Tingo María, PE. 103 p.

MATTOS, B; MISSO, A; DE CADEMARTORI, P; DE LIMA, E; MAGALHAES, W; GATTO, D. 2014. Properties of polypropylene composites filled with a mixture of household waste of mate-tea and wood particles. *Construction and Building Materials*. 61: 60 – 68. Consultado 16 mar. 2018. Disponible en:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/984323/1/2014APIPropertiesPolypropilene.pdf>

MOYA, C; POBLETE, H; VALENZUELA, L. 2012. Propiedades físicas y químicas de compuestos de polietileno reciclado y harinas de corteza y madera de *Pinus radiata* fabricados mediante moldeo por inyección. *Maderas. Ciencia y Tecnología*. 14(1): 13 – 29. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v14n1/ART02.pdf>

OKUBO, K; FUJII, T; YAMAMOTO, Y. 2004. Development of bamboo-based polymer composites and their mechanical properties. *Composites: Part A: applied science and manufacturing*. 35: 377 – 383. Consultado 10 mar. 2018. Disponible en:

<http://users.telenet.be/jeffstubble/thesis/documenten/papers/Development%20of%20bamboo-based%20polymer%20composites.pdf>

OLIVARES, M; GALÁN, C; ROA, J. 2003. Los Composites: características y aplicaciones en la edificación. *Informes de la Construcción*. 54(484): 45 – 62. Consultado 19 abr. 2018. Disponible en:

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/568/643>

PANSHIN, A; DE ZEEUW, C. 1980. *Textbook of Wood Technology*. Mc Graw-Hill Book Company. 4th Ed. New York, US. 688 p.

PELÁEZ, P; GONZÁLEZ, M. 2011. *Los plásticos*. Universidad de Salamanca. ES. Consultado 29 abr. 2018. Disponible en:

<http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/materiales-ii/contenidos/PLASTICOS.pdf>

POBLETE, H; LANCOMILLA, E; INZUNZA, L. 2000. Densidad del tablero de partículas y estabilidad dimensional. Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile. *Revista Bosque* 21(2): 69 – 83. Consultado 29 jul. 2018. Disponible en:

<http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v21n2/art06.pdf>

PROCESSOS: INJEÇÃO X EXTRUSÃO DE POLÍMEROS. 2016. Consultado 17 ene. 2017. Disponible en:

<http://betaeq.com.br/index.php/2016/04/20/processos-injecao-x-extrusao-de-polimeros/>

RAVI KUMAR, N; RANGTA RAO, CH; RAGHAVA RAO, B; SRINIVAS K. 2014. Mechanical properties of vakka fiber reinforced polypropylene composites. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 3: 1162 – 1166. Consultado 17 ene. 2018. Disponible en:

<http://www.rroj.com/open-access/mechanical-properties-of-vakka-fiber-reinforcedpolypropylene-composites.pdf>

REYES, M; HINOJOSA, M. 2000. Estructura de sólidos amorfos. Revista Ingenierías. Volumen III, N° 9. Consultado 12 ene. 2017. Disponible en:

http://ingenierias.uanl.mx/9/pdf/9_Martin_Reyes_et_al_Estructura_de_solidos.pdf

REYNEL, C; PENNINGTON, T; PENNINGTON, R. 2016. Árboles del Perú. Herbario MOL-UNALM. Royal Botanic Gardens Kew, Londres. Royal Botanic Garden, Edinburgh. Lima, PE. 1047 p.

RODRÍGUEZ ANDA, R; ZAMORA J; SILVA GUZMAN, J; SALCEDO, E; FUENTES, F. 2014. Propiedades físico mecánicas de madera de teca de plantaciones comerciales. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. MX. Vol. 5. N° 24. 12p. Consultado 21 abr. 2018. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n24/v5n24a3.pdf>

RODRÍGUEZ PORCA, P. 2010. Polímeros sintéticos. Consultado 01 abr. 2018. Disponible en:

<http://www.xente.mundo-r.com/explora/quimica3/Polimeros.pdf>

SATYANARAYANA, K; ARIZAGA, G; WYPYCH, F. 2009. Biodegradable composites based on lignocellulosic fiber-An overview. Progress in Polymer Science 34. 982 – 1021. Consultado 12 ene. 2017. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670008001214?via%3Dihub>

SIMONSEN, J; RIALS, T. 1996. Morphology and Properties of Wood-Fiber Reinforced Blends of Recycled Polystyrene and Polyethylene. Journal of Thermoplastic Composites Materials. Vol. 9. 292 – 302.

- SOATTHIYANON, N. 2010. Natural Fiber-Reinforced Polyolefin-Matrix Composites. Master's Thesis. Materials Science & Engineering, Faculty of Science, The University of New South Wales, AT. Consultado 20 mar. 2017. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/108121187.pdf>
- STARK, N; BERGER, M. 1997. Effect of particle size on properties of wood-flour reinforced polypropylene composites. The Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Madison, Wisconsin, US. 134 – 143. Consultado 15 may. 2018. Disponible en:
<https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1997/stark97d.pdf>
- STARK, N; ROWLANDS, R. 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. Wood and Fiber Science. 35(2): 167 – 174. Consultado 15 may. 2018. Disponible en:
<https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2003/stark03a.pdf>
- SUÁREZ, E. 2016. Efecto del intemperismo acelerado en las propiedades físico – mecánicas de compuesto plástico bambú. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, PE. 139 p. Consultado 23 mar. 2018. Disponible en:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2645/K50-S8-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TELLO, M. 2006. Caracterización tecnológica de tableros de partículas de mediana densidad elaborados con residuos de madera de Marupá (*Simarouba amara*) proveniente de la plantación de Jenaro Herrera y bosque natural. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, PE. 78 p.
- TORRES, C. 2009. Evaluación de las propiedades físico mecánicas de la especie Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) proveniente de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt – Ucayali. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, PE. 68 p.
- TORRES, F. 1999. Polímeros: Procesos de Manufactura y Diseño. Parte 1: Termoplásticos. Revista de Química. Pontificia Universidad Católica del Perú. 134(1): 55 – 67. Consultado 19 abr. 2018. Disponible en:

<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/download/4702/4707>

TOVAL, G. 2010. Calidad de la madera de *Eucalyptus globulos* como materia prima para la industria pastero papelera. Universidad de Huelva. ES. Boletín Informativo del CIDEU. 8-9: 5 – 14. Consultado 29 jul. 2018. Disponible en:

<https://www.uhu.es/cideu/JORNADAS09/GToval.pdf>

URBINA, L. 2017. Propiedades mecánicas de madera de raleo procedente de plantaciones de cuatro años de *Guazuma crinita* Martius (Bolaina blanca) – Huánuco. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, PE. 84 p. Consultado 29 mar. 2018. Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2703/K50-U7-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VÉLEZ, V; MOSQUERA, B. 2012. Reciclaje de plásticos. Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. EC. Consultado 08 mar. 2017. Disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5136/1/T207.pdf>

VIGNOTE, S; MARTÍNEZ, I. 2006. Tecnología de la madera. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES. 678 p.

WALCOTT, M; ENGLUND, K. 1999. A technology Review of Wood-Plastic Composites. 33rd International Particleboard/Composite Materials Symposium. Pullman, Washington. US. 103 – 111.

WRAP (The Waste and Resources Action Programme, UK). 2003. Wood Plastic Composite Study – Technologies and UK Market opportunities. A Research Report. Banbury, Oxon, UK. 100 pg. Consultado 29 dic. 2017. Disponible en:

https://slideblast.com/wood-plastic-composites-study-technologies-and-uk-_594f271a1723dd8414eb7e37.html

YINGHUA CHEMICAL. Shanghai, CN. Consultado 20 abr. 2018. Disponible en:

http://yhhg.com/sp/product/PP_SZ21.HTML

http://www.yhhg.com/sp/product/PP_SZ11.HTML

YUAN, Q; WU, D; GOTAMA, J; BATEMAN, S. 2008. Wood Fiber Reinforced Polyethylene and Polypropylene Composites with High Modulus and Impact Strength. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. Vol. 21. 195 – 208. Consultado 13 ene. 2018. Disponible en:

<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0892705708089472>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 RENDIMIENTOS DE LOS PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE PARTÍCULAS DE BOLAINA BLANCA (*Guazuma crinita* C. MARTIUS) UTILIZADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO

<i>Proceso</i>	<i>Peso inicial (g)</i>	<i>Peso final (g)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>
<i>Secado de piezas al ambiente</i>	15999	11999	75
<i>Descortezado</i>	11999	11039	92
<i>Obtención de rodajas</i>	11039	10597	96
<i>Chipeado</i>	10597	9537	90
<i>Molienda</i>	9537	7725	81
<i>Tamizado</i>			
<i>mayores a 40 ASTM</i>		4350	56
<i>+40/-60 ASTM</i>		900	12
<i>+60/-80 ASTM</i>		600	8
<i>+80/-100 ASTM</i>		300	4
<i>menores a 100ASTM</i>		1575	20
<i>Secado de partículas en horno (solo 3 tamaños)</i>	1800	1548	86

*Estimación para la edad 4 años.

ANEXO 2
CANTIDAD TOTAL DE MATERIAL REQUERIDO EN EL PRESENTE ESTUDIO.

Materia prima		Peso (g)
Polipropileno virgen		20925
Fibras de bolaina blanca	+40/-60 ASTM	2322
	+60/-80 ASTM	1548
	+80/-100 ASTM	774
Agente acoplante		535

ANEXO 3
FOTOS DE LOS ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LOS MATERIALES
COMPUESTOS.



(A) Control de la absorción e (B) hinchamiento de los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca.



(A) Ensayo de tensión, (B) flexión estática y (C) resistencia al impacto de los materiales compuestos polipropileno/bolaina blanca.

ANEXO 4
FOTOS DE LA FIBRA DE BOLAINA BLANCA DE 4, 5 Y 6 AÑOS.



(A) Fibra de bolaina blanca de 6 años, (B) de 5 años y (C) de 4 años.

ANEXO 5
DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD.

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h		
F1 1	75,78	24,91	2,50	2,59	2,64	2,68	2,60	4,4890	4,4365	4,4254	4,4185	4,4125	4,3993	4,3937	4,3922	4,3906	4,3906	4,3892	4,3880	2,3017	0,8932
F1 2	75,72	24,99	2,53	2,51	2,58	2,64	2,57	4,4828	4,4363	4,4260	4,4186	4,4118	4,3946	4,3907	4,3896	4,3878	4,3878	4,3874	4,3866	2,1930	0,9038
F1 3	75,72	25,11	2,56	2,49	2,57	2,49	2,53	4,5081	4,4597	4,4513	4,4423	4,4372	4,4212	4,4170	4,4146	4,4139	4,4136	4,4136	4,4125	2,1666	0,9182
F1 4	75,72	24,91	2,61	2,56	2,60	2,71	2,62	4,3803	4,3274	4,3172	4,3097	4,3051	4,2898	4,2859	4,2842	4,2837	4,2833	4,2833	4,2815	2,3076	0,8664
F1 5	75,86	25,04	2,63	2,58	2,57	2,60	2,60	4,5407	4,4991	4,4901	4,4835	4,4777	4,4573	4,4518	4,4507	4,4504	4,4490	4,4485	4,4470	2,1070	0,9022
PROM.	75,76	24,99	2,58					4,48	4,43	4,42	4,41	4,41	4,39	4,39	4,39	4,39	4,38	4,38	4,38	2,22	0,90
D.E.																				0,08	0,02

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h		
F2 1	75,67	25,16	2,59	2,58	2,64	2,59	2,60	4,4826	4,4572	4,4499	4,4462	4,4424	4,4282	4,4255	4,4220	4,4218	4,4216	4,4203	4,4203	1,4094	0,8930
F2 2	75,80	24,97	2,64	2,68	2,70	2,76	2,70	4,5385	4,5110	4,5038	4,5008	4,4964	4,4830	4,4789	4,4773	4,4764	4,4764	4,4764	4,4745	1,4303	0,8772
F2 3	75,80	24,99	2,70	2,62	2,69	2,63	2,66	4,5033	4,4759	4,4701	4,4650	4,4614	4,4472	4,4437	4,4420	4,4414	4,4403	4,4403	4,4403	1,4188	0,8812
F2 4	75,73	25,10	2,71	2,63	2,66	2,79	2,70	4,3553	4,3195	4,3138	4,3078	4,3044	4,2936	4,2903	4,2887	4,2878	4,2873	4,2873	4,2869	1,5956	0,8361
F2 5	75,78	24,96	2,80	2,69	2,72	2,74	2,74	4,4487	4,4103	4,4023	4,3958	4,3923	4,3799	4,3766	4,3754	4,3746	4,3737	4,3727	4,3726	1,7404	0,8445
PROM.	75,76	25,04	2,68					4,47	4,43	4,43	4,42	4,42	4,41	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	1,52	0,87
D.E.																				0,13	0,02

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₃ 1	77,04	26,25	2,67	2,56	2,66	2,55	2,61	4,3974	4,3737	4,3689	4,3646	4,3634	4,3577	4,3564	4,3545	4,3541	4,3539	4,3535	4,3529	1,0223	0,8247	
F ₃ 2	75,76	25,31	2,69	2,61	2,53	2,58	2,60	4,2416	4,2206	4,2170	4,2135	4,2113	4,2057	4,2046	4,2043	4,2027	4,2027	4,2023	4,2023	0,9352	0,8421	
F ₃ 3	75,86	24,73	2,75	2,79	2,53	3,27	2,84	3,8497	3,8261	3,8235	3,8212	3,8212	3,8177	3,8165	3,8158	3,8157	3,8152	3,8140	3,8138	0,9413	0,7171	
F ₃ 4	75,71	24,88	2,91	2,68	2,84	2,95	2,85	3,9013	3,8712	3,8689	3,8653	3,8653	3,8620	3,8614	3,8598	3,8595	3,8595	3,8595	3,8595	1,0830	0,7202	
F ₃ 5	75,76	24,88	3,07	2,94	3,22	2,83	3,02	3,8979	3,8677	3,8641	3,8614	3,8614	3,8596	3,8587	3,8577	3,8566	3,8566	3,8566	3,8566	1,0709	0,6786	
PROM.	76,03	25,21	2,78					4,06	4,03	4,03	4,03	4,03	4,02	1,01	0,76							
D.E.																				0,06	0,06	

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₄ 1	75,71	24,99	2,61	2,58	2,59	2,59	2,59	4,5980	4,5450	4,5332	4,5267	4,5232	4,5076	4,5037	4,5011	4,5003	4,4996	4,4996	4,4996	2,1869	0,9174	
F ₄ 2	75,96	25,06	2,61	2,53	2,59	2,62	2,59	4,5864	4,5297	4,5175	4,5114	4,5089	4,4941	4,4901	4,4874	4,4867	4,4862	4,4860	4,4857	2,2449	0,9107	
F ₄ 3	75,72	25,17	2,54	2,61	2,60	2,57	2,58	4,4988	4,4517	4,4422	4,4358	4,4314	4,4150	4,4116	4,4099	4,4093	4,4087	4,4064	4,4064	2,0969	0,8961	
F ₄ 4	75,89	24,99	2,53	2,55	2,66	2,62	2,59	4,5420	4,1901	4,4782	4,4719	4,4686	4,4523	4,4499	4,4475	4,4458	4,4456	4,4456	4,4430	2,2282	0,9045	
F ₄ 5	75,88	25,22	2,54	2,66	2,56	2,57	2,58	4,6376	4,5915	4,5813	4,5742	4,5689	4,5516	4,5484	4,5462	4,5443	4,5442	4,5440	4,5428	2,0868	0,9192	
PROM.	75,83	25,09	2,59					4,57	4,46	4,51	4,50	4,50	4,48	2,17	0,91							
D.E.																				0,07	0,01	

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₅ 1	75,78	24,96	2,70	2,66	2,70	2,77	2,71	4,4319	4,3888	4,3821	4,3779	4,3749	4,3675	4,3666	4,3646	4,3634	4,3634	4,3634	4,3628	1,5838	0,8519	
F ₅ 2	75,80	24,95	2,63	2,73	2,70	2,68	2,69	4,5399	4,5106	4,5040	4,4992	4,4946	4,4802	4,4772	4,4738	4,4733	4,4733	4,4733	4,4722	1,5138	0,8807	
F ₅ 3	75,63	24,95	2,70	2,68	2,74	2,68	2,70	4,4393	4,4044	4,3976	4,3924	4,3893	4,3767	4,3743	4,3718	4,3711	4,3711	4,3711	4,3696	1,5951	0,8577	
F ₅ 4	75,82	24,95	2,61	2,70	2,62	2,70	2,66	4,5493	4,5189	4,5126	4,5076	4,5039	4,4892	4,4851	4,4848	4,4837	4,4837	4,4830	4,4815	1,5129	0,8914	
F ₅ 5	75,87	24,99	2,61	2,64	2,72	2,66	2,66	4,4652	4,4369	4,4306	4,4260	4,4213	4,4078	4,4040	4,4028	4,4014	4,4014	4,4004	4,3999	1,4841	0,8732	
PROM.	75,78	24,96	2,68					4,49	4,45	4,45	4,44	4,44	4,42	1,54	0,87							
D.E.																				0,04	0,01	

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₆ 1	75,80	24,77	2,80	2,72	2,66	2,91	2,77	4,3379	4,3202	4,3169	4,3144	4,3130	4,3073	4,3055	4,3033	4,3031	4,3031	4,3025	4,3025	0,8228	0,8265	
F ₆ 2	75,61	24,93	2,68	2,84	2,95	2,81	2,82	4,3888	4,3636	4,3608	4,3577	4,3568	4,3517	4,3510	4,3491	4,3485	4,3483	4,3483	4,3473	0,9546	0,8178	
F ₆ 3	75,81	24,87	2,69	2,73	2,46	2,81	2,67	4,2213	4,2010	4,1977	4,1955	4,1943	4,1885	4,1873	4,1858	4,1852	4,1852	4,1843	4,1840	0,8915	0,8304	
F ₆ 4	75,54	24,85	2,84	2,82	2,84	2,78	2,82	4,0612	4,0323	4,0294	4,0272	4,0257	4,0217	4,0204	4,0199	4,0188	4,0188	4,0188	4,0175	1,0877	0,7589	
F ₆ 5	75,67	24,87	2,77	2,71	2,64	2,74	2,72	4,2787	4,2621	4,2579	4,2557	4,2538	4,2476	4,2465	4,2454	4,2447	4,2447	4,2446	4,2446	0,8034	0,8307	
PROM.	75,69	24,86	2,76					4,26	4,24	4,23	4,23	4,23	4,22	0,91	0,81							
D.E.																				0,10	0,03	

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h		
F ₇ 1	76,83	26,21	2,56	2,64	2,53	2,55	2,57	4,6371	4,5893	4,5812	4,5724	4,5691	4,5515	4,5496	4,5482	4,5464	4,5464	4,5464	4,5464	1,9950	0,8785
F ₇ 2	75,79	25,02	2,54	2,53	2,66	2,58	2,58	4,5091	4,4642	4,4543	4,4479	4,4416	4,4188	4,4157	4,4132	4,4124	4,4124	4,4123	4,4111	2,2217	0,9025
F ₇ 3	75,89	25,00	2,50	2,48	2,60	2,60	2,55	4,5543	4,5078	4,4981	4,4905	4,4845	4,4617	4,4573	4,5450	4,4547	4,4547	4,4547	4,4545	2,2404	0,9225
F ₇ 4	75,86	24,93	2,48	2,62	2,56	2,61	2,57	4,5512	4,5051	4,4958	4,4878	4,4809	4,4595	4,4551	4,4538	4,4534	4,4523	4,4523	4,4512	2,2466	0,9167
F ₇ 5	75,82	25,18	2,52	2,55	2,64	2,61	2,58	4,6654	4,6206	4,6116	4,6046	4,5991	4,5766	4,5710	4,5687	4,5681	4,5669	4,5660	4,5660	2,1770	0,9270
PROM.	76,04	25,27	2,57					4,58	4,54	4,53	4,52	4,52	4,49	4,49	4,51	4,49	4,49	4,49	4,49	2,18	0,91
D.E.																				0,09	0,02

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h		
F ₈ 1	76,76	26,07	2,69	2,71	2,46	2,71	2,64	4,5982	4,5575	4,5501	4,5453	4,5410	4,5286	4,5248	4,5230	4,5225	4,5218	4,5210	4,5207	1,7143	0,8549
F ₈ 2	75,82	24,94	2,70	2,60	2,65	2,68	2,66	4,4632	4,4335	4,4278	4,4223	4,4209	4,4060	4,4033	4,4024	4,4012	4,4012	4,4006	4,4003	1,4294	0,8756
F ₈ 3	75,83	24,92	2,58	2,59	2,66	2,54	2,59	4,4242	4,3891	4,3823	4,3788	4,3739	4,3612	4,3582	4,3572	4,3568	4,3558	4,3555	4,3555	1,5773	0,8891
F ₈ 4	75,80	25,08	2,64	2,65	2,61	2,62	2,63	4,4423	4,4052	4,3995	4,3925	4,3899	4,3754	4,3731	4,3718	4,3708	4,3700	4,3691	4,3691	1,6754	0,8739
F ₈ 5	75,81	24,99	2,61	2,59	2,66	2,54	2,60	4,3997	4,3682	4,3649	4,3582	4,3582	4,3430	4,3402	4,3377	4,3369	4,3369	4,3361	4,3358	1,4738	0,8802
PROM.	76,00	25,20	2,62					4,47	4,43	4,42	4,42	4,42	4,40	1,57	0,87						
D.E.																				0,11	0,01

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₉ 1	76,87	26,04	2,59	2,68	2,65	2,69	2,65	4,5528	4,5200	4,515	4,5096	4,5077	4,4963	4,4956	4,4930	4,4926	4,4926	4,4924	4,4921	1,3513	0,8461	
F ₉ 2	75,26	24,98	2,54	2,62	2,62	2,59	2,59	4,1714	4,1357	4,1292	4,1229	4,1213	4,1122	4,1109	4,1098	4,1081	4,1081	4,1073	4,1070	1,5681	0,8427	
F ₉ 3	75,65	25,02	2,58	2,69	2,61	2,7	2,65	4,4315	4,4046	4,3992	4,3962	4,3943	4,3836	4,3818	4,3792	4,3787	4,3782	4,3772	4,3772	1,2405	0,8743	
F ₉ 4	76,68	25,94	2,74	2,73	2,79	2,82	2,77	4,4060	4,2809	4,2677	4,2581	4,2528	4,2411	4,2402	4,2381	4,2368	4,2363	4,2352	4,2348	4,0427	0,7686	
F ₉ 5	75,59	24,86	2,68	2,71	2,75	2,60	2,69	4,1420	4,1021	4,0944	4,0910	4,0890	4,0824	4,0816	4,0791	4,0774	4,0760	4,0749	4,0747	1,6517	0,8076	
PROM.	76,01	25,37	2,67					4,34	4,29	4,28	4,28	4,27	4,26	1,97	0,83							
D.E.																					1,05	0,04

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₁₀ 1	75,88	24,99	2,56	2,58	2,53	2,73	2,60	4,6350	4,5823	4,5703	4,5623	4,5578	4,5346	4,5292	4,5291	4,5271	4,5271	4,5254	4,5250	2,4309	0,9178	
F ₁₀ 2	75,81	25,01	2,60	2,64	2,60	2,62	2,62	4,6838	4,6302	4,6200	4,6134	4,6073	4,5834	4,5772	4,5767	4,5758	4,5755	4,5724	4,5724	2,4364	0,9222	
F ₁₀ 3	75,92	24,95	2,56	2,58	2,54	2,60	2,57	4,6291	4,5380	4,5270	4,5163	4,5121	4,4917	4,4883	4,4875	4,4868	4,4846	4,4831	4,4819	3,2843	0,9207	
F ₁₀ 4	75,87	25,01	2,53	2,73	2,59	2,73	2,65	4,6016	4,5306	4,5210	4,5136	4,5098	4,4908	4,8872	4,4872	4,4863	4,4855	4,4829	4,4829	2,6478	0,8932	
F ₁₀ 5	75,84	25,01	2,60	2,54	2,51	2,68	2,58	4,5072	4,4305	4,4195	4,4121	4,4076	4,3900	4,3853	4,3853	4,3843	4,3834	4,3821	4,3811	2,8783	0,8944	
PROM.	75,86	24,99	2,60					4,61	4,54	4,53	4,52	4,52	4,50	4,57	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	2,74	0,91
D.E.																					0,32	0,01

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₁₁ 1	75,94	25,00	2,63	2,61	2,73	2,56	2,63	4,5058	4,4658	4,4595	4,4530	4,4501	4,4347	4,4320	4,4309	4,4297	4,4291	4,4273	4,4273	1,7731	0,8858	
F ₁₁ 2	75,84	24,97	2,75	2,61	2,74	2,60	2,68	4,6088	4,5697	4,5635	4,5570	4,5560	4,5403	4,5365	4,5353	4,5342	4,5337	4,5315	4,5312	1,7126	0,8945	
F ₁₁ 3	75,90	24,95	2,55	2,58	2,66	2,54	2,58	4,4425	4,4079	4,4030	4,3969	4,3942	4,3783	4,3753	4,3748	4,3729	4,3725	4,3702	4,3700	1,6590	0,8936	
F ₁₁ 4	75,63	25,09	2,86	2,82	2,66	3,01	2,84	4,6646	4,5734	4,5638	4,5568	4,5528	4,5412	4,5389	4,5386	4,5374	4,5361	4,5340	4,5340	2,8805	0,8421	
F ₁₁ 5	75,86	25,12	2,72	2,65	2,75	2,69	2,70	4,7994	4,7647	4,7585	4,7540	4,7502	4,7332	4,7297	4,7277	4,7273	4,7264	4,7243	4,7236	1,6047	0,9172	
PROM.	75,83	25,03	2,69					4,60	4,56	4,55	4,54	4,54	4,53	4,52	1,93	0,89						
D.E.																					0,48	0,02

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₁₂ 1	75,70	24,98	2,64	2,62	2,34	2,85	2,61	4,3007	4,2685	4,2630	4,2599	4,2579	4,2490	4,2462	4,2455	4,2451	4,2437	4,2416	4,2416	1,3933	0,8586	
F ₁₂ 2	75,74	24,88	2,68	2,81	2,68	2,86	2,76	4,3089	4,2614	4,2551	4,2492	4,2472	4,2369	4,2367	4,2346	4,2335	4,2325	4,2325	4,2306	1,8508	0,8142	
F ₁₂ 3	75,79	24,85	2,79	2,72	2,44	2,91	2,72	4,3330	4,2843	4,2787	4,2750	4,2719	4,2621	4,6080	4,2594	4,2586	4,2575	4,2564	4,2558	1,8140	0,8323	
F ₁₂ 4	75,73	24,96	2,61	2,52	2,46	2,82	2,60	4,2113	4,1617	4,1540	4,1477	4,1451	4,1324	4,1309	4,1296	4,1279	4,1277	4,1264	4,1261	2,0649	0,8388	
F ₁₂ 5	75,66	25,13	2,45	2,43	2,48	2,58	2,49	4,2371	4,2134	4,2099	4,2067	4,2050	4,1948	4,1930	4,1916	4,1885	4,1885	4,1884	4,1884	1,1627	0,8865	
PROM.	75,72	24,96	2,63					4,28	4,24	4,23	4,23	4,23	4,22	4,28	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21	1,66	0,85
D.E.																					0,33	0,02

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h
F ₁₃ 1	75,83	24,98	2,49	2,52	2,42	2,57	2,50	4,4768	4,4318	4,4253	4,4177	4,4130	4,3933	4,3884	4,3880	4,3850	4,3850	4,3835	4,3835	2,1284	0,9257
F ₁₃ 2	75,96	25,02	2,64	2,58	2,58	2,63	2,61	4,5648	4,5051	4,4967	4,4914	4,4867	4,4681	4,4652	4,4640	4,4615	4,4615	4,4602	4,4602	2,3452	0,9000
F ₁₃ 3	75,97	25,03	2,50	2,53	2,60	2,64	2,57	4,4022	4,3242	4,3151	4,3089	4,3059	4,2915	4,2877	4,2874	4,2835	4,2828	4,2806	4,2798	2,8599	0,8766
F ₁₃ 4	75,81	25,12	2,62	2,65	2,57	2,56	2,60	4,5305	4,4767	4,4686	4,4621	4,4575	4,4388	4,4352	4,4346	4,4323	4,4323	4,4308	4,4297	2,2755	0,8947
F ₁₃ 5	75,86	24,97	2,52	2,52	2,54	2,44	2,51	4,4438	4,3816	4,3741	4,3673	4,3643	4,3452	4,3438	4,3412	4,3392	4,3383	4,3383	4,3355	2,4980	0,9137
PROM.	75,89	25,02	2,56					4,48	4,42	4,42	4,41	4,41	4,39	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	2,42	0,90
D.E.																				0,25	0,02

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h
F ₁₄ 1	75,92	24,90	2,40	2,39	2,51	2,33	2,41	4,2500	4,2254	4,2215	4,2173	4,2157	4,2052	4,2027	4,2008	4,2001	4,1997	4,1984	4,1972	1,2580	0,9222
F ₁₄ 2	75,77	25,01	2,65	2,60	2,58	2,63	2,62	4,4566	4,4163	4,4107	4,4043	4,4020	4,3879	4,3858	4,3830	4,3810	4,3800	4,3787	4,3773	1,8116	0,8833
F ₁₄ 3	75,95	24,96	2,51	2,60	2,63	2,49	2,56	4,4274	4,4007	4,3974	4,3930	4,3912	4,3800	4,3780	4,3770	4,3756	4,3755	4,3742	4,3736	1,2301	0,9021
F ₁₄ 4	75,93	24,98	2,61	2,51	2,65	2,66	2,61	4,3251	4,2940	4,2888	4,2847	4,2824	4,2716	4,2692	4,2669	4,2659	4,2652	4,2633	4,2632	1,4520	0,8620
F ₁₄ 5	75,90	24,95	2,48	2,61	2,58	2,63	2,58	4,4945	4,4695	4,4657	4,4623	4,4608	4,4498	4,4475	4,4462	4,4454	4,4453	4,4430	4,4430	1,1591	0,9111
PROM.	75,89	24,96	2,55					4,39	4,36	4,36	4,35	4,35	4,34	4,34	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	1,38	0,90
D.E.																				0,26	0,02

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₁₅ 1	75,74	24,94	2,76	2,73	2,80	2,71	2,75	4,3205	4,2859	4,2814	4,2768	4,2747	4,2651	4,2639	4,2612	4,2598	4,2592	4,2576	4,2570	1,4917	0,8195	
F ₁₅ 2	75,33	25,14	2,53	2,58	2,65	2,65	2,60	4,6189	4,5703	4,5637	4,5577	4,5530	4,5421	4,5402	4,5371	4,5355	4,5355	4,5337	4,5337	1,8793	0,9199	
F ₁₅ 3	75,69	24,91	2,48	2,46	2,47	2,68	2,52	4,0052	3,9728	3,9672	3,9637	3,9610	3,9539	3,9533	3,9498	3,9478	3,9478	3,9476	3,9455	1,5131	0,8296	
F ₁₅ 4	75,78	25,05	2,58	2,59	2,64	2,68	2,62	4,0465	3,9824	3,9732	3,9665	3,9645	3,9576	3,9564	3,9540	3,9514	3,9514	3,9493	3,9481	2,4923	0,7931	
F ₁₅ 5	75,74	24,91	2,73	2,77	2,75	2,68	2,73	4,2311	4,1889	4,1842	4,1803	4,1796	4,1737	4,1726	4,1706	4,1692	4,1692	4,1668	4,1668	1,5432	0,8082	
PROM.	75,66	24,99	2,65					4,24	4,20	4,19	4,19	4,19	4,18	4,18	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	1,78	0,83
D.E.																					0,38	0,04

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₁₆ 1	75,99	25,05	2,46	2,51	2,49	2,60	2,52	4,4096	4,3563	4,3488	4,3420	4,3383	4,3240	4,3202	4,3188	4,3168	4,3156	4,3137	4,3117	2,2706	0,9006	
F ₁₆ 2	75,89	25,00	2,45	2,51	2,54	2,51	2,50	4,5293	4,4937	4,4884	4,4849	4,4809	4,4686	4,4659	4,4638	4,4614	4,4611	4,4600	4,4581	1,5971	0,9390	
F ₁₆ 3	75,73	25,23	2,54	2,57	2,51	2,48	2,53	4,6127	4,5714	4,5635	4,5585	4,5544	4,5377	4,5343	4,5326	4,5299	4,5299	4,5280	4,5266	1,9021	0,9383	
F ₁₆ 4	75,83	25,11	2,52	2,60	2,51	2,64	2,57	4,6527	4,5984	4,5927	4,5872	4,5847	4,5707	4,5672	4,5667	4,5635	4,5635	4,5629	4,5604	2,0239	0,9328	
F ₁₆ 5	76,83	26,29	2,60	2,60	2,46	2,56	2,56	4,8839	4,8312	4,8240	4,8178	4,8159	4,7973	4,7940	4,7915	4,7883	4,7883	4,7883	4,7848	2,0711	0,9272	
PROM.	76,05	25,34	2,53					4,62	4,57	4,56	4,56	4,55	4,54	4,54	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	1,97	0,93
D.E.																					0,22	0,01

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₁₇ 1	75,81	24,89	2,44	2,62	2,63	2,62	2,58	4,3672	4,3418	4,3387	4,3361	4,3343	4,3228	4,3210	4,3192	4,3175	4,3175	4,3164	4,3159	1,1886	0,8874	
F ₁₇ 2	75,83	24,91	2,39	2,39	2,59	2,48	2,46	4,2461	4,2212	4,2189	4,2166	4,2136	4,2044	4,2028	4,2001	4,1991	4,1991	4,1985	4,1974	1,1602	0,9024	
F ₁₇ 3	75,82	25,05	2,59	2,60	2,61	2,61	2,60	4,5296	4,4922	4,4886	4,4837	4,4808	4,4688	4,4685	4,4644	4,4638	4,4638	4,4615	4,4614	1,5287	0,9026	
F ₁₇ 4	75,73	24,92	2,54	2,56	2,52	2,61	2,56	4,3474	4,3156	4,3107	4,3107	4,3059	4,2944	4,2930	4,2907	4,2899	4,2899	4,2894	4,2876	1,3947	0,8883	
F ₁₇ 5	75,74	25,09	2,56	2,60	2,52	2,60	2,57	4,5188	4,4897	4,4858	4,4858	4,4794	4,4684	4,4668	4,4631	4,4626	4,4626	4,4619	4,4596	1,3275	0,9131	
PROM.	75,79	24,97	2,55					4,40	4,37	4,37	4,37	4,37	4,36	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	4,34	1,32	0,90
D.E.																					0,14	0,01

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₁₈ 1	75,88	24,97	2,49	2,52	2,68	2,41	2,53	4,1661	4,1272	4,1230	4,1192	4,1169	4,1094	4,1087	4,1053	4,1047	4,1047	4,1045	4,1030	1,5379	0,8576	
F ₁₈ 2	75,70	24,88	2,62	2,69	2,59	2,64	2,64	4,2566	4,1870	4,1782	4,1700	4,1656	4,1528	4,1524	4,1490	4,1466	4,1466	4,1456	4,1442	2,7122	0,8351	
F ₁₈ 3	75,49	25,07	2,69	2,67	2,58	2,63	2,64	4,4033	4,3494	4,3427	4,3370	4,3330	4,3230	4,3222	4,3190	4,3176	4,3176	4,3157	4,3146	2,0558	0,8627	
F ₁₈ 4	75,76	24,80	2,52	2,45	2,69	2,40	2,52	4,2081	4,1710	4,1633	4,1570	4,1548	4,1440	4,1404	4,1370	4,1358	4,1350	4,1343	4,1324	1,8319	0,8745	
F ₁₈ 5	75,61	24,96	2,73	2,69	2,66	2,64	2,68	4,4208	4,3608	4,3532	4,3477	4,3427	4,3290	4,3279	4,3245	4,3222	4,3216	4,3200	4,3184	2,3712	0,8538	
PROM.	75,69	24,94	2,60					4,29	4,24	4,23	4,23	4,22	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21	4,20	4,20	2,10	0,86	
D.E.																					0,41	0,01

