



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURAS**

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA CIMBRA DE MADERA, A PARTIR DE LA
UTILIZACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE AGENTES DESMOLDANTES**

PRESENTA

Carla Gabriela Millán Gianini

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN INGENIERÍA CIVIL EN EL ÁREA DE
CONSTRUCCIÓN
PNPC**

TUTOR

Dr. Miguel Ángel Soto Zamora

COMITÉ TUTORIAL

**M. en I.A. J. Jesús Bernal Martínez
M. en V. Manuel Andréi Murillo Méndez**

Aguascalientes, Ags., 07 de agosto de 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES
FORMATO DE CARTA DE VOTO APROBATORIO

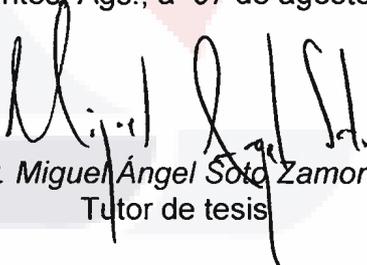
M. EN FIL. OMAR VÁZQUEZ GLORIA
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS
DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN
P R E S E N T E

Por medio del presente como Tutor designado del estudiante **CARLA GABRIELA MILLÁN GIANINI** con ID 226131 quien realizó la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA CIMBRA DE MADERA, A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE AGENTES DESMOLDANTES", y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla y así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

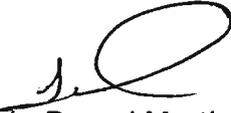
Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 07 de agosto de 2018.



Dr. Miguel Ángel Soto Zamora
Tutor de tesis



M. J. Jesús Bernal Martínez
Asesor de tesis



M. en V. Manuel Andrés Murillo Méndez
Asesor de tesis

c.c.p.- Carla Gabriela Millán Gianini - Alumna de la MIC
c.c.p.- Dr. Ricardo Arturo López León – Secretario de Investigación y Posgrado
c.c.p.- Dr. Sergio Ignacio Martínez Martínez - Departamento de Construcción
c.c.p.- Dr. Miguel Ángel Soto Zamora – Secretario Técnico de la Maestría en Ingeniería Civil
c.c.p.- Archivo



Vo. Bo.

Dra. María del Carmen Martínez Serna
Dirección General de Investigación y Posgrado
PRESENTE

Por medio de este conducto informo que el documento final de tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA CIMBRA DE MADERA, A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE AGENTES DESMOLDANTES".
Presentado por la sustentante: **Carla Gabriela Millán Gianini** con ID: 226131, egresada de la Maestría en Ingeniería Civil, cumple las normas y lineamientos establecidos institucionalmente. Cabe mencionar que la autora cuenta con el **voto aprobatorio** correspondiente.

Para efecto de los trámites que a la interesada convengan, se extiende el presente, reiterándole las consideraciones que el caso amerite.

ATENTAMENTE

Aguascalientes, Ags., 10 de agosto de 2018
"SE LUMEN PROFERRE"



M. en Fil. Omar Vázquez Gloria
Decano del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción

c.c.p. - Dr. Ricardo Arturo López León – Secretario de Investigación y Posgrado del CCDC.
c.c.p. - Dr. Miguel Ángel Soto Zamora – Secretario Técnico de la Maestría en Ingeniería Civil y Tutor de tesis.
c.c.p. - Ing. Carla Gabriela Millán Gianini – Egresada de la Maestría en Ingeniería Civil.
c.c.p. - Lic. Delia Guadalupe López Muñoz – Jefe Sección de Certificados y Títulos.
c.c.p. - Archivo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACyT y al Gobierno Federal por su enorme compromiso con la formación de científicos y tecnólogos de alto nivel en busca de incrementar la capacidad científica y tecnológica de México, gracias por becarme y hacer posible este sueño.

Un enorme agradecimiento a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por abrirme sus puertas y por todas las facilidades que me fueron brindadas para la elaboración de este proyecto.

A mi tutor, Dr. Miguel Ángel Soto Zamora, gracias por su paciencia, exigencia y, sobre todo, apoyo. Sin usted este trabajo no hubiera sido posible.

A mis asesores y maestros, por las lecciones que me brindaron, su compromiso con la formación de nuevos estudiantes es muestra de su generosidad, agradezco haber tenido la oportunidad de aprender de ustedes.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional; por enseñarme de la responsabilidad, la unión, la tenacidad y demás valores que guían mi vida. Mi éxito se los debo a ustedes, porque todo lo que soy se los debo a ustedes. Gracias, por tanto.

A mis hermanos, gracias por ser parte de mí. Por cuidarme y enseñarme día con día lo grande que puedo llegar a ser.

A Itzayana, gracias por el amor, el apoyo, la paciencia y la compañía en este viaje. Esta experiencia no hubiera sido posible sin ti. Gracias por motivarme a ser mejor, por abrir mis ojos.

A mis amigos por estar siempre presentes. A mis amigos del posgrado, Francisco, Mauricio, Antonio, Brenda, Juan Carlos, Edén, José y los que se me olvidan, gracias por recibirme de tal manera, por los buenos ratos y por toda la ayuda que me brindaron en esta etapa de mi vida.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a mi familia, amigos, maestros y todas las personas que me ayudaron durante este periodo tan importante de mi vida, espero seguir trabajando a su lado y poder aprender todos los días de ustedes, mi admiración y respeto para todos.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ACRÓNIMOS	20
RESUMEN	22
ABSTRACT	23
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	23
1.1 Prólogo	23
1.2 Objetivo General	24
1.3 Objetivos Particulares.....	24
1.4 Alcances	25
1.5 Justificación	26
1.6 Hipótesis	27
1.7 Metodología.....	27
CAPITULO II: ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	31
2.1 Cimbra	31
2.1.1 Definición.....	31
2.1.2 Antecedentes históricos.....	31
2.1.3 Importancia en la construcción.....	32
2.1.4 Objetivos básicos	33
2.1.5 Cargas implicadas	33
2.1.5.1 Presión lateral del concreto	33
2.1.5.2 Cargas verticales	36
2.1.5.3 Cargas horizontales	36
2.1.6 Deficiencias comunes	37
2.1.7 Descimbrado	37
2.1.8 Clasificación.....	37
2.1.9 Elección de la cimbra	39
2.2 Madera Contrachapada para Cimbra.....	40
2.2.1 Definición.....	40

2.2.2	Clasificación.....	40
2.2.3	Propiedades físicas	45
2.2.3.1	Dimensiones de los tableros	45
2.2.3.2	Densidad	46
2.2.3.3	Contenido de humedad	47
2.2.3.4	Permeabilidad.....	47
2.2.4	Propiedades mecánicas.....	49
2.2.4.1	Valores especificados de resistencia y rigidez	50
2.2.4.2	Valores modificados de resistencia y rigidez.....	50
2.2.4.3	Propiedades de sección.....	51
2.2.4.4	Cálculo de Resistencias de Diseño	53
2.2.4.5	Deflexiones.....	58
2.2.4.6	Presiones recomendadas	58
2.2.4.7	Métodos de Ensayo	60
2.2.5	Vida útil	61
2.2.6	Mantenimiento y almacenamiento	63
2.3	Agente Desmoldante	64
2.3.1	Definición.....	64
2.3.2	Importancia en la construcción.....	65
2.3.3	Clasificación.....	65
2.3.4	Elección del agente desmoldante.....	68
2.3.5	Métodos de aplicación.....	68
2.3.5.1	Aplicación por brocha.....	69
2.3.5.2	Aplicación por estopa.	69
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO.....		71
CAPITULO IV: DISEÑO DE CAMPAÑA EXPERIMENTAL		77
4.1	Trabajo de Campo.....	77
4.1.1	Fundamentación.....	77
4.1.2	Objetivo	78
4.1.3	Materiales y métodos	78
4.2	Prueba Piloto	79

4.2.1	Objetivo	79
4.2.2	Hipótesis	79
4.2.3	Materiales y equipo	80
4.2.3.1	Materiales.....	80
4.2.3.2	Equipo.....	80
4.2.4	Metodología	81
4.2.4.1	Obtención de muestras	81
4.2.4.2	Diseño de mezcla	81
4.2.4.3	Diseño de molde.....	81
4.2.4.4	Procedimiento de cimbrado	82
4.2.4.5	Obtención de probetas.....	84
4.2.4.6	Flexión estática.....	84
4.2.4.7	Permeabilidad.....	85
4.2.4.8	Análisis estadístico.....	86
4.3	Trabajo Experimental	87
4.3.1	Fundamentación.....	87
4.3.2	Objetivo	88
4.3.3	Planteamiento de hipótesis y variables experimentales	89
4.3.4	Determinación del tamaño de la muestra	90
4.3.5	Materiales y equipo	91
4.3.5.1	Materiales.....	91
4.3.5.2	Equipo.....	92
4.3.6	Metodología	92
4.3.6.1	Evaluaciones y ensayos a realizar	93
4.3.6.2	Obtención de muestras	93
4.3.6.3	Diseño de mezcla	96
4.3.6.4	Diseño de molde.....	97
4.3.6.5	Conformación de cimbra.....	97
4.3.6.6	Procedimiento de cimbrado	99
4.3.6.7	Obtención de probetas.....	100
4.3.6.8	Evaluación de rendimientos de los productos desmoldantes.....	102

4.3.6.9	Flexión estática.....	103
4.3.6.10	Contenido de humedad	104
4.3.6.11	Permeabilidad.....	105
4.3.6.12	Análisis estadístico.....	106
CAPITULO V: RESULTADOS.....		109
5.1	Trabajo de Campo.....	109
5.2	Prueba Piloto	116
5.3	Trabajo Experimental	119
5.3.1	Resultados del dimensionamiento de los tableros.....	119
5.3.2	Resultados de los rendimientos de los productos desmoldantes	120
5.3.3	Resultados de la resistencia a la flexión estática	122
5.3.4	Resultados del contenido de humedad	128
5.3.5	Resultados de permeabilidad.....	129
CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		133
6.1	Trabajo De Campo	133
6.2	Prueba Piloto	134
6.2.1	Comprobación de normalidad	134
6.2.2	Análisis estadístico de diferencia de medias.....	141
6.3	Trabajo Experimental	146
6.3.1	Comprobación de normalidad	146
6.3.2	Análisis estadístico de diferencia entre poblaciones.....	171
6.3.2.1	Hipótesis particular 1	171
6.3.2.2	Hipótesis particular 2.....	192
6.3.2.3	Hipótesis particular 3.....	195
6.3.2.4	Hipótesis particular 4.....	198
6.3.2.5	Hipótesis particular 5.....	210
6.3.2.6	Hipótesis particular 6.....	215
6.3.2.7	Hipótesis general.....	217
CAPITULO VII: CONCLUSIONES.....		219
7.1	Conclusión General	219
7.2	Conclusiones Particulares.....	219

7.3 Nichos de Investigación 223

GLOSARIO.....225

BIBLIOGRAFÍA229

ANEXO A. Propiedades efectivas de la sección para placas de madera contrachapada sin pulir.

ANEXO B. Propiedades de sección (Corte Transversal) para tableros de cimbra de concreto B-B, de clases I y II y Estructural I.

ANEXO C. Prueba piloto: Contenido de humedad.

ANEXO D. Prueba piloto: Prueba de flexión estática.

ANEXO E. Prueba piloto: Prueba de permeabilidad.

ANEXO F. Trabajo Experimental: Consumo de productos desmoldantes durante el cimbrado.

ANEXO G. Trabajo Experimental: Análisis de precios unitarios por concepto de aplicación de productos desmoldantes.

ANEXO H. Trabajo Experimental: Contenido de humedad de madera contrachapada después de su uso en cimbra.

ANEXO I. Trabajo Experimental: Prueba de flexión estática en madera contrachapada después de su uso en cimbra.

ANEXO J. Trabajo Experimental: Prueba de permeabilidad en madera contrachapada después de su uso en cimbra.

ANEXO K. Trabajo Experimental: Contenido de humedad de madera contrachapada en condición seca.

ANEXO L. Trabajo Experimental: Prueba de flexión estática en madera contrachapada en condición seca.

ANEXO M. Trabajo Experimental: Prueba de permeabilidad en madera contrachapada en condición seca.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presiones laterales de concreto para cimbras de columnas y muros.	34
Tabla 2. Coeficiente de peso del concreto C_w	35
Tabla 3. Coeficiente químico del concreto C_c	36
Tabla 4. Combinaciones de chapas en tableros contrachapados.	41
Tabla 5. Guía para elección de tablero contrachapado*.	44
Tabla 6. Grupo I y II de la clasificación de especies americana.....	45
Tabla 7. Dimensiones nominales y sus tolerancias de tableros contrachapados. ...	46
Tabla 8. Espesores nominales y su conversión.	46
Tabla 9. Valores especificados de resistencias, módulo de elasticidad y módulo de rigidez de madera contrachapada de especies coníferas.....	50
Tabla 10. Factores de resistencia para madera contrachapada (FR).	51
Tabla 11. Factores de modificación por contenido de humedad (Kh) para madera contrachapada	51
Tabla 12. Factores de modificación por duración de carga (Kd) para madera contrachapada.	51
Tabla 13. Valores C para obtener las propiedades efectivas de las placas de madera contrachapada.....	52
Tabla 14. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B clase I y B-C Ext (kN/m ²) ^(a) veta de cara transversal a los soportes ^(b)	59
Tabla 15. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B clase I y B-C Ext (kN/m ²) ^(a) veta de cara paralela a los soportes ^(b)	59
Tabla 16. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B Estructural I (kN/m ²) ^(a) veta de cara transversal a los soportes ^(b)	60
Tabla 17. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B Estructural I (kN/m ²) ^(a) veta de cara paralela a los soportes ^(b)	60
Tabla 18. Coeficientes de consumo de madera por países de Latinoamérica.....	62
Tabla 19. Guía para la elección de agente desmoldante según el tipo de material de cimbra.....	70
Tabla 20. Diseño de mezcla para 1 m ³ de concreto.	81
Tabla 21. Cuadro de operacionalización de variables.....	90

Tabla 22. Tamaño muestral: cantidad total de ensayos a realizar.....	91
Tabla 23. Diseño de mezcla para 1 m ³ de concreto.....	96
Tabla 24. Conformación de moldes para cimbra de columnas.....	98
Tabla 25. Conformación de cimbrados según moldes y reúsos.....	99
Tabla 26. Desglose de probetas de las muestras evaluadas post-cimbrado.....	102
Tabla 27. Rangos de r para la interpretación de los coeficientes de determinación.	108
Tabla 28. Dimensionamiento de tablero I.....	119
Tabla 29. Dimensionamiento de tablero II.....	119
Tabla 30. Dimensionamiento de tablero III.....	119
Tabla 31. Dimensionamiento de tablero IV.....	120
Tabla 32. Rendimientos de productos desmoldantes durante el procedimiento de cimbrado.....	120
Tabla 33. Costos de productos desmoldantes utilizados.....	121
Tabla 34. Costos por metro cuadrado de productos desmoldantes utilizados durante el procedimiento de cimbrado según método de aplicación.....	121
Tabla 35. Resumen de precios unitarios por concepto de aplicación de productos desmoldantes.....	122
Tabla 36. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " <i>H_{0-1.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada</i> "......	142
Tabla 37. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " <i>H_{0-1.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada</i> "......	143
Tabla 38. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para <i>Hipótesis H₀₋₂: La permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no varía según el tiempo que ésta permanezca almacenada</i>	144
Tabla 39. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " <i>HP_{1.1.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos</i> "......	172