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₁₉ 1	75,50	25,06	2,57	2,44	2,58	2,51	2,53	4,3353	4,2818	4,2714	4,2627	4,2578	4,2474	4,2457	4,2443	4,2440	4,2435	4,2420	4,2420	2,1994	0,8879	
F ₁₉ 2	75,9	24,99	2,55	2,56	2,54	2,44	2,52	4,4100	4,3592	4,3478	4,3385	4,3339	4,3194	4,3165	4,3152	4,3147	4,3147	4,3125	4,3125	2,2609	0,9015	
F ₁₉ 3	75,8	25,02	2,50	2,53	2,50	2,51	2,51	4,4166	4,3744	4,3660	4,3573	4,3533	4,3397	4,3380	4,3357	4,3352	4,3352	4,3343	4,3343	1,8988	0,9102	
F ₁₉ 4	75,8	24,93	2,38	2,51	2,47	2,42	2,45	4,2971	4,2527	4,2438	4,2353	4,2314	4,2174	4,2155	4,2141	4,2139	4,2139	4,2124	4,2123	2,0132	0,9122	
F ₁₉ 5	75,8	24,92	2,54	2,57	2,52	2,52	2,54	4,4486	4,4086	4,4005	4,3936	4,3883	4,3740	4,3715	4,3700	4,3695	4,3695	4,3685	4,3682	1,8406	0,9112	
PROM.	75,76	24,98	2,51					4,38	4,34	4,33	4,32	4,31	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,29	4,29	2,04	0,90
D.E.																					0,16	0,01

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₂₀ 1	76	24,86	2,62	2,56	2,48	2,71	2,59	4,4011	4,3676	4,3595	4,3541	4,3500	4,3388	4,3365	4,3360	4,3356	4,3356	4,3352	4,3336	1,5576	0,8853	
F ₂₀ 2	75,81	24,87	2,66	2,68	2,53	2,83	2,68	4,4667	4,4310	4,4252	4,4188	4,4157	4,4053	4,4034	4,4020	4,4013	4,4013	4,4004	4,4000	1,5159	0,8724	
F ₂₀ 3	75,77	25,01	2,66	2,62	2,50	2,72	2,63	4,4437	4,4116	4,4053	4,4021	4,3964	4,3869	4,3846	4,3826	4,3820	4,3820	4,3820	4,3813	1,4242	0,8808	
F ₂₀ 4	76,8	25,91	2,74	2,74	2,68	2,62	2,70	4,7024	4,6627	4,6546	4,6493	4,6454	4,6345	4,6325	4,6300	4,6296	4,6288	4,6279	4,6279	1,6098	0,8634	
F ₂₀ 5	75,7	25,09	2,68	2,60	2,55	2,71	2,64	4,4926	4,4406	4,4324	4,4268	4,4230	4,4135	4,4123	4,4101	4,4095	4,4095	4,4090	4,4083	1,9123	0,8805	
PROM.	76,00	25,15	3,57					4,50	4,46	4,46	4,45	4,45	4,44	4,43	1,60	0,88						
D.E.																					0,17	0,01

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₂₁ 1	76,6	25,87	2,85	2,93	2,72	2,84	2,84	4,6241	4,5862	4,5826	4,5781	4,5757	4,5693	4,5680	4,5670	4,5663	4,5660	4,5659	4,5653	1,2880	0,8125	
F ₂₁ 2	75,61	24,89	2,72	2,72	2,68	2,78	2,73	4,3082	4,2728	4,2667	4,2627	4,2608	4,2548	4,2535	4,2526	4,2517	4,2517	4,2509	4,2509	1,3479	0,8289	
F ₂₁ 3	75,70	24,77	2,86	2,83	2,74	2,77	2,80	4,3595	4,3285	4,3525	4,3181	4,3157	4,3080	4,3080	4,3054	4,3053	4,3050	4,3050	4,3043	1,2824	0,8198	
F ₂₁ 4	75,7	24,87	2,78	2,70	2,78	2,64	2,73	4,1685	4,1307	4,1239	4,1188	4,1176	4,1123	4,1117	4,1117	4,1095	4,1095	4,1095	4,1087	1,4554	0,8010	
F ₂₁ 5	75,5	24,75	2,67	2,77	2,77	2,70	2,73	4,2098	4,1644	4,1600	4,1547	4,1524	4,1473	4,1471	4,1471	4,1454	4,1448	4,1448	4,1448	1,5682	0,8135	
PROM.	75,8	25,03	2,76					4,33	4,30	4,30	4,29	4,28	4,27	1,39	0,82							
D.E.																				0,11	0,01	

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₂₂ 1	75,8	24,99	2,52	2,54	2,72	2,54	2,58	4,4912	4,4447	4,4383	4,4303	4,4248	4,4098	4,4071	4,4059	4,4047	4,4047	4,4042	4,4029	2,0055	0,9007	
F ₂₂ 2	76,80	26,03	2,62	2,65	2,61	2,67	2,64	4,7749	4,7208	4,7107	4,7036	4,6970	4,6817	4,6778	4,6768	4,6762	4,6762	4,6755	4,6744	2,1500	0,8865	
F ₂₂ 3	75,69	25,07	2,57	2,59	2,62	2,67	2,61	4,5471	4,5030	4,4955	4,4878	4,4816	4,4656	4,4634	4,4612	4,4605	4,4605	4,4601	4,4601	1,9506	0,8997	
F ₂₂ 4	75,9	24,95	2,42	2,53	2,60	2,68	2,56	4,4264	4,3700	4,3613	4,3545	4,3484	4,3337	4,3326	4,3310	4,3300	4,3300	4,3295	4,3289	2,2523	0,8944	
F ₂₂ 5	75,9	24,88	2,54	2,51	2,52	2,63	2,55	4,4817	4,4319	4,4250	4,4179	4,4129	4,3967	4,3944	4,3930	4,3923	4,3923	4,3904	4,3903	2,0819	0,9118	
PROM.	76	25,184	2,59					4,54	4,49	4,49	4,48	4,47	4,46	4,46	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	2,09	0,90
D.E.																				0,11	0,01	

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₂₃ 1	75,80	24,80	2,63	2,54	2,62	2,53	2,58	4,1890	4,1403	4,1330	4,1270	4,1237	4,1145	4,1129	4,1119	4,1109	4,1104	4,1098	4,1092	1,9420	0,8473	
F ₂₃ 2	76,74	26,04	2,68	2,59	2,63	2,63	2,63	4,6043	4,5610	4,5534	4,5465	4,5435	4,5314	4,5288	4,5277	4,5265	4,5265	4,5255	4,5253	1,7457	0,8602	
F ₂₃ 3	75,75	24,94	2,54	2,55	2,56	2,61	2,57	4,4044	4,3754	4,3642	4,3642	4,3598	4,3481	4,3464	4,3442	4,3431	4,3431	4,3429	4,3423	1,4301	0,8961	
F ₂₃ 4	75,7	24,90	2,68	2,68	2,74	2,63	2,68	4,2803	4,2382	4,2255	4,2255	4,2224	4,2128	4,2115	4,2109	4,2106	4,2103	4,2099	4,2086	1,7037	0,8326	
F ₂₃ 5	75,7	24,92	2,68	2,56	2,66	2,61	2,63	4,4513	4,4180	4,4063	4,4063	4,4033	4,3920	4,3906	4,3894	4,3880	4,3880	4,3872	4,3872	1,4611	0,8846	
PROM.	75,94	25,12	2,62					4,39	4,35	4,34	4,33	4,33	4,32	4,31	1,66	0,86						
D.E.																					0,19	0,02

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₂₄ 1	75,93	25,14	2,68	2,62	2,74	2,68	2,68	4,5066	4,4728	4,4671	4,4636	4,4608	4,4542	4,4535	4,4525	4,4518	4,4518	4,4518	4,4514	1,2401	0,8701	
F ₂₄ 2	75,61	24,80	2,56	2,51	2,75	2,52	2,59	4,1397	4,1098	4,1045	4,1016	4,0980	4,0926	4,0917	4,0910	4,0904	4,0904	4,0901	4,0901	1,2127	0,8438	
F ₂₄ 3	75,86	25,05	2,75	2,81	2,78	2,81	2,79	4,3172	4,2443	4,2383	4,2350	4,2320	4,2282	4,2281	4,2267	4,2267	4,2267	4,2267	4,2259	2,1605	0,7978	
F ₂₄ 4	74,7	25,17	2,72	2,75	2,65	2,74	2,72	4,2648	4,2015	4,1943	4,1908	4,1874	4,1828	4,1820	4,1813	4,1812	4,1812	4,1799	4,1796	2,0385	0,8185	
F ₂₄ 5	75,7	24,89	2,71	2,56	2,63	2,72	2,66	4,2953	4,2488	4,2433	4,2396	4,2370	4,2326	4,2324	4,2305	4,2301	4,2301	4,2301	4,2292	1,5629	0,8453	
PROM.	75,57	25,01	2,68					4,30	4,26	4,25	4,25	4,24	1,64	0,84								
D.E.																					0,39	0,02

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₂₅ 1	75,8	24,89	2,59	2,60	2,59	2,62	2,60	4,6141	4,5139	4,5018	4,4930	4,4888	4,4776	4,4758	4,4743	4,4732	4,4732	4,4721	4,4701	3,2214	0,9112	
F ₂₅ 2	75,68	24,96	2,70	2,70	2,73	2,79	2,73	4,5169	4,4170	4,4078	4,4011	4,3979	4,3897	4,3884	4,3865	4,3860	4,3860	4,3845	4,3835	3,0432	0,8500	
F ₂₅ 3	76,73	26,06	2,55	2,61	2,61	2,67	2,61	4,8986	4,7992	4,7890	4,7812	4,7760	4,7683	4,7652	4,7632	4,7625	4,7623	4,7605	4,7595	2,9226	0,9120	
F ₂₅ 4	75,8	24,84	2,43	2,46	2,51	2,53	2,48	4,3921	4,3434	4,3346	4,3277	4,3221	4,3066	4,3047	4,3032	4,3005	4,3005	4,3005	4,2992	2,1609	0,9195	
F ₂₅ 5	76	24,90	2,54	2,63	2,66	2,61	2,61	4,6242	4,5716	4,5623	4,5544	4,5493	4,5329	4,5313	4,5293	4,6267	4,5267	4,5254	4,5254	2,1832	0,9166	
PROM.	76,00	25,13	2,61					4,61	4,53	4,52	4,51	4,51	4,50	4,49	4,49	4,49	4,51	4,49	4,49	4,49	2,71	0,90
D.E.																					0,45	0,03

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)											CH(%)	Densidad (g/cm ³)		
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h			288h	
F ₂₆ 1	75,7	24,92	2,57	2,52	2,62	2,53	2,56	4,4002	4,3567	4,3482	4,3414	4,3375	4,3270	4,3258	4,3216	4,3209	4,3209	4,3206	4,3196	1,8659	0,8949	
F ₂₆ 2	75,59	25,04	2,59	2,52	2,57	2,62	2,58	4,4644	4,4154	4,4058	4,4003	4,3929	4,3838	4,3803	4,3789	4,3770	4,3770	4,3769	4,3762	2,0154	0,8979	
F ₂₆ 3	75,70	25,12	2,54	2,52	2,57	2,67	2,58	4,5015	4,4696	4,4644	4,4606	4,4556	4,4453	4,4444	4,4420	4,4406	4,4403	4,4402	4,4394	1,3988	0,9066	
F ₂₆ 4	75,80	24,95	2,55	2,61	2,69	2,53	2,60	4,3825	4,3277	4,3182	4,3113	4,3057	4,2978	4,2953	4,2921	4,2907	4,2907	4,2903	4,2890	2,1800	0,8739	
F ₂₆ 5	75,8	24,95	2,50	2,61	2,62	2,61	2,59	4,5040	4,4675	4,4609	4,4554	4,4505	4,4389	4,4369	4,4336	4,4326	4,4326	4,4316	4,4313	1,6406	0,9068	
PROM.	75,70	25,00	2,58					4,45	4,41	4,40	4,39	4,39	4,38	4,38	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	1,82	0,90
D.E.																					0,28	0,01

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)					Peso (g)												CH(%)	Densidad (g/cm ³)	
			e1	e2	e3	e4	Espesor promedio	Inicial	2h	4h	6h	8h	24h	48h	96h	144h	192h	240h	288h			
F ₂₇ 1	75,7	24,88	2,49	2,46	2,59	2,37	2,48	4,0143	3,9905	3,9876	3,9866	3,9829	3,9806	3,9805	3,9794	3,9791	3,9791	3,9784	3,9782	0,9074	0,8521	
F ₂₇ 2	75,61	24,98	2,43	2,53	2,56	2,65	2,54	4,1075	4,0716	4,0674	4,0632	4,0624	4,0584	4,0568	4,0549	4,0534	4,0534	4,0534	4,0528	1,3497	0,8440	
F ₂₇ 3	75,63	24,83	2,60	2,66	2,74	2,65	2,66	4,2333	4,1953	4,1891	4,1860	4,1834	4,1779	4,1762	4,1742	4,1728	4,1728	4,1726	4,1724	1,4596	0,8345	
F ₂₇ 4	75,6	25,09	2,52	2,51	2,56	2,51	2,53	4,0483	4,0224	4,0172	4,0143	4,0117	4,0067	4,0059	4,0032	4,0028	4,0028	4,0016	4,0013	1,1746	0,8357	
F ₂₇ 5	75,7	24,88	2,44	2,58	2,47	2,80	2,57	4,1787	4,1450	4,1400	4,1375	4,1349	4,1302	4,1295	4,1271	4,1267	4,1267	4,1266	4,1259	1,2797	0,8517	
	75,7	24,932	2,56					4,12	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,07	1,23	0,84						
D.E.																				0,19	0,01	

ANEXO 6
DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN.

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁ 6	75,75	24,87	4,5320	4,6198	4,8172	5,0148	5,0628	5,1075	5,1417	5,1722	1,94	6,29	13,45	14,13
F ₁ 7	75,75	24,92	4,5019	4,5900	4,7471	4,8983	4,9434	4,9800	5,0055	5,0304	1,96	5,45	11,19	11,74
F ₁ 8	75,70	24,89	4,3316	4,4458	4,6523	4,8912	4,9580	5,0279	5,0632	5,1190	2,64	7,40	16,89	18,18
F ₁ 9	76,06	24,95	4,5243	4,5830	4,7116	4,8630	4,9165	4,9748	5,0131	5,0779	1,30	4,14	10,80	12,24
F ₁ 10	75,74	25,14	4,5598	4,6551	4,8319	5,0293	5,0911	5,1206	5,1595	5,1964	2,09	5,97	13,15	13,96
PROM.	75,80	24,95	4,49	4,58	4,75	4,94	4,99	5,04	5,08	5,12	1,98	5,85	13,10	14,05
D.E.	0,13	0,10	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,43	1,07	2,16	2,27

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂ 6	75,78	25,16	4,3195	4,3454	4,4052	4,4531	4,4727	4,4893	4,5121	4,5855	0,60	1,98	4,46	6,16
F ₂ 7	75,76	24,88	4,3604	4,3960	4,4904	4,5915	4,6259	4,6488	4,6750	4,7612	0,82	2,98	7,21	9,19
F ₂ 8	75,57	24,83	4,3347	4,3990	4,5244	4,6300	4,6602	4,6976	4,7188	4,7714	1,48	4,38	8,86	10,07
F ₂ 9	75,77	24,89	4,5294	4,5615	4,6206	4,6690	4,6907	4,7161	4,7352	4,8076	0,71	2,01	4,54	6,14
F ₂ 10	75,79	24,93	4,4240	4,4527	4,5189	4,5793	4,6054	4,6323	4,6562	4,7283	0,65	2,15	5,25	6,88
PROM.	75,73	24,94	4,39	4,43	4,51	4,58	4,61	4,64	4,66	4,73	0,85	2,70	6,07	7,69
D.E.	0,08	0,12	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,32	0,91	1,71	1,63

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₃ 6	75,87	25,26	4,1317	4,1550	4,2624	4,3854	4,4334	4,4644	4,4915	4,5764	0,56	3,16	8,71	10,76
F ₃ 7	75,48	25,18	4,2039	4,2529	4,3566	4,5898	4,6716	4,7115	4,7664	4,7893	1,17	3,63	13,38	13,93
F ₃ 8	75,86	25,27	4,0908	4,1167	4,2312	4,3805	4,4340	4,4765	4,5039	4,5675	0,63	3,43	10,10	11,65
F ₃ 9	75,76	24,86	3,9241	3,9577	4,1279	4,4725	4,5835	4,6690	4,7637	4,9492	0,86	5,19	21,40	26,12
F ₃ 10	75,87	24,88	3,8143	3,8582	4,0020	4,2864	4,3833	4,5151	4,6130	4,7553	1,15	4,92	20,94	24,67
PROM.	75,77	25,09	4,03	4,07	4,20	4,42	4,50	4,57	4,63	4,73	0,87	4,07	14,90	17,43
D.E.	0,15	0,18	0,14	0,14	0,12	0,10	0,11	0,10	0,12	0,14	0,25	0,83	5,34	6,60

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₄ 6	75,79	25,00	4,6355	4,7174	4,8893	5,0290	5,0588	5,0927	5,1024	5,1272	1,77	5,48	10,07	10,61
F ₄ 7	75,72	24,97	4,4808	4,5773	4,7409	4,9035	4,9442	4,9789	5,0034	5,0312	2,15	5,80	11,66	12,28
F ₄ 8	75,78	24,94	4,4874	4,5613	4,6901	4,8297	4,8814	4,9251	4,9525	4,9948	1,65	4,52	10,36	11,31
F ₄ 9	75,69	24,84	4,4447	4,5224	4,6836	4,8387	4,8800	4,9253	4,9530	4,9981	1,75	5,37	11,44	12,45
F ₄ 10	75,88	24,99	4,5105	4,6293	4,8331	4,9779	5,0082	5,0352	5,0492	5,0908	2,63	7,15	11,94	12,87
PROM.	75,77	24,95	4,51	4,60	4,77	4,92	4,95	4,99	5,01	5,05	1,99	5,66	11,10	11,90
D.E.	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,37	0,86	0,74	0,83

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₅ 6	75,72	24,87	4,4304	4,4692	4,5465	4,6212	4,6456	4,6843	4,6999	4,7597	0,88	2,62	6,08	7,43
F ₅ 7	75,79	24,84	4,5983	4,6363	4,7211	4,7919	4,8135	4,8510	4,8711	4,9436	0,83	2,67	5,93	7,51
F ₅ 8	75,69	24,86	4,3842	4,4269	4,5322	4,6165	4,6410	4,6783	4,7016	4,7723	0,97	3,38	7,24	8,85
F ₅ 9	75,86	24,98	4,4837	4,5327	4,6738	4,7959	4,8231	4,8616	4,8895	4,9498	1,09	4,24	9,05	10,40
F ₅ 10	75,86	24,87	4,6068	4,6461	4,7081	4,7642	4,7836	4,8177	4,8458	4,9122	0,85	2,20	5,19	6,63
PROM.	75,78	24,88	4,50	4,54	4,64	4,72	4,74	4,78	4,80	4,87	0,92	3,02	6,70	8,16
D.E.	0,07	0,05	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,72	1,35	1,32

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₆ 6	75,65	25,04	4,2625	4,2786	4,3065	4,3273	4,3330	4,3427	4,3504	4,3729	0,38	1,03	2,06	2,59
F ₆ 7	75,77	24,84	4,3340	4,3562	4,4229	4,4999	4,5245	4,5546	4,5589	4,5865	0,51	2,05	5,19	5,83
F ₆ 8	75,62	24,87	4,2195	4,2403	4,3160	4,4008	4,4296	4,4646	4,4739	4,5045	0,49	2,29	6,03	6,75
F ₆ 9	75,78	24,87	4,2915	4,3161	4,4213	4,5650	4,6180	4,6652	4,7055	4,7832	0,57	3,02	9,65	11,46
F ₆ 10	75,75	24,78	4,1626	4,2020	4,3778	4,7082	4,7880	4,8650	4,9546	4,9870	0,95	5,17	19,03	19,80
PROM.	75,71	24,88	4,25	4,28	4,37	4,50	4,54	4,58	4,61	4,65	0,58	2,71	8,39	9,29
D.E.	0,07	0,09	0,06	0,05	0,05	0,13	0,16	0,18	0,21	0,22	0,19	1,38	5,84	5,98

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₇ 6	75,92	25,00	4,3813	4,4399	4,5640	4,6828	4,7193	4,7650	4,8025	4,8537	1,34	4,17	9,61	10,78
F ₇ 7	75,70	25,18	4,3556	4,4325	4,5763	4,7200	4,7584	4,8012	4,8412	4,8822	1,77	5,07	11,15	12,09
F ₇ 8	75,55	25,91	4,3614	4,4399	4,6376	4,8336	4,8822	4,9380	4,9705	5,0350	1,80	6,33	13,97	15,44
F ₇ 9	75,77	24,97	4,4408	4,4996	4,6228	4,7508	4,7950	4,8402	4,8662	4,8993	1,32	4,10	9,58	10,32
F ₇ 10	75,79	24,87	4,4312	4,4911	4,6358	4,7826	4,8243	4,8776	4,9141	4,9718	1,35	4,62	10,90	12,20
PROM.	75,75	25,19	4,39	4,46	4,61	4,75	4,80	4,84	4,88	4,93	1,52	4,86	11,04	12,17
D.E.	0,12	0,38	0,04	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,22	0,82	1,60	1,79

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₈ 6	75,79	24,90	4,4103	4,4467	4,5313	4,5982	4,6179	4,6440	4,6701	4,7226	0,83	2,74	5,89	7,08
F ₈ 7	75,68	24,91	4,3624	4,4047	4,5092	4,6095	4,6214	4,6513	4,6757	4,7329	0,97	3,37	7,18	8,49
F ₈ 8	75,68	25,06	4,4573	4,4860	4,5382	4,5827	4,6019	4,6190	4,6428	4,7132	0,64	1,82	4,16	5,74
F ₈ 9	75,72	24,98	4,3313	4,3663	4,4258	4,4826	4,5020	4,5327	4,5545	4,6206	0,81	2,18	5,15	6,68
F ₈ 10	75,59	25,09	4,4086	4,4448	4,5062	4,5590	4,5752	4,6000	4,6249	4,6895	0,82	2,21	4,91	6,37
PROM.	75,69	24,99	4,39	4,43	4,50	4,57	4,58	4,61	4,63	4,70	0,81	2,46	5,46	6,87
D.E.	0,06	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,10	0,54	1,02	0,92

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₉ 6	75,67	24,91	4,1847	4,1996	4,2530	4,3261	4,3475	4,3624	4,3861	4,4102	0,36	1,63	4,81	5,39
F ₉ 7	75,61	24,80	4,1382	4,1604	4,2437	4,3474	4,3701	4,3961	4,4190	4,4458	0,54	2,55	6,79	7,43
F ₉ 8	75,74	24,84	4,3954	4,4135	4,4794	4,5495	4,5708	4,5914	4,6201	4,6358	0,41	1,91	5,11	5,47
F ₉ 9	75,50	24,96	4,4005	4,4244	4,5283	4,6403	4,6625	4,6666	4,6910	4,7306	0,54	2,90	6,60	7,50
F ₉ 10	75,88	25,07	4,1746	4,1876	4,2152	4,2310	4,2369	4,2408	4,2533	4,2877	0,31	0,97	1,89	2,71
PROM.	75,68	24,92	4,26	4,28	4,34	4,42	4,44	4,45	4,47	4,50	0,43	1,99	5,04	5,70
D.E.	0,13	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,09	0,68	1,76	1,75

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₀ 6	75,54	25,12	4,3578	4,5007	4,7828	5,0349	5,1191	5,1846	5,2009	5,2124	3,28	9,75	19,35	19,61
F ₁₀ 7	75,67	24,91	4,4895	4,6010	4,8880	5,1160	5,1887	5,2500	5,2549	5,2692	2,48	8,88	17,05	17,37
F ₁₀ 8	75,63	24,86	4,4312	4,5416	4,8404	5,0948	5,2010	5,2858	5,2845	5,3132	2,49	9,23	19,26	19,90
F ₁₀ 9	75,74	25,18	4,5479	4,5950	4,6976	4,8177	4,8710	4,9356	4,9823	5,0034	1,04	3,29	9,55	10,02
F ₁₀ 10	75,64	26,12	4,7105	4,8241	5,0400	5,2487	5,3011	5,3626	5,3889	5,4037	2,41	7,00	14,40	14,72
PROM.	75,64	25,24	4,51	4,61	4,85	5,06	5,14	5,20	5,22	5,24	2,34	7,63	15,92	16,32
D.E.	0,06	0,46	0,12	0,11	0,11	0,14	0,14	0,15	0,13	0,13	0,73	2,36	3,66	3,66

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₁ 6	75,65	24,91	4,3452	4,4772	4,7610	5,0272	5,0988	5,1494	5,1709	5,1707	3,04	9,57	19,00	19,00
F ₁₁ 7	75,80	24,94	4,5046	4,5741	4,7673	4,9866	5,0323	5,0721	5,0852	5,0956	1,54	5,83	12,89	13,12
F ₁₁ 8	75,55	24,81	4,4728	4,5872	4,8188	5,0744	5,1579	5,2265	5,2574	5,2723	2,56	7,74	17,54	17,87
F ₁₁ 9	75,51	25,01	4,3770	4,7531	5,0388	5,3379	5,4377	5,5073	5,5283	5,5301	8,59	15,12	26,30	26,34
F ₁₁ 10	75,37	24,81	4,2720	4,3899	4,7065	4,9540	4,9894	5,0106	5,0149	5,0297	2,76	10,17	17,39	17,74
PROM.	75,58	24,90	4,39	4,56	4,82	5,08	5,14	5,19	5,21	5,22	3,70	9,69	18,63	18,81
D.E.	0,14	0,08	0,08	0,12	0,12	0,14	0,16	0,17	0,18	0,17	2,50	3,11	4,35	4,27

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₂ 6	76,78	26,13	4,6796	4,7051	4,8073	4,9278	4,9566	4,9790	4,9930	5,0016	0,54	2,73	6,70	6,88
F ₁₂ 7	75,71	25,03	4,3239	4,3571	4,4846	4,6902	4,7480	4,7972	4,8163	4,8460	0,77	3,72	11,39	12,07
F ₁₂ 8	75,49	25,18	4,2058	4,2273	4,2970	4,3582	4,3715	4,3988	4,3956	4,4186	0,51	2,17	4,51	5,06
F ₁₂ 9	75,57	24,90	4,3340	4,3533	4,4277	4,4974	4,5126	4,5308	4,5372	4,5520	0,45	2,16	4,69	5,03
F ₁₂ 10	75,66	24,89	4,2388	4,2607	4,3100	4,3824	4,4041	4,4185	4,4204	4,4265	0,52	1,68	4,28	4,43
PROM.	75,84	25,23	4,36	4,38	4,47	4,57	4,60	4,62	4,63	4,65	0,56	2,49	6,31	6,69
D.E.	0,48	0,46	0,17	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,23	0,11	0,70	2,68	2,81

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₃ 6	75,65	25,09	4,4728	4,5536	4,7431	4,9254	4,9622	5,0001	5,0214	5,0217	1,81	6,04	12,27	12,27
F ₁₃ 7	75,73	24,98	4,4518	4,5219	4,6890	4,8593	4,9029	4,9482	4,9759	4,9871	1,57	5,33	11,77	12,02
F ₁₃ 8	76,71	26,12	4,7223	4,8120	5,0121	5,1966	5,2281	5,2438	5,2550	5,2621	1,90	6,14	11,28	11,43
F ₁₃ 9	75,75	24,87	4,4565	4,5240	4,6878	4,8436	4,8793	4,9226	4,9447	4,9457	1,51	5,19	10,95	10,98
F ₁₃ 10	75,80	24,99	4,4434	4,5226	4,7021	4,8908	4,9326	4,9579	4,9656	4,9709	1,78	5,82	11,75	11,87
PROM.	75,93	25,21	4,51	4,59	4,77	4,94	4,98	5,01	5,03	5,04	1,72	5,70	11,61	11,72
D.E.	0,39	0,46	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,15	0,38	0,45	0,46

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₄ 6	75,76	24,93	4,4158	4,4576	4,5823	4,7142	4,7438	4,7785	4,8042	4,8484	0,95	3,77	8,80	9,80
F ₁₄ 7	75,76	25,05	4,4128	4,4409	4,4952	4,5530	4,5755	4,6053	4,6272	4,6969	0,64	1,87	4,86	6,44
F ₁₄ 8	75,57	25,01	4,3023	4,3368	4,4615	4,5825	4,6152	4,6515	4,6859	4,7419	0,80	3,70	8,92	10,22
F ₁₄ 9	75,64	24,79	4,2068	4,2412	4,3670	4,5049	4,5340	4,5747	4,6054	4,6723	0,82	3,81	9,48	11,07
F ₁₄ 10	75,63	24,91	4,4762	4,5131	4,5858	4,6632	4,6781	4,7268	4,7707	4,8234	0,82	2,45	6,58	7,76
PROM.	75,67	24,94	4,36	4,40	4,50	4,60	4,63	4,67	4,70	4,76	0,81	3,12	7,72	9,05
D.E.	0,08	0,09	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,10	0,81	1,74	1,70

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₅ 6	76,53	25,86	4,3101	4,3454	4,5201	4,7233	4,7722	4,8057	4,8435	4,8670	0,82	4,87	12,38	12,92
F ₁₅ 7	75,54	24,81	4,3184	4,3390	4,4198	4,5179	4,5446	4,5661	4,5955	4,6078	0,48	2,35	6,42	6,70
F ₁₅ 8	75,56	24,88	4,4133	4,4483	4,5761	4,7219	4,7581	4,7940	4,8204	4,8381	0,79	3,69	9,22	9,63
F ₁₅ 9	75,65	24,97	4,2246	4,2393	4,2913	4,3374	4,3491	4,3617	4,3835	4,4047	0,35	1,58	3,76	4,26
F ₁₅ 10	75,51	25,01	4,2604	4,2868	4,4460	4,6464	4,6914	4,7078	4,7455	4,7759	0,62	4,36	11,39	12,10
PROM.	75,76	25,11	4,31	4,33	4,45	4,59	4,62	4,65	4,68	4,70	0,61	3,37	8,63	9,12
D.E.	0,39	0,38	0,06	0,07	0,10	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	1,23	3,18	3,26

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₆ 6	75,76	25,19	4,7788	4,8303	4,9350	5,0734	5,1245	5,2001	5,2460	5,2888	1,08	3,27	9,78	10,67
F ₁₆ 7	75,76	24,89	4,4969	4,5640	4,7047	4,8450	4,8857	4,9319	4,9529	4,9581	1,49	4,62	10,14	10,26
F ₁₆ 8	75,79	24,87	4,5756	4,6305	4,7655	4,9235	4,9687	5,0176	5,0387	5,0460	1,20	4,15	10,12	10,28
F ₁₆ 9	75,79	24,95	4,5941	4,6618	4,8200	4,9727	5,0159	5,0611	5,0951	5,1316	1,47	4,92	10,91	11,70
F ₁₆ 10	75,88	25,02	4,5080	4,5605	4,6905	4,8283	4,8784	4,9263	4,9572	4,9717	1,16	4,05	9,96	10,29
PROM.	75,80	24,98	4,59	4,65	4,78	4,93	4,97	5,03	5,06	5,08	1,28	4,20	10,18	10,64
D.E.	0,04	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,17	0,56	0,38	0,55

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₇ 6	75,66	24,79	4,3130	4,3540	4,8440	4,6162	4,6536	4,6885	4,7188	4,7689	0,95	12,31	9,41	10,57
F ₁₇ 7	75,61	24,87	4,4639	4,5047	4,6387	4,7575	4,7822	4,8246	4,8548	4,8918	0,91	3,92	8,76	9,59
F ₁₇ 8	76,76	26,07	4,6762	4,7075	4,7819	4,8491	4,8790	4,9145	4,9400	5,0130	0,67	2,26	5,64	7,20
F ₁₇ 9	75,68	24,90	4,4655	4,4960	4,5728	4,6499	4,6762	4,7086	4,7432	4,8112	0,68	2,40	6,22	7,74
F ₁₇ 10	75,69	24,90	4,3350	4,3620	4,4248	4,4867	4,5134	4,5426	4,5667	4,6292	0,62	2,07	5,34	6,79
PROM.	75,88	25,11	4,45	4,48	4,65	4,67	4,70	4,74	4,76	4,82	0,77	4,59	7,07	8,38
D.E.	0,44	0,48	0,13	0,13	0,15	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	3,91	1,68	1,45

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₈ 6	75,50	24,84	4,3154	4,3370	4,4153	4,5153	4,5466	4,5622	4,5752	4,5919	0,50	2,31	6,02	6,41
F ₁₈ 7	75,45	24,94	4,2730	4,3125	4,4306	4,5599	4,5947	4,6210	4,6326	4,6551	0,92	3,69	8,42	8,94
F ₁₈ 8	75,54	24,89	4,2956	4,3139	4,3500	4,3913	4,4085	4,4207	4,4258	4,4593	0,43	1,27	3,03	3,81
F ₁₈ 9	75,53	24,94	4,1725	4,2012	4,2911	4,3982	4,4301	4,4473	4,4528	4,4821	0,69	2,84	6,72	7,42
F ₁₈ 10	75,47	24,80	4,0929	4,1089	4,1468	4,1880	4,1960	4,2047	4,2100	4,2295	0,39	1,32	2,86	3,34
PROM.	75,50	24,88	4,23	4,25	4,33	4,41	4,44	4,45	4,46	4,48	0,59	2,29	5,41	5,98
D.E.	0,03	0,06	0,08	0,09	0,10	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,20	0,92	2,16	2,13

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₉ 6	75,72	24,96	4,3923	4,4585	4,5781	4,7193	4,7717	4,8308	4,8692	4,9408	1,51	4,23	10,86	12,49
F ₁₉ 7	75,73	24,91	4,3262	4,3757	4,4853	4,6056	4,6500	4,7081	4,7435	4,8031	1,14	3,68	9,65	11,02
F ₁₉ 8	75,74	24,80	4,3708	4,4414	4,5512	4,6751	4,7195	4,7660	4,8017	4,8499	1,62	4,13	9,86	10,96
F ₁₉ 9	76,71	26,07	4,7189	4,7813	4,9046	5,0600	5,1164	5,1766	5,2235	5,2935	1,32	3,94	10,69	12,18
F ₁₉ 10	75,68	25,09	4,4741	4,5301	4,6560	4,8061	4,8561	4,9122	4,9416	4,9720	1,25	4,07	10,45	11,13
PROM.	75,92	25,17	4,46	4,52	4,64	4,77	4,82	4,88	4,92	4,97	1,37	4,01	10,30	11,56
D.E.	0,40	0,46	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,19	0,47	0,64

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₀ 6	75,66	24,85	4,2831	4,3111	4,3997	4,4813	4,5044	4,5322	4,5512	4,6033	0,65	2,72	6,26	7,48
F ₂₀ 7	75,73	24,83	4,4110	4,4440	4,5067	4,5654	4,5888	4,6161	4,6277	4,6826	0,75	2,17	4,91	6,16
F ₂₀ 8	75,56	24,82	4,2614	4,2967	4,3841	4,4673	4,4987	4,5298	4,5382	4,6030	0,83	2,88	6,50	8,02
F ₂₀ 9	75,66	25,22	4,3576	4,3797	4,4194	4,4586	4,4796	4,4954	4,5107	4,5622	0,51	1,42	3,51	4,70
F ₂₀ 10	75,64	24,88	4,3941	4,4209	4,4773	4,5607	4,5526	4,5706	4,5882	4,6384	0,61	1,89	4,42	5,56
PROM.	75,65	24,92	4,34	4,37	4,44	4,51	4,52	4,55	4,56	4,62	0,67	2,22	5,12	6,38
D.E.	0,05	0,15	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,11	0,54	1,12	1,22