Tabla 40. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.1.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos".....173

Tabla 41. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.2.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos".175

Tabla 42. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.2.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos".176

Tabla 43. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.3.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".177

Tabla 44. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.3.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".178

Tabla 45. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{1.3.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".179

Tabla 46. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.4.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos".180

Tabla 47. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.4.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos".181

Tabla 48. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.5.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos".183

Tabla 49. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.5.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos".184

Tabla 50. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para “*HP_{1.5.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos*”.....184

Tabla 51. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “*HP_{1.6.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos*”.....186

Tabla 52. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “*HP_{1.6.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos*”.....187

Tabla 53. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para “*HP_{1.6.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos*”.....187

Tabla 54. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “*HP_{2.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado*”.....193

Tabla 55. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “*HP_{2.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado*”.....194

Tabla 56. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “*HP_{3.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa*”.....196

Tabla 57. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “*HP_{3.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa*”.....197

Tabla 58. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “*HP_{4.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos*”.....199

Tabla 59. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para “HP_{4.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos”.199

Tabla 60. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “HP_{4.2}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos”.201

Tabla 61. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para “HP_{4.2}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos”.201

Tabla 62. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “HP_{4.3}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos”.203

Tabla 63. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para “HP_{4.3}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos”.203

Tabla 64. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “HP_{4.4}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos”.205

Tabla 65. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para “HP_{4.4}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos”.205

Tabla 66. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “HP_{4.5}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos”.207

Tabla 67. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para “HP_{4.5}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos”.207

Tabla 68. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “HP_{4.6}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos”.209

Tabla 69. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para *"HP_{4.6}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos"*.....209

Tabla 70. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para *"HP_{5.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado"*.211

Tabla 71. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para *"HP_{5.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado"*.212

Tabla 72. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para *"HP_{6.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa"*.....216

Tabla 73. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para *"HP_{6.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa"*.216

Tabla 74. Resumen de resultados de la comprobación de las Hipótesis Particulares planteadas.218

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Configuración de alternancia de chapas en un tablero contrachapado.	41
Figura 2. Dirección de cargas axiales en el plano de las fibras.	53
Figura 3. Tableros de madera contrachapada sujetas a flexión.....	54
Figura 4. Tableros de madera contrachapada sujetos a cortante.....	56
Figura 5. Molde para cimbrado.....	82
Figura 6. Muestra a ser evaluada inmediatamente después de su descimbrado y en la cual el desmoldante se aplicó por ambos métodos en su superficie.....	83
Figura 7. Nombrado de probetas de muestra 1 y su patrón de corte de exterior – interior.	84
Figura 8. Ensayo a flexión estática en probeta de 770 x 50 mm de madera contrachapada.	85
Figura 9. Ensayo de permeabilidad con tubo de Karsten en probeta de 770 x 50 mm de madera contrachapada.	86
Figura 10. Desglose de indicadores de la variable dependiente: Vida Útil.	88
Figura 11. Puntos de medición longitudinal y transversal para la caracterización general de los tableros.....	94
Figura 12. Distribución de muestras de tablero contrachapado de 2.44m x 1.22 m.	94
Figura 13. Nomenclatura para distinción de muestras a evaluar en condición seca.	95
Figura 14. Nomenclatura para distinción de muestras a evaluar en condición post-cimbra.....	96
Figura 15. Molde para cimbrado.....	97
Figura 16. Muestras de madera contrachapada previo a su ensamble en molde.	100
Figura 17. Obtención de probetas a partir de una muestra seca y su respectiva nomenclatura.....	101
Figura 18. Obtención de probetas a partir de una muestra en condición post-cimbra y su respectiva nomenclatura.....	101

Figura 19. Esquema de ensayo a flexión estática.....104

Figura 20. Método de ensaye de permeabilidad horizontal con el tubo de Karsten.
.....106

Figura 21. Cimbra de *triplay* en puente en construcción ubicado en Av. Aguascalientes y Lic. Adolfo López Mateos, al este de la ciudad de Aguascalientes, Ags., México.....110

Figura 22. Lote de *triplay* nuevo con dimensiones de 1.22 x 2.44 m, de 15mm de espesor nominal, pulido a una sola cara.111

Figura 23. Trascara de hoja de *triplay* con manchas, poca calidad de pulido y pequeñas oquedades detectadas.111

Figura 24. *Triplay* con aceite quemado empleado como agente desmoldante, resguardado para futuro reúso.....112

Figura 25. Tambo de 200 L de agente desmoldante base solvente marca PASA®.
.....113

Figura 26. Lote de *triplay* de 18 mm con cara y trascara de calidad C, de origen uruguayo.115

Figura 27. Corte transversal de una hoja de *triplay* donde se observan las cinco chapas que lo conforman unidas por el adhesivo impermeable de color negro entre cada chapa.....115

Figura 28. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en muestras 1 y 2 de prueba piloto.117

Figura 29. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en muestras 1 y 2 de prueba piloto.....117

Figura 30. Media del contenido de humedad de probetas de muestras 1 y 2 de prueba piloto.118

Figura 31. Media de prueba de permeabilidad de muestra 1 y 2 de prueba piloto.
.....118

Figura 32. Rendimientos de productos desmoldantes según su método de aplicación.121

Figura 33. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.....123

Figura 34. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado y agente desmoldante comercial.....124

Figura 35. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado aplicado con brocha y con estopa.....124

Figura 36. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando agente desmoldante comercial aplicado con brocha y con estopa.....125

Figura 37. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra según el método de aplicación del material desmoldante.....125

Figura 38. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.126

Figura 39. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado y agente desmoldante comercial.126

Figura 40. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado comercial aplicado con brocha y con estopa.....127

Figura 41. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando agente desmoldante comercial aplicado con brocha y con estopa.....127

Figura 42. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra según el método de aplicación del material desmoldante.128

Figura 43. Medias del contenido de humedad obtenido de las probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.129

Figura 44. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.130

Figura 45. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado y agente desmoldante comercial. ...130

Figura 46. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado comercial aplicado con brocha y con estopa.....131

Figura 47. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando agente desmoldante comercial aplicado con brocha y con estopa.....131

Figura 48. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra según el método de aplicación del material desmoldante.132

Figura 49. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente " Y_{p1} : Módulo de elasticidad de la madera

contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada".....135

Figura 50. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y_{p2}: Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada".....136

Figura 51. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y_{p3}: La permeabilidad de la madera contrachapada inmediatamente después de ser descimbrada".....137

Figura 52. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y_{p4}: Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada".138

Figura 53. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y_{p5}: Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada".139

Figura 54. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y_{p6}: La permeabilidad de la madera contrachapada 15 días después de ser descimbrada".....140

Figura 55. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso".....147

Figura 56. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₂: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos".....148

Figura 57. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₃: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos".....149

Figura 58. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₄: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos”.150

Figura 59. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₅: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante”151

Figura 60. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₆: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente”.152

Figura 61. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₇: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha”153

Figura 62. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₈: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa”.154

Figura 63. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₉: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso”155

Figura 64. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos”156

Figura 65. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁₁: El módulo de ruptura de la madera

contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos"157

Figura 66. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos"158

Figura 67. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₃: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante"159

Figura 68. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₄: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente"160

Figura 69. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₅: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha"161

Figura 70. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₆: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa"162

Figura 71. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso"164

Figura 72. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos".165

Figura 73. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos".166

Figura 74. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos".167

Figura 75. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₂₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando aceite quemado como producto desmoldante".168

Figura 76. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₂₂: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente".169

Figura 77. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₂₃: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha".170

Figura 78. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₂₄: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa".171

Figura 79. Gráfica de dispersión del Número de Reúsos de la Cimbra de Madera Contrachapada contra el Módulo de Elasticidad, 189

Figura 80. Gráfica de dispersión del Número de Reúsos de la Cimbra de Madera Contrachapada contra el Módulo de Ruptura, 191

Figura 81. Gráfica de dispersión de los Productos Desmoldantes contra la Permeabilidad.214

ACRÓNIMOS

ACI	American Concrete Institute
APA	American Plywood Association
ASTM	American Society for Testing and Materials International
Cc	Coeficiente Químico
CH	Contenido de Humedad
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CPC	Cemento Portland Compuesto
Cw	Coeficiente de Peso
$E_{0.50}$	Módulo de Elasticidad promedio
f_{cu}	Valor modificado de esfuerzo en Compresión Paralela a la fibra
f_{cu}'	Valor especificado de resistencia a Compresión Paralela a la fibra
f_{fu}	Valor modificado de esfuerzo en Flexión
f_{fu}'	Valor especificado de resistencia a Flexión
f_{nu}	Valor modificado de esfuerzo en Compresión Perpendicular a la fibra
f_{nu}'	Valor especificado de resistencia a Compresión Perpendicular a la fibra
F_R	Factores de Resistencia
f_{ru}	Valor modificado de esfuerzo Cortante en el Plano de las chapas
f_{ru}'	Valor especificado de resistencia Cortante en el Plano de las chapas
f_{tu}	Valor modificado de esfuerzo en Tensión Paralela
f_{tu}'	Valor especificado de resistencia en Tensión Paralela a la fibra
f_{vgu}	Valor modificado de esfuerzo Cortante a través del grosor
f_{vgu}'	Valor especificado de resistencia Cortante a través del grosor
$G_{0.50}$	Módulo de Rigidez Promedio
GL	Grados de Libertad
IC	Intervalos de Confianza
ICOMOS	International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage
Kd	Factores de modificación por duración de carga
Kh	Factores de modificación por contenido de humedad
MOE	Módulo de Elasticidad en Flexión

MOR	Módulo de Ruptura en Flexión
M_P	Resistencia de diseño a Flexión por cargas perpendiculares al plano
mPA	Mega Pascales
M_Q	Resistencia de diseño a flexión por cargas en su plano
N	Velocidad de movimiento
NPCA	National Precast Concrete Association
N_R	Resistencia al diseño al aplastamiento normal al plano
Ph	Peso Húmedo
P_{MAX}	Carga Máxima
Po	Peso Anhidro
P_R	Resistencia de diseño a compresión paralela al canto
R	Velocidad de vertido de colado
RILEM	International Union Of Laboratories And Experts In Construction Materials, Systems And Structures
S_1	Módulo de sección efectivo del tablero
SYNAD	Syndicat National Des Adjuvants Pour Bétons Et Mortiers
T	Temperatura del concreto
t	Grosor del espécimen
TMA	Tamaño Máximo del Agregado
t_p	Grosor efectivo del tablero
T_R	Resistencia de diseño a tensión paralela al canto
V_{R1}	Resistencia de diseño a cortante en el plano
V_{R2}	Resistencia de diseño a cortante a través del grosor
Z	Velocidad de deformación unitaria en la fibra extrema

RESUMEN

Actualmente no se cuenta con información con respecto a las propiedades físicas y mecánicas que presentan las secciones de madera contrachapada empleadas en cimbra previamente. Así mismo, no se cuenta con documentación sobre los criterios y metodología para el análisis de su vida útil.

Con la intención de comprobar si la vida útil de la cimbra de madera contrachapada de elementos verticales, se ve afectada por el uso de distintos tipos de productos desmoldantes, se lleva a cabo el cimbrado de diez columnas de concreto simple con sección 585 x 785 mm de cinco centímetros de espesor, utilizando un total de cuatro juegos de secciones de madera contrachapada de igual dimensiones; las variables independientes a evaluar son la cantidad de usos de los tableros de cimbra, de uno hasta cuatro consecutivos, el tipo de desmoldante y, el método de aplicación de dicho desmoldante.

Posteriormente, se evalúa la resistencia a la flexión y permeabilidad un total de 128 probetas, 64 provenientes de tableros en condición pre-cimbrado y, 64 provenientes de las secciones empleadas previamente en el proceso de cimbrado y colado de concreto.

Se determinó que la característica permeable de la cimbra de madera contrachapada no puede ser explicada en función de su vida útil. Mientras que, la resistencia a la flexión disminuye levemente a medida que aumentan sus usos, pero no se ve afectada por el tipo de producto desmoldante empleado durante el cimbrado. Es decir, el producto desmoldante no influye, en la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.

Palabras clave: *Agente Desmoldante, Resistencia a Flexión, Permeabilidad, Contrachapado, Vida Útil*

ABSTRACT

Nowadays there is no information available regarding the physical and mechanical properties presented on plywood sections used as formwork to cast concrete, nor regarding the criteria or process for its lifespan analysis.

Intending to verify if the lifespan of plywood formwork on vertical elements is affected by the use of different types and application methods of demolding products, it is carried out the casting of ten 585x785 mm non-reinforced concrete columns 50 mm width, with the help of four sets of plywood formwork which lifespan is evaluated, as a proposal of this work, through its flexural and permeable properties.

A total of 128 samples of plywood formwork sections were evaluated. It was determined that the permeable characteristic of plywood formwork cannot be explained in terms of its lifespan; unlike its bending strength, which decreases slightly as it is reused. However, the demolding agent used during the casting, had no significant influence on plywood formwork lifespan, nor the application method.

Key words: Demolding Agent, Bending Strength, Permeability, Plywood, Lifespan

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



CAPÍTULO

I

INTRODUCCIÓN

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Prólogo

En la actualidad, el concreto es el material más utilizado por los ingenieros, arquitectos y trabajadores vinculados con el sector de la construcción; esto se debe a que posee características que lo hacen idóneo en cuanto a resistencia, perdurabilidad, facilidad de producción y accesibilidad.

Sin embargo, una de las características del concreto, que con frecuencia se menosprecia, es su capacidad para ser moldeado, misma que lo convierte en el material ideal para la arquitectura moderna, la cual se ha encargado de utilizarlo para desafiar y engrandecer los diseños de edificaciones desde hace años.

Ahora bien, el empleo del concreto en cualquiera de sus modalidades no sería posible si no se contara con la estructura o molde que se encarga de sostenerlo hasta que éste alcance las propiedades mecánicas requeridas, a este molde se le denomina cimbra.

La madera maciza fue en algún momento uno de los materiales de cimbra predominantes (Nemati, 2007), sin embargo, actualmente existen números materiales utilizados para este fin, entre los que destacan el acero, el plástico y la madera contrachapada. Sin embargo, en México, específicamente en la región de Aguascalientes, es precisamente la madera contrachapada, mejor conocida como *triplay*, el material más común para la construcción de cimbras en obras de pequeña y mediana escala.

Por otra parte, la relevancia de la cimbra no solo es por sus fines prácticos sino también por el importante impacto económico que provoca en los costos de edificación, ya que, como lo indica la Sociedad del Concreto, puede llegar a constituir entre el 35% y 40% del costo total de la estructura de concreto (Concrete Society, 2012).

Una de las estrategias más efectivas que se llevan a cabo para combatir el alto costo que puede representar la cimbra en la construcción, consiste en reutilizarla lo más posible; lo cual implica realizar un trabajo cuidadoso al momento de su

manipulación, resguardo y en la selección adecuada de la calidad de los materiales, así como en el diseño de la misma.

Cabe destacar que, si bien el uso de la cimbra es indispensable para la industria de la construcción, ésta no sería igual de efectiva si no se lograra separarla del concreto sin provocarle daños a este último, así como evitar la transmisión del agua del concreto al interior de la cimbra. Los agentes desmoldantes son productos destinados únicamente a realizar estas funciones.

En México se han utilizado por décadas productos como el diésel, el aceite quemado y la cera vegetal o animal como agentes desmoldantes, sin embargo, en la actualidad existen múltiples opciones de productos comerciales disponibles en el mercado.

Ahora bien, los agentes desmoldantes son considerados productos necesarios para salvaguardar la integridad estructural y estética del concreto, sin embargo, su empleo también puede llegar a provocar un impacto positivo o negativo, en el material de cimbra, puesto que puede o no afectar la vida útil de la misma.

1.2 Objetivo General

Determinar la relación entre los agentes desmoldantes y sus métodos de aplicación, y la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.

1.3 Objetivos Particulares

- A. Determinación, por medio de la investigación documental, de cuáles son las principales propiedades físicas y mecánicas de la cimbra de madera contrachapada, que intervienen en la prolongación de su vida útil.
- B. Determinación, por medio de la investigación documental y de campo, de los tipos de agentes desmoldantes más comúnmente utilizados en la ciudad de Aguascalientes, Ags., México.
- C. Determinación, por medio de la investigación documental y de campo, de los métodos de aplicación de los agentes desmoldantes más comúnmente utilizados en la ciudad de Aguascalientes, Ags., México.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- D. Determinación, por medio de la evaluación experimental, de la relación entre las propiedades de resistencia a flexión y permeabilidad y, el número de reúsos de la cimbra de madera contrachapada.
 - E. Determinación, por medio de la evaluación experimental, si la elección de producto desmoldante influye en la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.
 - F. Determinación, por medio de la evaluación experimental, si el método de aplicación de los productos desmoldantes influye en la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.
 - G. Determinación, por medio de la evaluación experimental, de cuál agente desmoldante genera la mayor relación costo/beneficio.
 - H. Publicación de un artículo en alguna revista especializada en el que se dé a conocer los resultados de esta investigación.

1.4 Alcances

Los alcances de este trabajo son planteados para lograr su término en tiempo y forma, según el cronograma del proyecto general.

- A. En este trabajo se evalúan los agentes desmoldantes más utilizados comúnmente en la ciudad de Aguascalientes.
- B. En esta investigación, se utilizan únicamente concreto simple, sin aditivos. Y se recrearán, en laboratorio, las condiciones de su elaboración en obra.
- C. En esta investigación, se utilizan únicamente madera contrachapada, como material base de la elaboración del molde de una cimbra.
- D. Solo es objeto de esta tesis los métodos de aplicación por brocha y por estopa, como métodos de aplicación de agentes desmoldantes.
- E. No es objeto de esta tesis el comportamiento mecánico del concreto.
- F. No es objeto de esta tesis el análisis de las superficies del concreto.

- G. No es objeto de esta tesis la evaluación de los efectos provocados por la mano de obra en la elaboración de los moldes de madera contrachapada.
- H. No es objeto de esta tesis la evaluación de los efectos provocados por el tipo de resguardo al que se sujete la cimbra.

1.5 Justificación

La cimbra se define según el Comité 347 del Instituto Americano del Concreto [ACI] como una estructura o molde temporal, empleado para soportar el concreto fresco durante el tiempo que éste tarda en endurecerse y alcanzar una resistencia determinada (American Concrete Institute [ACI] Committee 347, 2004).

En México, la madera contrachapada es el material más común para la fabricación de cimbras en obras de pequeña y mediana escala. Lo anterior se puede atribuir a su fácil obtención en el mercado y a los conocimientos para su manipulación heredados, con el que cuenta el personal de obra.

La madera contrachapada es un producto fabricado de láminas delgadas de madera unidas por adhesivos especiales. Los tableros de este material, tienen una estabilidad dimensional grande y una excelente relación peso-resistencia; se caracteriza por su resistencia a los impactos, productos químicos y a los cambios de temperatura y humedad ambiental (APA - The Engineered Wood Association, 2016).

Debido a su imprescindible empleo para la fabricación de estructuras de concreto, la cimbra es utilizada con suma frecuencia en edificaciones de todo tipo y de todas las escalas. Sin embargo, pese a la gran relevancia que ésta tiene para el sector de la construcción y con todos los avances tecnológicos que se han desarrollado a la fecha, aún no se cuenta con una estrategia estandarizada para combatir el gran inconveniente que posee esta estructura, su alto costo.

La cimbra puede llegar a representar más del 35% del costo total de la estructura de concreto (Concrete Society, 2012). Situación que evidentemente afecta al costo total de la obra y, por ende, al sector de la construcción.

El Comité ACI-347 proporciona una serie de recomendaciones para obtener una cimbra económica, entre las cuales se destaca: propiciar el máximo reuso de ésta, pues su costo se divide entre el número de usos, generando mayor rendimiento del molde (ACI Committee 347, 2004).

Por otra parte, los agentes desmoldantes son productos que se aplican sobre la superficie de la cimbra que entra en contacto con el elemento de concreto, para facilitar la separación entre ambos (Syndicat National des Adjuvants pour Bétons et Mortiers [SYNAD], 2015). Baty & Reynolds (s.f.) clasifican a los agentes desmoldantes en dos categorías: los de barrera y los químicamente activos. Los primeros, como su nombre lo indica, crean una barrera entre la superficie de la cimbra y el concreto fresco; mientras que los agentes desmoldantes químicamente activos, contienen un ingrediente que reacciona con el calcio de la pasta de cemento fresco.

Ahora bien, actualmente existe una gran variedad de productos destinados a funcionar como agentes desmoldantes en el mercado, sin embargo, con frecuencia su elección depende únicamente de dos parámetros: la búsqueda por un acabado aparente en el concreto o bien, que resulte una adquisición más económica; dejando completamente de lado el gran efecto que dicho producto puede generarle a la cimbra.

Por consiguiente, realizar la evaluación de la vida útil de la cimbra, en función de los efectos de los agentes desmoldantes, permitirá brindarle las herramientas necesarias al sector de la construcción de Aguascalientes para reducir sus costos de edificación, y así, incrementar su utilidad.

1.6 Hipótesis

"Los agentes desmoldantes influyen en el número máximo de usos que tiene la cimbra de madera contrachapada".

1.7 Metodología

Por sus características esta investigación es principalmente de carácter cuantitativo considerando las siguientes variables:

VARIABLES DEPENDIENTES:

- A. Vida útil de la madera contrachapada, medible en función de sus características de:
 - o Permeabilidad.
 - o Resistencia a la flexión estática.

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- A. Cantidad de usos de la cimbra de madera contrachapada.
- B. Empleo de dos distintos agentes desmoldantes.
- C. Método de aplicación del agente desmoldante, por medio:
 - o Brocha.
 - o Estopa.

Para llevar a cabo la fase experimental de esta investigación se requiere realizar el diseño y construcción de moldes de madera contrachapada, a los cuales se les será aplicado dos diferentes agentes desmoldantes para luego verter concreto simple. Este proceso se realiza hasta obtener un total de diez columnas de concreto simple, de cinco centímetros de espesor y, un total de cuatro juegos de cimbra de madera contrachapada, representando así, de un único uso hasta cuatro usos consecutivos, para así, evaluar la relación entre la cantidad de los usos a la cimbra, sus propiedades de permeabilidad y resistencia a flexión y, el empleo de diferentes desmoldantes.

De esta manera, se requiere de los siguientes recursos:

RECURSOS DOCUMENTALES:

- A. NMX-C-251-1997-ONNCCE – “Industria de la Construcción – Concreto – Terminología”.
- B. NMX-C-159-ONNCCE-2004 – “Industria de la Construcción – Concreto – Elaboración y Curado de Especímenes en el Laboratorio”.

- C. Notas técnicas de los fabricantes de cada tipo de agente desmoldante comercial.
- D. NMX-C-438-ONNCCE-2006 – “Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Pino y otras Coníferas – Clasificación y Especificaciones”.
- E. NMX-C-439-ONNCCE-2006 – “Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Pino y otras Coníferas – Propiedades Físicas – Métodos de Ensayo”.
- F. NMX-C-440-ONNCCE-2006 – “Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Pino y otras Coníferas – Propiedades Mecánicas – Métodos de Ensayo”.

Recursos humanos:

- G. Para la realización de los distintos ensayos se requiere la supervisión del laboratorista y del tutor para asegurar el buen procedimiento y la fidelidad de los resultados.
- H. Para la fabricación de los moldes de madera contrachapada y del concreto simple, se requiere la supervisión del laboratorista y del tutor, para asegurar el buen procedimiento.

Recursos materiales:

- I. Los tableros de madera contrachapada de la misma calidad, espesor, marca y provenientes del mismo lote y comercio local.
- J. El Cemento Portland de la misma calidad, marca y fuente.
- K. Arena limpia proveniente del mismo banco y lote de materiales, que cumpla con las especificaciones para la elaboración de concreto planteadas por la normativa antes mencionada.
- L. Grava limpia provenientes del mismo banco y lote de materiales, que cumpla con las especificaciones para la elaboración de concreto planteadas por la normativa antes mencionada.

- M. Los agentes desmoldantes obtenidos según su disponibilidad en la ciudad de Aguascalientes, Ags., México.
- N. Los materiales y herramientas necesarios para la fabricación del concreto y su vertido en el molde, los cuales serán obtenidos del laboratorio de materiales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.



TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



CAPÍTULO

II

ESTADO ACTUAL DEL
CONOCIMIENTO

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

CAPITULO II: ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

2.1 Cimbra

2.1.1 Definición

Se define a la cimbra como la estructura o molde temporal, empleado para soportar el concreto fresco durante el tiempo que éste tarde en endurecerse y alcanzar la suficiente resistencia para auto-soportarse (ACI Committee 347, 2004).

Existen autores que le denominan cimbra únicamente a la estructura que soporta al molde, sin embargo, para efectos de esta investigación, el término cimbra se empleará para denominar al molde temporal que le da forma al concreto fresco y, a la mencionada estructura de soporte se le denominará obra falsa. En cuanto al conjunto de la cimbra y obra falsa, es decir, a todo el sistema de soporte para el concreto recién colado se le denomina cimbrado (Comité ACI-347, c1996).

Ahora bien, cabe destacar que los términos encofrado y cimbra son sinónimos, su uso depende principalmente de la región de habla hispana en la que se situó. Durante el desarrollo de este trabajo se hará uso indistinto de ambos términos.

2.1.2 Antecedentes históricos

Botero (2006) menciona que la existencia de la cimbra, desde su concepto de molde, es reciente; pues aparece a la par del concreto armado hacia finales del siglo XIX. Sin embargo, desde la época de los romanos ya existían formas arcaicas de cimbra, utilizadas igualmente como molde para el vertido de concreto.

“En los primeros años del auge de la construcción, los materiales que más se utilizaban era la madera” (Ayala , Chimbo, & Yaguana, 2010, pág. 2). No obstante, entrando el siglo XX, se inició el diseño de cimbras en acero, buscando una mayor resistencia y durabilidad (Botero, 2006), dando pauta a la innovación de las técnicas de cimbrado y a la gran variedad de materiales para cimbra que existen en la actualidad, los cuales brindan diferentes beneficios a la industria de la construcción.

Los sistemas de cimbra utilizados para la construcción de estructuras de concreto han continuado desarrollándose significativamente desde principios de los años noventa. Las mayores innovaciones se han centrado en la eficiencia in situ, seguridad e higiene y en asuntos ambientales, impulsando a la industria de la construcción de concreto hacia una eficiencia cada vez mayor (The Concrete Center, 2017).

En México, la madera contrachapada es uno de los materiales comúnmente utilizados para la fabricación de cimbras en obras de pequeña y mediana escala. Lo anterior se debe a su abundancia en el mercado, lo que facilita su obtención y, a los conocimientos hereditarios con los que cuenta la mano de obra mexicana para su manipulación.

2.1.3 Importancia en la construcción

La importancia del señalado molde, radica en su necesario empleo para la fabricación de estructuras de concreto, especialmente las producidas in situ. Sin la cimbra, el concreto no sería el material para la construcción más utilizado mundialmente, ya que carecería de una de sus facultades más importantes, la de ser moldeado en distintas formas conforme las necesidades arquitectónicas y estructurales de cada obra particular.

Uno de los principales productos favorecidos por la evolución de técnicas y materiales de cimbra, es el concreto arquitectónico; el cual ha logrado satisfacer las necesidades de los arquitectos e ingenieros encargados del diseño de edificaciones, al lograr presentar un acabado estéticamente complaciente; situación que no conseguiría sin la cimbra, misma, que, dependiendo del material, propicia la disminución de desperfectos visuales en la superficie del concreto.

Ahora bien, otro factor sobre la importancia de este material en la industria de la construcción, se relaciona fuertemente con el impacto económico que representa para cada obra. La Sociedad del Concreto y la Asociación de Madera de Ingeniería consideran que la cimbra y su asociada obra falsa, pueden sumar cerca

del 40% y 50%, respectivamente, del costo total de la estructura de concreto (APA - The Engineered Wood Association, 2012; Concrete Society, 2012).

2.1.4 Objetivos básicos

La cimbra se debe de diseñar de modo que las losas de concreto, los muros, columnas, vigas y otros elementos mantengan las dimensiones, formas, alineamientos y posiciones de proyecto, dentro de las tolerancias establecidas en la normatividad aplicable, durante su proceso de construcción. De igual manera, el cimbrado debe de contar con un diseño que proporcione un soporte seguro a las cargas verticales y laterales que podrían aplicarse hasta el momento en que la estructura de concreto pueda soportarlas por sí misma (Comité ACI-347, c1996).

2.1.5 Cargas implicadas

2.1.5.1 Presión lateral del concreto

Botero (2006) explica que el comportamiento mecánico de la cimbra responde a los principios de la hidrostática.

Recordando un poco acerca de eso:

- Un líquido en un recipiente ejerce presiones sobre el fondo y sobre las paredes.
- La presión que un líquido ejerce sobre las paredes del recipiente es función de la profundidad y de la densidad. A mayor profundidad, mayor presión.
- A una profundidad determinada, un líquido ejerce igual presión sobre la pared o sobre el fondo (Botero, 2006, pág. 11).

Considerando lo anterior, la Asociación de Madera de Ingeniería (APA - The Engineered Wood Association, 2002) menciona que la carga hidrostática total del concreto depende de variables como la tasa de vaciado, la temperatura y

densidad del concreto, su asentamiento, el tipo de cemento, el método de vibración y la altura de la cimbra. De igual manera, proporciona los valores de las presiones laterales para el concreto fresco recién colado que se deben de utilizar para el diseño de cimbras de columnas y muros (Tabla 1).

Tabla 1. Presiones laterales de concreto para cimbras de columnas y muros.