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₁ 6	75,46	24,96	4,3401	4,3553	4,3875	4,4147	4,4271	4,4318	4,4371	4,4479	0,3502	1,0921	2,2350	2,4838
F ₂₁ 7	75,51	24,76	4,0751	4,0942	4,1701	4,2862	4,3138	4,3290	4,3334	4,3648	0,4687	2,3312	6,3385	7,1090
F ₂₁ 8	75,54	24,91	4,2701	4,2895	4,3456	4,4130	4,4325	4,4483	4,4629	4,4769	0,4543	1,7681	4,5151	4,8430
F ₂₁ 9	75,46	24,75	4,3399	4,3606	4,4431	4,5326	4,5672	4,5750	4,5972	4,6022	0,4770	2,3779	5,9287	6,0439
F ₂₁ 10	75,62	24,89	4,2344	4,2535	4,3215	4,3877	4,4120	4,4163	4,4397	4,4562	0,4511	2,0570	4,8484	5,2381
PROM.	75,52	24,85	4,25	4,27	4,33	4,41	4,43	4,44	4,45	4,47	0,44	1,93	4,77	5,14
D.E.	0,06	0,08	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,05	0,47	1,44	1,54

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₂ 6	75,57	25,01	4,4237	4,4816	4,6083	4,7376	4,7837	4,8315	4,8699	4,8931	1,31	4,17	10,09	10,61
F ₂₂ 7	75,67	24,99	4,4827	4,5454	4,6696	4,8127	4,8595	4,9079	4,9459	4,9582	1,40	4,17	10,33	10,61
F ₂₂ 8	75,64	25,04	4,5431	4,5951	4,7088	4,8539	4,8984	4,9357	4,9651	4,9732	1,14	3,65	9,29	9,47
F ₂₂ 9	75,62	24,83	4,4216	4,4909	4,636	4,8129	4,8575	4,8985	4,9396	4,9726	1,57	4,85	11,72	12,46
F ₂₂ 10	75,65	24,88	4,3887	4,4578	4,5892	4,7341	4,7742	4,8133	4,8468	4,8606	1,57	4,57	10,44	10,75
PROM.	75,63	24,95	4,45	4,51	4,64	4,79	4,83	4,88	4,91	4,93	1,40	4,28	10,37	10,78
D.E.	0,03	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,16	0,41	0,78	0,96

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₃ 6	75,68	24,83	4,4130	4,4403	4,5052	4,5671	4,5884	4,6170	4,6396	4,6930	0,62	2,09	5,13	6,34
F ₂₃ 7	75,60	24,78	4,3628	4,3859	4,4380	4,4917	4,5128	4,5379	4,5641	4,6170	0,53	1,72	4,61	5,83
F ₂₃ 8	75,60	24,83	4,3382	4,3660	4,4251	4,4815	4,5049	4,5281	4,5508	4,6119	0,64	2,00	4,90	6,31
F ₂₃ 9	75,58	24,89	4,2989	4,3268	4,3914	4,4543	4,4779	4,4923	4,5126	4,5666	0,65	2,15	4,97	6,23
F ₂₃ 10	75,62	25,10	4,4549	4,4847	4,5307	4,5809	4,6055	4,6255	4,6512	4,6921	0,67	1,70	4,41	5,32
PROM.	75,62	24,89	4,37	4,40	4,46	4,52	4,54	4,56	4,58	4,64	0,62	1,93	4,81	6,01
D.E.	0,03	0,11	0,05	0,06	0,05	0,19	0,26	0,39						

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₄ 6	75,57	24,98	4,0877	4,1039	4,1659	4,2414	4,2618	4,2802	4,2943	4,3129	0,40	1,91	5,05	5,51
F ₂₄ 7	75,62	24,92	4,3699	4,3810	4,4092	4,4400	4,4525	4,4565	4,4649	4,4797	0,25	0,90	2,17	2,51
F ₂₄ 8	75,52	24,76	4,4210	4,4447	4,5434	4,6593	4,6885	4,7020	4,7214	4,7429	0,54	2,77	6,79	7,28
F ₂₄ 9	75,52	24,87	4,2125	4,2363	4,3452	4,4882	4,5328	4,5536	4,5839	4,6032	0,56	3,15	8,82	9,27
F ₂₄ 10	75,47	24,73	4,2100	4,2358	4,3429	4,4666	4,5163	4,5355	4,5487	4,5682	0,61	3,16	8,05	8,51
PROM.	75,54	24,85	4,26	4,28	4,36	4,46	4,49	4,51	4,52	4,54	0,47	2,38	6,18	6,62
D.E.	0,05	0,09	0,12	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,87	2,37	2,41

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₅ 6	75,66	25,07	4,5731	4,6121	4,7017	4,8031	4,8455	4,8956	4,9210	4,9241	0,85	2,81	7,61	7,68
F ₂₅ 7	75,61	24,94	4,5998	4,6465	4,7508	4,8598	4,9008	4,9484	4,9807	5,0275	1,02	3,28	8,28	9,30
F ₂₅ 8	75,65	25,01	4,5428	4,5903	4,7095	4,8440	4,8871	4,9330	4,9622	5,0099	1,05	3,67	9,23	10,28
F ₂₅ 9	75,65	24,87	4,6325	4,6944	4,8345	4,9723	5,0128	5,0536	5,0842	5,1328	1,34	4,36	9,75	10,80
F ₂₅ 10	75,65	24,77	4,4254	4,4973	4,6488	4,7767	4,8176	4,8541	4,8820	4,9282	1,62	5,05	10,32	11,36
PROM.	75,64	24,93	4,55	4,61	4,73	4,85	4,89	4,94	4,97	5,00	1,17	3,83	9,04	9,88
D.E.	0,02	0,11	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,27	0,79	0,98	1,30

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₆ 6	75,55	24,87	4,4646	4,4984	4,5971	4,6669	4,6901	4,7120	4,7366	4,7616	0,76	2,97	6,09	6,65
F ₂₆ 7	75,65	24,79	4,4719	4,5052	4,5782	4,6380	4,6633	4,6846	4,7125	4,7486	0,74	2,38	5,38	6,19
F ₂₆ 8	75,61	24,82	4,4085	4,4308	4,4849	4,5348	4,5538	4,5732	4,5878	4,6447	0,51	1,73	4,07	5,36
F ₂₆ 9	75,60	24,80	4,4173	4,4625	4,5615	4,6618	4,6858	4,7113	4,7466	4,8051	1,02	3,26	7,45	8,78
F ₂₆ 10	75,56	24,77	4,4367	4,4763	4,5696	4,6444	4,6646	4,6868	4,7143	4,7467	0,89	3,00	6,26	6,99
PROM.	75,59	24,81	4,44	4,47	4,56	4,63	4,65	4,67	4,70	4,74	0,78	2,67	5,85	6,79
D.E.	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,17	0,55	1,11	1,13

Continuación

Código Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)								Incremento (%)			
			Inicial	2h	24h	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	2 meses	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₂₇ 6	75,75	24,92	4,4693	4,4909	4,5946	4,6892	4,7275	4,7423	4,7635	4,7874	0,48	2,80	6,58	7,12
F ₂₇ 7	75,53	24,94	4,0793	4,0923	4,1515	4,2080	4,2200	4,2266	4,2442	4,2636	0,32	1,77	4,04	4,52
F ₂₇ 8	75,52	24,90	4,3944	4,4205	4,5410	4,6968	4,7319	4,7809	4,8009	4,8503	0,59	3,34	9,25	10,37
F ₂₇ 9	75,52	24,94	4,2626	4,2902	4,3773	4,4652	4,4906	4,5044	4,5303	4,5744	0,65	2,69	6,28	7,31
F ₂₇ 10	75,56	24,82	4,1268	4,1506	4,2483	4,3695	4,4055	4,4339	4,4688	4,5347	0,58	2,94	8,29	9,88
PROM.	75,58	24,90	4,27	4,29	4,38	4,49	4,52	4,54	4,56	4,60	0,52	2,71	6,89	7,84
D.E.	0,09	0,04	0,15	0,15	0,17	0,19	0,20	0,20	0,20	0,21	0,12	0,52	1,79	2,12

ANEXO 7
DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL HINCHAMIENTO.

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁ 6	2,62	2,58	2,59	2,56	2,588	2,64	2,6	2,64	2,64	2,63	2,69	2,64	2,68	2,67	2,67	2,76	2,75	2,70	2,71	2,73	2,71	2,70	2,71	2,84	2,74	1,6	3,2	5,5	5,9
F ₁ 7	2,47	2,48	2,61	2,60	254	2,54	2,55	2,61	2,66	2,59	2,73	2,60	2,66	2,70	2,67	2,65	2,66	2,70	2,68	2,67	2,68	2,65	2,67	2,70	2,68	2,0	5,2	5,2	5,3
F ₁ 8	2,64	2,52	2,63	2,65	2,61	2,54	2,66	2,67	2,70	2,64	2,60	2,74	2,71	2,75	2,70	2,75	2,77	2,75	2,74	2,75	2,75	2,77	2,76	2,75	2,76	1,2	3,4	5,5	5,7
F ₁ 9	2,63	2,56	2,52	2,55	2,565	2,64	2,58	2,52	2,58	2,58	2,71	2,61	2,61	2,61	2,635	2,67	2,73	2,63	2,70	2,68	2,70	2,67	2,64	2,73	2,69	0,6	2,7	4,6	4,7
F ₁ 10	2,67	2,54	2,66	2,60	2,618	2,58	2,71	2,68	2,73	2,675	2,60	2,78	2,68	2,74	2,70	2,80	2,73	2,70	2,74	2,74	2,73	2,70	2,74	2,84	2,75	2,2	3,2	4,8	5,2
PROM.	2,58					2,62					2,68					2,72					2,72					2	4	5	5
D.E.	0,06					0,06					0,06					0,04					0,05					0,57	0,87	0,37	0,42

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂ 6	2,40	2,55	2,63	2,45	2,508	2,41	2,56	2,65	2,48	2,525	2,43	2,60	2,65	2,51	2,548	2,67	2,56	2,49	2,64	2,59	2,49	2,65	2,56	2,67	2,59	0,7	1,6	3,3	3,4
F ₂ 7	2,57	2,61	2,63	2,59	2,60	2,58	2,61	2,64	2,61	2,61	2,62	2,65	2,67	2,61	2,638	2,67	2,71	2,77	2,72	2,72	2,77	2,71	2,67	2,73	2,72	0,4	1,4	4,5	4,6
F ₂ 8	2,54	2,60	2,55	2,65	2,585	2,55	2,60	2,60	2,65	2,60	2,62	2,66	2,76	2,77	2,70	2,77	2,79	2,74	2,72	2,76	2,79	2,72	2,77	2,75	2,76	0,6	4,5	6,6	6,7
F ₂ 9	2,64	2,64	2,66	2,70	2,66	2,64	2,67	2,67	2,75	2,683	2,65	2,67	2,70	2,78	2,70	2,70	2,70	2,65	2,76	2,70	2,65	2,70	2,76	2,72	2,71	0,8	1,5	1,6	1,8
F ₂ 10	2,62	2,63	2,56	2,53	2,585	2,63	2,66	2,62	2,68	2,648	2,68	2,69	2,63	2,66	2,665	2,74	2,72	2,62	2,61	2,67	2,72	2,75	2,60	2,61	2,67	2,4	3,1	3,4	3,3
PROM.	2,59					2,61					2,65					2,69					2,69					1	2	4	4
D.E.	0,07					0,07					0,08					0,07					0,08					0,73	1,22	1,64	1,63

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																								Hinchamiento (%)				
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₃ 6	2,68	2,73	2,56	2,68	2,663	2,77	2,70	2,61	2,71	2,70	2,77	2,73	2,63	2,71	2,71	2,63	2,73	2,71	2,77	2,71	2,69	2,75	2,68	2,78	2,725	1,3	1,8	1,8	2,3
F ₃ 7	2,82	2,90	2,72	3,07	2,878	2,87	3,02	2,81	3,11	2,953	2,90	3,03	2,81	3,11	2,963	3,08	2,82	2,96	2,92	2,95	2,95	2,88	2,81	3,14	2,945	2,6	3,0	2,3	2,3
F ₃ 8	2,79	2,70	2,60	2,63	2,68	2,81	2,75	2,64	2,67	2,718	2,84	2,75	2,68	2,69	2,74	2,78	2,74	2,80	2,63	2,74	2,78	2,66	2,70	2,83	2,74	1,4	2,2	2,1	2,3
F ₃ 9	2,71	2,78	2,58	3,02	2,773	2,95	2,87	2,60	3,21	2,908	2,95	2,87	2,62	3,23	2,918	3,18	2,93	2,66	2,91	2,92	2,88	2,91	2,66	3,31	2,94	4,9	5,2	5,3	6,0
F ₃ 10	2,77	2,79	2,58	3,03	2,793	2,78	2,79	2,60	3,13	2,825	2,80	2,81	2,60	3,16	2,843	2,75	3,12	2,79	2,81	2,87	2,81	2,79	3,11	2,76	2,868	1,2	1,8	2,7	2,7
PROM.	2,76					2,82					2,83					2,84					2,84					2	3	3	3
D.E.	0,15					0,18					0,18					0,15					0,17					1,4	1,3	1,3	1,5

Código probeta	Espesor (mm)																								Hinchamiento (%)				
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₄ 6	2,56	2,58	2,57	2,61	2,58	2,61	2,66	2,66	2,68	2,653	2,64	2,68	2,66	2,70	2,67	2,67	2,69	2,68	2,73	2,693	2,67	2,68	2,73	2,70	2,70	2,8	3,5	4,4	4,5
F ₄ 7	2,50	2,53	2,47	2,63	2,533	2,55	2,58	2,53	2,67	2,583	2,61	2,61	2,55	2,73	2,625	2,69	2,73	2,60	2,58	2,65	2,72	2,62	2,69	2,58	2,653	2,0	3,7	4,6	4,7
F ₄ 8	2,50	2,53	2,55	2,57	2,538	2,61	2,64	2,59	2,61	2,613	2,64	2,67	2,63	2,63	2,64	2,62	2,64	2,64	2,67	2,64	2,64	2,62	2,64	2,68	2,645	3,0	4,1	4,1	4,2
F ₄ 9	2,54	2,53	2,54	2,54	2,538	2,63	2,58	2,58	2,58	2,593	2,67	2,64	2,62	2,62	2,638	2,67	2,65	2,62	2,62	2,64	2,67	2,62	2,63	2,66	2,645	2,2	3,9	4,0	4,2
F ₄ 10	2,58	2,55	2,59	2,58	2,575	2,58	2,67	2,63	2,64	2,63	2,58	2,68	2,64	2,67	2,643	2,67	2,63	2,63	2,68	2,653	2,64	2,63	2,67	2,68	2,655	2,1	2,6	3,0	3,1
PROM.	2,55					2,61					2,64					2,66					2,66					2	4	4	4
D.E.	0,04					0,04					0,04					0,04					0,04					0,4	0,5	0,6	0,6

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₅ 6	2,61	2,60	2,60	2,58	2,60	2,64	2,66	2,62	2,62	2,635	2,65	2,69	2,62	2,65	2,653	2,65	2,63	2,66	2,70	2,66	2,64	2,69	2,67	2,66	2,665	1,4	2,1	2,4	2,6
F ₅ 7	2,63	2,57	2,63	2,68	2,628	2,74	2,63	2,68	2,73	2,70	2,74	2,65	2,73	2,73	2,713	2,75	2,68	2,67	2,69	2,70	2,64	2,61	2,76	2,70	2,678	2,6	3,2	2,7	1,9
F ₅ 8	2,67	2,63	2,58	2,57	2,613	2,69	2,73	2,61	2,64	2,668	2,72	2,79	2,65	2,65	2,70	2,70	2,72	2,75	2,74	2,728	2,73	2,75	2,70	2,74	2,73	2,1	3,4	4,4	4,5
F ₅ 9	2,67	2,64	2,64	2,68	2,658	2,70	2,78	2,72	2,74	2,735	2,72	2,78	2,74	2,75	2,748	2,76	2,75	2,79	2,77	2,768	2,79	2,75	2,77	2,77	2,77	2,9	3,4	4,1	4,2
F ₅ 10	2,65	2,57	2,64	2,64	2,625	2,67	2,66	2,69	2,71	2,683	2,70	2,66	2,72	2,75	2,708	2,69	2,76	2,72	2,67	2,71	2,69	2,70	2,72	2,75	2,715	2,2	3,1	3,2	3,4
PROM.	2,62					2,68					2,70					2,71					2,71					2	3	3	3
D.E.	0,04					0,05					0,05					0,04					0,05					0,5	0,5	0,8	1,0

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₆ 6	2,54	2,47	2,65	2,69	2,59	2,58	2,58	2,75	2,73	2,66	2,60	2,60	2,77	2,76	2,68	2,76	2,60	2,77	2,60	2,68	2,60	2,60	2,74	2,79	2,68	2,8	3,7	3,7	3,7
F ₆ 7	2,58	2,67	2,66	2,78	2,67	2,58	2,70	2,75	2,86	2,72	2,64	2,71	2,75	2,86	2,74	2,75	2,68	2,71	2,86	2,75	2,72	2,71	2,81	2,82	2,77	1,9	2,5	2,9	3,5
F ₆ 8	2,72	2,74	2,43	2,79	2,67	2,79	2,82	2,49	2,86	2,74	2,79	2,82	2,49	2,90	2,75	2,79	2,78	2,70	2,82	2,77	2,77	2,80	2,66	2,89	2,78	2,6	3,0	3,8	4,1
F ₆ 9	2,80	2,67	2,84	2,71	2,76	2,86	2,69	2,91	2,79	2,81	2,89	2,75	2,97	2,79	2,85	2,97	2,79	2,88	2,75	2,85	2,89	2,76	2,97	2,79	2,85	2,1	3,4	3,4	3,5
F ₆ 10	2,88	2,94	2,77	2,97	2,89	3,03	2,94	2,85	3,10	2,98	3,06	2,95	2,85	3,10	2,99	3,10	3,07	2,85	2,95	2,99	3,01	2,97	2,84	3,17	3,00	3,1	3,5	3,5	3,7
PROM.	2,72					2,78					2,80					2,81					2,82					2	3	3	4
D.E.	0,14					0,15					0,15					0,13					0,14					0,5	0,4	0,3	0,2

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F7 6	2,41	2,49	2,53	2,54	2,49	2,50	2,51	2,57	2,59	2,54	2,52	2,53	2,61	2,60	2,57	2,60	2,58	2,55	2,57	2,58	2,80	2,75	2,56	2,62	2,68	2,0	2,9	3,3	7,6
F7 7	2,40	2,54	2,53	2,42	2,47	2,48	2,60	2,61	2,50	2,55	2,50	2,60	2,65	2,55	2,58	2,66	2,58	2,61	2,65	2,63	2,58	2,62	2,66	2,65	2,63	3,0	4,1	6,2	6,3
F7 8	2,48	2,58	2,60	2,61	2,57	2,49	2,68	2,60	2,62	2,60	2,58	2,77	2,67	2,63	2,66	2,67	2,65	2,69	2,71	2,68	2,65	2,73	2,67	2,69	2,69	1,2	3,7	4,4	4,6
F7 9	2,40	2,42	2,57	2,55	2,49	2,47	2,50	2,59	2,58	2,54	2,49	2,53	2,62	2,64	2,57	2,64	2,53	2,64	2,49	2,58	2,62	2,50	2,61	2,69	2,61	2,0	3,4	3,6	4,8
F7 10	2,53	2,51	2,49	2,51	2,51	2,58	2,59	2,54	2,68	2,60	2,58	2,63	2,62	2,71	2,64	2,70	2,59	2,64	2,63	2,64	2,62	2,57	2,78	2,65	2,66	3,5	5,0	5,2	5,8
PROM.	2,51					2,56					2,60					2,62					2,65					2	4	5	6
D.E.	0,06					0,06					0,07					0,06					0,07					0,8	0,7	1,0	1,1

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F8 6	2,63	2,54	2,49	2,62	2,57	2,60	2,66	2,66	2,62	2,64	2,60	2,68	2,68	2,67	2,66	2,63	2,68	2,71	2,63	2,66	2,63	2,68	2,64	2,71	2,67	2,5	3,4	3,6	3,7
F8 7	2,55	2,61	2,54	2,60	2,58	2,67	2,65	2,62	2,56	2,63	2,69	2,67	2,63	2,61	2,65	2,67	2,62	2,69	2,63	2,65	2,71	2,63	2,68	2,68	2,68	1,9	2,9	3,0	3,9
F8 8	2,59	2,64	2,51	2,57	2,58	2,65	2,66	2,56	2,61	2,62	2,65	2,79	2,63	2,57	2,66	2,63	2,65	2,79	2,57	2,66	2,63	2,65	2,58	2,79	2,66	1,6	3,2	3,2	3,3
F8 9	2,54	2,53	2,51	2,61	2,55	2,59	2,59	2,55	2,65	2,60	2,59	2,59	2,57	2,66	2,60	2,67	2,59	2,57	2,59	2,61	2,61	2,57	2,62	2,63	2,61	1,9	2,2	2,3	2,4
F8 10	2,66	2,54	2,62	2,53	2,59	2,61	2,65	2,68	2,57	2,63	2,64	2,62	2,69	2,58	2,63	2,64	2,61	2,69	2,62	2,64	2,70	2,57	2,69	2,61	2,64	1,5	1,7	2,0	2,1
PROM.	2,57					2,62					2,64					2,64					2,65					2	3	3	3
D.E.	0,05					0,04					0,05					0,05					0,05					0,3	0,6	0,6	0,7

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																							Hinchamiento (%)					
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₉ 6	2,63	2,60	2,50	2,62	2,59	2,74	2,66	2,52	2,69	2,65	2,74	2,67	2,55	2,73	2,67	2,55	2,74	2,73	2,68	2,68	2,77	2,69	2,68	2,56	2,68	2,5	3,3	3,4	3,4
F ₉ 7	2,55	2,65	2,53	2,57	2,58	2,62	2,70	2,60	2,61	2,63	2,63	2,72	2,60	2,63	2,65	2,60	2,72	2,63	2,72	2,67	2,60	2,72	2,70	2,66	2,67	2,2	2,7	3,6	3,7
F ₉ 8	2,66	2,66	2,61	2,73	2,67	2,74	2,73	2,80	2,82	2,77	2,74	2,73	2,80	2,86	2,78	2,86	2,80	2,74	2,73	2,78	2,86	2,80	2,76	2,73	2,79	4,0	4,4	4,4	4,6
F ₉ 9	2,71	2,73	2,71	2,75	2,73	2,76	2,79	2,76	2,89	2,80	2,76	2,79	2,78	2,92	2,81	2,78	2,76	2,79	2,93	2,82	2,78	2,77	2,79	2,93	2,82	2,8	3,2	3,3	3,4
F ₉ 10	2,43	2,58	2,48	2,48	2,49	2,57	2,60	2,51	2,56	2,56	2,57	2,63	2,51	2,56	2,57	2,54	2,52	2,65	2,56	2,57	2,51	2,68	2,56	2,54	2,57	2,7	3,0	3,0	3,2
PROM.	2,61					2,68					2,70					2,70					2,70					3	3	4	4
D.E.	0,09					0,10					0,11					0,11					0,11					0,6	0,6	0,5	0,5

Código probeta	Espesor (mm)																							Hinchamiento (%)					
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₀ 6	2,63	2,64	2,50	2,63	2,60	2,70	2,78	2,62	2,71	2,70	2,77	2,78	2,64	2,74	2,73	2,68	2,80	2,74	2,72	2,74	2,74	2,80	2,73	2,68	2,74	3,9	5,1	5,2	5,3
F ₁₀ 7	2,55	2,67	2,56	2,67	2,61	2,68	2,79	2,69	2,75	2,73	2,71	2,81	2,70	2,76	2,75	2,77	2,81	2,71	2,70	2,75	2,83	2,76	2,81	2,70	2,78	4,4	5,1	5,2	6,2
F ₁₀ 8	2,63	2,56	2,71	2,63	2,63	2,71	2,77	2,75	2,81	2,76	2,72	2,80	2,75	2,86	2,78	2,72	2,86	2,82	2,76	2,79	2,77	2,79	2,77	2,96	2,82	4,8	5,7	6,0	7,2
F ₁₀ 9	2,45	2,46	2,55	2,56	2,51	2,51	2,51	2,62	2,61	2,56	2,59	2,61	2,63	2,64	2,62	2,63	2,61	2,68	2,66	2,65	2,62	2,68	2,63	2,66	2,65	2,3	4,5	5,6	5,7
F ₁₀ 10	2,53	2,51	2,58	2,51	2,53	2,64	2,62	2,69	2,59	2,64	2,65	2,62	2,71	2,61	2,65	2,68	2,71	2,61	2,59	2,65	2,65	2,66	2,69	2,61	2,65	4,0	4,5	4,5	4,7
PROM.	2,58					2,68					2,71					2,71					2,73					4	5	5	6
D.E.	0,07					0,08					0,08					0,07					0,08					0,86	0,44	0,48	0,85

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																							Hinchamiento (%)					
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁₁ 6	2,72	2,77	2,69	2,71	2,72	2,78	2,81	2,78	2,77	2,79	2,80	2,82	2,79	2,78	2,80	2,78	2,79	2,82	2,81	2,80	2,80	2,83	2,86	2,77	2,82	2,3	2,8	2,8	3,4
F ₁₁ 7	2,65	2,68	2,85	2,52	2,68	2,70	2,78	2,94	2,61	2,76	2,73	2,85	2,97	2,62	2,79	2,95	2,85	2,63	2,76	2,80	2,72	2,86	2,99	2,64	2,80	3,1	4,4	4,6	4,8
F ₁₁ 8	2,75	2,86	2,83	2,78	2,81	2,97	2,81	2,88	2,94	2,90	3,02	2,82	2,88	2,95	2,92	2,99	2,90	2,97	2,82	2,92	2,94	2,83	2,93	2,99	2,92	3,4	4,0	4,1	4,2
F ₁₁ 9	2,78	2,91	2,92	2,91	2,88	2,85	3,04	3,06	3,03	3,00	2,91	3,05	3,09	3,03	3,02	3,00	3,02	2,99	3,09	3,03	2,99	3,01	3,01	3,09	3,03	4,0	4,9	5,0	5,0
F ₁₁ 10	2,64	2,64	2,67	2,60	2,64	2,69	2,70	2,76	2,65	2,70	2,71	2,72	2,76	2,72	2,73	2,73	2,72	2,76	2,71	2,73	2,75	2,72	2,71	2,76	2,74	2,4	3,4	3,5	3,7
PROM.	2,74					2,83					2,85					2,85					2,86					3	4	4	4
D.E.	0,11					0,13					0,13					0,12					0,12					0,64	0,74	0,77	0,62

Código probeta	Espesor (mm)																							Hinchamiento (%)					
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁₂ 6	2,63	2,83	2,60	2,86	2,73	2,64	2,92	2,67	2,99	2,81	2,71	2,92	2,67	3,00	2,83	2,69	2,71	3,00	2,92	2,83	2,71	2,92	2,98	2,72	2,83	2,7	3,5	3,7	3,8
F ₁₂ 7	2,68	2,84	2,64	2,82	2,75	2,77	2,88	2,72	2,92	2,82	2,77	2,91	2,72	2,99	2,85	2,77	2,71	2,93	2,99	2,85	2,99	2,77	2,93	2,72	2,85	2,8	3,7	3,8	3,9
F ₁₂ 8	2,44	2,65	2,50	2,60	2,55	2,50	2,74	2,61	2,72	2,64	2,70	2,75	2,61	2,80	2,72	2,80	2,74	2,71	2,61	2,72	2,60	2,72	2,74	2,80	2,72	3,7	6,6	6,6	6,6
F ₁₂ 9	2,60	2,51	2,45	2,71	2,57	2,66	2,58	2,57	2,84	2,66	2,69	2,60	2,57	2,84	2,68	2,60	2,57	2,82	2,75	2,69	2,58	2,75	2,83	2,59	2,69	3,7	4,2	4,6	4,7
F ₁₂ 10	2,54	2,56	2,72	2,31	2,53	2,58	2,61	2,81	2,35	2,59	2,60	2,61	2,82	2,36	2,60	2,38	2,61	2,82	2,60	2,60	2,61	2,63	2,38	2,92	2,64	2,2	2,6	2,8	4,0
PROM.	2,62					2,70					2,73					2,74					2,74					3	4	4	5
D.E.	0,14					0,16					0,15					0,15					0,15					0,60	1,34	1,28	1,04

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁₃ 6	2,48	2,51	2,46	2,56	2,50	2,57	2,59	2,56	2,66	2,60	2,60	2,67	2,57	2,66	2,63	2,60	2,57	2,66	2,67	2,63	2,60	2,57	2,73	2,61	2,63	3,7	4,9	4,9	5,0
F ₁₃ 7	2,52	2,53	2,45	2,50	2,50	2,60	2,63	2,56	2,63	2,61	2,62	2,63	2,58	2,68	2,63	2,64	2,58	2,61	2,68	2,63	2,68	2,61	2,59	2,64	2,63	4,2	5,1	5,1	5,2
F ₁₃ 8	2,43	2,46	2,48	2,51	2,47	2,54	2,56	2,61	2,66	2,59	2,57	2,57	2,61	2,70	2,61	2,56	2,53	2,70	2,66	2,61	2,56	2,54	2,70	2,66	2,62	5,0	5,8	5,8	5,9
F ₁₃ 9	2,46	2,48	2,57	2,51	2,51	2,55	2,58	2,57	2,64	2,59	2,57	2,59	2,58	2,69	2,61	2,57	2,69	2,58	2,59	2,61	2,56	2,60	2,71	2,57	2,61	3,2	4,1	4,1	4,2
F ₁₃ 10	2,48	2,49	2,45	2,51	2,48	2,56	2,60	2,59	2,62	2,59	2,58	2,63	2,59	2,66	2,62	2,64	2,66	2,58	2,59	2,62	2,58	2,65	2,66	2,59	2,62	4,4	5,3	5,4	5,5
PROM.	2,49					2,59					2,62					2,62					2,62					4	5	5	5
D.E.	0,04					0,04					0,04					0,05					0,05					0,6	0,6	0,6	0,6

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁₄ 6	2,59	2,57	2,52	2,60	2,57	2,71	2,70	2,59	2,67	2,67	2,72	2,70	2,59	2,72	2,68	2,72	2,70	2,59	2,72	2,68	2,68	2,68	2,68	2,70	2,69	3,8	4,4	4,4	4,5
F ₁₄ 7	2,42	2,56	2,40	2,55	2,48	2,64	2,51	2,46	2,61	2,56	2,64	2,51	2,46	2,61	2,56	2,48	2,51	2,64	2,62	2,56	2,57	2,60	2,53	2,64	2,59	2,9	2,9	3,2	4,1
F ₁₄ 8	2,47	2,54	2,57	2,50	2,52	2,53	2,63	2,69	2,52	2,59	2,55	2,65	2,69	2,56	2,61	2,65	2,56	2,69	2,56	2,62	2,57	2,69	2,65	2,55	2,62	2,9	3,7	3,8	3,8
F ₁₄ 9	2,49	2,52	2,41	2,55	2,49	2,59	2,62	2,50	2,64	2,59	2,59	2,62	2,51	2,66	2,60	2,66	2,52	2,59	2,62	2,60	2,57	2,55	2,62	2,66	2,60	3,8	4,1	4,2	4,3
F ₁₄ 10	2,49	2,46	2,54	2,62	2,53	2,53	2,55	2,67	2,68	2,61	2,55	2,58	2,67	2,68	2,62	2,72	2,58	2,64	2,55	2,62	2,58	2,55	2,66	2,70	2,62	3,2	3,7	3,8	3,8
PROM.	2,52					2,60					2,61					2,62					2,62					3	4	4	4
D.E.	0,06					0,07					0,07					0,07					0,06					0,4	0,5	0,4	0,3

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																							Hinchamiento (%)					
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁₅ 6	2,68	2,70	2,64	2,62	2,66	2,79	2,79	2,73	2,76	2,77	2,79	2,79	2,73	2,81	2,78	2,81	2,79	2,74	2,79	2,78	2,79	2,82	2,79	2,74	2,79	4,0	4,5	4,6	4,7
F ₁₅ 7	2,52	2,65	2,53	2,63	2,58	2,58	2,74	2,60	2,71	2,66	2,58	2,74	2,66	2,73	2,68	2,65	2,74	2,60	2,73	2,68	2,76	2,58	2,64	2,74	2,68	2,9	3,7	3,8	3,8
F ₁₅ 8	2,75	2,70	2,75	2,74	2,74	2,73	2,80	2,87	2,84	2,81	2,78	2,81	2,91	2,84	2,84	2,81	2,84	2,79	2,91	2,84	2,92	2,81	2,79	2,84	2,84	2,7	3,7	3,7	3,8
F ₁₅ 9	2,42	2,57	2,46	2,61	2,52	2,52	2,63	2,55	2,72	2,61	2,52	2,65	2,55	2,72	2,61	2,49	2,57	2,67	2,72	2,61	2,72	2,57	2,51	2,66	2,62	3,6	3,8	3,9	4,0
F ₁₅ 10	2,76	2,70	2,72	2,72	2,73	2,78	2,81	2,80	2,80	2,80	2,78	2,83	2,87	2,80	2,82	2,78	2,87	2,81	2,82	2,82	2,87	2,82	2,78	2,82	2,82	2,7	3,5	3,5	3,6
PROM.	2,64					2,73					2,74					2,75					2,75					3	4	4	4
D.E.	0,10					0,10					0,10					0,10					0,10					0,5	0,4	0,4	0,4

Código probeta	Espesor (mm)																							Hinchamiento (%)					
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁₆ 6	2,63	2,65	2,56	2,58	2,61	2,70	2,70	2,69	2,63	2,68	2,73	2,71	2,72	2,65	2,70	2,71	2,71	2,69	2,81	2,73	2,71	2,71	2,71	2,81	2,74	2,9	3,7	4,8	5,0
F ₁₆ 7	2,42	2,47	2,51	2,53	2,48	2,61	2,53	2,60	2,66	2,60	2,61	2,58	2,62	2,66	2,62	2,68	2,60	2,61	2,58	2,62	2,58	2,60	2,61	2,69	2,62	4,7	5,4	5,4	5,5
F ₁₆ 8	2,58	2,54	2,50	2,47	2,52	2,62	2,66	2,56	2,60	2,61	2,62	2,66	2,56	2,61	2,61	2,63	2,62	2,62	2,70	2,64	2,69	2,63	2,73	2,56	2,65	3,5	3,6	4,8	5,2
F ₁₆ 9	2,53	2,52	2,56	2,57	2,55	2,62	2,69	2,68	2,66	2,66	2,64	2,71	2,73	2,68	2,69	2,66	2,70	2,68	2,73	2,69	2,66	2,73	2,70	2,68	2,69	4,6	5,7	5,8	5,8
F ₁₆ 10	2,54	2,43	2,63	2,52	2,53	2,57	2,47	2,64	2,59	2,57	2,57	2,50	2,67	2,66	2,60	2,61	2,50	2,62	2,67	2,60	2,51	2,61	2,67	2,62	2,60	1,5	2,8	2,8	2,9
PROM.	2,54					2,62					2,64					2,66					2,66					3	4	5	5
D.E.	0,06					0,06					0,06					0,06					0,07					1,2	1,1	1,0	1,0