Rango de vaciado (pies/hora)	Presiones de concreto vibrado (kN/m ²) ^{(a),(b)}			
	10°C		21°C	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
0.31	15.80	15.80	13.41	13.41
0.61	24.42	24.42	19.63	19.63
0.91	33.03	33.03	25.85	25.85
1.22	41.65	41.65	31.60	31.60
1.52	50.27	50.27	37.82	37.82
1.83	58.89	58.89	44.05	44.05
2.13	67.50	67.50	50.27	50.27
2.44	76.12	70.38	56.49	52.18
2.74	81.74	72.77	62.72	54.10
3.10	93.36	75.64	68.94	56.01

(a) La presión máxima no tiene que sobrepasar 2400 gh, donde h es la altura máxima de vaciado en pies y g es la constante de gravedad, 9.81 (N/kg).

(b) Basado en concreto con una densidad de 2400 kg/m³ y 100 mm de asentamiento.

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

El Comité ACI-347 (2004) brinda la siguiente fórmula para el cálculo de la presión lateral del concreto recién colado:

$$P_M = pgh$$

Donde:

PM= presión lateral del concreto (kPa).

p= densidad del concreto (kg/m³)

g= constante de gravedad, 9.81 (N/kg).

h= altura de la cimbra (m).

Ahora bien, esta fuente señala que, para el concreto con un revenimiento igual o menor a 175 mm, colocado con una vibración interna normal a una profundidad

igual o menor a 1.2 m, el cimbrado puede diseñarse conforme a las siguientes ecuaciones:

Para columnas, con un máximo de 30Cw kPa o pgh, según el que sea menor.

$$P_{MAX}=C_w \times C_c \left[7.2 + \left(\frac{785 R}{T + 17.8} \right) \right]$$

Para muros, con velocidad de vertido menor de 2.1 m/hr, y una altura de colocación igual o menor a 4.2 m. Con un máximo de 30Cw kPa o pgh, según el que sea menor.

$$P_{MAX}=C_w \times C_c \left[7.2 + \left(\frac{785 R}{T + 17.8} \right) \right]$$

Para muros, con velocidad de vertido menor a 2.1 m/hr donde la altura de colocación excede los 4.2 m, y para muros con velocidad de vertido de 2.1 a 4.5 m/hr. Con un máximo de 30Cw kPa o pgh, según el que sea menor.

$$P_{MAX}=C_w \times C_c \left[7.2 + \left(\frac{1156}{T + 17.8} \right) \left(\frac{244 R}{T + 17.8} \right) \right]$$

Donde:

P_{MAX}: presión lateral, kPa.

R: velocidad de vertido de colado, m/hr.

T: temperatura del concreto, °C.

h: altura del concreto fresco por encima del punto considerado, m.

C_w: coeficiente de peso (Tabla 2).

C_c: coeficiente químico (Tabla 3).

Tabla 2. Coeficiente de peso del concreto C_w.

Densidad del Concreto	C _w
Menor a 2240 kg/m ³	C _w = 0.5[1 + (p/2320 kg/m ³)] pero no menor a 0.80.
2240 a 2400 kg/m ³	1
Mayor a 2400 kg/m ³	C _w = p/2320 kg/m ³

Fuente: (ACI Committee 347, 2004).

Tabla 3. Coeficiente químico del concreto Cc.

Tipo de Cemento	Cc
Tipo I, II y III sin retardantes	1.0
Tipo I, II y III con retardantes	1.2

Fuente: (ACI Committee 347, 2004).

El Comité ACI-347 (2004), para el propósito de la aplicación de las fórmulas de presión, define a las columnas como elementos en que ninguna dimensión en planta exceda 2.0 m., a su vez define a los muros como elementos verticales con, al menos, una dimensión en planta mayor a 2.0 m. Ahora bien, la diferencia entre dichos elementos se basa en su uso principal, más que en la relación arbitraria de altura y dimensiones de su sección transversal; estableciendo que, una columna es normalmente utilizada como elemento vertical principal que soporta cargas axiales combinadas con flexión y esfuerzo cortante (Comité ACI 318, 2005).

2.1.5.2 Cargas verticales

Adicional a las presiones del concreto, las cimbras para estructuras de concreto suelen soportar cargas vivas y muertas, donde las primeras están conformadas por el peso de los trabajadores, el equipo, el material almacenado, las rampas y el impacto; mientras que las últimas por el peso del concreto recién colado y el peso de la cimbra (Comité ACI-347, c1996).

La carga mínima de diseño para ambas cargas combinadas debe de ser de 488 kg/m² (Comité ACI-347, c1996).

2.1.5.3 Cargas horizontales

El Comité ACI-347 (c1996) señala que los sujetadores y puntales deben ser diseñados para resistir todas las cargas horizontales previsibles, como las fuerzas sísmicas, el viento, la descarga del concreto, entre otras.

2.1.6 Deficiencias comunes

“Las fallas en la cimbra pueden atribuirse a errores humanos, materiales y equipos de mala calidad, o a omisiones o diseños básicamente inadecuados” (Comité ACI-347, c1996, pág. 11).

El Comité ACI-347 (c1996) menciona algunas de las deficiencias en la construcción y que, pueden conducir a la falla de las mismas, entre las que destacan:

- a) Fallas al detectar deflexiones anormales u otros signos de falla inminente en la cimbra, durante y/o después del vertido del concreto.
- b) En cimbras verticales, fallas en el control del vertido del concreto.
- c) En cimbras verticales, fallas en proporcionar el soporte adecuado para la presión lateral del cimbrado.

2.1.7 Descimbrado

El Comité ACI-347 (c1996) indica que, tiempo mínimo de descimbrado está en función de la resistencia del concreto. Si la resistencia mínima requerida del concreto no es especificada se puede considerar un tiempo de descimbrado de 12 horas para muros, columnas y lados de vigas y trabes.

2.1.8 Clasificación

El concreto puede ser moldeado por diferentes materiales de cimbra y cada uno de esos materiales propicia diferentes calidades del acabado (Shyha, Richardson, Coventry, & Ponton, 2016).

Existen distintos criterios de clasificación de la cimbra, sin embargo, los más relevantes para esta investigación los indica Ayala et al. (2010):

- a) Por el tipo de concreto.

Esta clasificación consiste en la distinción del tipo de acabado requerido de las estructuras de concreto: la cimbra para concreto aparente y la cimbra para concreto a revestir. La primera consiste generalmente en tableros lisos e impermeables que propicien el acabado aparente buscado, ya que el concreto

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

pasará a conformar la fachada de la edificación en cuestión; sin embargo, dichas condiciones y cuidados no son necesarios para el caso de la cimbra para concreto a revestir.

b) Por el número de usos.

Esta clasificación hace referencia al número de usos que se le vaya a dar a la cimbra.

Se le denomina cimbra recuperable a aquellas que se diseñan para ser utilizadas en repetidas ocasiones. Mientras que las llamadas cimbras perdidas se utilizan únicamente una vez, es decir, no se recuperan para un segundo uso.

c) Por su material.

En la actualidad existen diferentes materiales que son utilizados para cimbra, entre los que destacan: la madera maciza tradicional, la madera contrachapada, el acero, el plástico y aluminio. Sin embargo, la madera contrachapada y el acero son los dos materiales de cimbra más comunes (como se cita en Shyha et al., 2016, p.89)

- Madera natural

Botero (2006) menciona que las maderas comunes o tradicionales son ideales para la cimbra, por su bajo costo y facilidad de corte. Sin embargo, presentan una durabilidad limitada y una alta vulnerabilidad a la humedad, a insectos u hongos.

Este material es ideal cuando se requiere para pocos usos en el cimbrado de columnas y vigas no estándar. Además, puede ser empleada como base para tableros de madera contrachapada y aglomerados (Richardson, c1992).

- Acero

Entre las cualidades de este material para su uso como cimbra, es que es rápido y fácil de montar, además de que su empleo puede ser económico, ya que puede reutilizarse repetidamente, el inconveniente es el alto costo de adquisición y la limitante de formas definidas para el mismo que garantice la amortización de la inversión inicial con una alta cantidad de usos.

- Madera contrachapada

“Este material proporciona muchas ventajas debido a que como son tamaños estándares, las hojas reducen las juntas en las superficies del concreto” (Arellano, 2001, pág. 26). Su uso principal es para obtener acabados aparentes, paneles ligeros y cerchas (Pemex Exploración y Producción, 2000); sin embargo, cuenta con la desventaja, como lo revela Ayala et al. (2010), de tener una vida útil relativamente corta.

La madera contrachapada es un material que posee mejores propiedades mecánicas que la madera a partir de la cual fue fabricado. Mediante un buen diseño, éste material puede proporcionar soluciones económicas para la mayoría de los problemas relacionados con cimbras (Richardson, c1992).

“Después de que se haya utilizado varias veces el *triplay* para cimbrar concreto aparente, puede usarse para cimbra de acabado común, y como tercera etapa, las hojas pueden usarse para trabajo en el piso y finalmente para hacer tarimas y cimbras perdidas” (Richardson, c1992, pág. 58).

2.1.9 Elección de la cimbra

Para la elección de la cimbra, Pemex Exploración y Producción (2000) señala una serie de factores y requisitos a considerar, de entre los cuales se destacan:

Factores:

- a. Disponibilidad de materiales.
- b. Número de usos requeridos o esperados.
- c. Costo de construcción.
- d. Costo de inversión inicial.
- e. Capacitación del personal.
- f. Rapidez de cimbrado y descimbrado.

Requisitos:

- a. Soportar y moldear el concreto.
- b. Resistir las cargas a las que estará sujeta durante la construcción.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- c. Proporcionar su reúso adecuado, conservando el acabado que se pretende.
 - d. Facilitar el descimbrado sin dañarse o sin causar daño al concreto recién colado.

“La selección de los materiales adecuados para el cimbrado debe basarse en la economía del contratista, y debe ser consistente con la seguridad durante la construcción, y la calidad que se requiere en el trabajo terminado” (Comité ACI-347, c1996, pág. 21).

2.2 Madera Contrachapada para Cimbra

2.2.1 Definición

La madera contrachapada, mejor conocida como *triplay*, es fabricada a partir de chapas o láminas delgadas de madera, unidas de manera cruzada con adhesivos fuertes a través de altas temperaturas y presión (APA - The Engineered Wood Association, 2016). En la Figura 1 se aprecia la alternancia de las chapas en la fabricación de dichos paneles o tableros.

2.2.2 Clasificación

La norma mexicana NMX-C-438-ONNCCE-2006 (2006) clasifica a los tableros contrachapados de madera de pino conforme su resistencia a la exposición y en la calidad de sus chapas. En cuanto a su exposición, estos tableros se clasifican como de uso interior o exterior; siendo los tableros contrachapados de uso exterior los utilizados en la construcción ya que sus chapas son pegadas con adhesivos resistentes al agua, consistentes en resinas fenol-formaldehído; resorcinol o mezclas de fenol-resorcinol.

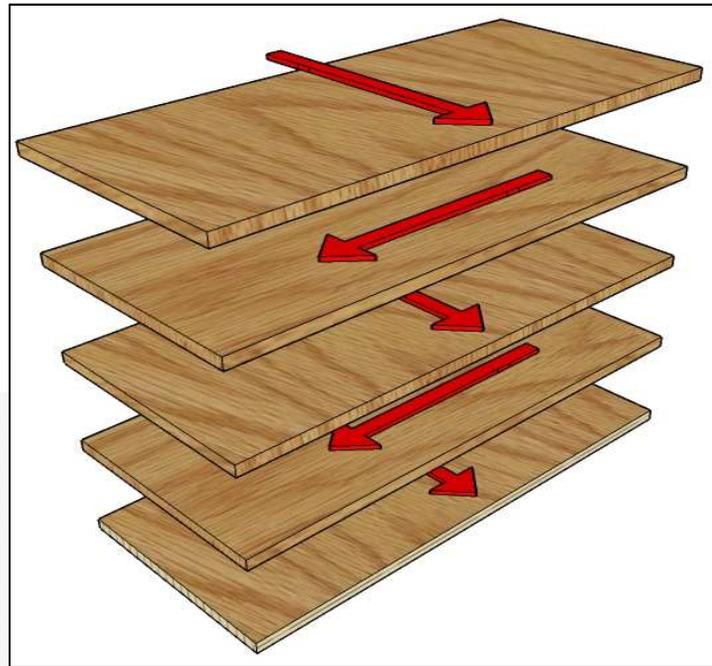


Figura 1. Configuración de alternancia de chapas en un tablero contrachapado.
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a su calidad, la norma previamente mencionada, clasifican a las chapas en cinco clases y, posteriormente, brinda las combinaciones de éstas para los tableros contrachapados de uso interior y exterior. En la Tabla 4 se muestran las combinaciones de chapas de tableros para exteriores.

Tabla 4. Combinaciones de chapas en tableros contrachapados.

Combinaciones	Cara	Trascara	Chapas Internas
AA	A	A	C
AB	A	B	C
AC	A	C	C
AD	A	D	C
BB	B	B	C
BC	B	C	C
CC	C	C	C

Fuente: (NMX-C-438-ONNCCE-2006, 2006)

a. Chapa clase A

- Debe de ser firme y libre de nudos, hueco de nudos y otros defectos abiertos.
- Se permiten rajaduras resanadas no mayores a 4.8mm de ancho por 150mm de largo.
- Se permiten aberturas no mayores a 12.7mm de ancho por 50mm de largo.
- Se permiten manchas mientras no excedan el 15% del área del tablero.

b. Chapa clase B

- Debe de ser sólida y libre de defectos abiertos.
- Se permiten rajaduras y aberturas resanadas mientras no sean mayores a 4.8mm de ancho y 12.7mm de ancho por 50mm de largo, respectivamente.
- Se permiten nudos sólidos no mayores a 25mm.
- Se permiten manchas.
- Se permiten huecos mientras no sean mayores a 1.6mm de diámetro.

c. Chapa clase C

- Se permiten defectos de pulido mientras no dañen su resistencia o servicio.
- Se permiten nudos firmes no mayores a 38mm de diámetro.
- Se permiten manchas.
- Se permiten huecos de nudos no mayores a 25mm de diámetro.
- Se permiten reparaciones limpias ilimitadas.

d. Chapa clase D

- Se permiten cualquier número de parches, hoyos de insectos, defectos de pulido, mientras todas éstas no excedan de 25mm cuando se trate de la mitad de la longitud del tablero, o bien, 12.7mm para cualquier longitud.

Para el caso de tableros contrachapados empleados en cimbras, la chapa de la cara no deberá de ser menor de la clase B, mientras que las chapas internas no deberán de ser menores de la clase C (APA - The Engineered Wood Association, 1995); por lo que se considera que únicamente las combinaciones B-B y B-C de tableros contrachapados son las aptas para emplearse en cimbras. Cabe recalcar que en la normativa estadounidense se consideran aptos para su empleo en cimbras a los tableros lijados; sin embargo, la normativa mexicana carece de tal especificación.

Ahora bien, en similitud a la clasificación antes descrita, en la Tabla 5 se proporciona una guía para la elección de tablero contrachapado según el uso previsto y de acuerdo a las chapas que lo conforman. Cabe señalar que aun cuando la norma mexicana y la Asociación de Madera de Ingeniería coinciden en que cualquier tablero contrachapado clasificado de uso exterior puede ser empleado para cimbras de concreto (NMX-C-438-ONNCCE-2006, 2006; APA - The Engineered Wood Association, 2012), la norma mexicana carece de información específica de la madera contrachapada empleada para este fin.

Ahora bien, dentro de la clasificación de la Tabla 5 proporcionada por la Asociación de Madera de Ingeniería es importante considerar que también se cuenta con una sub-clasificación donde las diversas especies de madera de la cual son fabricados dichos tableros, son asignadas a diferentes grupos, con la finalidad de englobarlas según sus similitudes en propiedades de rigidez y resistencia. Los grupos I y II, correspondientes a las clases I y II respectivamente, comprenden a las especies más resistentes y densas (Tabla 6).

Actualmente, existe una amplia variedad comercial de tableros contrachapados para la construcción. En la mayoría de los casos, esta variedad está sujeta al fabricante y sus diferencias se centran en el tipo de acabado que producen en el concreto, tal es el caso de los tableros recubiertos.

Tabla 5. Guía para elección de tablero contrachapado*.

Especificación de la madera contrachapada	Descripción	Clase de Chapa		
		Cara	Chapas Internas	Trascara
Tableros B-B, clases I y II	Fabricados especialmente para cimbras de concreto. Superficies lisas y sólidas.	B	C	B
Tableros B-B, con cubierta de alta densidad HDO, de clases I y II	Recubrimiento de fibra de resina dura y semiopaca termo fundida a la cara y trascara de los tableros.	B	C Parchado	B
Tableros B-B estructurales I	Más fuertes y rígidos que los tableros para cimbras de concreto B-B de las clases I y II. Se recomiendan para presiones elevadas donde la veta de la cara es paralela a los soportes.	B	C C Parchado	B
Madera contrachapada con recubrimiento de densidad media MDO.	Produce una superficie de concreto lisa y uniforme. Se recomienda verificar con el fabricante para mayores especificaciones.			
B-C Exterior	Tableros lijados que se utilizan con frecuencia para cimbras de concreto cuando sólo se requiera un lado sólido y liso.	B	C	C

* Se utilizan marcas registradas del autor.

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2002)

Los tableros contrachapados MDO (Revestimiento de Densidad Media) y HDO (Revestimiento de Alta Densidad), son tableros cuya superficie es recubierta con una película de resinas fenólicas laminada a la madera por medio de altas presiones y temperaturas. Dicha película tiene la función de añadir estabilidad, repeler sustancias ajenas a la superficie y, sobre todo, proporcionar una superficie más lisa y durable al contrachapado (APA - The Engineered Wood Association, 2012).

Tabla 6. Grupo I y II de la clasificación de especies americana.

Grupo 1		Grupo 2		
Apitong^{(a)(b)}	Pino	Cedro de Puerto	Lauan	Pino
Haya americana	Caribeño	Ciprés	Almon	Serotina
Abedul	Ocote	Abeto de Douglas 2^(c)	Bagtikan	Rojo
Lenta	Pino Sureño	Abeto	Mayapis	De Virginia
Amarillo	Taeda	Balsámico	Red Lauan	Blanco Occidental
Abeto de Douglas^(c)	De Hoja Larga	Rojo	Tangile	Píceas
Kapur^(a)	De Hoja Corta	Grande	Shorea Almon	Negro
Keruing^{(a)(b)}	Ellioti	Noble	Arce Negro	Rojo
Alerce Occidental	Tanoak	Del Pacífico	Mengkulang^(a)	De Sitka
Arce Azucarero		Concolor	Meranti, Red^(a)	Liquidámbar
		Tsuga del Pacífico	Mersawa^(a)	Tamarack
				Tulípero

(a) Cada uno de estos nombres representa un grupo de madera consistente en un número de especies relacionadas.

(b) Especie del género Dipterocarpus son marcadas colectivamente.

(c) Abeto de Douglas de árboles de los estados de Washington, Oregón, California, Idaho, Montana, Wyoming, EE.UU. y Alberta y British Columbia, Canadá, son clasificados como No. 1; Abeto de Douglas de los estados de Nevada, Utah, Colorado, Arizona y Nuevo México son clasificados como No. 2.

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 1995).

2.2.3 Propiedades físicas

2.2.3.1 Dimensiones de los tableros

La norma mexicana NMX-C-438-ONNCCE-2006 (2006), proporciona las dimensiones nominales y sus tolerancias de los tableros de madera contrachapada, expresados en la Tabla 7. Mientras que la norma NMX-C-439-ONNCCE-2006 (2006), establece el método de ensayo para la determinación de las dimensiones de dichos tableros.

Sin embargo, por lo que respecta a las dimensiones comerciales de este material, la medida más común de los tableros es de 1.22 x 2.44m (4x8 pies.) (Triplay México, 2016). En similitud a la normativa mexicana, la Asociación de Madera de Ingeniería provee una tabla de espesores nominales de tableros contrachapados (Tabla 8), en donde se acentúan los considerados como los disponibles comercialmente con mayor frecuencia (APA - The Engineered Wood Association, 2012).

Tabla 7. Dimensiones nominales y sus tolerancias de tableros contrachapados.

	Dimensiones nominales (mm)	Tolerancias (mm)
Ancho:	760, 910, 1220	0,0 a - 2,0
Largo:	1830, 2140, 2440	0,0 a - 2,0
Grosor:	3, 6, 9, 12	±0,5
	16, 19, 25, 38	±1,0

Nota: Para tableros sin pulir se da una tolerancia de ±0,8 mm de grosor especificado.
Fuente: (NMX-C-438-ONNCCE-2006, 2006).

Tabla 8. Espesores nominales y su conversión.

Espesores Nominales	
pulgada	mm
1/4	6.4
5/16	7.9
11/32	8.7
3/8	9.5
7/16	11.1
15/32	11.9
1/2	12.7
19/32	15.1
5/8	15.9
23/32	18.3
3/4	19.1
7/8	22.2
1	25.4
1 3/32	27.8
1 1/8	28.6

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2012)

2.2.3.2 Densidad

La densidad o peso específico se define como la masa por unidad de volumen de un espécimen con un contenido de humedad definido (American Society for Testing and Materials International [ASTM International], 2014).

Esta propiedad suele indicar propiedades mecánicas ya que cuanto más densa es la madera, es más dura y fuerte (Ayala et al., 2010); así mismo, influye en el volumen del material a compactar, en el consumo de adhesivo, en las propiedades y en el

acabado superficial del tablero de madera (como se cita en Poblete & Vargas, 2006, p.170-171).

La norma NMX-C-439-ONNCCE-2006 (2006) indica el método de ensayo para la determinación de los valores de la densidad básica y la densidad normal de los tableros de madera contrachapada.

2.2.3.3 Contenido de humedad

El contenido de humedad se define como la cantidad de agua contenida en un espécimen, expresada en porcentaje de su masa seca (ASTM International, 2014); y es una de las variables más importantes que afectan las propiedades de la madera y de los materiales a base de madera (ASTM International, 2007).

Los tableros de madera contrachapada pueden estar expuestos a humedad constante durante las construcciones y, en algunos casos, durante su vida completa de servicio; esta situación hace que el contenido de humedad este influenciado por el tiempo de exposición a dicha humedad y por variables del tablero que afectan su capilaridad, como el tipo de láminas (APA - The Engineered Wood Association, 2016). Se le considera madera seca a la que posee un contenido de humedad igual o menor al 18%, y madera húmeda, a la que posee un contenido de humedad superior a dicho valor; sin embargo, el valor máximo admisible para el contenido de humedad de estos elementos es de 50% (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

La norma NMX-C-438-ONNCCE-2006 (2006), menciona que todos los tableros contrachapados se elaboran con chapas previamente secadas hasta contenidos de humedad iguales o inferiores a 10%. Mientras que la norma NMX-C-439-ONNCCE-2006 (2006) indica el método de ensayo para la determinación su contenido de humedad.

2.2.3.4 Permeabilidad

La madera contrachapada, como todos los productos de madera, es higroscópico; es decir, que absorbe fácilmente la humedad de la atmósfera.

Debido a esta característica su permeabilidad cambia a medida que aumenta la humedad relativa.

“Los paneles tienen una tasa de permeabilidad de 1 Perm cuando se exponen a niveles de humedad bajos” (APA - The Engineered Wood Association, 2017, pág. 54).

La madera contrachapada usada en condiciones típicas protegidas, donde el contenido de humedad es inferior al 12% es relativamente impermeable; sin embargo, si la madera contrachapada se moja, se hace relativamente permeable (PFS-TECO, s.f.).

Monks (1999) enlista seis tipos de material de cimbra en orden de su permeabilidad, comenzando por el más impermeable y terminando con el más permeable:

- Acero.
- Plástico reforzado de vidrio.
- Madera contrachapada con una película de resina fenólica.
- Madera contrachapada con una película impregnada de resina.
- Madera contrachapada sin sellar.
- Madera lisa.

De igual manera, Monks (1999) determina que esta lista está correlacionada con el número de usos que se le puede dar a la cimbra. Por ejemplo, el acero puede reutilizarse muchas veces, mientras que la madera lisa solo puede usarse una vez (como se cita en Shyha et al., 2016, p.88).

Ahora bien, “el método del tubo de Karsten es un ensaye para determinar la permeabilidad de un material” (Espinoza, 2016, pág. 34). El método del tubo de Karsten ha sido utilizado para medir absorción y la efectividad de impermeabilizantes, ya que es una prueba no destructiva que permite medir la absorción de agua en materiales porosos tanto en superficies verticales como horizontales (Hendrikx, 2013).

Aunado a lo anterior, dicho ensaye está estandarizado por el ICOMOS y el comité RILEM 25.

El procedimiento de este método consiste en la colocación de un domo de 30 mm de diámetro unido a un tubo de vidrio calibrado con graduación volumétrica, sobre la superficie de la probeta a estudiar, mediante sello hermético (utilizando un material de sellado plástico, como plastilina, goma silicona, poliuretano, etc.). Posteriormente agua es vertida en la parte superior del tubo y se realizan mediciones de filtración del fluido en rangos de 5, 10, 20, 30 y 60 minutos o, inclusive 24 horas en materiales menos porosos (Espinoza, 2016). Dicho registro permite conocer la cantidad exacta de agua que ha penetrado bajo una presión de 10 cm de columna de agua por unidad de tiempo, presión que corresponde aproximadamente al doble de la presión del viento de un huracán.

La capacidad de penetración del agua se especifica en “ml de agua por minuto”.

2.2.4 Propiedades mecánicas

La Asociación de Madera de Ingeniería señala que gracias al laminado cruzado en la dirección de la veta en las chapas se consigue un material más rígido, resistente al impacto y más estable dimensionalmente y, que el eje fuerte de estos tableros, se encuentra en la dirección de la veta en sus caras (APA - The Engineered Wood Association, 2017).

Por otra parte, Peurifoy & Oberlender (2011) mencionan que debido a que la madera contrachapada es utilizada en cimbras para soportar cargas laterales, éstas cargas son usualmente consideradas como uniformemente distribuidas en toda la superficie del tablero contrachapado.

En el caso particular de columnas, la resistencia de la cimbra debe de ser la adecuada para soportar esfuerzos flexionantes y cortantes, y debe de ser lo suficientemente rígida para que la deflexión se encuentre dentro del mínimo aceptable, usualmente menor a $l/360$ o 1.58mm.

En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (Gobierno del Distrito Federal, 2004) se establecen los

criterios para el diseño de elementos estructurales de madera contrachapada que a continuación se presentan.

2.2.4.1 Valores especificados de resistencia y rigidez

En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004) se proporciona los valores especificados de resistencia y rigidez para madera contrachapada (Tabla 9) y, los factores de resistencia (F_R) para la misma (Tabla 10).

2.2.4.2 Valores modificados de resistencia y rigidez

En el cálculo de resistencias y deformaciones de diseño de estos elementos, se debe tomar el valor de resistencia modificado, el cual resulta de la multiplicación del valor específico correspondiente, señalado en la Tabla 9, por los factores de modificación apropiados que se presentan en la Tabla 11 y 12 (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

Tabla 9. Valores especificados de resistencias, módulo de elasticidad y módulo de rigidez de madera contrachapada de especies coníferas.

Esfuerzos Básicos	Notación	mPa*	kg/cm2*
Flexión	f_{fu}'	16.70	170.00
Tensión paralela a la fibra	f_{tu}'	14.70	150.00
Tensión: fibra en las chapas exteriores perpendicular al esfuerzo (3 chapas)	f_{tu}'	8.80	90.00
Compresión			
Paralelo a la fibra	f_{cu}'	15.70	160.00
Perpendicular a la fibra	f_{nu}'	25.00	25.00
Cortante			
A través del grosor	f_{vgu}'	25.00	25.00
En el plano de las chapas	f_{ru}'	1.00	10.00
Módulo de elasticidad promedio	$E_{0.50}$	10,800.00	110,000.00
Módulo de rigidez promedio	$G_{0.50}$	490.00	5,000.00

*Los valores corresponden a condición seca.
Fuente: (Gobierno del Distrito Federal, 2004)

Tabla 10. Factores de resistencia para madera contrachapada (FR).

Acción	Madera Contrachapada
Flexión	0.80
Tensión paralela	0.70
Compresión paralela y en el plano de las chapas	0.70
Compresión perpendicular	0.90
Cortante paralelo, a través del espesor y en el plano de las chapas	0.70

Fuente: (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

Tabla 11. Factores de modificación por contenido de humedad (Kh) para madera contrachapada

Concepto	Kh*
Flexión, tensión, cortante a través del grosor y en el plano de las chapas	0.80
Compresión paralela y perpendicular a la cara	0.60
Módulos de elasticidad y rigidez	0.85

*Aplicables cuando el Contenido de Humedad $\geq 18\%$.

Fuente: (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

Tabla 12. Factores de modificación por duración de carga (Kd) para madera contrachapada.

Condición de Carga	Kd*
Carga continua	0.90
Carga normal: carga muerta más carga viva	1.00
Carga muerta más carga viva en cimbras, obras falsas y techos (pendiente < 5%)	1.25
Carga muerta más carga viva más viento o sismo, y carga muerta más carga viva en techos (pendiente $\geq 5\%$)	1.33
Carga muerta más carga viva más impacto	1.60

*No aplicables a los módulos de elasticidad

Fuente: (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

2.2.4.3 Propiedades de sección

En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004) se proporcionan las propiedades efectivas de

sección para los tableros cuyas chapas son de los grosores nominales comerciales más comúnmente producidos en México y, con las combinaciones de chapas consideradas más convenientes para el uso estructural.

Ahora bien, las propiedades de la sección para tableros contrachapados incluidas en el Anexo A para flexión, tensión, compresión y cortante en el plano de las chapas se calcularon considerando únicamente las chapas con la fibra paralela a la dirección del esfuerzo y, se realizó un ajuste, consistente en la multiplicación de los valores obtenidos por las constantes “c” de la Tabla 13, para obtener los valores de las propiedades de sección con la fibra perpendicular al esfuerzo. Mientras que, para los cálculos de la resistencia a cortante a través del grosor, se debe de utilizar el área total de la sección transversal del tablero (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

Tabla 13. Valores C para obtener las propiedades efectivas de las placas de madera contrachapada.