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₇ 6	2,49	2,57	2,49	2,56	2,53	2,60	2,65	2,60	2,67	2,63	2,60	2,66	2,63	2,67	2,64	2,67	2,64	2,60	2,66	2,64	2,63	2,60	2,68	2,67	2,65	4,1	4,5	4,5	4,6
F ₁₇ 7	2,57	2,52	2,55	2,60	2,56	2,70	2,60	2,63	2,68	2,65	2,72	2,60	2,65	2,69	2,67	2,69	2,65	2,72	2,61	2,67	2,71	2,59	2,67	2,60	2,64	3,6	4,1	4,2	3,2
F ₁₇ 8	2,57	2,48	2,61	2,43	2,52	2,59	2,64	2,76	2,54	2,63	2,59	2,66	2,76	2,55	2,64	2,59	2,53	2,76	2,68	2,64	2,59	2,68	2,54	2,76	2,64	4,4	4,7	4,7	4,8
F ₁₇ 9	2,55	2,56	2,50	2,62	2,56	2,67	2,64	2,61	2,71	2,66	2,67	2,64	2,61	2,72	2,66	2,68	2,58	2,72	2,67	2,66	2,69	2,65	2,73	2,59	2,67	3,9	4,0	4,1	4,2
F ₁₇ 10	2,40	2,54	2,55	2,59	2,52	2,50	2,60	2,62	2,67	2,60	2,50	2,60	2,64	2,70	2,61	2,70	2,58	2,54	2,64	2,62	2,60	2,58	2,66	2,64	2,62	3,1	3,6	3,8	4,0
PROM.	2,54					2,63					2,64					2,65					2,64					4	4	4	4
D.E.	0,06					0,06					0,06					0,06					0,06					0,4	0,4	0,3	0,6

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses								
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	2h	24h	1 mes	2 meses
F ₁₈ 6	2,65	2,63	2,61	2,54	2,61	2,68	2,69	2,63	2,65	2,66	2,68	2,72	2,64	2,65	2,67	2,72	2,68	2,66	2,64	2,68	2,66	2,69	2,64	2,72	2,68	2,1	2,5	2,6	2,7
F ₁₈ 7	2,66	2,67	2,67	2,60	2,65	2,73	2,73	2,78	2,77	2,75	2,74	2,74	2,78	2,77	2,76	2,78	2,74	2,78	2,74	2,76	2,78	2,79	2,74	2,74	2,76	3,9	4,1	4,2	4,2
F ₁₈ 8	2,70	2,68	2,56	2,67	2,65	2,77	2,71	2,64	2,74	2,72	2,87	2,74	2,64	2,74	2,75	2,74	2,64	2,87	2,74	2,75	2,88	2,63	2,74	2,75	2,75	2,4	3,6	3,6	3,7
F ₁₈ 9	2,60	2,64	2,57	2,47	2,57	2,68	2,63	2,66	2,54	2,63	2,68	2,65	2,66	2,54	2,63	2,66	2,68	2,55	2,65	2,64	2,68	2,55	2,66	2,66	2,64	2,2	2,4	2,5	2,6
F ₁₈ 10	2,54	2,43	2,49	2,45	2,48	2,48	2,57	2,48	2,60	2,53	2,49	2,59	2,53	2,60	2,55	2,59	2,50	2,53	2,60	2,56	2,53	2,50	2,60	2,59	2,56	2,2	3,0	3,1	3,1
PROM.	2,59					2,66					2,67					2,67					2,68					3	3	3	3
D.E.	0,08					0,09					0,7	0,6	0,6	0,6															

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₁₉ 6	2,53	2,48	2,53	2,49	2,51	2,61	2,56	2,56	2,58	2,58	2,61	2,60	2,61	2,61	2,61	2,62	2,61	2,62	2,61	2,62	2,60	2,62	2,66	2,60	2,62	2,8	4,0	4,3	4,5
F ₁₉ 7	2,47	2,45	2,43	2,50	2,46	2,49	2,54	2,59	2,50	2,53	2,53	2,57	2,68	2,51	2,57	2,53	2,55	2,69	2,54	2,58	2,55	2,62	2,63	2,55	2,59	2,7	4,5	4,7	5,1
F ₁₉ 8	2,43	2,55	2,40	2,47	2,46	2,52	2,61	2,61	2,49	2,56	2,54	2,66	2,62	2,51	2,58	2,54	2,65	2,55	2,60	2,59	2,65	2,56	2,60	2,54	2,59	3,9	4,9	5,0	5,1
F ₁₉ 9	2,66	2,48	2,52	2,54	2,55	2,72	2,58	2,61	2,66	2,64	2,72	2,59	2,64	2,70	2,66	2,68	2,75	2,63	2,62	2,67	2,74	2,63	2,71	2,72	2,70	3,6	4,4	4,7	5,9
F ₁₉ 10	2,52	2,57	2,47	2,46	2,51	2,61	2,61	2,55	2,58	2,59	2,62	2,61	2,55	2,58	2,59	2,61	2,60	2,57	2,63	2,60	2,63	2,66	2,60	2,67	2,64	3,3	3,4	3,9	5,4
PROM.	2,50					2,58					2,60					2,61					2,63					3	4	5	5
D.E.	0,06					0,06					0,06					0,05					0,05					0,44	0,50	0,38	0,46

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₀ 6	2,57	2,56	2,61	2,53	2,57	2,61	2,69	2,67	2,58	2,64	2,61	2,71	2,69	2,59	2,65	2,69	2,65	2,71	2,59	2,66	2,69	2,68	2,55	2,72	2,66	2,7	3,2	3,6	3,6
F ₂₀ 7	2,63	2,68	2,59	2,80	2,68	2,73	2,72	2,61	2,87	2,73	2,74	2,72	2,62	2,90	2,75	2,63	2,72	2,74	2,90	2,75	2,74	2,72	2,64	2,90	2,75	2,1	2,6	2,7	2,8
F ₂₀ 8	2,54	2,49	2,46	2,62	2,53	2,65	2,53	2,53	2,68	2,60	2,72	2,59	2,56	2,68	2,64	2,57	2,59	2,68	2,72	2,64	2,57	2,61	2,72	2,68	2,65	2,8	4,4	4,5	4,6
F ₂₀ 9	2,41	2,52	2,45	2,61	2,50	2,46	2,55	2,52	2,62	2,54	2,47	2,57	2,52	2,64	2,55	2,58	2,58	2,63	2,48	2,57	2,58	2,54	2,68	2,52	2,58	1,6	2,1	2,8	3,3
F ₂₀ 10	2,53	2,68	2,67	2,59	2,62	2,57	2,75	2,78	2,64	2,69	2,59	2,75	2,80	2,72	2,72	2,60	2,75	2,80	2,72	2,72	2,76	2,80	2,61	2,72	2,72	2,6	3,7	3,8	4,0
PROM.	2,58					2,64					2,66					2,67					2,67					2	3	3	4
D.E.	0,09					0,10					0,10					0,09					0,09					0,44	0,79	0,65	0,63

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₁ 6	2,60	2,70	2,44	2,58	2,58	2,66	2,75	2,50	2,67	2,65	2,70	2,75	2,52	2,68	2,66	2,52	2,69	2,70	2,75	2,67	2,70	2,75	2,54	2,69	2,67	2,5	3,2	3,3	3,5
F ₂₁ 7	2,54	2,62	2,61	2,67	2,61	2,68	2,69	2,65	2,69	2,68	2,68	2,72	2,75	2,74	2,72	2,74	2,75	2,72	2,69	2,73	2,72	2,69	2,74	2,75	2,73	2,6	4,3	4,4	4,4
F ₂₁ 8	2,62	2,64	2,70	2,72	2,67	2,65	2,69	2,74	2,78	2,72	2,68	2,69	2,75	2,80	2,73	2,68	2,75	2,80	2,70	2,73	2,66	2,55	2,90	2,86	2,74	1,7	2,2	2,3	2,7
F ₂₁ 9	2,70	2,66	2,76	2,66	2,70	2,78	2,78	2,84	2,75	2,79	2,79	2,78	2,88	2,77	2,81	2,88	2,79	2,79	2,78	2,81	2,79	2,90	2,82	2,92	2,86	3,4	4,1	4,3	6,0
F ₂₁ 10	2,71	2,73	2,67	2,66	2,69	2,74	2,81	2,67	2,78	2,75	2,74	2,87	2,71	2,80	2,78	2,75	2,87	2,71	2,80	2,78	2,74	2,89	2,80	2,71	2,79	2,1	3,2	3,3	3,4
PROM.	2,65					2,72					2,74					2,74					2,76					2	3	4	4
D.E.	0,07					0,07					0,08					0,07					0,10					0,58	0,73	0,75	1,14

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₂ 6	2,53	2,48	2,51	2,43	2,49	2,53	2,53	2,58	2,53	2,54	2,56	2,59	2,66	2,54	2,59	2,66	2,55	2,56	2,59	2,59	2,59	2,56	2,55	2,66	2,59	2,2	4,0	4,1	4,1
F ₂₂ 7	2,51	2,53	2,49	2,46	2,50	2,56	2,62	2,59	2,55	2,58	2,60	2,65	2,62	2,58	2,61	2,54	2,68	2,61	2,61	2,61	2,61	2,63	2,68	2,61	2,63	3,3	4,6	4,5	5,4
F ₂₂ 8	2,49	2,46	2,47	2,52	2,49	2,55	2,57	2,56	2,58	2,57	2,58	2,59	2,58	2,62	2,59	2,62	2,58	2,61	2,59	2,60	2,54	2,56	2,63	2,70	2,61	3,2	4,3	4,6	4,9
F ₂₂ 9	2,49	2,54	2,44	2,54	2,50	2,60	2,58	2,64	2,53	2,59	2,63	2,63	2,64	2,53	2,61	2,61	2,65	2,61	2,63	2,63	2,64	2,67	2,64	2,69	2,66	3,4	4,2	4,9	6,3
F ₂₂ 10	2,43	2,46	2,44	2,53	2,47	2,50	2,50	2,49	2,55	2,51	2,53	2,52	2,52	2,57	2,54	2,57	2,55	2,53	2,52	2,54	2,56	2,62	2,67	2,55	2,60	1,8	2,8	3,1	5,5
PROM.	2,49					2,56					2,59					2,59					2,62					3	4	4	5
D.E.	0,04					0,04					0,04					0,04					0,05					0,65	0,61	0,61	0,71

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₃ 6	2,54	2,46	2,66	2,53	2,55	2,60	2,50	2,73	2,63	2,62	2,65	2,58	2,76	2,65	2,66	2,65	2,58	2,76	2,65	2,66	2,60	2,65	2,65	2,76	2,67	2,6	4,4	4,4	4,6
F ₂₃ 7	2,51	2,57	2,56	2,50	2,54	2,53	2,61	2,63	2,53	2,58	2,54	2,61	2,66	2,59	2,60	2,66	2,58	2,61	2,55	2,60	2,59	2,55	2,66	2,61	2,60	1,6	2,6	2,6	2,7
F ₂₃ 8	2,49	2,52	2,50	2,52	2,51	2,54	2,56	2,54	2,64	2,57	2,55	2,56	2,59	2,70	2,60	2,59	2,70	2,56	2,55	2,60	2,53	2,57	2,71	2,60	2,60	2,5	3,7	3,7	3,8
F ₂₃ 9	2,54	2,59	2,50	2,57	2,55	2,61	2,65	2,53	2,60	2,60	2,61	2,68	2,57	2,66	2,63	2,62	2,67	2,58	2,68	2,64	2,62	2,75	2,66	2,55	2,65	1,9	3,1	3,4	3,7
F ₂₃ 10	2,56	2,57	2,57	2,51	2,55	2,68	2,56	2,59	2,61	2,61	2,68	2,56	2,60	2,62	2,62	2,63	2,64	2,60	2,62	2,62	2,68	2,54	2,68	2,66	2,64	2,3	2,4	2,7	3,4
PROM.	2,54					2,59					2,62					2,62					2,63					2	3	3	4
D.E.	0,04					0,06					0,06					0,05					0,07					0,40	0,73	0,67	0,63

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₄ 6	2,52	2,46	2,65	2,52	2,54	2,58	2,50	2,69	2,54	2,58	2,58	2,50	2,71	2,55	2,59	2,60	2,45	2,70	2,59	2,59	2,52	2,56	2,58	2,69	2,59	1,6	1,9	1,9	2,0
F ₂₄ 7	2,45	2,68	2,62	2,68	2,61	2,48	2,72	2,69	2,73	2,66	2,49	2,72	2,69	2,74	2,66	2,72	2,74	2,70	2,49	2,66	2,73	2,48	2,79	2,66	2,67	1,8	2,0	2,1	2,2
F ₂₄ 8	2,65	2,72	2,71	2,71	2,70	2,72	2,80	2,79	2,81	2,78	2,74	2,82	2,81	2,83	2,80	2,81	2,78	2,82	2,83	2,81	2,78	2,84	2,83	2,88	2,83	3,1	3,8	4,2	5,0
F ₂₄ 9	2,67	2,71	2,64	2,60	2,66	2,74	2,76	2,72	2,69	2,73	2,76	2,77	2,73	2,69	2,74	2,69	2,78	2,77	2,79	2,76	2,95	2,75	2,77	2,82	2,82	2,7	3,1	3,9	6,3
F ₂₄ 10	2,67	2,73	2,69	2,80	2,72	2,67	2,80	2,77	2,85	2,77	2,67	2,80	2,77	2,86	2,78	2,81	2,67	2,86	2,78	2,78	2,73	2,69	2,85	2,89	2,79	1,8	1,9	2,1	2,5
PROM.	2,64					2,70					2,71					2,72					2,74					2	3	3	4
D.E.	0,09					0,10					0,10					0,11					0,13					0,58	0,78	0,98	1,74

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₅ 6	2,58	2,42	2,49	2,52	2,50	2,68	2,49	2,56	2,60	2,58	2,70	2,49	2,59	2,63	2,60	2,56	2,57	2,63	2,78	2,64	2,65	2,63	2,72	2,65	2,66	3,2	4,0	5,3	6,4
F ₂₅ 7	2,45	2,57	2,58	2,60	2,55	2,52	2,63	2,68	2,69	2,63	2,55	2,64	2,69	2,70	2,65	2,65	2,63	2,68	2,70	2,67	2,64	2,65	2,70	2,68	2,67	3,1	3,7	4,5	4,6
F ₂₅ 8	2,54	2,58	2,55	2,56	2,56	2,62	2,54	2,62	2,62	2,60	2,65	2,57	2,62	2,65	2,62	2,62	2,58	2,65	2,65	2,63	2,56	2,67	2,65	2,64	2,63	1,7	2,5	2,6	2,8
F ₂₅ 9	2,54	2,54	2,57	2,57	2,56	2,62	2,61	2,64	2,63	2,63	2,64	2,66	2,67	2,67	2,66	2,72	2,67	2,62	2,72	2,68	2,65	2,68	2,72	2,70	2,69	2,7	4,1	5,0	5,2
F ₂₅ 10	2,54	2,48	2,45	2,49	2,49	2,52	2,59	2,58	2,52	2,55	2,56	2,60	2,63	2,54	2,58	2,57	2,60	2,69	2,69	2,64	2,61	2,69	2,57	2,69	2,64	2,5	3,7	5,9	6,0
PROM.	2,53					2,60					2,62					2,65					2,66					3	4	5	5
D.E.	0,05					0,06					0,06					0,06					0,04					0,56	0,56	1,11	1,25

Código probeta	Espesor (mm)																									Hinchamiento (%)			
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₆ 6	2,62	2,61	2,62	2,51	2,59	2,65	2,72	2,79	2,59	2,69	2,68	2,72	2,79	2,60	2,70	2,79	2,72	2,68	2,60	2,70	2,72	2,68	2,79	2,62	2,70	3,8	4,2	4,2	4,3
F ₂₆ 7	2,56	2,57	2,57	2,64	2,59	2,58	2,58	2,63	2,68	2,62	2,60	2,68	2,65	2,68	2,65	2,68	2,69	2,65	2,61	2,66	2,62	2,65	2,68	2,69	2,66	1,3	2,6	2,8	2,9
F ₂₆ 8	2,51	2,43	2,55	2,54	2,51	2,55	2,55	2,60	2,62	2,58	2,56	2,54	2,62	2,62	2,59	2,62	2,57	2,62	2,55	2,59	2,52	2,60	2,60	2,66	2,60	2,9	3,1	3,3	3,5
F ₂₆ 9	2,55	2,59	2,57	2,54	2,56	2,61	2,61	2,66	2,70	2,65	2,63	2,74	2,70	2,70	2,69	2,64	2,70	2,70	2,74	2,70	2,66	2,72	2,71	2,73	2,71	3,2	5,1	5,2	5,6
F ₂₆ 10	2,59	2,57	2,61	2,60	2,59	2,62	2,62	2,65	2,65	2,64	2,65	2,64	2,74	2,68	2,68	2,66	2,68	2,72	2,68	2,69	2,70	2,72	2,72	2,75	2,72	1,6	3,3	3,6	5,0
PROM.	2,57					2,63					2,66					2,67					2,68					3	4	4	4
D.E.	0,05					0,06					0,95	0,87	0,81	0,97															

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)																								Hinchamiento (%)				
	Inicial					2h					24h					1 mes					2 meses					2h	24h	1 mes	2 meses
	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom	e1	e2	e3	e4	prom				
F ₂₇ 6	2,68	2,62	2,76	2,69	2,69	2,75	2,68	2,81	2,72	2,74	2,77	2,72	2,90	2,78	2,79	2,76	2,72	2,90	2,81	2,80	2,80	2,87	2,86	2,76	2,82	2,0	3,9	4,1	5,0
F ₂₇ 7	2,40	2,44	2,54	2,51	2,47	2,54	2,43	2,58	2,59	2,54	2,67	2,48	2,59	2,61	2,59	2,61	2,67	2,59	2,48	2,59	2,62	2,67	2,48	2,59	2,59	2,5	4,7	4,7	4,8
F ₂₇ 8	2,77	2,78	2,75	2,68	2,75	2,80	2,83	2,94	2,73	2,83	2,81	2,84	2,94	2,74	2,83	2,87	2,81	2,85	2,80	2,83	2,83	2,84	2,87	2,80	2,84	2,9	3,2	3,2	3,3
F ₂₇ 9	2,62	2,64	2,68	2,59	2,63	2,68	2,72	2,76	2,66	2,71	2,73	2,80	2,77	2,68	2,75	2,72	2,77	2,76	2,76	2,75	2,74	2,79	2,75	2,84	2,78	2,8	4,3	4,6	5,6
F ₂₇ 10	2,66	2,61	2,62	2,62	2,63	2,70	2,65	2,65	2,64	2,66	2,73	2,67	2,78	2,70	2,72	2,75	2,78	2,69	2,71	2,73	2,70	2,72	2,79	2,79	2,75	1,2	3,5	4,0	4,7
PROM.	2,63					2,69					2,74					2,74					2,76					2	4	4	5
D.E.	0,10					0,11					0,10					0,10					0,10					0,61	0,52	0,52	0,77

ANEXO 8
DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MOR Y MOE EN TENSIÓN.

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁ 1	2,66	13,53	35,990	422,5958	493,7698	115	11,74	13,72	0,89
F ₁ 2	2,72	13,43	36,530	444,8377	513,7875	115	12,18	14,06	0,88
F ₁ 3	2,54	13,47	34,214	355,8701	453,7344	115	10,40	13,26	1,15
F ₁ 4	2,61	13,51	35,261	364,7669	487,0973	115	10,34	13,81	1,00
F ₁ 5	2,56	13,39	34,278	444,8377	522,6843	115	12,98	15,25	0,94
PROMEDIO	2,62	13,47	35,25				11,53	14,02	0,97
D.E.	0,07	0,05	0,92				1,02	0,67	0,10

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₂ 1	2,65	13,36	35,404	489,3214	567,1680	115	13,82	16,02	0,58
F ₂ 2	2,50	13,48	33,700	444,8377	556,0471	115	13,20	16,50	1,03
F ₂ 3	2,53	13,33	33,725	453,7344	580,5132	115	13,45	17,21	1,19
F ₂ 4	2,51	13,31	33,408	467,0796	567,1680	115	13,98	16,98	1,05
F ₂ 5	2,57	13,32	34,232	511,5633	582,7374	115	14,94	17,02	0,83
PROMEDIO	2,55	13,36	34,09				13,88	16,75	0,94
D.E.	0,05	0,06	0,71				0,60	0,43	0,21

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₃ 1	2,67	13,65	36,446	400,3539	491,5456	115	10,99	13,49	0,84
F ₃ 2	2,55	13,61	34,706	533,8052	636,1179	115	15,38	18,33	0,70
F ₃ 3	2,70	13,45	36,315	511,5633	540,4778	115	14,09	14,88	1,09
F ₃ 4	2,50	13,66	34,150	467,0796	611,6518	115	13,68	17,91	0,94
F ₃ 5	2,54	13,55	34,417	542,7020	649,4630	115	15,77	18,87	0,70
PROMEDIO	2,59	13,58	35,21				13,98	16,70	0,85
D.E.	0,08	0,08	0,98				1,69	2,12	0,15

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₄ 1	2,49	13,34	33,2166	297,1516	391,4572	115	8,95	11,78	0,87
F ₄ 2	2,69	13,35	35,9115	266,9026	344,7492	115	7,43	9,60	0,65
F ₄ 3	2,67	13,38	35,7246	333,6283	433,7167	115	9,34	12,14	0,73
F ₄ 4	2,62	13,41	35,1342	311,3864	402,5781	115	8,86	11,46	0,71
F ₄ 5	2,55	13,35	34,0425	355,8701	442,6135	115	10,45	13,00	0,66
PROMEDIO	2,60	13,37	34,81				9,01	11,60	0,72
D.E.	0,07	0,03	1,03				0,97	1,12	0,08

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₅ 1	2,50	13,35	33,375	378,1120	469,3037	115	11,33	14,06	0,65
F ₅ 2	2,53	13,31	33,6743	355,8701	464,8554	115	10,57	13,80	0,68
F ₅ 3	2,50	13,35	33,375	289,1445	409,2507	115	8,66	12,26	0,66
F ₅ 4	2,56	13,28	33,9968	293,5929	375,8878	115	8,64	11,06	0,65
F ₅ 5	2,58	13,33	34,3914	355,8701	462,6312	115	10,35	13,45	0,51
PROMEDIO	2,53	13,32	33,76				9,91	12,93	0,63
D.E.	0,03	0,03	0,39				1,08	1,12	0,06

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₆ 1	2,55	13,30	33,92	369,2153	458,1828	115	10,89	13,51	0,49
F ₆ 2	2,49	13,23	32,94	422,5958	533,8052	115	12,83	16,20	0,60
F ₆ 3	2,45	13,28	32,54	435,9409	531,5810	115	13,40	16,34	0,57
F ₆ 4	2,49	13,27	33,04	444,8377	531,5810	115	13,46	16,09	0,51
F ₆ 5	2,47	13,36	33,00	422,5958	513,7875	115	12,81	15,57	0,53
PROMEDIO	2,49	13,29	33,09				12,68	15,54	0,54
D.E.	0,03	0,04	0,45				0,94	1,05	0,04

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₇ 1	2,51	13,34	33,483	311,3864	455,9586	115	9,30	13,62	0,68
F ₇ 2	2,60	13,33	34,658	311,3864	402,5781	115	8,98	11,62	0,57
F ₇ 3	2,53	13,34	33,750	333,6283	464,8554	115	9,89	13,77	0,67
F ₇ 4	2,50	13,34	33,350	326,9557	480,4247	115	9,80	14,41	1,07
F ₇ 5	2,46	13,34	32,816	400,3539	531,5810	115	12,20	16,20	0,65
PROMEDIO	2,52	13,34	33,61				10,03	13,92	0,73
D.E.	0,05	0,00	0,61				1,13	1,47	0,17

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₈ 1	2,57	13,38	34,387	355,8701	480,4247	115	10,35	13,97	0,59
F ₈ 2	2,52	13,25	33,390	400,3539	480,4247	115	11,99	14,39	0,53
F ₈ 3	2,59	13,35	34,577	355,8701	491,5456	115	10,29	14,22	0,60
F ₈ 4	2,64	13,29	35,086	355,8701	429,2684	115	10,14	12,23	0,55
F ₈ 5	2,55	13,28	33,864	333,6283	464,8554	115	9,85	13,73	0,60
PROMEDIO	2,57	13,31	34,26				10,53	13,71	0,57
D.E.	0,04	0,05	0,59				0,75	0,77	0,03

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₉ 1	2,61	13,24	34,556	311,3864	571,6164	115	9,01	16,54	0,54
F ₉ 2	2,60	13,27	34,502	444,8377	455,9586	115	12,89	13,22	0,49
F ₉ 3	2,77	13,17	36,481	444,8377	578,2890	115	12,19	15,85	0,45
F ₉ 4	2,57	13,22	33,975	444,8377	573,8406	115	13,09	16,89	0,79
F ₉ 5	2,62	13,21	34,610	422,5958	556,0471	115	12,21	16,07	0,74
PROMEDIO	2,63	13,22	34,82				11,88	15,71	0,60
D.E.	0,07	0,03	0,86				1,48	1,30	0,14

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₁₀ 1	2,57	12,91	33,179	346,9734	471,5279	115	10,46	14,21	0,80
F ₁₀ 2	2,63	12,86	33,822	364,7669	473,7521	115	10,78	14,01	0,81
F ₁₀ 3	2,64	12,87	33,977	311,3864	429,2684	115	9,16	12,63	0,73
F ₁₀ 4	2,63	12,81	33,690	280,2477	389,2330	115	8,32	11,55	0,88
F ₁₀ 5	2,65	12,89	34,159	355,8701	462,6312	115	10,42	13,54	0,86
PROMEDIO	2,62	12,87	33,77				9,83	13,19	0,82
D.E.	0,03	0,03	0,33				0,94	0,98	0,05

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁₁ 1	2,79	12,97	36,186	346,9734	447,0619	115	9,59	12,35	0,80
F ₁₁ 2	2,50	12,96	32,400	355,8701	438,1651	115	10,98	13,52	0,75
F ₁₁ 3	2,67	12,83	34,256	355,8701	449,2861	115	10,39	13,12	0,71
F ₁₁ 4	2,72	12,93	35,170	378,1120	502,6666	115	10,75	14,29	0,84
F ₁₁ 5	2,49	12,81	31,897	346,9734	420,3716	115	10,88	13,18	1,07
PROMEDIO	2,63	12,90	33,98				10,52	13,29	0,84
D.E.	0,12	0,07	1,62				0,51	0,63	0,13

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁₂ 1	2,72	12,86	34,979	355,8701	473,7521	115	10,17	13,54	0,90
F ₁₂ 2	2,52	12,78	32,206	467,0796	527,1326	115	14,50	16,37	0,71
F ₁₂ 3	2,43	12,81	31,128	391,4572	567,1680	115	12,58	18,22	1,09
F ₁₂ 4	2,47	12,80	31,616	391,4572	511,5633	115	12,38	16,18	0,78
F ₁₂ 5	2,58	12,88	33,230	444,8377	551,5987	115	13,39	16,60	0,62
PROMEDIO	2,54	12,83	32,63				12,60	16,18	0,82
D.E.	0,10	0,04	1,37				1,43	1,50	0,17

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁₃ 1	2,64	13,43	35,455	289,1445	362,5427	115	8,16	10,23	0,66
F ₁₃ 2	2,67	13,48	35,992	355,8701	447,0619	115	9,89	12,42	0,62
F ₁₃ 3	2,72	13,5	36,720	355,8701	431,4925	115	9,69	11,75	0,70
F ₁₃ 4	2,73	13,48	36,800	355,8701	458,1828	115	9,67	12,45	0,67
F ₁₃ 5	2,65	13,54	35,881	400,3539	460,4070	115	11,16	12,83	0,84
PROMEDIO	2,68	13,49	36,17				9,71	11,94	0,70
D.E.	0,04	0,04	0,52				0,95	0,92	0,08

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁₄ 1	2,74	13,54	37,100	364,7669	482,6489	115	9,83	13,01	0,78
F ₁₄ 2	2,70	13,36	36,072	378,1120	440,3893	115	10,48	12,21	0,82
F ₁₄ 3	2,62	13,45	35,239	378,1120	522,6843	115	10,73	14,83	0,84
F ₁₄ 4	2,71	13,38	36,260	387,0088	495,9940	115	10,67	13,68	0,64
F ₁₄ 5	2,75	13,42	36,905	333,6283	489,3214	115	9,04	13,26	0,91
PROMEDIO	2,70	13,43	36,32				10,15	13,40	0,80
D.E.	0,05	0,06	0,66				0,64	0,86	0,09

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁₅ 1	2,80	13,08	36,624	422,5958	531,5810	115	11,54	14,51	0,76
F ₁₅ 2	2,61	13,13	34,269	346,9734	493,7698	115	10,12	14,41	0,78
F ₁₅ 3	2,60	13,10	34,060	244,6607	398,1297	115	7,18	11,69	0,71
F ₁₅ 4	2,77	13,09	36,259	289,1445	424,8200	115	7,97	11,72	0,63
F ₁₅ 5	2,54	13,12	33,325	311,3864	453,7344	115	9,34	13,62	0,77
PROMEDIO	2,66	13,10	34,91				9,23	13,19	0,73
D.E.	0,10	0,02	1,30				1,54	1,25	0,05

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁₆ 1	2,65	13,90	36,835	311,3864	455,9586	115	8,45	12,38	0,60
F ₁₆ 2	2,62	13,94	36,523	289,1445	382,5604	115	7,92	10,47	0,64
F ₁₆ 3	2,60	13,83	35,958	355,8701	431,4925	115	9,90	12,00	0,65
F ₁₆ 4	2,51	13,73	34,462	266,9026	344,7492	115	7,74	10,00	0,60
F ₁₆ 5	2,75	13,86	38,115	289,1445	427,0442	115	7,59	11,20	0,69
PROMEDIO	2,63	13,85	36,38				8,32	11,21	0,64
D.E.	0,08	0,07	1,19				0,84	0,89	0,03

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₁₇ 1	2,55	13,39	34,145	391,4572	482,6489	115	11,46	14,14	0,65
F ₁₇ 2	2,51	13,45	33,760	364,7669	449,2861	115	10,80	13,31	0,73
F ₁₇ 3	2,67	13,45	35,912	355,8701	460,4070	115	9,91	12,82	0,76
F ₁₇ 4	2,61	13,45	35,105	378,1120	513,7875	115	10,77	14,64	0,79
F ₁₇ 5	2,62	13,40	35,108	355,8701	471,5279	115	10,14	13,43	0,82
PROMEDIO	2,59	13,43	34,81				10,62	13,67	0,75
D.E.	0,06	0,03	0,77				0,55	0,64	0,06

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₁₈ 1	2,61	13,31	34,739	355,8701	415,9232	115	10,24	11,97	0,80
F ₁₈ 2	2,80	13,29	37,212	355,8701	480,4247	115	9,56	12,91	0,87
F ₁₈ 3	2,75	13,20	36,300	378,1120	500,4424	115	10,42	13,79	1,00
F ₁₈ 4	2,72	13,28	36,122	400,3539	491,5456	115	11,08	13,61	0,68
F ₁₈ 5	2,74	13,27	36,360	333,6283	447,0619	115	9,18	12,30	0,94
PROMEDIO	2,72	13,27	36,15				10,10	12,91	0,86
D.E.	0,06	0,04	0,80				0,67	0,71	0,11

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₁₉ 1	2,62	13,34	34,951	266,9026	409,2507	115	7,64	11,71	0,80
F ₁₉ 2	2,55	13,32	33,966	355,8701	440,3893	115	10,48	12,97	0,86
F ₁₉ 3	2,54	13,34	33,884	355,8701	462,6312	115	10,50	13,65	0,86
F ₁₉ 4	2,58	13,34	34,417	302,4896	375,8878	115	8,79	10,92	0,60
F ₁₉ 5	2,54	13,31	33,807	244,6607	409,2507	115	7,24	12,11	0,74
PROMEDIO	2,57	13,33	34,205				8,93	12,27	0,78
D.E.	0,03	0,01	0,43				1,37	0,95	0,10

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm ²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₂₀ 1	2,56	13,24	33,894	355,8701	573,8406	115	10,50	16,93	0,86
F ₂₀ 2	2,58	13,26	34,211	444,8377	569,3922	115	13,00	16,64	0,69
F ₂₀ 3	2,65	13,35	35,378	444,8377	613,8760	115	12,57	17,35	0,84
F ₂₀ 4	2,64	13,26	35,006	422,5958	609,4276	115	12,07	17,41	0,83
F ₂₀ 5	2,63	13,27	34,900	378,1120	544,9262	115	10,83	15,61	0,85
PROMEDIO	2,61	13,28	34,68				11,80	16,79	0,81
D.E.	0,04	0,04	0,54				0,97	0,65	0,06

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₂₁ 1	2,49	13,25	32,993	355,8701	569,3922	115	10,79	17,26	0,75
F ₂₁ 2	2,57	13,29	34,155	355,8701	631,6695	115	10,42	18,49	0,70
F ₂₁ 3	2,47	13,30	32,851	422,5958	647,2388	115	12,86	19,70	0,91
F ₂₁ 4	2,57	13,33	34,258	311,3864	658,3598	115	9,09	19,22	0,65
F ₂₁ 5	2,52	13,24	33,365	422,5958	638,3421	115	12,67	19,13	0,83
PROMEDIO	2,52	13,28	33,52				11,16	18,76	0,77
D.E.	0,04	0,03	0,58				1,42	0,84	0,09

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₂₂ 1	2,58	13,36	34,469	289,1445	395,9055	115	8,39	11,49	0,74
F ₂₂ 2	2,44	13,40	32,696	266,9026	418,1474	115	8,16	12,79	0,72
F ₂₂ 3	2,45	13,40	32,830	311,3864	458,1828	115	9,48	13,96	0,95
F ₂₂ 4	2,54	13,36	33,934	244,6607	424,8200	115	7,21	12,52	0,62
F ₂₂ 5	2,59	13,36	34,602	311,3864	433,7167	115	9,00	12,53	0,68
PROMEDIO	2,52	13,38	33,71				8,45	12,66	0,74
D.E.	0,06	0,02	0,80				0,77	0,79	0,11

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₂₃ 1	2,66	13,3	35,378	355,8701	458,1828	115	10,06	12,95	0,69
F ₂₃ 2	2,61	13,27	34,635	355,8701	573,8406	115	10,27	16,57	0,79
F ₂₃ 3	2,51	13,31	33,408	355,8701	449,2861	115	10,65	13,45	0,71
F ₂₃ 4	2,68	13,32	35,698	422,5958	551,5987	115	11,84	15,45	0,60
F ₂₃ 5	2,65	13,36	35,404	333,6283	482,6489	115	9,42	13,63	0,55
PROMEDIO	2,62	13,31	34,90				10,45	14,41	0,67
D.E.	0,06	0,03	0,83				0,80	1,37	0,09

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Sección (mm²)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₂₄ 1	2,54	13,23	33,604	378,1120	553,8229	115	11,25	16,48	0,85
F ₂₄ 2	2,56	13,24	33,894	333,6283	513,7875	115	9,84	15,16	0,65
F ₂₄ 3	2,62	13,21	34,610	355,8701	438,1651	115	10,28	12,66	0,74
F ₂₄ 4	2,65	13,22	35,033	378,1120	607,2034	115	10,79	17,33	0,80
F ₂₄ 5	2,70	13,21	35,667	346,9734	478,2005	115	9,73	13,41	0,83
PROMEDIO	2,61	13,22	34,56				10,38	15,01	0,77
D.E.	0,06	0,01	0,75				0,58	1,77	0,07

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₂₅ 1	2,53	13,42	33,953	200,1770	366,9911	115	5,90	10,81	0,57
F ₂₅ 2	2,63	13,35	35,111	200,1770	364,7669	115	5,70	10,39	0,60
F ₂₅ 3	2,65	13,41	35,537	289,1445	380,3362	115	8,14	10,70	0,64
F ₂₅ 4	2,58	13,39	34,546	266,9026	358,0943	115	7,73	10,37	0,83
F ₂₅ 5	2,63	13,35	35,111	266,9026	387,0088	115	7,60	11,02	0,75
PROMEDIO	2,60	13,38	34,85				7,01	10,66	0,68
D.E.	0,04	0,03	0,55				1,01	0,25	0,10

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₂₆ 1	2,54	13,37	33,960	275,7994	444,8377	115	8,12	13,10	0,80
F ₂₆ 2	2,54	13,31	33,807	333,6283	391,4572	115	9,87	11,58	0,66
F ₂₆ 3	2,59	13,29	34,421	311,3864	449,2861	115	9,05	13,05	0,64
F ₂₆ 4	2,64	13,34	35,218	355,8701	495,9940	115	10,10	14,08	0,68
F ₂₆ 5	2,68	13,30	35,644	378,1120	500,4424	115	10,61	14,04	0,76
PROMEDIO	2,60	13,32	34,61				9,55	13,17	0,71
D.E.	0,06	0,03	0,71				0,87	0,91	0,06

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Sección (mm²)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₂₇ 1	2,65	12,69	33,629	355,8701	529,3568	115	10,58	15,74	0,89
F ₂₇ 2	2,63	12,76	33,559	311,3864	422,5958	115	9,28	12,59	0,88
F ₂₇ 3	2,74	12,57	34,442	422,5958	587,1857	115	12,27	17,05	0,84
F ₂₇ 4	2,65	12,68	33,602	355,8701	453,7344	115	10,59	13,50	0,94
F ₂₇ 5	2,75	12,61	34,678	333,6283	415,9232	115	9,62	11,99	0,82
PROMEDIO	2,68	12,66	33,98				10,47	14,18	0,87
D.E.	0,05	0,07	0,48				1,04	1,92	0,04

ANEXO 9
DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MOR Y MOE EN FLEXIÓN ESTÁTICA.

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>m (N/mm)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>
F ₁ 1	2,52	12,29	25,3557	35,5870	13,4900	41,6	20,27	28,45	1,23
F ₁ 2	2,56	12,42	22,2419	37,8112	13,4718	41,6	17,05	28,99	1,16
F ₁ 3	2,48	12,39	24,4661	37,8112	13,7604	41,6	20,03	30,96	1,31
F ₁ 4	2,44	12,52	24,4661	40,0354	13,1949	41,6	20,48	33,52	1,31
F ₁ 5	2,56	12,43	24,4661	37,8112	14,5944	41,6	18,74	28,96	1,26
PROMEDIO	2,51	12,41	24,20	37,81	13,70	41,60	19,32	30,18	1,25
D.E.	0,05	0,07	1,04	1,41	0,48	0,00	1,28	1,88	0,05

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>m (N/mm)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (Gpa)</i>
F ₂ 1	2,58	12,43	26,6903	44,4838	16,1661	41,6	20,13	33,55	1,36
F ₂ 2	2,65	12,39	26,6903	42,2596	14,2000	41,6	19,14	30,31	1,11
F ₂ 3	2,62	12,46	25,3557	37,8112	11,4742	41,6	18,50	27,59	0,92
F ₂ 4	2,71	12,36	25,8006	42,2596	14,5110	41,6	17,74	29,05	1,06
F ₂ 5	2,60	12,40	24,4661	42,2596	13,0166	41,6	18,21	31,46	1,07
PROMEDIO	2,63	12,41	25,80	41,81	13,87	41,60	18,74	30,39	1,11
D.E.	0,05	0,03	0,84	2,18	1,57	0,00	0,83	2,04	0,14

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>m (N/mm)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (Gpa)</i>
F ₃ 1	2,62	12,30	28,0248	42,2596	11,03338	41,6	20,71	31,23	0,90
F ₃ 2	2,53	12,34	24,4661	40,0354	12,04039	41,6	19,33	31,63	1,08
F ₃ 3	2,88	12,38	26,6903	46,7080	15,0114	41,6	16,22	28,38	0,91
F ₃ 4	2,86	12,50	28,9144	44,4838	14,05388	41,6	17,65	27,15	0,86
F ₃ 5	2,73	12,39	23,5764	37,8112	12,54331	41,6	15,93	25,55	0,90
PROMEDIO	2,72	12,38	26,33	42,26	12,94	41,60	17,97	28,79	0,93
D.E.	0,14	0,07	2,04	3,15	1,42	0,00	1,83	2,34	0,08

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>m (N/mm)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (Gpa)</i>
F ₄ 1	2,65	12,47	22,2419	33,3628	15,09767	41,6	15,85	23,77	1,17
F ₄ 2	2,52	12,47	22,2419	37,8112	15,92118	41,6	17,53	29,79	1,44
F ₄ 3	2,66	12,46	26,6903	42,2596	15,0114	41,6	18,89	29,91	1,15
F ₄ 4	2,54	12,48	22,2419	24,4661	13,26765	41,6	17,24	18,96	1,17
F ₄ 5	2,57	12,43	22,2419	37,8112	14,59441	41,6	16,91	28,74	1,24
PROMEDIO	2,59	12,46	23,13	35,14	14,78	41,60	17,28	26,24	1,23
D.E.	0,06	0,02	1,78	6,03	0,87	0,00	0,98	4,28	0,11

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₅ 1	2,58	12,47	24,4661	40,0354	13,37821	41,6	18,39	30,10	1,12
F ₅ 2	2,72	12,49	22,2419	37,8112	12,69079	41,6	15,02	25,53	0,91
F ₅ 3	2,58	12,41	24,4661	40,0354	12,84308	41,6	18,48	30,24	1,08
F ₅ 4	2,62	12,43	24,4661	40,0354	13,37821	41,6	17,89	29,28	1,08
F ₅ 5	2,64	12,38	22,2419	40,0354	14,59441	41,6	16,09	28,95	1,15
PROMEDIO	2,63	12,44	23,58	39,59	13,38	41,60	17,17	28,82	1,07
D.E.	0,05	0,04	1,09	0,89	0,67	0,00	1,38	1,71	0,09

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₆ 1	2,64	12,32	33,3628	46,7080	13,8263	41,6	24,25	33,94	1,10
F ₆ 2	2,52	12,34	24,4661	40,0354	11,6052	41,6	19,48	31,88	1,06
F ₆ 3	2,55	12,26	27,5799	44,4838	12,4807	41,6	21,59	34,82	1,10
F ₆ 4	2,43	12,36	26,6903	40,0354	11,0610	41,6	22,82	34,23	1,12
F ₆ 5	2,52	12,41	33,3628	42,2596	11,2265	41,6	26,42	33,46	1,02
PROMEDIO	2,53	12,34	29,09	42,70	12,04	41,60	22,91	33,67	1,08
D.E.	0,07	0,05	3,63	2,59	1,02	0,00	2,35	1,00	0,04

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₇ 1	2,59	12,37	22,2419	35,5870	13,26765	41,6	16,73	26,76	1,11
F ₇ 2	2,52	12,39	25,8006	33,3628	13,36541	41,6	20,46	26,46	1,21
F ₇ 3	2,59	12,50	26,6903	37,8112	14,59441	41,6	19,86	28,14	1,21
F ₇ 4	2,50	12,50	26,6903	35,5870	12,36233	41,6	21,32	28,42	1,14
F ₇ 5	2,57	12,40	20,0177	35,5870	12,91964	41,6	15,25	27,11	1,10
PROMEDIO	2,55	12,43	24,29	35,59	13,30	41,60	18,72	27,38	1,16
D.E.	0,04	0,06	2,69	1,41	0,74	0,00	2,33	0,77	0,05

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₈ 1	2,66	12,50	22,2419	37,8112	14,59441	41,6	15,69	26,68	1,12
F ₈ 2	2,54	12,39	26,6903	40,0354	14,59441	41,6	20,84	31,25	1,29
F ₈ 3	2,6	12,51	26,6903	42,2596	14,59441	41,6	19,69	31,18	1,19
F ₈ 4	2,57	12,45	28,9144	42,2596	12,64849	41,6	21,94	32,07	1,08
F ₈ 5	2,66	12,40	28,9144	44,4838	14,78395	41,6	20,56	31,64	1,14
PROMEDIO	2,61	12,45	26,69	41,37	14,24	41,60	19,75	30,56	1,16
D.E.	0,05	0,05	2,44	2,27	0,80	0,00	2,15	1,97	0,08

Continuación

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>m (N/mm)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (Gpa)</i>
F ₉ 1	2,69	12,40	27,5799	46,7080	14,47766	41,6	19,18	32,48	1,08
F ₉ 2	2,69	12,29	26,6903	44,4838	14,01064	41,6	18,73	31,21	1,05
F ₉ 3	2,71	12,47	28,9144	51,1563	16,99051	41,6	19,70	34,86	1,23
F ₉ 4	2,75	12,43	31,1386	42,2596	14,59441	41,6	20,67	28,05	1,02
F ₉ 5	2,79	12,26	32,4732	46,7080	13,60075	41,6	21,23	30,54	0,92
PROMEDIO	2,73	12,37	29,36	46,26	14,73	41,60	19,90	31,43	1,06
D.E.	0,04	0,08	2,16	2,95	1,18	0,00	0,93	2,24	0,10

<i>Código probeta</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Ancho (mm)</i>	<i>Carga al límite proporcional (N)</i>	<i>Carga máxima (N)</i>	<i>m (N/mm)</i>	<i>Luz (mm)</i>	<i>Esfuerzo al límite proporcional (MPa)</i>	<i>Resistencia máxima (MPa)</i>	<i>Módulo de elasticidad (Gpa)</i>
F ₁₀ 1	2,60	12,46	20,0177	37,8112	15,7620	41,6	14,83	28,01	1,30
F ₁₀ 2	2,50	12,44	33,3628	42,2596	13,5412	41,6	26,78	33,92	1,25
F ₁₀ 3	2,58	12,51	33,3628	40,0354	13,0049	41,6	25,00	30,00	1,09
F ₁₀ 4	2,66	12,44	28,9144	42,2596	13,5520	41,6	20,50	29,96	1,04
F ₁₀ 5	2,65	12,38	24,4661	37,8112	12,1928	41,6	17,56	27,14	0,95
PROMEDIO	2,60	12,45	28,02	40,04	13,61	41,60	20,93	29,81	1,13
D.E.	0,06	0,04	5,19	1,99	1,18	0,00	4,46	2,34	0,13

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₁ 1	2,61	12,47	24,4661	37,8112	13,3782	41,6	17,97	27,78	1,09
F ₁₁ 2	2,62	12,43	24,4661	37,8112	13,1949	41,6	17,89	27,65	1,06
F ₁₁ 3	2,61	12,40	24,4661	37,8112	11,3321	41,6	18,07	27,93	0,93
F ₁₁ 4	2,56	12,47	23,1316	35,5870	12,1426	41,6	17,66	27,17	1,04
F ₁₁ 5	2,56	12,40	22,2419	40,0354	13,0696	41,6	17,08	30,74	1,13
PROMEDIO	2,59	12,43	23,75	37,81	12,62	41,60	17,74	28,25	1,05
D.E.	0,03	0,03	0,92	1,41	0,77	0,00	0,36	1,27	0,07

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₂ 1	2,52	12,51	24,4661	42,2596	13,1949	41,6	19,22	33,19	1,19
F ₁₂ 2	2,34	12,49	26,6903	37,8112	10,5080	41,6	24,35	34,50	1,18
F ₁₂ 3	2,77	12,48	26,6903	40,0354	12,5095	41,6	17,39	26,09	0,85
F ₁₂ 4	2,64	12,49	31,1386	48,9321	14,4227	41,6	22,32	35,08	1,13
F ₁₂ 5	2,28	12,41	26,6903	37,8112	10,0076	41,6	25,82	36,57	1,22
PROMEDIO	2,51	12,48	27,14	41,37	12,13	41,60	21,82	33,09	1,11
D.E.	0,18	0,03	2,18	4,13	1,65	0,00	3,13	3,66	0,14

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₃ 1	2,55	12,45	24,4661	40,0354	15,2894	41,6	18,86	30,86	1,33
F ₁₃ 2	2,57	12,53	28,9144	37,8112	14,4097	41,6	21,80	28,51	1,22
F ₁₃ 3	2,53	12,48	24,4661	37,8112	15,7907	41,6	19,11	29,54	1,41
F ₁₃ 4	2,56	12,52	24,4661	35,5870	12,3491	41,6	18,61	27,06	1,06
F ₁₃ 5	2,51	12,62	22,2419	35,5870	11,3723	41,6	17,46	27,93	1,03
PROMEDIO	2,54	12,52	24,91	37,37	13,84	41,60	19,17	28,78	1,21
D.E.	0,02	0,06	2,18	1,66	1,71	0,00	1,43	1,31	0,15

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₄ 1	2,61	12,41	24,4661	37,8112	12,3491	41,6	18,06	27,91	1,01
F ₁₄ 2	2,61	12,46	24,4661	37,8112	18,1742	41,6	17,99	27,80	1,48
F ₁₄ 3	2,61	12,41	24,4661	42,2596	14,8189	41,6	18,05	31,17	1,21
F ₁₄ 4	2,58	12,41	31,1386	40,0354	12,6385	41,6	23,52	30,24	1,07
F ₁₄ 5	2,55	12,40	31,1386	37,8112	12,5095	41,6	24,10	29,26	1,10
PROMEDIO	2,59	12,42	27,14	39,15	14,10	41,60	20,34	29,28	1,17
D.E.	0,02	0,02	3,27	1,78	2,23	0,00	2,84	1,31	0,17

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₅ 1	2,53	12,40	22,2419	42,2596	16,2160	41,6	17,49	33,22	1,45
F ₁₅ 2	2,65	12,37	24,4661	40,0354	13,0166	41,6	17,57	28,76	1,02
F ₁₅ 3	2,68	12,43	24,4661	37,8112	13,0166	41,6	17,10	26,43	0,98
F ₁₅ 4	2,59	12,39	26,6903	37,8112	11,2989	41,6	20,04	28,39	0,94
F ₁₅ 5	2,57	12,41	26,6903	42,2596	13,3012	41,6	20,32	32,17	1,14
PROMEDIO	2,60	12,40	24,91	40,04	13,37	41,60	18,50	29,79	1,11
D.E.	0,05	0,02	1,66	1,99	1,59	0,00	1,38	2,52	0,19

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₆ 1	2,57	12,56	22,2419	33,3628	11,6755	41,6	16,73	25,10	0,99
F ₁₆ 2	2,61	12,46	22,2419	35,5870	13,2676	41,6	16,35	26,16	1,08
F ₁₆ 3	2,59	12,57	26,6903	35,5870	10,7224	41,6	19,75	26,34	0,88
F ₁₆ 4	2,60	12,46	24,4661	37,8112	12,8431	41,6	18,13	28,01	1,06
F ₁₆ 5	2,53	12,52	22,2419	28,9144	9,9507	41,6	17,32	22,51	0,88
PROMEDIO	2,58	12,51	23,58	34,25	11,69	41,60	17,66	25,62	0,98
D.E.	0,03	0,05	1,78	3,02	1,25	0,00	1,21	1,81	0,08

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₇ 1	2,65	12,55	25,3557	40,0354	15,1251	41,6	17,95	28,35	1,17
F ₁₇ 2	2,67	12,59	24,4661	37,8112	13,9599	41,6	17,01	26,29	1,05
F ₁₇ 3	2,68	12,58	26,6903	37,8112	13,1350	41,6	18,43	26,11	0,98
F ₁₇ 4	2,65	12,40	31,1386	42,2596	12,2593	41,6	22,31	30,28	0,96
F ₁₇ 5	2,61	12,46	24,4661	35,5870	12,3491	41,6	17,99	26,16	1,00
PROMEDIO	2,65	12,52	26,42	38,70	13,37	41,60	18,74	27,44	1,03
D.E.	0,02	0,07	2,49	2,27	1,07	0,00	1,85	1,65	0,07

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₈ 1	2,58	12,40	24,4661	40,0354	12,1928	41,6	18,50	30,27	1,03
F ₁₈ 2	2,58	12,40	28,9144	42,2596	13,8825	41,6	21,86	31,95	1,17
F ₁₈ 3	2,64	12,40	24,4661	33,3628	9,9302	41,6	17,67	24,09	0,78
F ₁₈ 4	2,73	12,39	26,6903	37,8112	13,3012	41,6	18,04	25,55	0,95
F ₁₈ 5	2,78	12,42	26,6903	37,8112	11,4217	41,6	17,35	24,58	0,77
PROMEDIO	2,66	12,40	26,25	38,26	12,15	41,60	18,68	27,29	0,94
D.E.	0,08	0,01	1,66	2,95	1,40	0,00	1,63	3,20	0,15

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₁₉ 1	2,38	12,42	24,4661	37,8112	13,9599	41,6	21,70	33,54	1,50
F ₁₉ 2	2,48	12,47	24,4661	37,8112	11,4670	41,6	19,91	30,76	1,09
F ₁₉ 3	2,58	12,51	20,0177	26,6903	10,6500	41,6	15,00	20,00	0,89
F ₁₉ 4	2,49	12,60	24,4661	35,5870	13,0166	41,6	19,54	28,43	1,20
F ₁₉ 5	2,43	12,47	26,6903	40,0354	13,1350	41,6	22,62	33,93	1,32
PROMEDIO	2,47	12,49	24,02	35,59	12,45	41,60	19,75	29,33	1,20
D.E.	0,07	0,06	2,18	4,67	1,21	0,00	2,63	5,07	0,21

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₂₀ 1	2,54	12,35	24,4661	35,5870	12,0404	41,6	19,16	27,87	1,07
F ₂₀ 2	2,44	12,36	24,4661	33,3628	11,3321	41,6	20,75	28,29	1,14
F ₂₀ 3	2,47	12,44	22,2419	35,5870	11,9954	41,6	18,29	29,26	1,15
F ₂₀ 4	2,49	12,44	24,4661	35,5870	11,4670	41,6	19,79	28,79	1,07
F ₂₀ 5	2,60	12,33	22,2419	33,3628	10,3019	41,6	16,65	24,98	0,86
PROMEDIO	2,51	12,38	23,58	34,70	11,43	41,60	18,93	27,84	1,06
D.E.	0,06	0,05	1,09	1,09	0,63	0,00	1,39	1,50	0,11

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₂₁ 1	2,66	12,34	31,1386	51,1563	14,5944	41,6	22,25	36,56	1,13
F ₂₁ 2	2,70	12,20	31,1386	44,4838	11,9022	41,6	21,85	31,21	0,89
F ₂₁ 3	2,65	12,26	31,1386	44,4838	13,3253	41,6	22,57	32,24	1,05
F ₂₁ 4	2,73	12,31	28,9144	40,0354	11,6160	41,6	19,67	27,23	0,83
F ₂₁ 5	2,81	12,37	28,9144	46,7080	15,3833	41,6	18,47	29,84	1,01
PROMEDIO	2,71	12,30	30,25	45,37	13,36	41,60	20,96	31,42	0,98
D.E.	0,06	0,06	1,09	3,61	1,47	0,00	1,61	3,07	0,11

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₂₂ 1	2,49	12,39	24,4661	31,1386	10,5850	41,6	19,87	25,29	1,00
F ₂₂ 2	2,47	12,44	22,2419	31,1386	11,6755	41,6	18,29	25,60	1,12
F ₂₂ 3	2,49	12,36	24,4661	31,1386	9,1736	41,6	19,92	25,36	0,87
F ₂₂ 4	2,41	12,43	22,2419	28,9144	9,9507	41,6	19,22	24,99	1,03
F ₂₂ 5	2,53	12,33	20,0177	33,3628	12,1246	41,6	15,83	26,38	1,09
PROMEDIO	2,48	12,39	22,69	31,14	10,70	41,60	18,63	25,52	1,02
D.E.	0,04	0,04	1,66	1,41	1,08	0,00	1,52	0,47	0,09

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₂₃ 1	2,50	12,34	24,4661	35,5870	12,5095	41,6	19,79	28,79	1,17
F ₂₃ 2	2,49	12,34	26,6903	37,8112	13,1350	41,6	21,77	30,84	1,24
F ₂₃ 3	2,49	12,36	20,0177	31,1386	10,7959	41,6	16,30	25,36	1,02
F ₂₃ 4	2,45	12,37	24,4661	35,5870	12,0404	41,6	20,56	29,91	1,19
F ₂₃ 5	2,53	12,31	24,4661	37,8112	13,0166	41,6	19,38	29,94	1,18
PROMEDIO	2,49	12,34	24,02	35,59	12,30	41,60	19,56	28,97	1,16
D.E.	0,03	0,02	2,18	2,44	0,85	0,00	1,82	1,92	0,07

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₂₄ 1	2,52	12,26	24,4661	40,0354	12,1928	41,6	19,61	32,09	1,12
F ₂₄ 2	2,60	12,4	24,4661	46,7080	12,8431	41,6	18,21	34,77	1,06
F ₂₄ 3	2,54	12,31	31,1386	44,4838	12,2593	41,6	24,47	34,95	1,09
F ₂₄ 4	2,62	12,36	24,4661	44,4838	14,1652	41,6	17,99	32,72	1,15
F ₂₄ 5	2,52	12,36	26,6903	42,2596	11,9409	41,6	21,22	33,60	1,09
PROMEDIO	2,56	12,34	26,25	43,59	12,68	41,60	20,30	33,62	1,10
D.E.	0,04	0,05	2,59	2,27	0,80	0,00	2,38	1,12	0,03

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₂₅ 1	2,53	12,29	26,6903	35,5870	10,7224	41,6	21,17	28,23	0,97
F ₂₅ 2	2,65	12,43	24,4661	37,8112	13,9599	41,6	17,49	27,03	1,09
F ₂₅ 3	2,56	12,36	24,4661	35,5870	14,5944	41,6	18,85	27,41	1,27
F ₂₅ 4	2,58	12,38	22,2419	33,3628	13,4718	41,6	16,84	25,26	1,14
F ₂₅ 5	2,59	12,44	24,4661	35,5870	13,5666	41,6	18,29	26,61	1,13
PROMEDIO	2,58	12,38	24,47	35,59	13,26	41,60	18,53	26,91	1,12
D.E.	0,04	0,05	1,41	1,41	1,33	0,00	1,49	0,98	0,10

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
F ₂₆ 1	2,44	12,39	24,4661	37,8112	12,6741	41,6	20,70	31,99	1,27
F ₂₆ 2	2,57	12,30	24,4661	28,9144	8,2327	41,6	18,79	22,21	0,71
F ₂₆ 3	2,53	12,44	22,2419	33,3628	12,5095	41,6	17,43	26,14	1,12
F ₂₆ 4	2,50	12,33	22,2419	33,3628	12,5095	41,6	18,01	27,01	1,17
F ₂₆ 5	2,51	12,31	26,6903	35,5870	11,0610	41,6	21,47	28,63	1,02
PROMEDIO	2,51	12,35	24,02	33,81	11,40	41,60	19,28	27,20	1,06
D.E.	0,04	0,05	1,66	2,95	1,69	0,00	1,56	3,19	0,19

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga al límite proporcional (N)	Carga máxima (N)	m (N/mm)	Luz (mm)	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	Resistencia máxima (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
F ₂₇ 1	2,76	12,26	24,4661	44,4838	14,8189	41,6	16,35	29,72	1,03
F ₂₇ 2	2,52	12,33	22,2419	37,8112	11,9954	41,6	17,73	30,13	1,09
F ₂₇ 3	2,29	12,30	24,4661	35,5870	8,4494	41,6	23,67	34,43	1,03
F ₂₇ 4	2,60	12,30	24,4661	40,0354	14,3766	41,6	18,36	30,05	1,20
F ₂₇ 5	2,60	12,72	26,6903	42,2596	13,6467	41,6	19,37	30,67	1,10
PROMEDIO	2,55	12,38	24,47	40,04	12,66	41,60	19,09	31,00	1,09
D.E.	0,15	0,17	1,41	3,15	2,31	0,00	2,49	1,74	0,06

ANEXO 10
DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO.