Número de Chapas	Orientación	Módulo de Sección	Momento de Inercia
3	90°	2.00	1.50
4 o más	90°	1.20	1.20
Todas las chapas	0°	1.00	1.00

Fuente: (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

Para el Anexo A se disminuyó en 0.8 mm, en forma simétrica, la suma de los grosores nominales de las chapas para una combinación particular, con la intención de considerar las tolerancias comunes dado a procesos de fabricación con calidad adecuada.

Por otra parte, para facilitar el análisis de las propiedades de sección de los tableros contrachapados es posible realizar una transformación de las propiedades de todas las chapas que conforman al tablero a las propiedades de la cara del mismo (Anexo B), considerando únicamente la clasificación de especies previamente descrita en la Tabla 6; de tal manera que, al considerar los esfuerzos soportados por todas las chapas, para el análisis de esfuerzos admisibles del tablero, solo se tiene

que evaluar la chapa de la cara y de las propiedades de corte transversal proporcionada. Cabe señalar que las propiedades de sección presentadas en el Anexo B son generalmente las mínimas esperadas, por lo tanto, los tableros a encontrar en el mercado, usualmente tendrán una propiedad de sección mayor (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

2.2.4.4 Cálculo de Resistencias de Diseño

En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004) se establecen los métodos para el cálculo de las resistencias de diseño a carga axial (tensión y compresión), flexión y cortante, así como los criterios para el cálculo de las deflexiones que a continuación se enuncian:

2.2.4.4.1 Carga axial

En la Figura 2 se indica la dirección de las cargas axiales en el plano de las fibras.

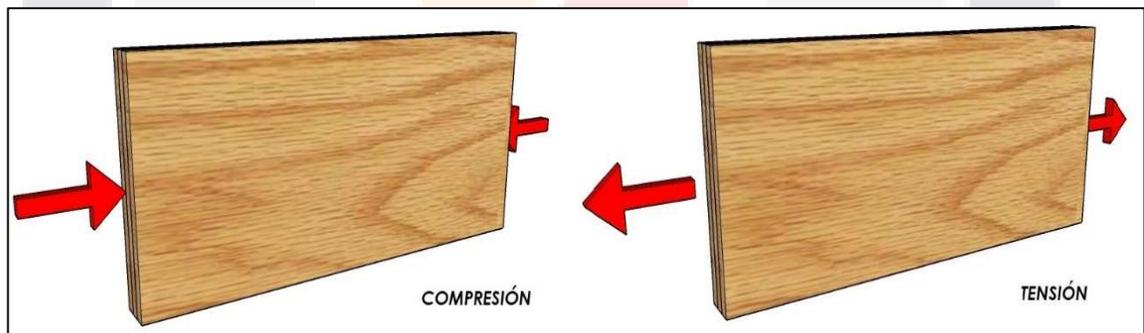


Figura 2. Dirección de cargas axiales en el plano de las fibras.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.4.4.1.1 Resistencia de diseño a tensión

La resistencia de diseño a tensión paralela al canto (T_R) de un tablero de madera contrachapada se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$T_R = F_R f_{tu} A_1$$

Donde:

F_R : factor de resistencia, será igual a 0.7 (Tabla 10).

f_{tu} : valor modificado de esfuerzo en tensión paralela, $f_{tu} = f_{tu}' K_h K_d$.

f_{tu}' : valor especificado de esfuerzo en tensión paralelo (Tabla 9).

K_h : factor de modificación por contenido de humedad (Tabla 11).

K_d : factor de modificación por duración de carga (Tabla 12).

A_1 : área efectiva de la sección transversal en la dirección considerada (Anexo A).

2.2.4.4.1.2 Resistencia de diseño a compresión

La resistencia de diseño a compresión paralela al canto (P_R) de un tablero contrachapado se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$P_R = F_R f_{cu} A_1$$

Donde:

F_R : factor de resistencia, será igual a 0.7 (Tabla 10).

f_{cu} : valor modificado de esfuerzo en compresión paralela, $f_{cu} = f_{cu}' K_h K_d$.

f_{cu}' : valor especificado de esfuerzo en compresión paralela a la fibra (Tabla 9).

K_h : factor de modificación por contenido de humedad (Tabla 11).

K_d : factor de modificación por duración de carga (Tabla 12).

A_1 : área efectiva de la sección transversal en la dirección considerada (Anexo A).

2.2.4.4.2 Flexión estática

La Figura 3 presenta dos tableros contrachapados sujetos a flexión.

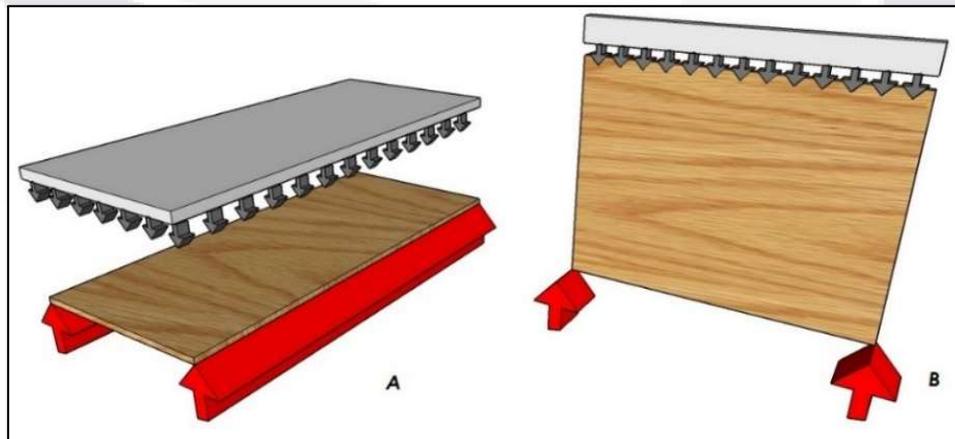


Figura 3. Tableros de madera contrachapada sujetas a flexión. Carga aplicada perpendicular al plano (A) y carga aplicada paralela al plano del tablero (B). Fuente: Elaboración propia.

2.2.4.4.2.1 Flexión con cargas perpendiculares al plano del tablero

La resistencia de diseño de un tablero contrachapado sujeto a flexión por cargas perpendiculares al plano del mismo (M_P) se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$M_P = F_R f_{tu} S_1$$

Donde:

F_R : factor de resistencia, será igual a 0.90.

f_{tu} : valor modificado de esfuerzo en flexión, $f_{tu} = f_{tu}' K_h K_d$.

f_{tu}' : valor especificado de esfuerzo en flexión (Tabla 9).

K_h : factor de modificación por contenido de humedad (Tabla 11).

K_d : factor de modificación por duración de carga (Tabla 12).

S_1 : módulo de sección efectivo del tablero (Anexo A).

2.2.4.4.2.2 Flexión con cargas en el plano del tablero

La resistencia de diseño de un tablero contrachapado sujeto a flexión por cargas en su plano (M_Q), y que esté arriostrado adecuadamente para evitar pandeo lateral, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$M_Q = F_R f_{tu} \frac{t_p d^2}{6}$$

Donde:

F_R : factor de resistencia, será igual a 0.7 (Tabla 10).

f_{tu} : valor modificado de esfuerzo en tensión paralela, $f_{tu} = f_{tu}' K_h K_d$.

f_{tu}' : valor especificado de esfuerzo en tensión paralelo (Tabla 9).

K_h : factor de modificación por contenido de humedad (Tabla 11).

K_d : factor de modificación por duración de carga (Tabla 12).

t_p : grosor efectivo del tablero (Anexo A).

d : peralte del elemento.

2.2.4.4.3 Cortante

En la Figura 4 se muestran dos tableros de madera contrachapada sujetos a cada tipo de esfuerzo cortante.

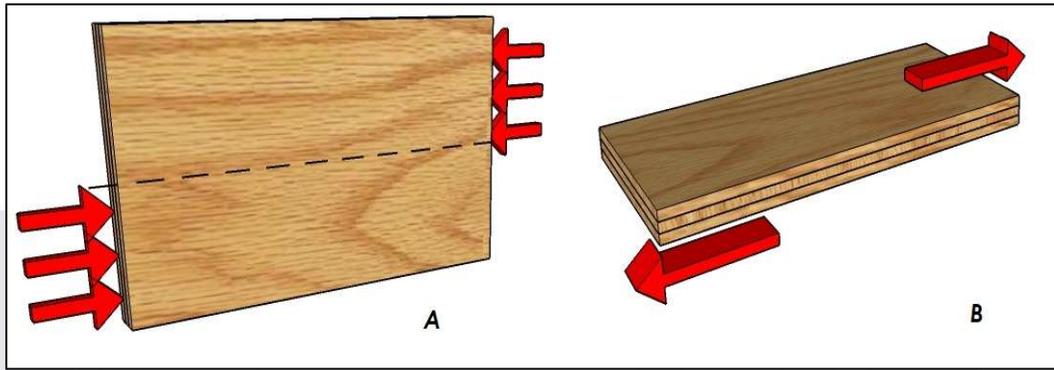


Figura 4. Tableros de madera contrachapada sujetos a cortante. Cortante a través del grosor (A) y cortante en el plano de las chapas debido a flexión (B). Fuente: Elaboración propia

2.2.4.4.3.1 Cortante en el plano de las chapas debido a flexión.

La resistencia de diseño a cortante en el plano de las chapas (V_{R1}), para tableros de madera contrachapada sujetos a flexión, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$V_{R1} = F_R f_{ru} \frac{I b}{Q}$$

Donde:

F_R : factor de resistencia, será igual a 0.7 (Tabla 10).

f_{ru} : valor modificado de esfuerzo cortante en el plano de las chapas, $f_{ru} = f_{ru}' K_h K_d$.

f_{ru}' : valor especificado de esfuerzo cortante en el plano de las chapas (Tabla 9).

K_h : factor de modificación por contenido de humedad (Tabla 11).

K_d : factor de modificación por duración de carga (Tabla 12).

$\frac{I b}{Q}$: constante para cortante a flexión. (Anexo A).

2.2.4.4.3.2 Cortante a través del grosor

La resistencia de diseño a cortante a través del grosor (V_{R2}), para tableros contrachapados, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$V_{R2} = F_R f_{vgu} A$$

Donde:

F_R : factor de resistencia, será igual a 0.7 (Tabla 10).

f_{vgu} : valor modificado de esfuerzo cortante a través del grosor, $f_{vgu} = f_{vgu}' K_h K_d$.

f_{vgu}' : valor especificado de esfuerzo cortante a través del grosor (Tabla 9).

K_h : factor de modificación por contenido de humedad (Tabla 11).

K_d : factor de modificación por duración de carga (Tabla 12).

A : área total de la sección transversal del tablero.

2.2.4.4.4 Aplastamiento

De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004), la resistencia al diseño al aplastamiento normal al plano de las chapas (N_R), es decir, a compresión perpendicular a la fibra, se calculará como:

$$N_R = F_R f_{nu} A_a$$

Donde:

F_R : factor de resistencia, será igual a 0.9 (Tabla 10).

f_{nu} : valor modificado de esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra: $f_{nu} = f_{nu}' K_h K_d$.

f_{nu}' : valor especificado de esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra (Tabla 9).

K_h : factor de modificación por contenido de humedad (Tabla 11).

K_d : factor de modificación por duración de carga (Tabla 12).

A_a : área de la superficie de apoyo.

2.2.4.5 Deflexiones

“La deflexión es el factor de control cuando se usa *triplay* para la cimbra” (Richardson, c1992).

En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004) se señala que las deflexiones calculadas no deben de exceder los siguientes límites:

- a) Para claros menores a 3.5 m, una flecha vertical igual al claro entre 240 o el claro entre 480 cuando se afecten elementos no estructurales.
- b) Para claros mayores a 3.5 m, una flecha vertical igual al claro entre $240 + 5 \text{ mm}$ o el claro entre $480 + 3 \text{ mm}$ cuando se afecten elementos no estructurales (Gobierno del Distrito Federal, 2004, pág. 72)

Las deflexiones de elementos de madera contrachapada deben calcularse bajo las cargas de diseño, considerando un factor de carga igual a 1.0 y un módulo de elasticidad igual al valor promedio, es decir, $E_{0.50}$. Los efectos diferidos se obtendrán por medio de la multiplicación de la deflexión inmediata debida a la parte de la carga que actúe en forma continua por 1.75, si el elemento se instala en condición seca y por 2.0, si éste se instala en condición húmeda (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

El módulo de elasticidad presentado en la Tabla 8 puede ser usado para todas las calidades de madera contrachapada de pino que cumplan con los requisitos de la norma mexicana NMX-C-438-ONNCCE-2006. El mismo valor es aplicable independientemente de la dirección de la fibra en las chapas exteriores. Sin embargo, al realizar el cálculo de deflexión por cortante de forma separada de la deflexión por flexión, dicho valor podrá incrementarse en 10 por ciento (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

2.2.4.6 Presiones recomendadas

El Asociación de Madera de Ingeniería brinda, a través de las Tablas 14 y 15, las presiones máximas recomendadas para los espesores más comunes de los tableros

contrachapados para cimbras actuando como viga continua que se tiende entre viguetas o largueros, de clase I y B-C Exterior, y para los tableros de cimbras de concreto estructurales I, se encuentra en las tablas 16 y 17. Menciona también que los cálculos realizados para brindar dichas presiones se basaron en limitaciones de deflexión de 1/270 del claro o en resistencia al cortante o en deflexión, según lo que proporcione la carga más baja (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

Tabla 14. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B clase I y B-C Ext (kN/m²) ^(a) veta de cara transversal a los soportes^(b).

Espaciamiento entre soportes (mm)	Espesor de madera contrachapada (mm)						
	11.9	12.7	15.1	15.9	18.3	19.1	28.6
100	113.00	145.00	165.00	176.00	197.00	202.00	293.00
200	43.70	47.90	60.00	64.10	75.30	77.20	113.00
300	19.52	21.25	26.60	28.50	34.30	36.20	67.60
400	9.88	11.36	15.07	16.05	19.26	20.26	38.04
500	5.68	6.67	9.39	10.38	13.34	14.08	26.40
600			4.94	5.43	7.16	7.91	16.80
800							8.39

(a) Deflexión limitada a 1/270 del tramo.

(b) Madera contrachapada continua a través de dos o más tramos

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

Tabla 15. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B clase I y B-C Ext (kN/m²) ^(a) veta de cara paralela a los soportes^(b).

Espaciamiento entre soportes (mm)	Espesor de madera contrachapada (mm)						
	11.9	12.7	15.1	15.9	18.3	19.1	28.6
100	67.90	76.90	79.60	86.90	107.00	114.00	236.00
200	19.20	23.30	26.10	31.30	40.80	43.60	90.40
300	7.41	9.63	11.11	13.83	19.76	24.21	55.90
400				5.92	10.62	13.34	35.80
500					6.18	7.66	18.30
600						4.94	12.70

(a) Deflexión limitada a 1/270 del tramo.

(b) Madera contrachapada continua a través de dos o más tramos

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

Tabla 16. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B Estructural I (kN/m²) ^(a) veta de cara transversal a los soportes^(b).

Espaciamiento entre soportes (mm)	Espesor de madera contrachapada (mm)						
	11.9	12.7	15.1	15.9	18.3	19.1	28.6
100	175.90	193.90	203.10	212.70	247.30	250.50	357.70
200	43.97	48.42	60.52	64.72	78.56	83.00	137.60
300	19.52	21.49	26.93	28.66	34.83	36.81	76.09
400	10.13	11.61	15.07	16.30	19.76	20.75	42.74
500	5.68	6.67	9.39	10.62	13.59	14.33	29.64
600			4.94	5.93	7.41	7.91	19.02
800							9.39

(a) Deflexión limitada a 1/270 del tramo.

(b) Madera contrachapada continua a través de dos o más tramos

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

Tabla 17. Presiones máximas recomendadas en tableros para cimbras de concreto B-B Estructural I (kN/m²) ^(a) veta de cara paralela a los soportes^(b).

Espaciamiento entre soportes (mm)	Espesor de madera contrachapada (mm)						
	11.9	12.7	15.1	15.9	18.3	19.1	28.6
100	97.33	110.20	113.60	124.30	152.90	163.80	338.90
200	26.19	31.87	35.57	42.74	58.79	62.99	130.40
300	8.65	11.36	12.85	16.30	26.93	33.35	80.78
400			5.43	6.92	12.60	15.56	49.16
500				4.94	8.40	10.38	27.42
600						5.68	17.54

(a) Deflexión limitada a 1/270 del tramo.

(b) Madera contrachapada continua a través de dos o más tramos

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

2.2.4.7 Métodos de Ensayo

La norma mexicana NMX-C-440-ONNCCE-2006, 2006 (2006), establece el método de ensayo para determinar las propiedades mecánicas de tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas. Estos métodos son aplicables a pequeños especímenes y están destinados a materiales a emplearse para diferentes fines, entre ellos, la construcción, incluyendo las cimbras.

Para la realización de todos los ensayos se requiere del siguiente equipo:

- Máquina universal de ensayos o equipo equivalente con capacidad de aplicar carga mediante desplazamiento del cabezal con velocidad uniforme, con una resolución de al menos 1 % de la carga máxima esperada.
- Flexómetro de 3,0 m de capacidad, con resolución de al menos 1mm.
- Calibrador pie de rey con resolución de al menos 0,1mm.
- Transductor o indicador de caratula para registrar deformaciones con resolución de al menos 0,002mm.
- Transductor o indicador de caratula para registrar deformaciones con resolución de al menos 0,01 mm.

2.2.5 Vida útil

Para obtener un mayor rendimiento de la cimbra, ésta debe de ser usada múltiples veces. Es por esto que es necesario utilizar materiales de alta durabilidad y fáciles de mantener (Nemati, 2007).

La vida útil de la madera contrachapada, y de todos los materiales de cimbra, se mide con base al número de reúsos que se le pueda dar, replicando el acabado deseado en el concreto y, por ende, manteniendo sus características. Sin embargo, cabe destacar que, en ocasiones, cuando ya no es posible reutilizar este material en el sentido para el cual este fue adquirido, la madera contrachapada puede ser utilizada para otros fines, donde se tengan menores exigencias en cuanto a sus propiedades.

Asimismo, el costo de cualquier material de cimbra está directamente relacionado a su vida útil. El Comité ACI-347 enlista, entre sus recomendaciones para obtener una cimbra económica, propiciar el máximo reuso de ésta, pues su costo se divide entre el número de usos, generando mayores rendimientos del molde (ACI Committee 347, 2004).

En México y en el estado de Aguascalientes, como ya se estableció anteriormente, la madera contrachapada continúa siendo el material para cimbra más frecuentado en obras de pequeña y mediana escala; sin embargo, siendo éste un

material con vida útil limitada, las repercusiones económicas que sufre el sector de la construcción de esta región son considerables.

Aunque es imposible garantizar, al emplear cualquier producto de madera contrachapada, un número definido de reúsos que obtengan un acabado específico del concreto (Plywood Association of Australia, 1991); Paneltech (2011) en su boletín técnico, indica para tableros B-B lijados un máximo de 10 reúsos en construcciones verticales y ocho reúsos en las horizontales. Por otra parte, en el documento “Uso de la Madera en Encofrados para la Construcción en el Perú” se asegura que “la cimbra de madera en contacto directo con el concreto y en la cual se ha empleado una buena obra de mano, puede ser usada de 4 a 6 veces” (como se cita en Jiménez, Ascencio, & Barreto, s.f., pág. 29).

En la Tabla 18 se muestra la relación entre las especies de madera, el número de usos de madera y madera contrachapada (*triplay*), así como los coeficientes del consumo de estos entre ciertos países de Latinoamérica.

Tabla 18. Coeficientes de consumo de madera por países de Latinoamérica.

Tipo De Especie	México	Ecuador	Argentina	Chile	Perú	
	Pino	Latifoliada, Eucalipto Y Bambú	Pino	Pino	Latifoliada	
N.º De Usos Madera	04-12	01-03	03-06	02-06	04-14	
N.º De Usos Triplay	07-50	08-10	15-25	08-20	03-05	
Consumo De Madera						
m³ mad/m³ conc	Casas	0.8	0.29	0.08	0.12	0.08
	Edificios	n.d.	0.13	0.1	0.11	0.053
m³ mad/m³ cons	Casas	0.023	0.052	0.014	0.023	0.034
	Edificios	n.d.	0.059	0.03	0.037	0.02
pt/m² cons	Casas	10	22	6	10	14
	Edificios	n.d.	25	13	16	8

Fuente: Como se cita en Jiménez, Ascencio, & Barreto, s.f.

Paneltech (2010) señala que, manteniendo la integridad de la cara del tablero, así como la de los bordes sellados ayudará a mantener a la cimbra reusable; mientras que Botero (2006) menciona que la duración de la cimbra de la madera

contrachapada, depende esencialmente del trato que reciban y de su exposición a la intemperie; sin embargo, no se cuenta con un método estandarizado para determinar o medir la vida útil del mismo.

Aunado a lo anterior, la Asociación de Madera Contrachapada de Australia aclara que existen muchos factores que pueden causar la degradación de la superficie del tablero contrachapado, tales como el daño por los vibradores de concreto, el descimbrado inadecuado, la incorrecta instalación y resguardo, la falta de apropiados agentes desmoldantes, entre otros (Plywood Association of Australia, 1991).

En la investigación realizada por Barbosa, Gamatase, Das, & Pestana (2014) se determina que para tomar la decisión de reutilizar los tableros contrachapados usados como cimbra o reemplazarlos, se toma en consideración la degradación que estos sufren en las esquinas y bordes. Adicionalmente, se determina que esta decisión se toma a partir de la evaluación visual in situ realizada por parte del personal de obra.

2.2.6 Mantenimiento y almacenamiento

El mantenimiento de la cimbra es pieza clave para la prolongación de su vida útil. La Asociación de Madera de Ingeniería (APA - The Engineered Wood Association, 2012) indica ciertas medidas de mantenimiento de la madera contrachapada, entre las que destacan:

a. Durante el descimbrado

No se deben usar barras de metal porque éstas dañan la superficie o los bordes del tablero. Se deben de usar cuñas de madera, golpeteando gradualmente cuando sea necesario.

b. Limpieza y aplicación de agentes desmoldantes.

Después del descimbrado, los tableros contrachapados deben de ser inspeccionados por desgaste y deben de ser limpiados, reparados y tratados ligeramente con un agente desmoldante antes de ser reutilizado. Para la limpieza se recomienda utilizar un cepillo de fibras rígidas y no uno de metal.

c. Manipulación y almacenamiento.

La manipulación de los tableros de madera contrachapada debe de ser cuidadosa, para prevenir que éstos se astillen, se abollen o que se dañen sus esquinas. Los tableros de este material no deben dejarse caer bajo ninguna circunstancia. Inmediatamente después del descimbrado, el tablero de madera contrachapada debe de limpiarse y este puede ser apilado con las caras encontradas.

Durante su almacenamiento, los tableros contrachapados no deben de estar expuestos al sol ni a la lluvia. Aunado a lo anterior, se considera que la mejor manera de garantizar la limpieza y fácil manipulación de los tableros es a través de su resguardo en bodegas, o bien, si se requiere dejarlos expuestos a la intemperie, se debe de tomar especial cuidado de colocarlos en una superficie nivelada y cubrirlos con una lona o plástico. En cualquiera de los casos, los tableros no deben de quedar en contacto con el piso (PSF-TECO, 2011).

d. Revestimientos y agentes.

Los selladores y agentes desmoldantes para la madera contrachapada incrementan su vida útil y ayudan al descimbrado. Las especificaciones del fabricante deberán de ser consideradas antes de usar cualquier tipo de agente desmoldante.

2.3 Agente Desmoldante

2.3.1 Definición

Los agentes desmoldantes se definen como productos destinados a ser aplicados sobre la superficie del molde que entra en contacto con el concreto, para reducir la adherencia entre ambos (ACI Committee 303, 2004; Syndicat National des Adjuvants pour Bétons et Mortiers, 2015).

Los agentes desmoldantes pueden aplicarse en forma permanente a los materiales de cimbra en el momento en que se fabrican o bien, aplicarse antes de cada uso de la cimbra (Comité ACI-347, c1996).

2.3.2 Importancia en la construcción

El empleo de estos productos, es con frecuencia relacionado únicamente a su impacto en la superficie del concreto, ya que ciertamente permiten obtener acabados aparentes de alta calidad; sin embargo, la importancia de su empleo en la industria de la construcción, también está ligada directamente a la larga duración de la estructura de concreto (Tecnología para Concreto Prefabricado Húmedo con Sika, 2013).

Aunado a lo anterior, los agentes desmoldantes tienen un importante impacto económico en la construcción de las estructuras concreto, ya sean de acabado aparente o común. Esto se debe a que su correcto uso puede disminuir significativamente los costos adicionales por reparación de daños al descimbrar y re-trabajos (Taboada, López-González, Mora-Martínez, González-Ortega, & Virelas, s.f.).

Por otra parte, si bien es cierto que el empleo de estos productos está altamente relacionado con el acabado del concreto, el impacto que éstos pueden generarle a la cimbra, es materia de estudio.

2.3.3 Clasificación

Baty & Reynolds (s.f.) describen dos categorías para clasificar a la mayoría de los agentes desmoldantes: los agentes desmoldantes de tipo barrera y los químicamente activos.

Los desmoldantes de tipo barrera, como su nombre lo indica, crean una barrera física entre la cimbra y el concreto fresco. Los ejemplos más comunes incluyen productos base petróleo (diésel, aceite de motor), jabones, resinas sintéticas y ceras (Baty & Reynolds, s.f.; Syndicat National des Adjuvants pour Bétons et Mortiers, 2015).

En cambio, los agentes desmoldantes químicamente activos, también llamados agentes desmoldantes reactivos, contienen, como indican Baty & Reynolds (s.f.), ácidos grasos que se combinan con el calcio del concreto fresco. El producto de la combinación de calcio/ácido graso forma una especie de grasa o capa

jabonosa que resulta estable y efectiva para remover la cimbra de la estructura de concreto.

A su vez, los agentes desmoldantes reactivos pueden dividirse en dos categorías: los de base mineral y los de base vegetal, donde los primeros están siendo sustituidos paulatinamente por los de aceites desmoldantes de base vegetal, ya que éstos son menos dañinos para el medio ambiente, especialmente si hay derrames accidentales en el sitio de obra (como se cita en Shyha et al., 2016, p.88), lo anterior se debe a que los agentes desmoldantes de base vegetal son aquellos formulados parcial o completamente de componentes vegetales y cuya biodegradabilidad final a los 28 días es mayor al 60% (SYNAD, 2015).

Aunado a lo anterior, los agentes desmoldantes de tipo barrera tienen varias desventajas en comparación con los químicamente activos, tales como: mayor desperdicio, contaminación del concreto por el aceite y un mayor riesgo de adherencia de polvo a la superficie de la cimbra (Concrete Society, 2012).

Ahora bien, la Sociedad del Concreto (Concrete Society, 2012) provee una clasificación detallada de estos productos, descrita a continuación:

1. Aceites puros.

Los aceites puros son usualmente aceites minerales. Éstos tienen a producir oquedades en las superficies del concreto.

2. Aceites puros con tensioactivos.

Éstos son aceites minerales o sintéticos con una pequeña adición de un agente humectante. Tienen a disminuir las oquedades, tienen buena penetración y son resistentes a las condiciones climáticas.

3. Cremas emulsificantes.

Éstas son emulsiones de agua en aceite. Tienen la característica de disminuir las oquedades en el concreto, pero tienen a ser removidas de la cimbra por condiciones climáticas, como la lluvia. En general, su uso es poco común en la actualidad.

4. Emulsiones solubles en agua.

Estas emulsiones de agua en aceite tienden a producir una capa porosa y oscura en el concreto. Tienen a ser más caras que los aceites minerales, pero por su rendimiento, pueden resultar económicas al usarse.

5. Agentes desmoldantes químicos.

Estos productos son los más populares en la actualidad. Contienen un ingrediente químico que reacciona con el cemento para producir una capa jabonosa entre el concreto y la cimbra. Son recomendables para trabajos de alta calidad.

6. Pinturas, lacas, ceras y otros revestimientos de superficies.

Estos productos no son estrictamente agentes desmoldantes sino selladores, los cuales previenen que los agentes desmoldantes sean absorbidos por la cimbra.

7. Otros agentes desmoldantes especializados.

Esta categoría incluye siliconas, ceras y aceites desmoldantes de base vegetal.

En el caso de los de productos de base vegetal, se ha demostrado que trabajan mejor que los aceites minerales/materiales base petróleo.

No obstante, en el contexto de la construcción en México, se han utilizado por décadas, productos como el diésel, aceites minerales (puro o reciclado), desmoldantes base aceite/solvente e inclusive grasas animales o vegetales (Taboada et al., s.f.), sobre todo en obras de pequeña y mediana escala, sin consideraciones sobre el impacto al medio ambiente o los riesgos laborales que éstos implican.

Lo anterior se puede adjudicar a la alta disponibilidad de estos productos y a la creencia de su bajo costo, sin consideración de su poco rendimiento. Baty & Reynolds (s.f.) explican esta situación: un agente desmoldante de alta calidad puede presentar un costo mayor, sin embargo, cuando se aplica apropiadamente tiene un mayor rendimiento lo cual termina siendo más beneficioso, en términos económicos, que el uso del diésel, el cual, si bien puede costar menos, comúnmente se utiliza hasta siete veces más producto para el mismo fin.

2.3.4 Elección del agente desmoldante

La elección del agente desmoldante debe de realizarse considerando las especificaciones y necesidades inherentes de cada construcción, así como de la disponibilidad de éstos.

No obstante, en la Tabla 19 se brinda una guía para la elección del agente desmoldante, para los diferentes materiales de cimbra señalados en el apartado anterior.

Según la Sociedad del Concreto (Concrete Society, 2012), un buen agente desmoldante debe:

- a. Asegurar un descimbrado limpio y fácil, sin deformar al concreto o la cimbra.
- b. Maximizar la vida útil de la cimbra.
- c. Ser fácil de aplicar.
- d. Reducir oquedades e imperfecciones en el acabado del concreto.
- e. No tener efectos químicos o físicos adversos en la cimbra, la superficie del concreto, el medio ambiente o el espacio de trabajo.
- f. Ser compatible con el tipo de cemento y aditivos.