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₁ 1	2,37	22,4	22,8	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂ 1	2,52	22,4	23,0	0,025	0,492	-	F ₃ 1	2,55	23,0	23,0	0,030	0,591	-
F ₁ 2	2,55	22,4	22,8	0,027	0,532	-	F ₂ 2	2,55	22,4	23,0	0,030	0,591	-	F ₃ 2	2,67	23,0	23,0	0,040	0,788	FALLÓ
F ₁ 3	2,41	22,4	22,8	0,030	0,591	-	F ₂ 3	2,78	22,4	23,0	0,032	0,630	-	F ₃ 3	2,49	23,0	23,0	0,035	0,689	FALLÓ
F ₁ 4	2,72	22,4	22,8	0,033	0,650	FALLÓ	F ₂ 4	2,50	22,4	23,0	0,035	0,689	FALLÓ	F ₃ 4	2,54	23,0	23,0	0,020	0,394	-
F ₁ 5	2,51	22,4	22,8	0,035	0,689	FALLÓ	F ₂ 5	2,48	22,4	23,0	0,030	0,591	-	F ₃ 5	2,60	23,0	23,0	0,025	0,492	-
F ₁ 6	2,48	22,4	22,8	0,030	0,591	FALLÓ	F ₂ 6	2,46	22,4	23,0	0,033	0,650	FALLÓ	F ₃ 6	2,65	23,0	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₁ 7	2,53	22,4	22,8	0,031	0,611	-	F ₂ 7	2,40	22,4	23,0	0,032	0,630	-	F ₃ 7	2,62	23,0	23,0	0,026	0,512	-
F ₁ 8	2,46	22,4	22,8	0,028	0,552	FALLÓ	F ₂ 8	2,46	22,4	23,0	0,033	0,650	FALLÓ	F ₃ 8	2,34	23,0	23,0	0,028	0,552	-
F ₁ 9	2,47	22,4	22,8	0,035	0,689	FALLÓ	F ₂ 9	2,33	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₃ 9	2,37	23,0	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₁ 10	2,44	22,4	22,8	0,033	0,650	FALLÓ	F ₂ 10	2,51	22,4	23,0	0,030	0,591	-	F ₃ 10	2,62	23,0	23,0	0,026	0,512	-
F ₁ 11	2,48	22,4	22,8	0,030	0,591	FALLÓ	F ₂ 11	2,53	22,4	23,0	0,033	0,650	-	F ₃ 11	2,35	23,0	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₁ 12	2,85	22,4	22,8	0,028	0,552	-	F ₂ 12	2,41	22,4	23,0	0,035	0,689	FALLÓ	F ₃ 12	2,82	23,0	23,0	0,025	0,492	-
F ₁ 13	2,70	22,4	22,8	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂ 13	2,39	22,4	23,0	0,032	0,630	-	F ₃ 13	2,78	23,0	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₁ 14	2,44	22,4	22,8	0,028	0,552	-	F ₂ 14	2,44	22,4	23,0	0,035	0,689	FALLÓ	F ₃ 14	2,78	23,0	23,0	0,025	0,492	-
F ₁ 15	2,65	22,4	22,8	0,030	0,591	-	F ₂ 15	2,39	22,4	23,0	0,032	0,630	-	F ₃ 15	2,89	23,0	23,0	0,027	0,532	FALLÓ
F ₁ 16	2,36	22,4	22,8	0,032	0,630	FALLÓ	F ₂ 16	2,45	22,4	23,0	0,035	0,689	-	F ₃ 16	2,52	23,0	23,0	0,025	0,492	-
F ₁ 17	2,41	22,4	22,8	0,030	0,591	FALLÓ	F ₂ 17	2,45	22,4	23,0	0,035	0,689	FALLÓ	F ₃ 17	2,59	23,0	23,0	0,026	0,512	FALLÓ
F ₁ 18	2,50	22,4	22,8	0,028	0,552	-	F ₂ 18	2,51	22,4	23,0	0,035	0,689	-	F ₃ 18	2,30	23,0	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₁ 19	2,41	22,4	22,8	0,028	0,552	-	F ₂ 19	2,47	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₃ 19	2,30	23,0	23,0	0,026	0,512	-
F ₁ 20	2,60	22,4	22,8	0,026	0,512	-	F ₂ 20	2,70	22,4	23,0	0,032	0,630	-	F ₃ 20	2,35	23,0	23,0	0,026	0,512	-
PROM.	2,55	22,40	22,80	0,028	0,56	-	PROM.	2,52	22,4	23,0	0,03	0,62	-	PROM.	2,55	23,0	23,0	0,03	0,50	-
D.E.	0,13				0,06		D.E.	0,11				0,05		D.E.	0,16				0,05	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F4 1	2,54	23,0	23,0	0,025	0,492	-	F5 1	2,76	22,6	23,1	0,025	0,492	-	F6 1	2,58	22,6	23,1	0,023 ₁	0,455	-
F4 2	2,47	23,0	23,0	0,027	0,532	FALLÓ	F5 2	2,48	22,6	23,1	0,030	0,591	FALLÓ	F6 2	2,64	22,6	23,1	0,023 ₄	0,461	FALLÓ
F4 3	2,46	23,0	23,0	0,030	0,591	-	F5 3	2,43	22,6	23,0	0,020	0,394	-	F6 3	3,03	22,6	23,0	0,023	0,453	FALLÓ
F4 4	2,49	23,0	23,0	0,035	0,689	-	F5 4	2,43	22,6	23,0	0,018	0,355	-	F6 4	2,60	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 5	2,44	23,0	23,0	0,040	0,788	FALLÓ	F5 5	2,40	22,6	23,0	0,020	0,394	FALLÓ	F6 5	2,36	22,6	23,0	0,024	0,473	-
F4 6	2,30	23,0	23,0	0,035	0,689	-	F5 6	2,49	22,6	23,0	0,025	0,492	-	F6 6	2,63	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 7	2,55	23,0	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F5 7	2,50	22,6	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F6 7	2,34	22,6	23,0	0,024	0,473	FALLÓ
F4 8	2,44	23,0	23,0	0,027	0,532	FALLÓ	F5 8	2,46	22,6	23,0	0,025	0,492	FALLÓ	F6 8	2,52	22,6	23,0	0,024	0,473	FALLÓ
F4 9	2,51	23,0	23,0	0,028	0,552	-	F5 9	2,57	22,6	23,0	0,024	0,473	-	F6 9	2,64	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 10	2,40	23,0	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F5 10	2,50	22,6	23,0	0,025	0,492	-	F6 10	2,71	22,6	23,0	0,023	0,453	FALLÓ
F4 11	2,42	23,0	23,0	0,032	0,630	FALLÓ	F5 11	2,62	22,6	23,0	0,023	0,453	FALLÓ	F6 11	2,82	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 12	2,48	23,0	23,0	0,034	0,670	-	F5 12	2,40	22,6	23,0	0,020	0,394	-	F6 12	2,43	22,6	23,0	0,022	0,433	-
F4 13	2,48	23,0	23,0	0,030	0,591	-	F5 13	2,42	22,6	23,0	0,020	0,394	-	F6 13	2,59	22,6	23,0	0,024	0,473	-
F4 14	2,49	23,0	23,0	0,026	0,512	-	F5 14	2,40	22,6	23,0	0,022	0,433	FALLÓ	F6 14	2,51	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 15	2,38	23,0	23,0	0,028	0,552	FALLÓ	F5 15	2,62	22,6	23,0	0,025	0,492	FALLÓ	F6 15	2,44	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 16	2,50	23,0	23,0	0,030	0,591	-	F5 16	2,50	22,6	23,0	0,026	0,512	-	F6 16	2,31	22,6	23,0	0,024	0,473	-
F4 17	2,48	23,0	23,0	0,030	0,591	-	F5 17	2,68	22,6	23,0	0,028	0,552	-	F6 17	2,39	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 18	2,42	23,0	23,0	0,033	0,650	FALLÓ	F5 18	2,39	22,6	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F6 18	2,44	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F4 19	2,37	23,0	23,0	0,023	0,453	FALLÓ	F5 19	2,43	22,6	23,0	0,034	0,670	FALLÓ	F6 19	2,51	22,6	23,0	0,023	0,453	FALLÓ
F4 20	2,43	23,0	23,0	0,025	0,492	-	F5 20	2,44	22,6	23,0	0,035	0,689	-	F6 20	2,82	22,6	23,0	0,023	0,453	FALLÓ
PROM.	2,46	23,00	23,00	0,03	0,58		PROM.	2,51	22,60	23,01	0,02	0,48		PROM.	2,52	22,60	23,01	0,02	0,46	
D.E.	0,06				0,07		D.E.	0,11				0,09		D.E.	0,14				0,01	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₇ 1	2,44	22,4	23,0	0,025	0,492	-	F ₈ 1	0,024	22,4	23,0	0,024	0,473	-	F ₉ 1	2,45	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₇ 2	2,48	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₈ 2	0,025	22,4	23,0	0,025	0,492	-	F ₉ 2	2,38	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₇ 3	2,56	22,4	23,0	0,026	0,512	-	F ₈ 3	0,030	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₉ 3	2,45	22,4	23,0	0,027	0,532	-
F ₇ 4	2,37	22,4	23,0	0,030	0,591	-	F ₈ 4	0,030	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₉ 4	2,56	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₇ 5	2,54	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₈ 5	0,032	22,4	23,0	0,032	0,630	-	F ₉ 5	2,30	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₇ 6	2,45	22,4	23,0	0,032	0,630	FALLÓ	F ₈ 6	0,033	22,4	23,0	0,033	0,650	-	F ₉ 6	2,69	22,4	23,0	0,024	0,473	-
F ₇ 7	2,50	22,4	23,0	0,035	0,689	FALLÓ	F ₈ 7	0,028	22,4	23,0	0,028	0,552	-	F ₉ 7	2,51	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₇ 8	2,38	22,4	23,0	0,035	0,689	FALLÓ	F ₈ 8	0,029	22,4	23,0	0,029	0,571	FALLÓ	F ₉ 8	2,34	22,4	23,0	0,026	0,512	-
F ₇ 9	2,48	22,4	23,0	0,037	0,729	FALLÓ	F ₈ 9	0,033	22,4	23,0	0,033	0,650	FALLÓ	F ₉ 9	2,40	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₇ 10	2,53	22,4	23,0	0,030	0,591	-	F ₈ 10	0,030	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₉ 10	2,53	22,4	23,0	0,032	0,630	FALLÓ
F ₇ 11	2,41	22,4	23,0	0,034	0,670	FALLÓ	F ₈ 11	0,032	22,4	23,0	0,032	0,630		F ₉ 11	2,58	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₇ 12	2,47	22,4	23,0	0,032	0,630	FALLÓ	F ₈ 12	0,028	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ	F ₉ 12	2,40	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₇ 13	2,42	22,4	23,0	0,030	0,591	-	F ₈ 13	0,024	22,4	23,0	0,024	0,473	-	F ₉ 13	2,52	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₇ 14	2,41	22,4	23,0	0,033	0,650	FALLÓ	F ₈ 14	0,025	22,4	23,0	0,025	0,492	-	F ₉ 14	2,49	22,4	23,0	0,027	0,532	-
F ₇ 15	2,55	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₈ 15	0,026	22,4	23,0	0,026	0,512	-	F ₉ 15	2,52	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₇ 16	2,44	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₈ 16	0,027	22,4	23,0	0,027	0,532	FALLÓ	F ₉ 16	2,43	22,4	23,0	0,026	0,512	-
F ₇ 17	2,51	22,4	23,0	0,027	0,532	-	F ₈ 17	0,028	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ	F ₉ 17	2,44	22,4	23,0	0,022	0,433	-
F ₇ 18	2,47	22,4	23,0	0,030	0,591	-	F ₈ 18	0,026	22,4	23,0	0,026	0,512	-	F ₉ 18	2,57	22,4	23,0	0,023	0,453	-
F ₇ 19	2,40	22,4	23,0	0,033	0,650	FALLÓ	F ₈ 19	0,030	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₉ 19	2,55	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₇ 20	2,40	22,4	23,0	0,034	0,670	FALLÓ	F ₈ 20	0,030	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ	F ₉ 20	2,57	22,4	23,0	0,027	0,532	FALLÓ
PROM.	2,47	22,40	23,00	0,03	0,56		PROM.	0,03	22,40	23,00	0,03	0,54		PROM.	2,49	22,40	23,00	0,03	0,49	
D.E.	0,06				0,04		D.E.	0,00				0,05		D.E.	0,09				0,03	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₁₀ 1	2,86	22,2	22,4	0,040	0,788	FALLÓ	F ₁₁ 1	2,48	22,4	22,8	0,030	0,591	-	F ₁₂ 1	3,04	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₁₀ 2	2,83	22,2	22,4	0,030	0,591	FALLÓ	F ₁₁ 2	2,72	22,4	22,8	0,026	0,512	FALLÓ	F ₁₂ 2	2,17	22,4	23,0	0,028	0,552	-
F ₁₀ 3	2,69	22,2	22,4	0,025	0,492	-	F ₁₁ 3	2,45	22,4	22,8	0,022	0,433	-	F ₁₂ 3	2,24	22,4	23,0	0,029	0,571	FALLÓ
F ₁₀ 4	2,66	22,2	22,4	0,030	0,591	FALLÓ	F ₁₁ 4	2,97	22,4	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₂ 4	2,00	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₁₀ 5	2,54	22,2	22,4	0,028	0,552	FALLÓ	F ₁₁ 5	3,30	22,4	22,8	0,023	0,453	-	F ₁₂ 5	2,17	22,4	23,0	0,026	0,512	FALLÓ
F ₁₀ 6	2,56	22,2	22,4	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₁ 6	2,81	22,4	22,8	0,023	0,453	-	F ₁₂ 6	2,41	22,4	23,0	0,022	0,433	-
F ₁₀ 7	2,75	22,2	22,4	0,020	0,394	-	F ₁₁ 7	2,62	22,4	22,8	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₂ 7	2,46	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₁₀ 8	2,56	22,2	22,4	0,027	0,532	-	F ₁₁ 8	2,51	22,4	22,8	0,024	0,473	-	F ₁₂ 8	2,62	22,4	23,0	0,027	0,532	-
F ₁₀ 9	2,59	22,2	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₁ 9	2,66	22,4	22,8	0,022	0,433	FALLÓ	F ₁₂ 9	2,39	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₁₀ 10	2,61	22,2	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₁ 10	2,18	22,4	22,8	0,020	0,394	-	F ₁₂ 10	2,37	22,4	23,0	0,027	0,532	FALLÓ
F ₁₀ 11	2,53	22,2	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₁ 11	2,48	22,4	22,8	0,023	0,453	FALLÓ	F ₁₂ 11	2,09	22,4	23,0	0,025	0,492	FALLÓ
F ₁₀ 12	2,84	22,2	22,4	0,021	0,414	-	F ₁₁ 12	2,76	22,4	22,8	0,021	0,414	-	F ₁₂ 12	2,51	22,4	23,0	0,022	0,433	FALLÓ
F ₁₀ 13	2,49	22,2	22,4	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₁ 13	2,39	22,4	22,8	0,020	0,394	-	F ₁₂ 13	2,66	22,4	23,0	0,020	0,394	-
F ₁₀ 14	2,59	22,2	22,4	0,024	0,473	-	F ₁₁ 14	2,69	22,4	22,8	0,022	0,433	-	F ₁₂ 14	2,41	22,4	23,0	0,022	0,433	-
F ₁₀ 15	2,50	22,2	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₁ 15	2,55	22,4	22,8	0,023	0,453	-	F ₁₂ 15	2,63	22,4	23,0	0,024	0,473	FALLÓ
F ₁₀ 16	2,54	22,2	22,4	0,021	0,414	-	F ₁₁ 16	2,31	22,4	22,8	0,024	0,473	-	F ₁₂ 16	2,45	22,4	23,0	0,018	0,355	-
F ₁₀ 17	2,57	22,2	22,4	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₁ 17	2,22	22,4	22,8	0,023	0,453	FALLÓ	F ₁₂ 17	2,55	22,4	23,0	0,020	0,394	-
F ₁₀ 18	2,54	22,2	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₁ 18	2,38	22,4	22,8	0,022	0,433	-	F ₁₂ 18	2,28	22,4	23,0	0,020	0,394	-
F ₁₀ 19	2,47	22,2	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₁ 19	2,48	22,4	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₂ 19	2,70	22,4	23,0	0,022	0,433	-
F ₁₀ 20	2,52	22,2	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₁ 20	2,70	22,4	22,8	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₂ 20	2,32	22,4	23,0	0,023	0,453	FALLÓ
PROM.	2,59	22,20	22,40	0,02	0,45		PROM.	2,57	22,40	22,80	0,02	0,45		PROM.	2,47	22,40	23,00	0,02	0,44	
D.E.	0,10				0,03		D.E.	0,28				0,05		D.E.	0,16				0,06	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₁₃ 1	2,47	22,6	23,2	0,026	0,512	FALLÓ	F ₁₄ 1	2,50	22,4	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₅ 1	2,87	22,6	22,6	0,022	0,433	-
F ₁₃ 2	2,49	22,8	23,0	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₄ 2	2,43	22,4	22,4	0,025	0,492	-	F ₁₅ 2	2,49	22,6	22,6	0,025	0,492	FALLÓ
F ₁₃ 3	2,50	23,0	23,0	0,025	0,492	-	F ₁₄ 3	2,47	22,4	22,4	0,027	0,532	FALLÓ	F ₁₅ 3	2,36	22,6	22,6	0,023	0,453	-
F ₁₃ 4	2,54	23,2	23,0	0,023	0,453	FALLÓ	F ₁₄ 4	2,57	22,4	22,4	0,024	0,473	-	F ₁₅ 4	2,41	22,6	22,6	0,024	0,473	FALLÓ
F ₁₃ 5	2,45	23,0	23,0	0,024	0,473	-	F ₁₄ 5	2,44	22,4	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₅ 5	2,58	22,6	22,6	0,023	0,453	-
F ₁₃ 6	2,50	23,0	23,0	0,023	0,453	FALLÓ	F ₁₄ 6	2,53	22,4	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₅ 6	2,28	22,6	22,6	0,023	0,453	FALLÓ
F ₁₃ 7	2,57	23,0	23,0	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₄ 7	2,55	22,4	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₅ 7	2,74	22,6	22,6	0,022	0,433	-
F ₁₃ 8	2,44	23,0	23,0	0,025	0,492	-	F ₁₄ 8	2,47	22,4	22,4	0,020	0,394	-	F ₁₅ 8	2,60	22,6	22,6	0,023	0,453	FALLÓ
F ₁₃ 9	2,55	23,0	23,0	0,023	0,453	-	F ₁₄ 9	2,45	22,4	22,4	0,027	0,532	FALLÓ	F ₁₅ 9	2,50	22,6	22,6	0,024	0,473	FALLÓ
F ₁₃ 10	2,51	23,0	23,0	0,024	0,473	-	F ₁₄ 10	2,49	22,4	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₅ 10	2,33	22,6	22,6	0,022	0,433	-
F ₁₃ 11	2,55	23,0	23,0	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₄ 11	2,54	22,4	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₅ 11	2,58	22,6	22,6	0,020	0,394	-
F ₁₃ 12	2,51	23,0	23,0	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₄ 12	2,46	22,4	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₅ 12	2,29	22,6	22,6	0,023	0,453	FALLÓ
F ₁₃ 13	2,47	23,0	23,0	0,024	0,473	-	F ₁₄ 13	2,54	22,4	22,4	0,026	0,512	FALLÓ	F ₁₅ 13	2,42	22,6	22,6	0,025	0,492	-
F ₁₃ 14	2,54	23,0	23,0	0,023	0,453	-	F ₁₄ 14	2,38	22,4	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₅ 14	2,47	22,6	22,6	0,022	0,433	-
F ₁₃ 15	2,43	23,0	23,0	0,022	0,433	-	F ₁₄ 15	2,57	22,4	22,4	0,023	0,453	-	F ₁₅ 15	2,53	22,6	22,6	0,023	0,453	-
F ₁₃ 16	2,48	23,0	23,0	0,023	0,453	-	F ₁₄ 16	2,40	22,4	22,4	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₅ 16	2,52	22,6	22,6	0,022	0,433	-
F ₁₃ 17	2,42	23,0	23,0	0,022	0,433	FALLÓ	F ₁₄ 17	2,40	22,4	22,4	0,023	0,453	FALLÓ	F ₁₅ 17	2,65	22,6	22,6	0,024	0,473	FALLÓ
F ₁₃ 18	2,45	23,0	23,0	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₄ 18	2,46	22,4	22,4	0,020	0,394	-	F ₁₅ 18	2,20	22,6	22,6	0,023	0,453	FALLÓ
F ₁₃ 19	2,48	23,0	23,0	0,023	0,453	-	F ₁₄ 19	2,48	22,4	22,4	0,020	0,394	-	F ₁₅ 19	2,18	22,6	22,6	0,023	0,453	FALLÓ
F ₁₃ 20	2,48	23,0	23,0	0,023	0,453	-	F ₁₄ 20	2,51	22,4	22,4	0,022	0,433	-	F ₁₅ 20	2,38	22,6	22,6	0,023	0,453	-
PROM.	2,48	23,00	23,00	0,02	0,46		PROM.	2,49	22,40	22,40	0,02	0,44		PROM.	2,53	22,60	22,60	0,02	0,44	
D.E.	0,04				0,02		D.E.	0,05				0,03		D.E.	0,16				0,02	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₁₆ 1	2,530	22,2	22,2	0,023	0,453	-	F ₁₇ 1	2,50	22,2	22,2	0,023	0,453	-	F ₁₈ 1	2,66	22,2	22,4	0,030	0,591	FALLÓ
F ₁₆ 2	2,430	22,2	22,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₇ 2	2,47	22,2	22,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₈ 2	2,65	22,2	22,4	0,020	0,394	-
F ₁₆ 3	2,390	22,2	22,2	0,030	0,591	FALLÓ	F ₁₇ 3	2,67	22,2	22,2	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₈ 3	2,55	22,2	22,4	0,022	0,433	-
F ₁₆ 4	2,460	22,2	22,2	0,025	0,492	-	F ₁₇ 4	2,53	22,2	22,2	0,022	0,433	-	F ₁₈ 4	2,63	22,2	22,4	0,025	0,492	-
F ₁₆ 5	2,480	22,2	22,2	0,023	0,453	FALLÓ	F ₁₇ 5	2,49	22,2	22,2	0,023	0,453	-	F ₁₈ 5	2,73	22,2	22,4	0,026	0,512	FALLÓ
F ₁₆ 6	2,520	22,2	22,2	0,020	0,394	FALLÓ	F ₁₇ 6	2,41	22,2	22,2	0,024	0,473	-	F ₁₈ 6	2,45	22,2	22,4	0,024	0,473	-
F ₁₆ 7	2,530	22,2	22,2	0,018	0,355	-	F ₁₇ 7	2,50	22,2	22,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₈ 7	2,54	22,2	22,4	0,022	0,433	-
F ₁₆ 8	2,380	22,2	22,2	0,020	0,394	-	F ₁₇ 8	2,54	22,2	22,2	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₈ 8	2,69	22,2	22,4	0,026	0,512	FALLÓ
F ₁₆ 9	2,540	22,2	22,2	0,022	0,433	FALLÓ	F ₁₇ 9	2,39	22,2	22,2	0,023	0,453	-	F ₁₈ 9	2,53	22,2	22,4	0,020	0,394	-
F ₁₆ 10	2,340	22,2	22,2	0,020	0,394	FALLÓ	F ₁₇ 10	2,60	22,2	22,2	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₈ 10	2,66	22,2	22,4	0,023	0,453	-
F ₁₆ 11	2,360	22,2	22,2	0,022	0,433	-	F ₁₇ 11	2,36	22,2	22,2	0,022	0,433	-	F ₁₈ 11	2,52	22,2	22,4	0,025	0,492	-
F ₁₆ 12	2,390	22,2	22,2	0,024	0,473	-	F ₁₇ 12	2,39	22,2	22,2	0,023	0,453	FALLÓ	F ₁₈ 12	2,66	22,2	22,4	0,026	0,512	-
F ₁₆ 13	2,480	22,2	22,2	0,025	0,492	-	F ₁₇ 13	2,49	22,2	22,2	0,022	0,433	-	F ₁₈ 13	2,19	22,2	22,4	0,027	0,532	FALLÓ
F ₁₆ 14	2,440	22,2	22,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₇ 14	2,60	22,2	22,2	0,022	0,433	-	F ₁₈ 14	2,53	22,2	22,4	0,026	0,512	-
F ₁₆ 15	2,390	22,2	22,2	0,024	0,473	-	F ₁₇ 15	2,52	22,2	22,2	0,023	0,453	-	F ₁₈ 15	2,56	22,2	22,4	0,024	0,473	-
F ₁₆ 16	2,540	22,2	22,2	0,024	0,473	-	F ₁₇ 16	2,59	22,2	22,2	0,024	0,473	-	F ₁₈ 16	2,36	22,2	22,4	0,025	0,492	-
F ₁₆ 17	2,460	22,2	22,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₇ 17	2,37	22,2	22,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₈ 17	2,65	22,2	22,4	0,028	0,552	FALLÓ
F ₁₆ 18	2,410	22,2	22,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₁₇ 18	2,57	22,2	22,2	0,024	0,473	FALLÓ	F ₁₈ 18	2,67	22,2	22,4	0,025	0,492	-
F ₁₆ 19	2,510	22,2	22,2	0,022	0,433	-	F ₁₇ 19	2,40	22,2	22,2	0,023	0,453	-	F ₁₈ 19	2,69	22,2	22,4	0,026	0,512	-
F ₁₆ 20	2,480	22,2	22,2	0,023	0,453	-	F ₁₇ 20	2,45	22,2	22,2	0,022	0,433	-	F ₁₈ 20	2,29	22,2	22,4	0,024	0,473	-
PROM.	2,46	22,20	22,20	0,02	0,45		PROM.	2,48	22,20	22,20	0,02	0,45		PROM.	2,55	22,20	22,40	0,02	0,47	
D.E.	0,06				0,04		D.E.	0,07				0,01		D.E.	0,11				0,04	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₁₉ 1	2,41	22,2	22,8	0,030	0,591	FALLÓ	F ₂₀ 1	2,54	22,4	22,8	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₁ 1	2,52	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₁₉ 2	2,52	22,3	22,8	0,020	0,394	-	F ₂₀ 2	2,38	22,2	22,8	0,020	0,394	-	F ₂₁ 2	2,63	22,4	23,0	0,027	0,532	-
F ₁₉ 3	2,52	22,4	22,8	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₀ 3	2,69	22,4	22,8	0,023	0,453	FALLÓ	F ₂₁ 3	2,73	22,4	23,0	0,030	0,591	FALLÓ
F ₁₉ 4	2,39	22,4	22,8	0,022	0,433	-	F ₂₀ 4	2,35	22,3	22,8	0,021	0,414	-	F ₂₁ 4	2,66	22,4	23,0	0,027	0,532	-
F ₁₉ 5	2,42	22,4	22,8	0,025	0,492	-	F ₂₀ 5	2,33	22,3	22,8	0,020	0,394	FALLÓ	F ₂₁ 5	2,53	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₁₉ 6	2,49	22,4	22,8	0,023	0,453	-	F ₂₀ 6	2,53	22,3	22,8	0,018	0,355	-	F ₂₁ 6	2,49	22,4	23,0	0,026	0,512	-
F ₁₉ 7	2,46	22,4	22,8	0,024	0,473	-	F ₂₀ 7	2,55	22,3	22,8	0,019	0,374	-	F ₂₁ 7	2,55	22,4	23,0	0,027	0,532	-
F ₁₉ 8	2,50	22,4	22,8	0,027	0,532	FALLÓ	F ₂₀ 8	2,60	22,3	22,8	0,020	0,394	-	F ₂₁ 8	2,45	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₁₉ 9	2,49	22,4	22,8	0,026	0,512	-	F ₂₀ 9	2,55	22,3	22,8	0,020	0,394	-	F ₂₁ 9	2,58	22,4	23,0	0,027	0,532	-
F ₁₉ 10	2,34	22,4	22,8	0,025	0,492	-	F ₂₀ 10	2,48	22,3	22,8	0,021	0,414	-	F ₂₁ 10	2,60	22,4	23,0	0,028	0,552	-
F ₁₉ 11	2,55	22,4	22,8	0,026	0,512	-	F ₂₀ 11	2,44	22,3	22,8	0,022	0,433	-	F ₂₁ 11	2,52	22,4	23,0	0,029	0,571	FALLÓ
F ₁₉ 12	2,42	22,4	22,8	0,027	0,532	FALLÓ	F ₂₀ 12	2,62	22,3	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₁ 12	2,40	22,4	23,0	0,029	0,571	FALLÓ
F ₁₉ 13	2,46	22,4	22,8	0,027	0,532	FALLÓ	F ₂₀ 13	2,53	22,3	22,8	0,022	0,433	-	F ₂₁ 13	2,63	22,4	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₁₉ 14	2,53	22,4	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₀ 14	2,66	22,3	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₁ 14	2,62	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₁₉ 15	2,48	22,4	22,8	0,025	0,492	-	F ₂₀ 15	2,44	22,3	22,8	0,023	0,453	-	F ₂₁ 15	2,60	22,4	23,0	0,026	0,512	-
F ₁₉ 16	2,46	22,4	22,8	0,026	0,512	-	F ₂₀ 16	2,49	22,3	22,8	0,023	0,453	-	F ₂₁ 16	2,49	22,4	23,0	0,025	0,492	FALLÓ
F ₁₉ 17	2,41	22,4	22,8	0,027	0,532	FALLÓ	F ₂₀ 17	2,62	22,3	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₁ 17	2,58	22,4	23,0	0,027	0,532	FALLÓ
F ₁₉ 18	2,44	22,4	22,8	0,027	0,532	FALLÓ	F ₂₀ 18	2,54	22,3	22,8	0,023	0,453	-	F ₂₁ 18	2,66	22,4	23,0	0,025	0,492	-
F ₁₉ 19	2,53	22,4	22,8	0,028	0,552	FALLÓ	F ₂₀ 19	2,60	22,3	22,8	0,022	0,433	-	F ₂₁ 19	2,65	22,4	23,0	0,026	0,512	FALLÓ
F ₁₉ 20	2,55	22,4	22,8	0,027	0,532	FALLÓ	F ₂₀ 20	2,57	22,3	22,8	0,023	0,453	-	F ₂₁ 20	2,32	22,4	23,0	0,026	0,512	-
PROM.	2,46	22,39	22,80	0,02	0,48		PROM.	2,50	22,32	22,80	0,02	0,42		PROM.	2,57	22,40	23,00	0,03	0,52	
D.E.	0,06				0,04		D.E.	0,07	0,03	0,00	0,00	0,03		D.E.	0,09				0,02	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₂₂ 1	2,50	22,4	23,0	0,025	0,492	-	F ₂₃ 1	2,43	22,4	22,8	0,025	0,492	-	F ₂₄ 1	2,68	22,6	22,8	0,023	0,453	-
F ₂₂ 2	2,51	22,4	23,0	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₃ 2	2,39	22,4	22,8	0,020	0,394	FALLÓ	F ₂₄ 2	2,34	22,6	22,8	0,025	0,492	FALLÓ
F ₂₂ 3	2,49	22,4	23,0	0,023	0,453	-	F ₂₃ 3	2,48	22,4	22,8	0,025	0,492	-	F ₂₄ 3	2,67	22,6	22,8	0,026	0,512	FALLÓ
F ₂₂ 4	2,52	22,4	23,0	0,022	0,433	-	F ₂₃ 4	2,49	22,4	22,8	0,024	0,473	-	F ₂₄ 4	2,62	22,6	22,8	0,027	0,532	-
F ₂₂ 5	2,42	22,4	23,0	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₃ 5	2,48	22,4	22,8	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₄ 5	2,64	22,6	22,8	0,026	0,512	FALLÓ
F ₂₂ 6	2,52	22,4	23,0	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₃ 6	2,38	22,4	22,8	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₄ 6	2,56	22,6	22,8	0,024	0,473	FALLÓ
F ₂₂ 7	2,53	22,4	23,0	0,023	0,453	FALLÓ	F ₂₃ 7	2,53	22,4	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₄ 7	2,55	22,6	22,8	0,022	0,433	-
F ₂₂ 8	2,44	22,4	23,0	0,022	0,433	-	F ₂₃ 8	2,54	22,4	22,8	0,026	0,512	-	F ₂₄ 8	2,41	22,6	22,8	0,024	0,473	-
F ₂₂ 9	2,40	22,4	23,0	0,024	0,473	-	F ₂₃ 9	2,50	22,4	22,8	0,025	0,492	-	F ₂₄ 9	2,45	22,6	22,8	0,023	0,453	-
F ₂₂ 10	2,46	22,4	23,0	0,025	0,492	-	F ₂₃ 10	2,47	22,4	22,8	0,026	0,512	-	F ₂₄ 10	2,57	22,6	22,8	0,024	0,473	-
F ₂₂ 11	2,41	22,4	23,0	0,025	0,492	-	F ₂₃ 11	2,51	22,4	22,8	0,024	0,473	-	F ₂₄ 11	2,54	22,6	22,8	0,025	0,492	FALLÓ
F ₂₂ 12	2,47	22,4	23,0	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₃ 12	2,47	22,4	22,8	0,022	0,433	FALLÓ	F ₂₄ 12	2,65	22,6	22,8	0,023	0,453	-
F ₂₂ 13	2,52	22,4	23,0	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₃ 13	2,53	22,4	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₄ 13	2,60	22,6	22,8	0,024	0,473	-
F ₂₂ 14	2,47	22,4	23,0	0,024	0,473	-	F ₂₃ 14	2,55	22,4	22,8	0,023	0,453	-	F ₂₄ 14	2,49	22,6	22,8	0,025	0,492	FALLÓ
F ₂₂ 15	2,48	22,4	23,0	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₃ 15	2,41	22,4	22,8	0,022	0,433	FALLÓ	F ₂₄ 15	2,45	22,6	22,8	0,025	0,492	FALLÓ
F ₂₂ 16	2,53	22,4	23,0	0,023	0,453	-	F ₂₃ 16	2,45	22,4	22,8	0,023	0,453	-	F ₂₄ 16	2,56	22,6	22,8	0,022	0,433	-
F ₂₂ 17	2,47	22,4	23,0	0,022	0,433	-	F ₂₃ 17	2,44	22,4	22,8	0,024	0,473	-	F ₂₄ 17	2,50	22,6	22,8	0,023	0,453	-
F ₂₂ 18	2,52	22,4	23,0	0,023	0,453	FALLÓ	F ₂₃ 18	2,33	22,4	22,8	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₄ 18	2,48	22,6	22,8	0,023	0,453	-
F ₂₂ 19	2,51	22,4	23,0	0,022	0,433	-	F ₂₃ 19	2,58	22,4	22,8	0,021	0,414	-	F ₂₄ 19	2,46	22,6	22,8	0,024	0,473	FALLÓ
F ₂₂ 20	2,50	22,4	23,0	0,022	0,433	-	F ₂₃ 20	2,46	22,4	22,8	0,024	0,473	-	F ₂₄ 20	2,44	22,6	22,8	0,024	0,473	FALLÓ
PROM.	2,48	22,40	23,00	0,02	0,46		PROM.	2,49	22,40	22,80	0,02	0,48		PROM.	2,55	22,60	22,80	0,02	0,46	
D.E.	0,04				0,02		D.E.	0,04				0,03		D.E.	0,08				0,03	

Continuación

Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.	Código probeta	Espesor (mm)	CONDICIONES NORMALES (23°C)				OBS.
		Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)				Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Altura (m)	Energía (J)	
F ₂₅ 1	2,61	22,2	22,6	0,024	0,473	-	F ₂₆ 1	2,75	22,2	23,2	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₇ 1	2,31	22,2	22,4	0,023	0,453	-
F ₂₅ 2	2,45	22,2	22,6	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₆ 2	2,52	22,4	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₇ 2	2,29	22,6	23,0	0,025	0,492	FALLÓ
F ₂₅ 3	2,48	22,2	22,6	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₆ 3	2,66	22,4	22,6	0,024	0,473	-	F ₂₇ 3	2,59	22,6	23,0	0,024	0,473	FALLÓ
F ₂₅ 4	2,56	22,2	22,6	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₆ 4	2,47	22,4	22,6	0,025	0,492	-	F ₂₇ 4	2,38	22,6	23,0	0,023	0,453	-
F ₂₅ 5	2,60	22,2	22,6	0,022	0,433	-	F ₂₆ 5	2,37	22,4	22,6	0,025	0,492	-	F ₂₇ 5	2,54	22,6	23,0	0,024	0,473	-
F ₂₅ 6	2,52	22,2	22,6	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₆ 6	2,63	22,4	22,6	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₇ 6	2,45	22,6	23,0	0,024	0,473	-
F ₂₅ 7	2,59	22,2	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₆ 7	2,69	22,4	22,6	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₇ 7	2,40	22,6	23,0	0,026	0,512	-
F ₂₅ 8	2,43	22,2	22,6	0,022	0,433	-	F ₂₆ 8	2,70	22,4	22,6	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₇ 8	2,69	22,6	23,0	0,027	0,532	-
F ₂₅ 9	2,62	22,2	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₆ 9	2,46	22,4	22,6	0,024	0,473	-	F ₂₇ 9	2,58	22,6	23,0	0,028	0,552	-
F ₂₅ 10	2,49	22,2	22,6	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₆ 10	2,40	22,4	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₇ 10	2,50	22,6	23,0	0,029	0,571	FALLÓ
F ₂₅ 11	2,50	22,2	22,6	0,020	0,394	-	F ₂₆ 11	2,76	22,4	22,6	0,024	0,473	-	F ₂₇ 11	2,51	22,6	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₂₅ 12	2,60	22,2	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₆ 12	2,65	22,4	22,6	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₇ 12	2,54	22,6	23,0	0,025	0,492	-
F ₂₅ 13	2,55	22,2	22,6	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₆ 13	2,54	22,4	22,6	0,025	0,492	-	F ₂₇ 13	2,45	22,6	23,0	0,027	0,532	-
F ₂₅ 14	2,57	22,2	22,6	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₆ 14	2,38	22,4	22,6	0,026	0,512	FALLÓ	F ₂₇ 14	2,85	22,6	23,0	0,028	0,552	-
F ₂₅ 15	2,55	22,2	22,6	0,022	0,433	-	F ₂₆ 15	2,51	22,4	22,6	0,024	0,473	-	F ₂₇ 15	2,65	22,6	23,0	0,029	0,571	FALLÓ
F ₂₅ 16	2,56	22,2	22,6	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₆ 16	2,58	22,4	22,6	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₇ 16	2,64	22,6	23,0	0,028	0,552	-
F ₂₅ 17	2,52	22,2	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₆ 17	2,50	22,4	22,6	0,024	0,473	-	F ₂₇ 17	2,47	22,6	23,0	0,028	0,552	FALLÓ
F ₂₅ 18	2,51	22,2	22,6	0,020	0,394	-	F ₂₆ 18	2,36	22,4	22,6	0,024	0,473	FALLÓ	F ₂₇ 18	2,47	22,6	23,0	0,027	0,532	-
F ₂₅ 19	2,69	22,2	22,6	0,022	0,433	-	F ₂₆ 19	2,66	22,4	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₇ 19	2,41	22,6	23,0	0,028	0,552	-
F ₂₅ 20	2,41	22,2	22,6	0,025	0,492	FALLÓ	F ₂₆ 20	2,50	22,4	22,6	0,023	0,453	-	F ₂₇ 20	2,34	22,6	23,0	0,029	0,571	FALLÓ
PROM.	2,57	22,20	22,60	0,02	0,44		PROM.	2,53	22,40	22,60	0,02	0,47		PROM.	2,52	22,57	22,95	0,03	0,51	
D.E.	0,07				0,02		D.E.	0,11				0,01		D.E.	0,14				0,04	

ANEXO 11
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: CH

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	26	27.00800000	1.03876923	8.34	<.0001
Error	108	13.45200000	0.12455556		
Corrected Total	134	40.46000000			
R-Square					
0.667523					
Coeff Var					
19.60691					
Root MSE					
0.352924					
CH Mean					
1.800000					
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	2	1.44400000	0.72200000	5.80	0.0041**
TAMANO	2	0.44933333	0.22466667	1.80	0.1696NS
PROPORCION	2	15.65200000	7.82600000	62.83	0.0001**
EDAD*TAMANO	4	2.03333333	0.50833333	4.08	0.0040**
EDAD*PROPORCION	4	1.55600000	0.38900000	3.12	0.0179*
TAMANO*PROPORCION	4	1.22666667	0.30666667	2.46	0.0495*
EDAD*TAMANO*PROPORCI	8	4.64666667	0.58083333	4.66	0.0001**

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES: PRUEBA DE MINIMOS CUADRADOS

The GLM Procedure

Least Squares Means

				LSMEAN
EDAD	TAMANO	PROPORCION	CH LSMEAN	Number
4años	40-60AST	10%bolai	1.00000000	1
4años	40-60AST	20%bolai	1.50000000	2
4años	40-60AST	30%bolai	2.22000000	3
4años	60-80AST	10%bolai	0.92000000	4
4años	60-80AST	20%bolai	1.54000000	5
4años	60-80AST	30%bolai	2.16000000	6
4años	80-100AS	10%bolai	1.98000000	7
4años	80-100AS	20%bolai	1.58000000	8
4años	80-100AS	30%bolai	2.16000000	9
5años	40-60AST	10%bolai	1.68000000	10
5años	40-60AST	20%bolai	1.94000000	11
5años	40-60AST	30%bolai	2.72000000	12
5años	60-80AST	10%bolai	1.78000000	13
5años	60-80AST	20%bolai	1.40000000	14
5años	60-80AST	30%bolai	2.42000000	15
5años	80-100AS	10%bolai	2.10000000	16
5años	80-100AS	20%bolai	1.32000000	17
5años	80-100AS	30%bolai	1.98000000	18

6años	40-60AST	10%bolai	1.40000000	19
6años	40-60AST	20%bolai	1.60000000	20
6años	40-60AST	30%bolai	2.04000000	21
6años	60-80AST	10%bolai	1.64000000	22
6años	60-80AST	20%bolai	1.64000000	23
6años	60-80AST	30%bolai	2.12000000	24
6años	80-100AS	10%bolai	1.24000000	25
6años	80-100AS	20%bolai	1.82000000	26
6años	80-100AS	30%bolai	2.70000000	27

Least Squares Means for effect EDAD*TAMANO*PROPORCI

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: CH

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		0.0271	<.0001	0.7207	0.0172	<.0001	<.0001	0.0107	<.0001
2	0.0271		0.0017	0.0107	0.8581	0.0038	0.0337	0.7207	0.0038
3	<.0001	0.0017		<.0001	0.0029	0.7886	0.2847	0.0050	0.7886
4	0.7207	0.0107	<.0001		0.0065	<.0001	<.0001	0.0038	<.0001
5	0.0172	0.8581	0.0029	0.0065		0.0065	0.0513	0.8581	0.0065
6	<.0001	0.0038	0.7886	<.0001	0.0065		0.4218	0.0107	1.0000
7	<.0001	0.0337	0.2847	<.0001	0.0513	0.4218		0.0759	0.4218

8	0.0107	0.7207	0.0050	0.0038	0.8581	0.0107	0.0759		0.0107
9	<.0001	0.0038	0.7886	<.0001	0.0065	1.0000	0.4218	0.0107	
10	0.0029	0.4218	0.0172	0.0009	0.5318	0.0337	0.1818	0.6550	0.0337
11	<.0001	0.0513	0.2124	<.0001	0.0759	0.3265	0.8581	0.1097	0.3265
12	<.0001	<.0001	0.0271	<.0001	<.0001	0.0136	0.0012	<.0001	0.0136
13	0.0007	0.2124	0.0513	0.0002	0.2847	0.0915	0.3722	0.3722	0.0915
14	0.0759	0.6550	0.0004	0.0337	0.5318	0.0009	0.0107	0.4218	0.0009
15	<.0001	<.0001	0.3722	<.0001	0.0001	0.2467	0.0513	0.0003	0.2467
16	<.0001	0.0083	0.5920	<.0001	0.0136	0.7886	0.5920	0.0217	0.7886
17	0.1546	0.4218	0.0001	0.0759	0.3265	0.0003	0.0038	0.2467	0.0003
18	<.0001	0.0337	0.2847	<.0001	0.0513	0.4218	1.0000	0.0759	0.4218
19	0.0759	0.6550	0.0004	0.0337	0.5318	0.0009	0.0107	0.4218	0.0009
20	0.0083	0.6550	0.0065	0.0029	0.7886	0.0136	0.0915	0.9288	0.0136
21	<.0001	0.0172	0.4218	<.0001	0.0271	0.5920	0.7886	0.0417	0.5920
22	0.0050	0.5318	0.0107	0.0017	0.6550	0.0217	0.1306	0.7886	0.0217
23	0.0050	0.5318	0.0107	0.0017	0.6550	0.0217	0.1306	0.7886	0.0217
24	<.0001	0.0065	0.6550	<.0001	0.0107	0.8581	0.5318	0.0172	0.8581
25	0.2847	0.2467	<.0001	0.1546	0.1818	<.0001	0.0012	0.1306	<.0001
26	0.0004	0.1546	0.0759	0.0001	0.2124	0.1306	0.4750	0.2847	0.1306
27	<.0001	<.0001	0.0337	<.0001	<.0001	0.0172	0.0017	<.0001	0.0172

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.0029	<.0001	<.0001	0.0007	0.0759	<.0001	<.0001	0.1546	<.0001
2	0.4218	0.0513	<.0001	0.2124	0.6550	<.0001	0.0083	0.4218	0.0337
3	0.0172	0.2124	0.0271	0.0513	0.0004	0.3722	0.5920	0.0001	0.2847
4	0.0009	<.0001	<.0001	0.0002	0.0337	<.0001	<.0001	0.0759	<.0001
5	0.5318	0.0759	<.0001	0.2847	0.5318	0.0001	0.0136	0.3265	0.0513
6	0.0337	0.3265	0.0136	0.0915	0.0009	0.2467	0.7886	0.0003	0.4218
7	0.1818	0.8581	0.0012	0.3722	0.0107	0.0513	0.5920	0.0038	1.0000
8	0.6550	0.1097	<.0001	0.3722	0.4218	0.0003	0.0217	0.2467	0.0759
9	0.0337	0.3265	0.0136	0.0915	0.0009	0.2467	0.7886	0.0003	0.4218
10		0.2467	<.0001	0.6550	0.2124	0.0012	0.0626	0.1097	0.1818
11	0.2467		0.0007	0.4750	0.0172	0.0337	0.4750	0.0065	0.8581
12	<.0001	0.0007		<.0001	<.0001	0.1818	0.0065	<.0001	0.0012
13	0.6550	0.4750	<.0001		0.0915	0.0050	0.1546	0.0417	0.3722
14	0.2124	0.0172	<.0001	0.0915		<.0001	0.0022	0.7207	0.0107
15	0.0012	0.0337	0.1818	0.0050	<.0001		0.1546	<.0001	0.0513
16	0.0626	0.4750	0.0065	0.1546	0.0022	0.1546		0.0007	0.5920
17	0.1097	0.0065	<.0001	0.0417	0.7207	<.0001	0.0007		0.0038
18	0.1818	0.8581	0.0012	0.3722	0.0107	0.0513	0.5920	0.0038	
19	0.2124	0.0172	<.0001	0.0915	1.0000	<.0001	0.0022	0.7207	0.0107
20	0.7207	0.1306	<.0001	0.4218	0.3722	0.0004	0.0271	0.2124	0.0915
21	0.1097	0.6550	0.0029	0.2467	0.0050	0.0915	0.7886	0.0017	0.7886
22	0.8581	0.1818	<.0001	0.5318	0.2847	0.0007	0.0417	0.1546	0.1306
23	0.8581	0.1818	<.0001	0.5318	0.2847	0.0007	0.0417	0.1546	0.1306

24	0.0513	0.4218	0.0083	0.1306	0.0017	0.1818	0.9288	0.0005	0.5318
25	0.0513	0.0022	<.0001	0.0172	0.4750	<.0001	0.0002	0.7207	0.0012
26	0.5318	0.5920	0.0001	0.8581	0.0626	0.0083	0.2124	0.0271	0.4750
27	<.0001	0.0009	0.9288	<.0001	<.0001	0.2124	0.0083	<.0001	0.0017

i/j	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0.0759	0.0083	<.0001	0.0050	0.0050	<.0001	0.2847	0.0004	<.0001
2	0.6550	0.6550	0.0172	0.5318	0.5318	0.0065	0.2467	0.1546	<.0001
3	0.0004	0.0065	0.4218	0.0107	0.0107	0.6550	<.0001	0.0759	0.0337
4	0.0337	0.0029	<.0001	0.0017	0.0017	<.0001	0.1546	0.0001	<.0001
5	0.5318	0.7886	0.0271	0.6550	0.6550	0.0107	0.1818	0.2124	<.0001
6	0.0009	0.0136	0.5920	0.0217	0.0217	0.8581	<.0001	0.1306	0.0172
7	0.0107	0.0915	0.7886	0.1306	0.1306	0.5318	0.0012	0.4750	0.0017
8	0.4218	0.9288	0.0417	0.7886	0.7886	0.0172	0.1306	0.2847	<.0001
9	0.0009	0.0136	0.5920	0.0217	0.0217	0.8581	<.0001	0.1306	0.0172
10	0.2124	0.7207	0.1097	0.8581	0.8581	0.0513	0.0513	0.5318	<.0001
11	0.0172	0.1306	0.6550	0.1818	0.1818	0.4218	0.0022	0.5920	0.0009
12	<.0001	<.0001	0.0029	<.0001	<.0001	0.0083	<.0001	0.0001	0.9288
13	0.0915	0.4218	0.2467	0.5318	0.5318	0.1306	0.0172	0.8581	<.0001
14	1.0000	0.3722	0.0050	0.2847	0.2847	0.0017	0.4750	0.0626	<.0001
15	<.0001	0.0004	0.0915	0.0007	0.0007	0.1818	<.0001	0.0083	0.2124
16	0.0022	0.0271	0.7886	0.0417	0.0417	0.9288	0.0002	0.2124	0.0083
17	0.7207	0.2124	0.0017	0.1546	0.1546	0.0005	0.7207	0.0271	<.0001
18	0.0107	0.0915	0.7886	0.1306	0.1306	0.5318	0.0012	0.4750	0.0017

19		0.3722	0.0050	0.2847	0.2847	0.0017	0.4750	0.0626	<.0001
20	0.3722		0.0513	0.8581	0.8581	0.0217	0.1097	0.3265	<.0001
21	0.0050	0.0513		0.0759	0.0759	0.7207	0.0005	0.3265	0.0038
22	0.2847	0.8581	0.0759		1.0000	0.0337	0.0759	0.4218	<.0001
23	0.2847	0.8581	0.0759	1.0000		0.0337	0.0759	0.4218	<.0001
24	0.0017	0.0217	0.7207	0.0337	0.0337		0.0001	0.1818	0.0107
25	0.4750	0.1097	0.0005	0.0759	0.0759	0.0001		0.0107	<.0001
26	0.0626	0.3265	0.3265	0.4218	0.4218	0.1818	0.0107		0.0001
27	<.0001	<.0001	0.0038	<.0001	<.0001	0.0107	<.0001	0.0001	

ANEXO 12
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DENSIDAD

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: DENSIDAD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	26	0.20048000	0.00771077	11.38	<.0001
Error	108	0.07316000	0.00067741		
Corrected Total	134	0.27364000			
R-Square					
.732641					
Coef Var					
2.989324					
Root MSE					
0.026027					
DENSIDAD Mean					
0.870667					
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	2	0.01445333	0.00722667	10.67	0.0001**
TAMANO	2	0.00936444	0.00468222	6.91	0.0015**
PROPORCION	2	0.15529333	0.07764667	114.62	0.0001**
EDAD*TAMANO	4	0.00363556	0.00090889	1.34	0.2592NS
EDAD*PROPORCION	4	0.00702667	0.00175667	2.59	0.0405*
TAMANO*PROPORCION	4	0.00375556	0.00093889	1.39	0.2436NS
EDAD*TAMANO*PROPORCI	8	0.00695111	0.00086889	1.28	0.2601NS

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES: PRUEBA DE MINIMOS CUADRADOS

The GLM Procedure

Least Squares Means

EDAD	TAMANO	PROPORCION	LSMEAN	Number
4años	40-60AST	10%bolai	17.4260000	1
4años	40-60AST	20%bolai	7.6880000	2
4años	40-60AST	30%bolai	14.0500000	3
4años	60-80AST	10%bolai	9.2860000	4
4años	60-80AST	20%bolai	8.1640000	5
4años	60-80AST	30%bolai	11.9040000	6
4años	80-100AS	10%bolai	5.7000000	7
4años	80-100AS	20%bolai	6.8720000	8
4años	80-100AS	30%bolai	12.1660000	9
5años	40-60AST	10%bolai	6.6940000	10
5años	40-60AST	20%bolai	18.8140000	11
5años	40-60AST	30%bolai	16.3240000	12
5años	60-80AST	10%bolai	9.1220000	13
5años	60-80AST	20%bolai	9.0580000	14
5años	60-80AST	30%bolai	11.7140000	15
5años	80-100AS	10%bolai	5.9840000	16
5años	80-100AS	20%bolai	8.3780000	17
5años	80-100AS	30%bolai	10.6400000	18

6años	40-60AST	10%bolai	5.1420000	19
6años	40-60AST	20%bolai	6.3840000	20
6años	40-60AST	30%bolai	11.5560000	21
6años	60-80AST	10%bolai	6.6160000	22
6años	60-80AST	20%bolai	6.0060000	23
6años	60-80AST	30%bolai	10.7800000	24
6años	80-100AS	10%bolai	7.8400000	25
6años	80-100AS	20%bolai	6.7940000	26
6años	80-100AS	30%bolai	9.8840000	27

Least Squares Means for effect EDAD*TAMANO*PROPORCI

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: ABSORCION

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		<.0001	0.0638	<.0001	<.0001	0.0028	<.0001	<.0001	0.0043
2	<.0001		0.0006	0.3774	0.7923	0.0212	0.2726	0.6517	0.0145
3	0.0638	0.0006		0.0094	0.0015	0.2365	<.0001	0.0001	0.2983
4	<.0001	0.3774	0.0094		0.5350	0.1493	0.0492	0.1834	0.1131
5	<.0001	0.7923	0.0015	0.5350		0.0404	0.1745	0.4751	0.0285
6	0.0028	0.0212	0.2365	0.1493	0.0404		0.0008	0.0062	0.8847
7	<.0001	0.2726	<.0001	0.0492	0.1745	0.0008		0.5170	0.0005
8	<.0001	0.6517	0.0001	0.1834	0.4751	0.0062	0.5170		0.0041
9	0.0043	0.0145	0.2983	0.1131	0.0285	0.8847	0.0005	0.0041	

10	<.0001	0.5825	<.0001	0.1534	0.4166	0.0047	0.5825	0.9215	0.0030
11	0.4430	<.0001	0.0094	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001	<.0001	0.0004
12	0.5423	<.0001	0.2099	0.0002	<.0001	0.0158	<.0001	<.0001	0.0230
13	<.0001	0.4281	0.0073	0.9277	0.5962	0.1257	0.0603	0.2147	0.0942
14	<.0001	0.4489	0.0066	0.8996	0.6210	0.1173	0.0652	0.2279	0.0876
15	0.0020	0.0276	0.1978	0.1809	0.0515	0.9163	0.0012	0.0084	0.8025
16	<.0001	0.3467	<.0001	0.0698	0.2292	0.0014	0.8751	0.6233	0.0009
17	<.0001	0.7027	0.0021	0.6155	0.9057	0.0531	0.1403	0.4053	0.0379
18	0.0003	0.1044	0.0612	0.4542	0.1725	0.4847	0.0072	0.0390	0.3992
19	<.0001	0.1607	<.0001	0.0234	0.0966	0.0003	0.7575	0.3394	0.0002
20	<.0001	0.4710	<.0001	0.1104	0.3257	0.0028	0.7051	0.7871	0.0018
21	0.0015	0.0341	0.1694	0.2107	0.0626	0.8473	0.0015	0.0107	0.7357
22	<.0001	0.5533	<.0001	0.1415	0.3924	0.0041	0.6124	0.8873	0.0026
23	<.0001	0.3529	<.0001	0.0716	0.2339	0.0014	0.8655	0.6319	0.0009
24	0.0004	0.0892	0.0725	0.4091	0.1496	0.5343	0.0057	0.0324	0.4437
25	<.0001	0.9330	0.0008	0.4243	0.8577	0.0262	0.2378	0.5924	0.0181
26	<.0001	0.6210	0.0001	0.1697	0.4489	0.0055	0.5452	0.9656	0.0036
27	<.0001	0.2258	0.0227	0.7407	0.3422	0.2650	0.0222	0.0977	0.2083

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	<.0001	0.4430	0.5423	<.0001	<.0001	0.0020	<.0001	<.0001	0.0003
2	0.5825	<.0001	<.0001	0.4281	0.4489	0.0276	0.3467	0.7027	0.1044
3	<.0001	0.0094	0.2099	0.0073	0.0066	0.1978	<.0001	0.0021	0.0612
4	0.1534	<.0001	0.0002	0.9277	0.8996	0.1809	0.0698	0.6155	0.4542

5	0.4166	<.0001	<.0001	0.5962	0.6210	0.0515	0.2292	0.9057	0.1725
6	0.0047	0.0002	0.0158	0.1257	0.1173	0.9163	0.0014	0.0531	0.4847
7	0.5825	<.0001	<.0001	0.0603	0.0652	0.0012	0.8751	0.1403	0.0072
8	0.9215	<.0001	<.0001	0.2147	0.2279	0.0084	0.6233	0.4053	0.0390
9	0.0030	0.0004	0.0230	0.0942	0.0876	0.8025	0.0009	0.0379	0.3992
10		<.0001	<.0001	0.1809	0.1925	0.0063	0.6945	0.3523	0.0308
11	<.0001		0.1701	<.0001	<.0001	0.0001	<.0001	<.0001	<.0001
12	<.0001	0.1701		0.0001	0.0001	0.0119	<.0001	<.0001	0.0021
13	0.1809	<.0001	0.0001		0.9717	0.1534	0.0846	0.6806	0.4016
14	0.1925	<.0001	0.0001	0.9717		0.1436	0.0910	0.7068	0.3821
15	0.0063	0.0001	0.0119	0.1534	0.1436		0.0019	0.0670	0.5526
16	0.6945	<.0001	<.0001	0.0846	0.0910	0.0019		0.1870	0.0111
17	0.3523	<.0001	<.0001	0.6806	0.7068	0.0670	0.1870		0.2123
18	0.0308	<.0001	0.0021	0.4016	0.3821	0.5526	0.0111	0.2123	
19	0.3912	<.0001	<.0001	0.0294	0.0320	0.0004	0.6414	0.0754	0.0029
20	0.8638	<.0001	<.0001	0.1317	0.1409	0.0038	0.8248	0.2711	0.0200
21	0.0081	0.0001	0.0094	0.1798	0.1687	0.9303	0.0025	0.0808	0.6124
22	0.9656	<.0001	<.0001	0.1674	0.1784	0.0056	0.7266	0.3306	0.0277
23	0.7035	<.0001	<.0001	0.0868	0.0933	0.0020	0.9903	0.1910	0.0115
24	0.0254	<.0001	0.0027	0.3598	0.3416	0.6055	0.0090	0.1855	0.9382
25	0.5263	<.0001	<.0001	0.4785	0.5007	0.0339	0.3055	0.7659	0.1233
26	0.9559	<.0001	<.0001	0.1993	0.2119	0.0074	0.6541	0.3815	0.0352
27	0.0796	<.0001	0.0005	0.6734	0.6477	0.3123	0.0327	0.4053	0.6758

i/j	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	<.0001	<.0001	0.0015	<.0001	<.0001	0.0004	<.0001	<.0001	<.0001
2	0.1607	0.4710	0.0341	0.5533	0.3529	0.0892	0.9330	0.6210	0.2258
3	<.0001	<.0001	0.1694	<.0001	<.0001	0.0725	0.0008	0.0001	0.0227
4	0.0234	0.1104	0.2107	0.1415	0.0716	0.4091	0.4243	0.1697	0.7407
5	0.0966	0.3257	0.0626	0.3924	0.2339	0.1496	0.8577	0.4489	0.3422
6	0.0003	0.0028	0.8473	0.0041	0.0014	0.5343	0.0262	0.0055	0.2650
7	0.7575	0.7051	0.0015	0.6124	0.8655	0.0057	0.2378	0.5452	0.0222
8	0.3394	0.7871	0.0107	0.8873	0.6319	0.0324	0.5924	0.9656	0.0977
9	0.0002	0.0018	0.7357	0.0026	0.0009	0.4437	0.0181	0.0036	0.2083
10	0.3912	0.8638	0.0081	0.9656	0.7035	0.0254	0.5263	0.9559	0.0796
11	<.0001	<.0001	0.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
12	<.0001	<.0001	0.0094	<.0001	<.0001	0.0027	<.0001	<.0001	0.0005
13	0.0294	0.1317	0.1798	0.1674	0.0868	0.3598	0.4785	0.1993	0.6734
14	0.0320	0.1409	0.1687	0.1784	0.0933	0.3416	0.5007	0.2119	0.6477
15	0.0004	0.0038	0.9303	0.0056	0.0020	0.6055	0.0339	0.0074	0.3123
16	0.6414	0.8248	0.0025	0.7266	0.9903	0.0090	0.3055	0.6541	0.0327
17	0.0754	0.2711	0.0808	0.3306	0.1910	0.1855	0.7659	0.3815	0.4053
18	0.0029	0.0200	0.6124	0.0277	0.0115	0.9382	0.1233	0.0352	0.6758
19		0.4923	0.0006	0.4154	0.6327	0.0023	0.1374	0.3615	0.0098
20	0.4923		0.0050	0.8978	0.8343	0.0164	0.4211	0.8205	0.0548
21	0.0006	0.0050		0.0072	0.0026	0.6677	0.0417	0.0095	0.3558
22	0.4154	0.8978	0.0072		0.7357	0.0228	0.4986	0.9215	0.0726

23	0.6327	0.8343	0.0026	0.7357		0.0093	0.3113	0.6629	0.0337
24	0.0023	0.0164	0.6677	0.0228	0.0093		0.1058	0.0291	0.6202
25	0.1374	0.4211	0.0417	0.4986	0.3113	0.1058		0.5630	0.2594
26	0.3615	0.8205	0.0095	0.9215	0.6629	0.0291	0.5630		0.0894
27	0.0098	0.0548	0.3558	0.0726	0.0337	0.6202	0.2594	0.0894	

ANEXO 14
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL HINCHAMIENTO.

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: HINCHAMIENTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	26	83.2933333	3.2035897	3.21	<.0001
Error	108	107.7440000	0.9976296		
Corrected Total	134	191.0373333			
R-Square					
0.436006					
Coeff Var					
23.32467					
Root MSE					
0.998814					
HINCHAMIENTO Mean					
4.282222					
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	2	4.94533333	2.47266667	2.48	0.0886NS
TAMANO	2	2.65733333	1.32866667	1.33	0.2683NS
PROPORCION	2	54.41644444	27.20822222	27.27	0.0001**
EDAD*TAMANO	4	5.88400000	1.47100000	1.47	0.2150NS
EDAD*PROPORCION	4	2.02488889	0.50622222	0.51	0.7304NS
TAMANO*PROPORCION	4	0.91022222	0.22755556	0.23	0.9221NS
EDAD*TAMANO*PROPORCI	8	12.45511111	1.55688889	1.56	0.1452NS

ANEXO 15
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MOR EN TENSIÓN.

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: MOR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	26	478.5290859	18.4049648	11.71	<.0001
Error	108	169.7600400	1.5718522		
Corrected Total	134	648.2891259			
R-Square					
0.738141					
Coeff Var					
8.961179					
Root MSE					
1.253735					
MOR Mean					
13.99074					
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	2	42.5546415	21.2773207	13.54	0.0001**
TAMANO	2	121.1907570	60.5953785	38.55	0.0001**
PROPORCION	2	202.3160948	101.1580474	64.36	0.0001**
EDAD*TAMANO	4	28.6875141	7.1718785	4.56	0.0019**
EDAD*PROPORCION	4	22.2735230	5.5683807	3.54	0.0093**
TAMANO*PROPORCION	4	13.5115274	3.3778819	2.15	0.0797NS
EDAD*TAMANO*PROPORCI	8	47.9950281	5.9993785	3.82	0.0006**

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES: PRUEBA DE MINIMOS CUADRADOS

The GLM Procedure

Least Squares Means

EDAD	TAMANO	PROPORCION	MOR LSMEAN	LSMEAN Number
4años	40-60AST	10%bolai	16.6960000	1
4años	40-60AST	20%bolai	16.7460000	2
4años	40-60AST	30%bolai	14.0200000	3
4años	60-80AST	10%bolai	15.5420000	4
4años	60-80AST	20%bolai	12.9260000	5
4años	60-80AST	30%bolai	11.5960000	6
4años	80-100AS	10%bolai	15.7140000	7
4años	80-100AS	20%bolai	13.7080000	8
4años	80-100AS	30%bolai	13.9240000	9
5años	40-60AST	10%bolai	16.1820000	10
5años	40-60AST	20%bolai	13.2920000	11
5años	40-60AST	30%bolai	13.1880000	12
5años	60-80AST	10%bolai	13.1900000	13
5años	60-80AST	20%bolai	13.3980000	14
5años	60-80AST	30%bolai	11.9360000	15
5años	80-100AS	10%bolai	12.9160000	16
5años	80-100AS	20%bolai	13.6680000	17
5años	80-100AS	30%bolai	11.2100000	18

6años	40-60AST	10%bolai	18.7600000	19
6años	40-60AST	20%bolai	16.7880000	20
6años	40-60AST	30%bolai	12.2720000	21
6años	60-80AST	10%bolai	15.0080000	22
6años	60-80AST	20%bolai	14.4100000	23
6años	60-80AST	30%bolai	12.6580000	24
6años	80-100AS	10%bolai	14.1740000	25
6años	80-100AS	20%bolai	13.1700000	26
6años	80-100AS	30%bolai	10.6580000	27

Least Squares Means for effect EDAD*TAMANO*PROPORCI

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: MOR

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		0.9498	0.0010	0.1485	<.0001	<.0001	0.2182	0.0003	0.0007
2	0.9498		0.0008	0.1318	<.0001	<.0001	0.1959	0.0002	0.0006
3	0.0010	0.0008		0.0576	0.1705	0.0028	0.0349	0.6947	0.9039
4	0.1485	0.1318	0.0576		0.0013	<.0001	0.8287	0.0226	0.0437
5	<.0001	<.0001	0.1705	0.0013		0.0964	0.0006	0.3262	0.2109
6	<.0001	<.0001	0.0028	<.0001	0.0964		<.0001	0.0089	0.0041
7	0.2182	0.1959	0.0349	0.8287	0.0006	<.0001		0.0129	0.0260
8	0.0003	0.0002	0.6947	0.0226	0.3262	0.0089	0.0129		0.7858

9	0.0007	0.0006	0.9039	0.0437	0.2109	0.0041	0.0260	0.7858	
10	0.5182	0.4784	0.0075	0.4214	<.0001	<.0001	0.5563	0.0023	0.0053
11	<.0001	<.0001	0.3606	0.0054	0.6453	0.0347	0.0028	0.6009	0.4272
12	<.0001	<.0001	0.2964	0.0037	0.7417	0.0472	0.0019	0.5134	0.3554
13	<.0001	<.0001	0.2976	0.0037	0.7398	0.0469	0.0019	0.5150	0.3567
14	<.0001	<.0001	0.4345	0.0080	0.5529	0.0250	0.0043	0.6966	0.5085
15	<.0001	<.0001	0.0098	<.0001	0.2145	0.6689	<.0001	0.0275	0.0137
16	<.0001	<.0001	0.1667	0.0013	0.9900	0.0989	0.0006	0.3201	0.2064
17	0.0002	0.0002	0.6580	0.0199	0.3515	0.0103	0.0112	0.9599	0.7474
18	<.0001	<.0001	0.0006	<.0001	0.0327	0.6274	<.0001	0.0021	0.0009
19	0.0105	0.0125	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001	<.0001
20	0.9078	0.9579	0.0007	0.1190	<.0001	<.0001	0.1784	0.0002	0.0005
21	<.0001	<.0001	0.0296	<.0001	0.4113	0.3958	<.0001	0.0729	0.0396
22	0.0355	0.0305	0.2155	0.5021	0.0099	<.0001	0.3752	0.1040	0.1744
23	0.0048	0.0039	0.6238	0.1563	0.0640	0.0006	0.1030	0.3779	0.5412
24	<.0001	<.0001	0.0887	0.0004	0.7360	0.1833	0.0002	0.1882	0.1133
25	0.0019	0.0016	0.8464	0.0873	0.1184	0.0015	0.0547	0.5580	0.7532
26	<.0001	<.0001	0.2861	0.0034	0.7589	0.0497	0.0018	0.4989	0.3438
27	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0051	0.2394	<.0001	0.0002	<.0001

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.5182	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001
2	0.4784	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001
3	0.0075	0.3606	0.2964	0.2976	0.4345	0.0098	0.1667	0.6580	0.0006

4	0.4214	0.0054	0.0037	0.0037	0.0080	<.0001	0.0013	0.0199	<.0001
5	<.0001	0.6453	0.7417	0.7398	0.5529	0.2145	0.9900	0.3515	0.0327
6	<.0001	0.0347	0.0472	0.0469	0.0250	0.6689	0.0989	0.0103	0.6274
7	0.5563	0.0028	0.0019	0.0019	0.0043	<.0001	0.0006	0.0112	<.0001
8	0.0023	0.6009	0.5134	0.5150	0.6966	0.0275	0.3201	0.9599	0.0021
9	0.0053	0.4272	0.3554	0.3567	0.5085	0.0137	0.2064	0.7474	0.0009
10		0.0004	0.0003	0.0003	0.0007	<.0001	<.0001	0.0020	<.0001
11	0.0004		0.8959	0.8979	0.8939	0.0901	0.6363	0.6363	0.0099
12	0.0003	0.8959		0.9980	0.7916	0.1173	0.7322	0.5462	0.0141
13	0.0003	0.8979	0.9980		0.7936	0.1167	0.7304	0.5479	0.0140
14	0.0007	0.8939	0.7916	0.7936		0.0680	0.5445	0.7341	0.0068
15	<.0001	0.0901	0.1173	0.1167	0.0680		0.2192	0.0311	0.3619
16	<.0001	0.6363	0.7322	0.7304	0.5445	0.2192		0.3451	0.0337
17	0.0020	0.6363	0.5462	0.5479	0.7341	0.0311	0.3451		0.0025
18	<.0001	0.0099	0.0141	0.0140	0.0068	0.3619	0.0337	0.0025	
19	0.0015	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
20	0.4464	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0001	<.0001
21	<.0001	0.2011	0.2506	0.2495	0.1585	0.6726	0.4185	0.0811	0.1833
22	0.1416	0.0327	0.0236	0.0238	0.0448	0.0002	0.0096	0.0939	<.0001
23	0.0275	0.1614	0.1262	0.1268	0.2046	0.0023	0.0622	0.3515	0.0001
24	<.0001	0.4257	0.5053	0.5037	0.3528	0.3646	0.7455	0.2055	0.0706
25	0.0128	0.2685	0.2164	0.2173	0.3299	0.0057	0.1155	0.5247	0.0003
26	0.0002	0.8780	0.9819	0.9799	0.7742	0.1226	0.7493	0.5313	0.0150
27	<.0001	0.0012	0.0019	0.0018	0.0008	0.1099	0.0053	0.0002	0.4878

i/j	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0.0105	0.9078	<.0001	0.0355	0.0048	<.0001	0.0019	<.0001	<.0001
2	0.0125	0.9579	<.0001	0.0305	0.0039	<.0001	0.0016	<.0001	<.0001
3	<.0001	0.0007	0.0296	0.2155	0.6238	0.0887	0.8464	0.2861	<.0001
4	<.0001	0.1190	<.0001	0.5021	0.1563	0.0004	0.0873	0.0034	<.0001
5	<.0001	<.0001	0.4113	0.0099	0.0640	0.7360	0.1184	0.7589	0.0051
6	<.0001	<.0001	0.3958	<.0001	0.0006	0.1833	0.0015	0.0497	0.2394
7	0.0002	0.1784	<.0001	0.3752	0.1030	0.0002	0.0547	0.0018	<.0001
8	<.0001	0.0002	0.0729	0.1040	0.3779	0.1882	0.5580	0.4989	0.0002
9	<.0001	0.0005	0.0396	0.1744	0.5412	0.1133	0.7532	0.3438	<.0001
10	0.0015	0.4464	<.0001	0.1416	0.0275	<.0001	0.0128	0.0002	<.0001
11	<.0001	<.0001	0.2011	0.0327	0.1614	0.4257	0.2685	0.8780	0.0012
12	<.0001	<.0001	0.2506	0.0236	0.1262	0.5053	0.2164	0.9819	0.0019
13	<.0001	<.0001	0.2495	0.0238	0.1268	0.5037	0.2173	0.9799	0.0018
14	<.0001	<.0001	0.1585	0.0448	0.2046	0.3528	0.3299	0.7742	0.0008
15	<.0001	<.0001	0.6726	0.0002	0.0023	0.3646	0.0057	0.1226	0.1099
16	<.0001	<.0001	0.4185	0.0096	0.0622	0.7455	0.1155	0.7493	0.0053
17	<.0001	0.0001	0.0811	0.0939	0.3515	0.2055	0.5247	0.5313	0.0002
18	<.0001	<.0001	0.1833	<.0001	0.0001	0.0706	0.0003	0.0150	0.4878
19		0.0144	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
20	0.0144		<.0001	0.0268	0.0034	<.0001	0.0013	<.0001	<.0001
21	<.0001	<.0001		0.0008	0.0081	0.6274	0.0182	0.2599	0.0443
22	<.0001	0.0268	0.0008		0.4524	0.0037	0.2952	0.0223	<.0001

23	<.0001	0.0034	0.0081	0.4524		0.0292	0.7666	0.1208	<.0001
24	<.0001	<.0001	0.6274	0.0037	0.0292		0.0585	0.5198	0.0131
25	<.0001	0.0013	0.0182	0.2952	0.7666	0.0585		0.2082	<.0001
26	<.0001	<.0001	0.2599	0.0223	0.1208	0.5198	0.2082		0.0020
27	<.0001	<.0001	0.0443	<.0001	<.0001	0.0131	<.0001	0.0020	

ANEXO 16
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MOE EN TENSIÓN.

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: MOE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	26	1.44061333	0.05540821	4.28	<.0001
Error	108	1.39676000	0.01293296		
Corrected Total	134	2.83737333			
R-Square					
0.507728					
Coeff Var					
15.12723					
Root MSE					
0.113723					
MOE Mean					
0.751778					
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	2	0.04096444	0.02048222	1.58	0.2099NS
TAMANO	2	0.56333778	0.28166889	21.78	0.0001**
PROPORCION	2	0.00324000	0.00162000	0.13	0.8824NS
EDAD*TAMANO	4	0.35007111	0.08751778	6.77	0.0001**
EDAD*PROPORCION	4	0.27836889	0.06959222	5.38	0.0005**
TAMANO*PROPORCION	4	0.12618222	0.03154556	2.44	0.0513NS
EDAD*TAMANO*PROPORCI	8	0.07844889	0.00980611	0.76	0.6401NS

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES: PRUEBA DE MINIMOS CUADRADOS

The GLM Procedure

Least Squares Means

				LSMEAN
EDAD	TAMANO	PROPORCION	MOE LSMEAN	Number
4años	40-60AST	10%bolai	0.85400000	1
4años	40-60AST	20%bolai	0.93600000	2
4años	40-60AST	30%bolai	0.97200000	3
4años	60-80AST	10%bolai	0.54000000	4
4años	60-80AST	20%bolai	0.63000000	5
4años	60-80AST	30%bolai	0.72400000	6
4años	80-100AS	10%bolai	0.60200000	7
4años	80-100AS	20%bolai	0.57400000	8
4años	80-100AS	30%bolai	0.72800000	9
5años	40-60AST	10%bolai	0.82000000	10
5años	40-60AST	20%bolai	0.83400000	11
5años	40-60AST	30%bolai	0.81600000	12
5años	60-80AST	10%bolai	0.73000000	13
5años	60-80AST	20%bolai	0.79800000	14
5años	60-80AST	30%bolai	0.69800000	15
5años	80-100AS	10%bolai	0.85800000	16
5años	80-100AS	20%bolai	0.75000000	17
5años	80-100AS	30%bolai	0.63600000	18

6años	40-60AST	10%bolai	0.76800000	19
6años	40-60AST	20%bolai	0.81400000	20
6años	40-60AST	30%bolai	0.77200000	21
6años	60-80AST	10%bolai	0.77400000	22
6años	60-80AST	20%bolai	0.66800000	23
6años	60-80AST	30%bolai	0.74200000	24
6años	80-100AS	10%bolai	0.87400000	25
6años	80-100AS	20%bolai	0.70800000	26
6años	80-100AS	30%bolai	0.67800000	27

Least Squares Means for effect EDAD*TAMANO*PROPORCI

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: MOE

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		0.2568	0.1038	<.0001	0.0024	0.0735	0.0007	0.0002	0.0826
2	0.2568		0.6177	<.0001	<.0001	0.0039	<.0001	<.0001	0.0046
3	0.1038	0.6177		<.0001	<.0001	0.0008	<.0001	<.0001	0.0010
4	<.0001	<.0001	<.0001		0.2135	0.0119	0.3906	0.6374	0.0102
5	0.0024	<.0001	<.0001	0.2135		0.1940	0.6978	0.4379	0.1759
6	0.0735	0.0039	0.0008	0.0119	0.1940		0.0927	0.0394	0.9558
7	0.0007	<.0001	<.0001	0.3906	0.6978	0.0927		0.6978	0.0826

8	0.0002	<.0001	<.0001	0.6374	0.4379	0.0394	0.6978		0.0345
9	0.0826	0.0046	0.0010	0.0102	0.1759	0.9558	0.0826	0.0345	
10	0.6374	0.1097	0.0369	0.0002	0.0095	0.1848	0.0031	0.0009	0.2036
11	0.7815	0.1590	0.0577	<.0001	0.0055	0.1291	0.0017	0.0005	0.1435
12	0.5984	0.0981	0.0323	0.0002	0.0110	0.2036	0.0036	0.0011	0.2238
13	0.0876	0.0050	0.0011	0.0095	0.1673	0.9337	0.0779	0.0323	0.9779
14	0.4379	0.0577	0.0172	0.0005	0.0213	0.3058	0.0075	0.0024	0.3326
15	0.0323	0.0013	0.0002	0.0302	0.3465	0.7184	0.1848	0.0876	0.6774
16	0.9558	0.2806	0.1159	<.0001	0.0020	0.0652	0.0006	0.0001	0.0735
17	0.1511	0.0110	0.0026	0.0043	0.0981	0.7184	0.0420	0.0160	0.7603
18	0.0031	<.0001	<.0001	0.1848	0.9337	0.2238	0.6374	0.3906	0.2036
19	0.2344	0.0213	0.0055	0.0020	0.0577	0.5420	0.0229	0.0081	0.5793
20	0.5793	0.0927	0.0302	0.0002	0.0119	0.2135	0.0039	0.0012	0.2344
21	0.2568	0.0246	0.0064	0.0017	0.0509	0.5060	0.0199	0.0069	0.5420
22	0.2685	0.0263	0.0069	0.0015	0.0478	0.4884	0.0185	0.0064	0.5238
23	0.0110	0.0003	<.0001	0.0779	0.5984	0.4379	0.3609	0.1940	0.4060
24	0.1224	0.0081	0.0018	0.0059	0.1224	0.8029	0.0542	0.0213	0.8460
25	0.7815	0.3906	0.1759	<.0001	0.0010	0.0394	0.0003	<.0001	0.0448
26	0.0448	0.0020	0.0004	0.0213	0.2806	0.8244	0.1435	0.0652	0.7815
27	0.0160	0.0005	<.0001	0.0577	0.5060	0.5238	0.2930	0.1511	0.4884

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.6374	0.7815	0.5984	0.0876	0.4379	0.0323	0.9558	0.1511	0.0031
2	0.1097	0.1590	0.0981	0.0050	0.0577	0.0013	0.2806	0.0110	<.0001
3	0.0369	0.0577	0.0323	0.0011	0.0172	0.0002	0.1159	0.0026	<.0001
4	0.0002	<.0001	0.0002	0.0095	0.0005	0.0302	<.0001	0.0043	0.1848
5	0.0095	0.0055	0.0110	0.1673	0.0213	0.3465	0.0020	0.0981	0.9337
6	0.1848	0.1291	0.2036	0.9337	0.3058	0.7184	0.0652	0.7184	0.2238
7	0.0031	0.0017	0.0036	0.0779	0.0075	0.1848	0.0006	0.0420	0.6374
8	0.0009	0.0005	0.0011	0.0323	0.0024	0.0876	0.0001	0.0160	0.3906
9	0.2036	0.1435	0.2238	0.9779	0.3326	0.6774	0.0735	0.7603	0.2036
10		0.8460	0.9558	0.2135	0.7603	0.0927	0.5984	0.3326	0.0119
11	0.8460		0.8029	0.1511	0.6177	0.0613	0.7393	0.2454	0.0069
12	0.9558	0.8029		0.2344	0.8029	0.1038	0.5605	0.3609	0.0138
13	0.2135	0.1511	0.2344		0.3465	0.6573	0.0779	0.7815	0.1940
14	0.7603	0.6177	0.8029	0.3465		0.1673	0.4060	0.5060	0.0263
15	0.0927	0.0613	0.1038	0.6573	0.1673		0.0282	0.4713	0.3906
16	0.5984	0.7393	0.5605	0.0779	0.4060	0.0282		0.1361	0.0026
17	0.3326	0.2454	0.3609	0.7815	0.5060	0.4713	0.1361		0.1159
18	0.0119	0.0069	0.0138	0.1940	0.0263	0.3906	0.0026	0.1159	
19	0.4713	0.3609	0.5060	0.5984	0.6774	0.3326	0.2135	0.8029	0.0692
20	0.9337	0.7815	0.9779	0.2454	0.8244	0.1097	0.5420	0.3755	0.0149
21	0.5060	0.3906	0.5420	0.5605	0.7184	0.3058	0.2344	0.7603	0.0613
22	0.5238	0.4060	0.5605	0.5420	0.7393	0.2930	0.2454	0.7393	0.0577
23	0.0369	0.0229	0.0420	0.3906	0.0735	0.6774	0.0095	0.2568	0.6573

24	0.2806	0.2036	0.3058	0.8678	0.4379	0.5420	0.1097	0.9116	0.1435
25	0.4544	0.5793	0.4218	0.0478	0.2930	0.0160	0.8244	0.0876	0.0013
26	0.1224	0.0826	0.1361	0.7603	0.2135	0.8897	0.0394	0.5605	0.3190
27	0.0509	0.0323	0.0577	0.4713	0.0981	0.7815	0.0138	0.3190	0.5605

i/j	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0.2344	0.5793	0.2568	0.2685	0.0110	0.1224	0.7815	0.0448	0.0160
2	0.0213	0.0927	0.0246	0.0263	0.0003	0.0081	0.3906	0.0020	0.0005
3	0.0055	0.0302	0.0064	0.0069	<.0001	0.0018	0.1759	0.0004	<.0001
4	0.0020	0.0002	0.0017	0.0015	0.0779	0.0059	<.0001	0.0213	0.0577
5	0.0577	0.0119	0.0509	0.0478	0.5984	0.1224	0.0010	0.2806	0.5060
6	0.5420	0.2135	0.5060	0.4884	0.4379	0.8029	0.0394	0.8244	0.5238
7	0.0229	0.0039	0.0199	0.0185	0.3609	0.0542	0.0003	0.1435	0.2930
8	0.0081	0.0012	0.0069	0.0064	0.1940	0.0213	<.0001	0.0652	0.1511
9	0.5793	0.2344	0.5420	0.5238	0.4060	0.8460	0.0448	0.7815	0.4884
10	0.4713	0.9337	0.5060	0.5238	0.0369	0.2806	0.4544	0.1224	0.0509
11	0.3609	0.7815	0.3906	0.4060	0.0229	0.2036	0.5793	0.0826	0.0323
12	0.5060	0.9779	0.5420	0.5605	0.0420	0.3058	0.4218	0.1361	0.0577
13	0.5984	0.2454	0.5605	0.5420	0.3906	0.8678	0.0478	0.7603	0.4713
14	0.6774	0.8244	0.7184	0.7393	0.0735	0.4379	0.2930	0.2135	0.0981
15	0.3326	0.1097	0.3058	0.2930	0.6774	0.5420	0.0160	0.8897	0.7815
16	0.2135	0.5420	0.2344	0.2454	0.0095	0.1097	0.8244	0.0394	0.0138
17	0.8029	0.3755	0.7603	0.7393	0.2568	0.9116	0.0876	0.5605	0.3190
18	0.0692	0.0149	0.0613	0.0577	0.6573	0.1435	0.0013	0.3190	0.5605

19		0.5238	0.9558	0.9337	0.1673	0.7184	0.1435	0.4060	0.2135
20	0.5238		0.5605	0.5793	0.0448	0.3190	0.4060	0.1435	0.0613
21	0.9558	0.5605		0.9779	0.1511	0.6774	0.1590	0.3755	0.1940
22	0.9337	0.5793	0.9779		0.1435	0.6573	0.1673	0.3609	0.1848
23	0.1673	0.0448	0.1511	0.1435		0.3058	0.0050	0.5793	0.8897
24	0.7184	0.3190	0.6774	0.6573	0.3058		0.0692	0.6374	0.3755
25	0.1435	0.4060	0.1590	0.1673	0.0050	0.0692		0.0229	0.0075
26	0.4060	0.1435	0.3755	0.3609	0.5793	0.6374	0.0229		0.6774
27	0.2135	0.0613	0.1940	0.1848	0.8897	0.3755	0.0075	0.6774	

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES: PRUEBA DE MINIMOS CUADRADOS

The GLM Procedure

Least Squares Means

				LSMEAN
EDAD	TAMANO	PROPORCION	MOR LSMEAN	Number
4años	40-60AST	10%bolai	28.7880000	1
4años	40-60AST	20%bolai	30.3920000	2
4años	40-60AST	30%bolai	30.1760000	3
4años	60-80AST	10%bolai	33.6660000	4
4años	60-80AST	20%bolai	28.8200000	5
4años	60-80AST	30%bolai	26.2340000	6
4años	80-100AS	10%bolai	31.4280000	7
4años	80-100AS	20%bolai	30.5640000	8
4años	80-100AS	30%bolai	27.3780000	9
5años	40-60AST	10%bolai	33.0860000	10
5años	40-60AST	20%bolai	28.2540000	11
5años	40-60AST	30%bolai	29.8060000	12
5años	60-80AST	10%bolai	29.7940000	13
5años	60-80AST	20%bolai	29.2760000	14
5años	60-80AST	30%bolai	28.7800000	15
5años	80-100AS	10%bolai	27.2880000	16
5años	80-100AS	20%bolai	27.4380000	17
5años	80-100AS	30%bolai	25.6240000	18

6años	40-60AST	10%bolai	31.4160000	19
6años	40-60AST	20%bolai	27.8380000	20
6años	40-60AST	30%bolai	29.3320000	21
6años	60-80AST	10%bolai	33.6260000	22
6años	60-80AST	20%bolai	28.9680000	23
6años	60-80AST	30%bolai	25.5240000	24
6años	80-100AS	10%bolai	31.0000000	25
6años	80-100AS	20%bolai	27.1960000	26
6años	80-100AS	30%bolai	26.9080000	27

Least Squares Means for effect EDAD*TAMANO*PROPORCI

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: MOR

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		0.3351	0.4040	0.0040	0.9846	0.1261	0.1140	0.2861	0.3966
2	0.3351		0.8965	0.0507	0.3448	0.0136	0.5331	0.9175	0.0716
3	0.4040	0.8965		0.0375	0.4149	0.0191	0.4515	0.8153	0.0941
4	0.0040	0.0507	0.0375		0.0042	<.0001	0.1796	0.0639	0.0002
5	0.9846	0.3448	0.4149	0.0042		0.1215	0.1184	0.2948	0.3860
6	0.1261	0.0136	0.0191	<.0001	0.1215		0.0022	0.0102	0.4914
7	0.1140	0.5331	0.4515	0.1796	0.1184	0.0022		0.6031	0.0161

8	0.2861	0.9175	0.8153	0.0639	0.2948	0.0102	0.6031		0.0571
9	0.3966	0.0716	0.0941	0.0002	0.3860	0.4914	0.0161	0.0571	
10	0.0108	0.1068	0.0818	0.7270	0.0114	<.0001	0.3192	0.1309	0.0008
11	0.7478	0.1996	0.2486	0.0015	0.7333	0.2254	0.0580	0.1661	0.5981
12	0.5402	0.7242	0.8237	0.0217	0.5530	0.0333	0.3298	0.6482	0.1457
13	0.5450	0.7188	0.8181	0.0213	0.5578	0.0339	0.3262	0.6430	0.1477
14	0.7689	0.5020	0.5881	0.0093	0.7837	0.0691	0.1967	0.4386	0.2545
15	0.9962	0.3327	0.4013	0.0039	0.9808	0.1273	0.1129	0.2840	0.3993
16	0.3673	0.0637	0.0841	0.0002	0.3572	0.5260	0.0140	0.0505	0.9568
17	0.4169	0.0774	0.1013	0.0003	0.4060	0.4690	0.0177	0.0619	0.9712
18	0.0588	0.0048	0.0070	<.0001	0.0563	0.7135	0.0007	0.0035	0.2921
19	0.1156	0.5378	0.4558	0.1773	0.1201	0.0023	0.9942	0.6081	0.0164
20	0.5676	0.1261	0.1611	0.0006	0.5546	0.3351	0.0324	0.1028	0.7818
21	0.7433	0.5237	0.6115	0.0102	0.7579	0.0642	0.2085	0.4587	0.2408
22	0.0043	0.0535	0.0397	0.9808	0.0045	<.0001	0.1874	0.0673	0.0003
23	0.9137	0.3920	0.4675	0.0055	0.9290	0.1018	0.1405	0.3375	0.3393
24	0.0514	0.0040	0.0059	<.0001	0.0492	0.6691	0.0005	0.0029	0.2656
25	0.1846	0.7143	0.6199	0.1105	0.1910	0.0048	0.7966	0.7929	0.0310
26	0.3387	0.0563	0.0749	0.0002	0.3292	0.5627	0.0120	0.0445	0.9127
27	0.2590	0.0378	0.0511	<.0001	0.2510	0.6849	0.0074	0.0294	0.7772

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.0108	0.7478	0.5402	0.5450	0.7689	0.9962	0.3673	0.4169	0.0588
2	0.1068	0.1996	0.7242	0.7188	0.5020	0.3327	0.0637	0.0774	0.0048
3	0.0818	0.2486	0.8237	0.8181	0.5881	0.4013	0.0841	0.1013	0.0070
4	0.7270	0.0015	0.0217	0.0213	0.0093	0.0039	0.0002	0.0003	<.0001
5	0.0114	0.7333	0.5530	0.5578	0.7837	0.9808	0.3572	0.4060	0.0563
6	<.0001	0.2254	0.0333	0.0339	0.0691	0.1273	0.5260	0.4690	0.7135
7	0.3192	0.0580	0.3298	0.3262	0.1967	0.1129	0.0140	0.0177	0.0007
8	0.1309	0.1661	0.6482	0.6430	0.4386	0.2840	0.0505	0.0619	0.0035
9	0.0008	0.5981	0.1457	0.1477	0.2545	0.3993	0.9568	0.9712	0.2921
10		0.0043	0.0503	0.0495	0.0234	0.0107	0.0007	0.0009	<.0001
11	0.0043		0.3510	0.3547	0.5386	0.7515	0.5611	0.6233	0.1153
12	0.0503	0.3510		0.9942	0.7497	0.5370	0.1315	0.1558	0.0130
13	0.0495	0.3547	0.9942		0.7551	0.5418	0.1333	0.1579	0.0133
14	0.0234	0.5386	0.7497	0.7551		0.7652	0.2328	0.2697	0.0296
15	0.0107	0.7515	0.5370	0.5418	0.7652		0.3698	0.4197	0.0594
16	0.0007	0.5611	0.1315	0.1333	0.2328	0.3698		0.9280	0.3174
17	0.0009	0.6233	0.1558	0.1579	0.2697	0.4197	0.9280		0.2760
18	<.0001	0.1153	0.0130	0.0133	0.0296	0.0594	0.3174	0.2760	
19	0.3157	0.0590	0.3333	0.3298	0.1992	0.1145	0.0142	0.0181	0.0007
20	0.0020	0.8022	0.2375	0.2403	0.3873	0.5708	0.7406	0.8097	0.1842
21	0.0255	0.5166	0.7753	0.7809	0.9731	0.7396	0.2200	0.2555	0.0273
22	0.7451	0.0016	0.0230	0.0226	0.0099	0.0042	0.0002	0.0003	<.0001
23	0.0145	0.6674	0.6140	0.6191	0.8529	0.9099	0.3128	0.3578	0.0460

24	<.0001	0.1023	0.0111	0.0113	0.0255	0.0519	0.2894	0.2505	0.9520
25	0.2107	0.1003	0.4727	0.4682	0.3004	0.1831	0.0271	0.0338	0.0016
26	0.0006	0.5244	0.1181	0.1198	0.2120	0.3412	0.9558	0.8841	0.3448
27	0.0003	0.4183	0.0831	0.0844	0.1558	0.2610	0.8190	0.7497	0.4400

i/j	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0.1156	0.5676	0.7433	0.0043	0.9137	0.0514	0.1846	0.3387	0.2590
2	0.5378	0.1261	0.5237	0.0535	0.3920	0.0040	0.7143	0.0563	0.0378
3	0.4558	0.1611	0.6115	0.0397	0.4675	0.0059	0.6199	0.0749	0.0511
4	0.1773	0.0006	0.0102	0.9808	0.0055	<.0001	0.1105	0.0002	<.0001
5	0.1201	0.5546	0.7579	0.0045	0.9290	0.0492	0.1910	0.3292	0.2510
6	0.0023	0.3351	0.0642	<.0001	0.1018	0.6691	0.0048	0.5627	0.6849
7	0.9942	0.0324	0.2085	0.1874	0.1405	0.0005	0.7966	0.0120	0.0074
8	0.6081	0.1028	0.4587	0.0673	0.3375	0.0029	0.7929	0.0445	0.0294
9	0.0164	0.7818	0.2408	0.0003	0.3393	0.2656	0.0310	0.9127	0.7772
10	0.3157	0.0020	0.0255	0.7451	0.0145	<.0001	0.2107	0.0006	0.0003
11	0.0590	0.8022	0.5166	0.0016	0.6674	0.1023	0.1003	0.5244	0.4183
12	0.3333	0.2375	0.7753	0.0230	0.6140	0.0111	0.4727	0.1181	0.0831
13	0.3298	0.2403	0.7809	0.0226	0.6191	0.0113	0.4682	0.1198	0.0844
14	0.1992	0.3873	0.9731	0.0099	0.8529	0.0255	0.3004	0.2120	0.1558
15	0.1145	0.5708	0.7396	0.0042	0.9099	0.0519	0.1831	0.3412	0.2610
16	0.0142	0.7406	0.2200	0.0002	0.3128	0.2894	0.0271	0.9558	0.8190
17	0.0181	0.8097	0.2555	0.0003	0.3578	0.2505	0.0338	0.8841	0.7497
18	0.0007	0.1842	0.0273	<.0001	0.0460	0.9520	0.0016	0.3448	0.4400

19		0.0330	0.2111	0.1850	0.1424	0.0006	0.8022	0.0123	0.0076
20	0.0330		0.3692	0.0007	0.4967	0.1654	0.0590	0.6991	0.5757
21	0.2111	0.3692		0.0109	0.8265	0.0235	0.3163	0.2001	0.1463
22	0.1850	0.0007	0.0109		0.0059	<.0001	0.1159	0.0002	<.0001
23	0.1424	0.4967	0.8265	0.0059		0.0400	0.2227	0.2872	0.2164
24	0.0006	0.1654	0.0235	<.0001	0.0400		0.0013	0.3151	0.4054
25	0.8022	0.0590	0.3163	0.1159	0.2227	0.0013		0.0236	0.0151
26	0.0123	0.6991	0.2001	0.0002	0.2872	0.3151	0.0236		0.8623
27	0.0076	0.5757	0.1463	<.0001	0.2164	0.4054	0.0151	0.8623	

ANEXO 18
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MOE EN FLEXIÓN ESTÁTICA.

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: MOE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	26	0.91865037	0.03533271	2.15	0.0034
Error	108	1.77792000	0.01646222		
Corrected Total	134	2.69657037			
R-Square					
0.340674					
Coeff Var					
11.71539					
Root MSE					
0.128305					
MOE Mean					
1.095185					
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	2	0.03157481	0.01578741	0.96	0.3865NS
TAMANO	2	0.08835704	0.04417852	2.68	0.0729NS
PROPORCION	2	0.22211704	0.11105852	6.75	0.0017**
EDAD*TAMANO	4	0.17115852	0.04278963	2.60	0.0401*
EDAD*PROPORCION	4	0.09502519	0.02375630	1.44	0.2248NS
TAMANO*PROPORCION	4	0.09946963	0.02486741	1.51	0.2042NS
EDAD*TAMANO*PROPORCI	8	0.21094815	0.02636852	1.60	0.1326NS

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON 5 REPETICIONES: PRUEBA DE MINIMOS CUADRADOS

The GLM Procedure

Least Squares Means

				LSMEAN
EDAD	TAMANO	PROPORCION	MOE LSMEAN	Number
4años	40-60AST	10%bolai	0.93000000	1
4años	40-60AST	20%bolai	1.10400000	2
4años	40-60AST	30%bolai	1.25400000	3
4años	60-80AST	10%bolai	1.08000000	4
4años	60-80AST	20%bolai	1.06800000	5
4años	60-80AST	30%bolai	1.23400000	6
4años	80-100AS	10%bolai	1.06000000	7
4años	80-100AS	20%bolai	1.16400000	8
4años	80-100AS	30%bolai	1.15400000	9
5años	40-60AST	10%bolai	1.11400000	10
5años	40-60AST	20%bolai	1.05000000	11
5años	40-60AST	30%bolai	1.12600000	12
5años	60-80AST	10%bolai	1.10600000	13
5años	60-80AST	20%bolai	1.17400000	14
5años	60-80AST	30%bolai	1.21000000	15
5años	80-100AS	10%bolai	0.94000000	16
5años	80-100AS	20%bolai	1.03200000	17
5años	80-100AS	30%bolai	0.97800000	18

6años	40-60AST	10%bolai	0.98200000	19
6años	40-60AST	20%bolai	1.05800000	20
6años	40-60AST	30%bolai	1.20000000	21
6años	60-80AST	10%bolai	1.10200000	22
6años	60-80AST	20%bolai	1.16000000	23
6años	60-80AST	30%bolai	1.02200000	24
6años	80-100AS	10%bolai	1.09000000	25
6años	80-100AS	20%bolai	1.05800000	26
6años	80-100AS	30%bolai	1.12000000	27

Least Squares Means for effect EDAD*TAMANO*PROPORCI

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: MOE

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		0.0343	0.0001	0.0673	0.0919	0.0003	0.1121	0.0047	0.0068
2	0.0343		0.0673	0.7680	0.6582	0.1121	0.5888	0.4613	0.5391
3	0.0001	0.0673		0.0343	0.0238	0.8058	0.0185	0.2699	0.2205
4	0.0673	0.7680	0.0343		0.8827	0.0604	0.8058	0.3029	0.3638
5	0.0919	0.6582	0.0238	0.8827		0.0432	0.9216	0.2394	0.2916
6	0.0003	0.1121	0.8058	0.0604	0.0432		0.0343	0.3903	0.3264
7	0.1121	0.5888	0.0185	0.8058	0.9216	0.0343		0.2027	0.2493
8	0.0047	0.4613	0.2699	0.3029	0.2394	0.3903	0.2027		0.9022

9	0.0068	0.5391	0.2205	0.3638	0.2916	0.3264	0.2493	0.9022	
10	0.0254	0.9022	0.0873	0.6761	0.5720	0.1421	0.5072	0.5391	0.6231
11	0.1421	0.5072	0.0134	0.7123	0.8249	0.0254	0.9022	0.1629	0.2027
12	0.0174	0.7868	0.1176	0.5720	0.4763	0.1860	0.4178	0.6405	0.7307
13	0.0323	0.9804	0.0709	0.7493	0.6405	0.1176	0.5720	0.4763	0.5554
14	0.0033	0.3903	0.3264	0.2493	0.1942	0.4613	0.1629	0.9022	0.8058
15	0.0008	0.1942	0.5888	0.1121	0.0830	0.7680	0.0673	0.5720	0.4916
16	0.9022	0.0458	0.0002	0.0873	0.1176	0.0004	0.1421	0.0068	0.0096
17	0.2115	0.3769	0.0073	0.5554	0.6582	0.0143	0.7307	0.1067	0.1356
18	0.5554	0.1234	0.0009	0.2115	0.2699	0.0021	0.3145	0.0238	0.0323
19	0.5230	0.1356	0.0011	0.2298	0.2916	0.0024	0.3386	0.0269	0.0363
20	0.1176	0.5720	0.0174	0.7868	0.9022	0.0323	0.9804	0.1942	0.2394
21	0.0012	0.2394	0.5072	0.1421	0.1067	0.6761	0.0873	0.6582	0.5720
22	0.0363	0.9804	0.0638	0.7868	0.6761	0.1067	0.6058	0.4465	0.5230
23	0.0055	0.4916	0.2493	0.3264	0.2594	0.3638	0.2205	0.9608	0.9412
24	0.2594	0.3145	0.0051	0.4763	0.5720	0.0103	0.6405	0.0830	0.1067
25	0.0512	0.8633	0.0458	0.9022	0.7868	0.0788	0.7123	0.3638	0.4320
26	0.1176	0.5720	0.0174	0.7868	0.9022	0.0323	0.9804	0.1942	0.2394
27	0.0210	0.8441	0.1016	0.6231	0.5230	0.1629	0.4613	0.5888	0.6761

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.0254	0.1421	0.0174	0.0323	0.0033	0.0008	0.9022	0.2115	0.5554
2	0.9022	0.5072	0.7868	0.9804	0.3903	0.1942	0.0458	0.3769	0.1234
3	0.0873	0.0134	0.1176	0.0709	0.3264	0.5888	0.0002	0.0073	0.0009

4	0.6761	0.7123	0.5720	0.7493	0.2493	0.1121	0.0873	0.5554	0.2115
5	0.5720	0.8249	0.4763	0.6405	0.1942	0.0830	0.1176	0.6582	0.2699
6	0.1421	0.0254	0.1860	0.1176	0.4613	0.7680	0.0004	0.0143	0.0021
7	0.5072	0.9022	0.4178	0.5720	0.1629	0.0673	0.1421	0.7307	0.3145
8	0.5391	0.1629	0.6405	0.4763	0.9022	0.5720	0.0068	0.1067	0.0238
9	0.6231	0.2027	0.7307	0.5554	0.8058	0.4916	0.0096	0.1356	0.0323
10		0.4320	0.8827	0.9216	0.4613	0.2394	0.0343	0.3145	0.0966
11	0.4320		0.3511	0.4916	0.1294	0.0512	0.1781	0.8249	0.3769
12	0.8827	0.3511		0.8058	0.5554	0.3029	0.0238	0.2493	0.0709
13	0.9216	0.4916	0.8058		0.4039	0.2027	0.0432	0.3638	0.1176
14	0.4613	0.1294	0.5554	0.4039		0.6582	0.0047	0.0830	0.0174
15	0.2394	0.0512	0.3029	0.2027	0.6582		0.0012	0.0304	0.0051
16	0.0343	0.1781	0.0238	0.0432	0.0047	0.0012		0.2594	0.6405
17	0.3145	0.8249	0.2493	0.3638	0.0830	0.0304	0.2594		0.5072
18	0.0966	0.3769	0.0709	0.1176	0.0174	0.0051	0.6405	0.5072	
19	0.1067	0.4039	0.0788	0.1294	0.0198	0.0059	0.6058	0.5391	0.9608
20	0.4916	0.9216	0.4039	0.5554	0.1557	0.0638	0.1488	0.7493	0.3264
21	0.2916	0.0673	0.3638	0.2493	0.7493	0.9022	0.0018	0.0408	0.0073
22	0.8827	0.5230	0.7680	0.9608	0.3769	0.1860	0.0484	0.3903	0.1294
23	0.5720	0.1781	0.6761	0.5072	0.8633	0.5391	0.0078	0.1176	0.0269
24	0.2594	0.7307	0.2027	0.3029	0.0638	0.0224	0.3145	0.9022	0.5888
25	0.7680	0.6231	0.6582	0.8441	0.3029	0.1421	0.0673	0.4763	0.1704
26	0.4916	0.9216	0.4039	0.5554	0.1557	0.0638	0.1488	0.7493	0.3264
27	0.9412	0.3903	0.9412	0.8633	0.5072	0.2699	0.0286	0.2806	0.0830

i/j	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0.5230	0.1176	0.0012	0.0363	0.0055	0.2594	0.0512	0.1176	0.0210
2	0.1356	0.5720	0.2394	0.9804	0.4916	0.3145	0.8633	0.5720	0.8441
3	0.0011	0.0174	0.5072	0.0638	0.2493	0.0051	0.0458	0.0174	0.1016
4	0.2298	0.7868	0.1421	0.7868	0.3264	0.4763	0.9022	0.7868	0.6231
5	0.2916	0.9022	0.1067	0.6761	0.2594	0.5720	0.7868	0.9022	0.5230
6	0.0024	0.0323	0.6761	0.1067	0.3638	0.0103	0.0788	0.0323	0.1629
7	0.3386	0.9804	0.0873	0.6058	0.2205	0.6405	0.7123	0.9804	0.4613
8	0.0269	0.1942	0.6582	0.4465	0.9608	0.0830	0.3638	0.1942	0.5888
9	0.0363	0.2394	0.5720	0.5230	0.9412	0.1067	0.4320	0.2394	0.6761
10	0.1067	0.4916	0.2916	0.8827	0.5720	0.2594	0.7680	0.4916	0.9412
11	0.4039	0.9216	0.0673	0.5230	0.1781	0.7307	0.6231	0.9216	0.3903
12	0.0788	0.4039	0.3638	0.7680	0.6761	0.2027	0.6582	0.4039	0.9412
13	0.1294	0.5554	0.2493	0.9608	0.5072	0.3029	0.8441	0.5554	0.8633
14	0.0198	0.1557	0.7493	0.3769	0.8633	0.0638	0.3029	0.1557	0.5072
15	0.0059	0.0638	0.9022	0.1860	0.5391	0.0224	0.1421	0.0638	0.2699
16	0.6058	0.1488	0.0018	0.0484	0.0078	0.3145	0.0673	0.1488	0.0286
17	0.5391	0.7493	0.0408	0.3903	0.1176	0.9022	0.4763	0.7493	0.2806
18	0.9608	0.3264	0.0073	0.1294	0.0269	0.5888	0.1704	0.3264	0.0830
19		0.3511	0.0084	0.1421	0.0304	0.6231	0.1860	0.3511	0.0919
20	0.3511		0.0830	0.5888	0.2115	0.6582	0.6941	1.0000	0.4465
21	0.0084	0.0830		0.2298	0.6231	0.0304	0.1781	0.0830	0.3264
22	0.1421	0.5888	0.2298		0.4763	0.3264	0.8827	0.5888	0.8249
23	0.0304	0.2115	0.6231	0.4763		0.0919	0.3903	0.2115	0.6231

24	0.6231	0.6582	0.0304	0.3264	0.0919		0.4039	0.6582	0.2298
25	0.1860	0.6941	0.1781	0.8827	0.3903	0.4039		0.6941	0.7123
26	0.3511	1.0000	0.0830	0.5888	0.2115	0.6582	0.6941		0.4465
27	0.0919	0.4465	0.3264	0.8249	0.6231	0.2298	0.7123	0.4465	

ANEXO 19
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO.

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON DIFERENTE NUMERO DE REPETICIONES

The GLM Procedure

Dependent Variable: IMPACTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	26	0.78846131	0.03032543	17.30	<.0001
Error	280	0.49071980	0.00175257		
Corrected Total	306	1.27918111			
R-Square					
0.616380					
Coeff Var					
8.760846					
Root MSE					
0.041864					
IMPACTO Mean					
0.477850					
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
EDAD	2	0.39687619	0.19843809	113.23	0.0001**
TAMANO	2	0.03009507	0.01504753	8.59	0.0002**
PROPORCION	2	0.01305217	0.00652608	3.72	0.0253*
EDAD*TAMANO	4	0.03689274	0.00922318	5.26	0.0004**
EDAD*PROPORCION	4	0.16782029	0.04195507	23.94	0.0001**
TAMANO*PROPORCION	4	0.04465922	0.01116481	6.37	0.0001**
EDAD*TAMANO*PROPORCI	8	0.10307818	0.01288477	7.35	0.0001**

DCA CON ARREGLO FACTORIAL CON DIFERENTE NUMERO DE REPETICIONES

The GLM Procedure

Least Squares Means

EDAD	TAMANO	PROPORCION	IMPACTO LSMEAN	LSMEAN Number
4años	40-60AST	10%bolai	0.50272727	1
4años	40-60AST	20%bolai	0.63181818	2
4años	40-60AST	30%bolai	0.55888889	3
4años	60-80AST	10%bolai	0.45384615	4
4años	60-80AST	20%bolai	0.47363636	5
4años	60-80AST	30%bolai	0.58636364	6
4años	80-100AS	10%bolai	0.49000000	7
4años	80-100AS	20%bolai	0.54000000	8
4años	80-100AS	30%bolai	0.55571429	9
5años	40-60AST	10%bolai	0.43800000	10
5años	40-60AST	20%bolai	0.44666667	11
5años	40-60AST	30%bolai	0.44538462	12
5años	60-80AST	10%bolai	0.43909091	13
5años	60-80AST	20%bolai	0.43533333	14
5años	60-80AST	30%bolai	0.46090909	15
5años	80-100AS	10%bolai	0.46600000	16
5años	80-100AS	20%bolai	0.44500000	17
5años	80-100AS	30%bolai	0.44454545	18

6años	40-60AST	10%bolai	0.51545455	19
6años	40-60AST	20%bolai	0.41428571	20
6años	40-60AST	30%bolai	0.47400000	21
6años	60-80AST	10%bolai	0.45909091	22
6años	60-80AST	20%bolai	0.44777778	23
6años	60-80AST	30%bolai	0.45500000	24
6años	80-100AS	10%bolai	0.51000000	25
6años	80-100AS	20%bolai	0.46833333	26
6años	80-100AS	30%bolai	0.43363636	27

Least Squares Means for effect EDAD*TAMANO*PROPORCI

Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: IMPACTO

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		<.0001	0.0031	0.0047	0.1043	<.0001	0.4765	0.0425	0.0093
2	<.0001		0.0001	<.0001	<.0001	0.0114	<.0001	<.0001	0.0002
3	0.0031	0.0001		<.0001	<.0001	0.1454	0.0003	0.3269	0.8805
4	0.0047	<.0001	<.0001		0.2495	<.0001	0.0359	<.0001	<.0001
5	0.1043	<.0001	<.0001	0.2495		<.0001	0.3601	0.0003	<.0001
6	<.0001	0.0114	0.1454	<.0001	<.0001		<.0001	0.0118	0.1311
7	0.4765	<.0001	0.0003	0.0359	0.3601	<.0001		0.0067	0.0013
8	0.0425	<.0001	0.3269	<.0001	0.0003	0.0118	0.0067		0.4469

9	0.0093	0.0002	0.8805	<.0001	<.0001	0.1311	0.0013	0.4469	
10	0.0005	<.0001	<.0001	0.3689	0.0524	<.0001	0.0048	<.0001	<.0001
11	0.0015	<.0001	<.0001	0.6687	0.1239	<.0001	0.0137	<.0001	<.0001
12	0.0009	<.0001	<.0001	0.6067	0.1006	<.0001	0.0098	<.0001	<.0001
13	0.0004	<.0001	<.0001	0.3903	0.0540	<.0001	0.0047	<.0001	<.0001
14	<.0001	<.0001	<.0001	0.2442	0.0219	<.0001	0.0011	<.0001	<.0001
15	0.0198	<.0001	<.0001	0.6808	0.4765	<.0001	0.1043	<.0001	<.0001
16	0.0279	<.0001	<.0001	0.4442	0.6462	<.0001	0.1498	<.0001	<.0001
17	0.0011	<.0001	<.0001	0.5980	0.1024	<.0001	0.0105	<.0001	<.0001
18	0.0013	<.0001	<.0001	0.5880	0.1043	<.0001	0.0114	<.0001	<.0001
19	0.4765	<.0001	0.0217	0.0004	0.0198	<.0001	0.1550	0.1807	0.0477
20	<.0001	<.0001	<.0001	0.0148	0.0005	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
21	0.1174	<.0001	<.0001	0.2534	0.9842	<.0001	0.3825	0.0005	<.0001
22	0.0151	<.0001	<.0001	0.7600	0.4159	<.0001	0.0845	<.0001	<.0001
23	0.0038	<.0001	<.0001	0.7384	0.1705	<.0001	0.0256	<.0001	<.0001
24	0.0067	<.0001	<.0001	0.9452	0.2871	<.0001	0.0462	<.0001	<.0001
25	0.6719	<.0001	0.0075	0.0007	0.0349	<.0001	0.2445	0.0895	0.0206
26	0.0500	<.0001	<.0001	0.3881	0.7618	<.0001	0.2161	<.0001	<.0001
27	0.0001	<.0001	<.0001	0.2396	0.0258	<.0001	0.0018	<.0001	<.0001

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.0005	0.0015	0.0009	0.0004	<.0001	0.0198	0.0279	0.0011	0.0013
2	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
3	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

4	0.3689	0.6687	0.6067	0.3903	0.2442	0.6808	0.4442	0.5980	0.5880
5	0.0524	0.1239	0.1006	0.0540	0.0219	0.4765	0.6462	0.1024	0.1043
6	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
7	0.0048	0.0137	0.0098	0.0047	0.0011	0.1043	0.1498	0.0105	0.0114
8	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
9	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
10		0.6291	0.6753	0.9525	0.8761	0.2115	0.1025	0.6965	0.7207
11	0.6291		0.9391	0.6650	0.4851	0.4158	0.2341	0.9224	0.9035
12	0.6753	0.9391		0.7139	0.5269	0.3661	0.1948	0.9817	0.9610
13	0.9525	0.6650	0.7139		0.8213	0.2226	0.1065	0.7355	0.7602
14	0.8761	0.4851	0.5269	0.8213		0.1249	0.0458	0.5515	0.5798
15	0.2115	0.4158	0.3661	0.2226	0.1249		0.7596	0.3634	0.3601
16	0.1025	0.2341	0.1948	0.1065	0.0458	0.7596		0.1963	0.1978
17	0.6965	0.9224	0.9817	0.7355	0.5515	0.3634	0.1963		0.9793
18	0.7207	0.9035	0.9610	0.7602	0.5798	0.3601	0.1978	0.9793	
19	<.0001	0.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0025	0.0032	<.0001	<.0001
20	0.1724	0.0503	0.0548	0.1425	0.1772	0.0061	0.0010	0.0632	0.0739
21	0.0555	0.1284	0.1053	0.0574	0.0244	0.4748	0.6401	0.1068	0.1085
22	0.2499	0.4777	0.4249	0.2635	0.1539	0.9189	0.6779	0.4207	0.4159
23	0.6116	0.9520	0.8952	0.6447	0.4814	0.4858	0.3028	0.8805	0.8637
24	0.3437	0.6262	0.5666	0.3634	0.2262	0.7355	0.4981	0.5589	0.5501
25	<.0001	0.0002	0.0001	<.0001	<.0001	0.0045	0.0059	0.0001	0.0002
26	0.0917	0.2059	0.1720	0.0954	0.0428	0.6713	0.8857	0.1733	0.1745
27	0.8116	0.4565	0.4939	0.7602	0.9187	0.1277	0.0525	0.5160	0.5416

i/j	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0.4765	<.0001	0.1174	0.0151	0.0038	0.0067	0.6719	0.0500	0.0001
2	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
3	0.0217	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0075	<.0001	<.0001
4	0.0004	0.0148	0.2534	0.7600	0.7384	0.9452	0.0007	0.3881	0.2396
5	0.0198	0.0005	0.9842	0.4159	0.1705	0.2871	0.0349	0.7618	0.0258
6	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
7	0.1550	<.0001	0.3825	0.0845	0.0256	0.0462	0.2445	0.2161	0.0018
8	0.1807	<.0001	0.0005	<.0001	<.0001	<.0001	0.0895	<.0001	<.0001
9	0.0477	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0206	<.0001	<.0001
10	<.0001	0.1724	0.0555	0.2499	0.6116	0.3437	<.0001	0.0917	0.8116
11	0.0001	0.0503	0.1284	0.4777	0.9520	0.6262	0.0002	0.2059	0.4565
12	<.0001	0.0548	0.1053	0.4249	0.8952	0.5666	0.0001	0.1720	0.4939
13	<.0001	0.1425	0.0574	0.2635	0.6447	0.3634	<.0001	0.0954	0.7602
14	<.0001	0.1772	0.0244	0.1539	0.4814	0.2262	<.0001	0.0428	0.9187
15	0.0025	0.0061	0.4748	0.9189	0.4858	0.7355	0.0045	0.6713	0.1277
16	0.0032	0.0010	0.6401	0.6779	0.3028	0.4981	0.0059	0.8857	0.0525
17	<.0001	0.0632	0.1068	0.4207	0.8805	0.5589	0.0001	0.1733	0.5160
18	<.0001	0.0739	0.1085	0.4159	0.8637	0.5501	0.0002	0.1745	0.5416
19		<.0001	0.0242	0.0018	0.0004	0.0006	0.7507	0.0074	<.0001
20	<.0001		0.0007	0.0084	0.0622	0.0140	<.0001	0.0012	0.2523
21	0.0242	0.0007		0.4157	0.1739	0.2901	0.0418	0.7521	0.0281
22	0.0018	0.0084	0.4157		0.5482	0.8151	0.0033	0.5973	0.1550
23	0.0004	0.0622	0.1739	0.5482		0.6959	0.0007	0.2664	0.4530

24	0.0006	0.0140	0.2901	0.8151	0.6959		0.0012	0.4360	0.2225
25	0.7507	<.0001	0.0418	0.0033	0.0007	0.0012		0.0135	<.0001
26	0.0074	0.0012	0.7521	0.5973	0.2664	0.4360	0.0135		0.0481
27	<.0001	0.2523	0.0281	0.1550	0.4530	0.2225	<.0001	0.0481	