Por otra parte, la investigación de Shyha et al. (2016) para la determinación de los efectos de ciertos agentes desmoldantes sobre la superficie del concreto cimbrado con madera contrachapada recubierta con una película de resina, concluyó que tanto el agente desmoldante de base vegetal como el de base mineral producen resultados similares en la superficie del concreto.

2.3.5 Métodos de aplicación

Los agentes desmoldantes deben de ser aplicados en la superficie limpia de la cimbra, y en el caso del concreto armado, deberán aplicarse antes de que se coloque el acero de refuerzo; esto con la intención de reducir las probabilidades de la aplicación accidental en el acero (National Precast Concrete Association, 2013).

En cuestión de la aplicación, es recomendable seguir las recomendaciones y/o instrucciones del fabricante. La Sociedad del Concreto indica que la aplicación en exceso de estos productos puede provocar características indeseables en la superficie del concreto, tales como manchas, oquedades, poca durabilidad, eflorescencia y variaciones de color (Concrete Society, 2012).

Ahora bien, una capa muy fina del agente desmoldante, de aproximadamente 1-2 μm es el espesor óptimo para los agentes de tipo mineral y vegetal (como se cita en Shyha et al., 2016, p.88); sin embargo, el verdadero espesor de la cobertura dependerá del método de aplicación y de la viscosidad del producto.

Existen diferentes métodos de aplicación que, según las indicaciones del fabricante, son aptos para aplicar ciertos agentes desmoldantes. No obstante, en México, como lo indica Taboada et al. (s.f.), por años se han utilizado métodos de aplicación rudimentarios, como el uso de escobas y trapeadores.

Entre los métodos de aplicación más comunes y aceptables, se encuentra:

2.3.5.1 Aplicación por brocha.

Este es un método aceptable que brinda como beneficio, la eliminación de la mayoría de las partículas suspendidas en el aire. Sin embargo, la aplicación por brocha tiene a producir capas más gruesas de lo necesario, provocando el desperdicio del material (NPCA, 2013).

2.3.5.2 Aplicación por estopa.

El método por medio de estopa es poco común durante la ejecución de una obra; sin embargo, distintos productos de agentes desmoldantes comerciales sugieren, entre otros, a este método.

Tabla 19. Guía para la elección de agente desmoldante según el tipo de material de cimbra.

Material de Cimbra	Acabado simple		Acabado especial		
	Pre – tratada	Aplicación subsecuente	Pre – tratada	Aplicación subsecuente	
Madera, lijada y cepillada	2 3 6	2 3 5	6 2 o 3 5	2 o 5 2 o 3 5	
Triplay	Sin sellador	2	2	6	2 o 5
		3	3	2	2
		5	5	5 o 3	5 o 3
		6			
Sellado y Cubierta con una película	Ninguno	2	2	6	2
		3	3	7	3
MDO (Densidad Media)	Ninguno	5	5		5
		2	2		2
	Ninguno	3	3	Ninguno	3
		5 (tipo seco)	5 (tipo seco)		5 (tipo seco)
Tablero de partículas de madera y Tableros de fibra orientada (OSB)	Sin sellador	2	2	2	2
		3	3	3	3
		5	5	5	5
		6		6	
Sellada	Ninguno	2	2	Ninguno	2
		3	3		3
		5	5		5
Tablero de fibra de construcción	5	5	5	5	
Acero	6 (cera)	2	2	3	2
		3	3	5 puede usarse para prevenir oxidación	3
		5	5		5
		7	7		7
Plásticos, GRP, Polipropileno (simple o texturizado), Caucho y revestimientos especiales	Ninguno				2
		2	2	Ninguno	3
					5
					7
Caras de poliestireno	Ninguno	7	Ninguno	7	
		Consultar al proveedor		Consultar al proveedor	
Tejidos de permeabilidad controlada	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Aluminio	Algunos pre-tratados especialmente	5	5	Algunos pre-tratados especialmente	5
		7	7		7
Concreto	6 7	2, 3 o 5	2, 3 o 5	No aplica	No aplica
		7	7		

Fuente: (Concrete Society, 2012).

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



CAPÍTULO



MARCO TEÓRICO

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

Como se mencionó previamente, el propósito de la cimbra es soportar el concreto fresco durante el tiempo que éste tarde en endurecerse y auto-soportarse (ACI Committee 347, 2004); y su importancia radica tanto en su necesario empleo para la fabricación de estructuras de concreto, especialmente las producidas in situ y, al impacto económico que representa en las obras de construcción.

Ahora bien, la madera contrachapada es uno de los materiales más comúnmente utilizados para la fabricación de cimbras en obras de pequeña y mediana escala. Lo anterior puede adjudicarse a su abundancia en el mercado, lo que facilita su obtención y, a los conocimientos hereditarios con los que cuenta la mano de obra mexicana para su manipulación.

En cuanto a normativa mexicana, las normas NMX-C-438-ONNCCE-2006, NMX-C-439-ONNCCE-2006 (2006) y NMX-C-440-ONNCCE-2006 (2006), establecen, para tableros contrachapados de pino y otras coníferas, los criterios generales y de clasificación, los métodos de ensayo para sus propiedades físicas y, los métodos de ensayo para sus propiedades mecánicas, respectivamente.

Considerando lo anterior, únicamente los tableros para uso exterior y de las combinaciones B-B y B-C, son aptos para su ser utilizados en cimbras. La medida más común de los tableros es de 1.22 x 2.44m (Triplay México, 2016). Y en cuanto a los espesores, los de 15.1 y 15.9 mm son los disponibles comercialmente con mayor frecuencia (APA - The Engineered Wood Association, 2012).

Por lo que respecta a propiedades físicas, los tableros de madera contrachapada pueden estar expuestos a humedad constante durante las construcciones y, en algunos casos, durante su vida completa de servicio (APA - The Engineered Wood Association, 2016); y dado a que la madera contrachapada es un material higroscópico, su permeabilidad cambia a medida que aumenta la humedad relativa.

Como criterio para evaluar esta propiedad, se le considera madera seca a la que posee un contenido de humedad igual o menor al 18%, y madera húmeda, a la

que posee un contenido de humedad superior a dicho valor; sin embargo, el valor máximo admisible para el contenido de humedad de estos elementos es de 50% (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

El método del tubo de Karsten ha sido utilizado para determinar la permeabilidad de un material y la efectividad de impermeabilizantes, ya que es una prueba no destructiva que permite medir la absorción de agua en materiales porosos tanto en superficies verticales como horizontales (Hendrixx, 2013). El procedimiento de este método consiste en la colocación de un tubo de vidrio graduado en la superficie de la probeta a estudiar, tanto el tubo como la superficie son sellados con plastilina adherible-removible, posteriormente agua es vertida en la parte superior del tubo y se realizan mediciones de filtración del fluido en rangos de 5, 10, 20, 30 y 60 minutos o, inclusive 24 horas en materiales menos porosos (Espinoza, 2016).

Por otra parte, en cuanto a las propiedades mecánicas de este material, es importante tomar en cuenta que su eje fuerte se encuentra en la dirección de la veta en sus caras (APA - The Engineered Wood Association, 2017) y que, para el caso particular de la cimbra de columnas, los esfuerzos a flexión y sus deflexiones son los más importantes.

Aunado a esto, considerando que el presente estudio se concentrará en cimbra para columnas y, dado a que, la cimbra responde a los principios de la hidrostática (Botero, 2006), es necesario realizar el cálculo de la presión lateral que ejerce el concreto recién colado en las paredes de la cimbra, para lo cual, el Comité ACI-347 (2004) proporciona la siguiente ecuación para el caso de la cimbra de columnas cuando el concreto cuente con un revenimiento igual o menor a 175 mm, y sea colocado con una vibración interna normal a una profundidad igual o menor a 1.2 m:

$$P_{MAX} = C_w \times C_c \left[7.2 + \left(\frac{785 R}{T + 17.8} \right) \right]$$

Con un máximo de $30C_w$ kPa o p_{gh} , según el que sea menor.

Donde:

P_{MAX} : presión lateral máxima, kPa.

R: velocidad de vertido de colado, m/hr.

T: temperatura del concreto, °C.

h: altura del concreto fresco por encima del punto considerado, m.

C_w : coeficiente de peso (Tabla 2).

C_c : coeficiente químico (Tabla 3).

Ya que, como se estableció previamente, el presente estudio se concentrará en la cimbra para columnas y sus correspondientes cargas habituales, no se considerarán cargas verticales debido a que éstas son requeridas en elementos horizontales que suelen soportar cargas vivas como el peso de los trabajadores, el peso del equipo, y cargas muertas como el peso del concreto recién colado.

De igual manera, ya que el presente estudio se realizará en la ciudad de Aguascalientes, Ags., México, donde las fuerzas sísmicas y del viento son con frecuencia menospreciadas, las cargas horizontales, distintas a los efectos de la descarga del concreto, no serán consideradas.

En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004) se proporciona el método para el cálculo de resistencia y rigidez de la madera contrachapada, así como las propiedades efectivas de sección para los tableros de los grosores nominales comerciales más comúnmente producidos en México y, con las combinaciones de chapas consideradas más convenientes para el uso estructural.

De igual manera, en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004) se establecen los métodos, a ser empleados en este trabajo, para el cálculo de las resistencias de diseño a flexión y, los criterios para el cálculo de las deflexiones.

En cuanto al descimbrado, ya que éste se realiza una vez que el concreto alcance la resistencia requerida, se debe de realizar según las especificaciones de cada obra, sin embargo, si dicha resistencia no es especificada, se puede considerar un

tiempo de descimbrado de 12 horas para elementos verticales (Comité ACI-347, c1996).

Por lo que se refiere a la vida útil de la madera contrachapada, no se cuenta con un método estandarizado para determinar o medir la vida útil del mismo; sin embargo, Paneltech (2010) señala que, manteniendo los bordes de los tableros sellados ayudará a mantener a la cimbra reusable; mientras que Botero (2006) menciona que su duración como cimbra, depende esencialmente del trato que reciban y de su exposición a la intemperie. Aunado esto, en la investigación realizada por Barbosa, Gamatase, Das, & Pestana (2014) se determina que para tomar la decisión de reutilizar o no, a los tableros contrachapados usados como cimbra, se toma en consideración la degradación que estos sufren en las esquinas y bordes. Adicionalmente, se determina que esta decisión se toma a partir de la evaluación visual in situ realizada por parte del personal de obra.

Por lo anterior, se considera que el mantenimiento de la cimbra es pieza clave para la prolongación de su vida útil. La Asociación de Madera de Ingeniería (APA - The Engineered Wood Association, 2012) indica ciertas medidas de mantenimiento de la madera contrachapada, entre las que destacan:

a. Durante el descimbrado

No se deben usar barras de metal porque éstas dañan la superficie o los bordes del tablero. Se deben de usar cuñas de madera, golpeteando gradualmente cuando sea necesario.

b. Limpieza y aplicación de agentes desmoldantes.

Después del descimbrado, los tableros contrachapados deben de ser inspeccionados por desgaste y deben de ser limpiados, reparados y tratados ligeramente con un agente desmoldante antes de ser reutilizado.

c. Manipulación y almacenamiento.

La manipulación de los tableros de madera contrachapada debe de ser cuidadosa, para prevenir que éstos se astillen, se abollen o que se dañen sus esquinas.

Durante su almacenamiento, los tableros contrachapados no deben de estar expuestos al sol ni a la lluvia. Se considera que la mejor manera de garantizar el buen resguardo de los tableros es a través de su resguardo en bodegas, o bien, si se requiere dejarlos expuestos a la intemperie, se debe de tomar especial cuidado de colocarlos en una superficie nivelada y cubrirlos con una lona o plástico. En cualquiera de los casos, los tableros no deben de quedar en contacto con el piso (PSF-TECO, 2011).

Ahora bien, ya que no existe metodología para determinar la vida útil de dichos tableros, en el presente se le considerará como tal, al conjunto de propiedades que lo hacen eficiente en el trabajo determinado de cimbras, es decir a su resistencia a la flexión, por tratarse de un elemento vertical, y a su permeabilidad.

En relación a los agentes desmoldantes, definidos como productos destinados a ser aplicados sobre la superficie del molde que entra en contacto con el concreto, para reducir la adherencia entre ambos (ACI Committee 303, 2004; SYNAD, 2015), éstos tienen un importante impacto económico en la construcción de las estructuras concreto, ya sean de acabado aparente o común. Esto se debe a que su correcto uso puede disminuir significativamente los costos adicionales por reparación de daños al descimbrar y re-trabajos (Taboada, López-González, Mora-Martínez, González-Ortega, & Virelas, s.f.).

En el contexto de la construcción en México, se han utilizado por décadas, productos como el diésel, aceites minerales (puro o reciclado), desmoldantes base aceite/solvente e inclusive grasas animales o vegetales (Taboada et al., s.f.), sobre todo en obras de pequeña y mediana escala, sin consideraciones sobre el impacto al medio ambiente o los riesgos laborales que éstos implican.

Lo anterior se puede adjudicar a la alta disponibilidad de estos productos y a la creencia de su bajo costo, sin consideración de su poco rendimiento.

No obstante, la elección del agente desmoldante debe de realizarse considerando las especificaciones y necesidades inherentes de cada construcción, así como de la disponibilidad de éstos. La Sociedad del Concreto (Concrete Society, 2012)

recomienda ciertos tipos de agente desmoldantes para tableros contrachapados sin sellador (Tabla 19).

En cuanto a la aplicación de dichos agentes desmoldantes, en México, como lo indica Taboada et al. (s.f.), por años se han utilizado métodos de aplicación rudimentarios, como el uso de escobas y trapeadores. Sin embargo, entre los métodos de aplicación más comunes y aceptables por los fabricantes de estos productos, se encuentran: la aplicación por brocha y la aplicación por estopa.



CAPÍTULO

IV

DISEÑO DE
CAMPAÑA EXPERIMENTAL

CAPITULO IV: DISEÑO DE CAMPAÑA EXPERIMENTAL

En el presente capítulo se describe la metodología de la investigación de campo, la prueba piloto y de la campaña experimental realizada, considerando que si bien los tableros contrachapados son utilizados comúnmente en cimbras tanto de elementos horizontales como verticales; en la presente investigación se concentrará únicamente en su empleo en cimbra de columnas sin acero de refuerzo.

4.1 Trabajo de Campo

4.1.1 Fundamentación

Actualmente existen diversos materiales disponibles en el mercado para la fabricación de cimbra, tales como el acero, la madera, el plástico y la fibra de vidrio; sin embargo, es precisamente el *triplay*, uno de los materiales más comúnmente utilizado para la fabricación de cimbras dentro de la industria de la construcción en México, particularmente, en Aguascalientes.

Por lo anterior, es necesario conocer el impacto y el grado de utilización de la madera contrachapada para la fabricación de cimbras en la ciudad de Aguascalientes.

Ahora bien, debido a que, a nivel nacional, la información sobre la construcción de cimbras está basada en documentos extranjeros y a que, el conocimiento con el que cuenta el personal de obra es en gran porcentaje basado en criterios heredados, sin fundamentación escrita; es necesario obtener información, en el contexto local, sobre la manera de selección, manipulación, resguardo y criterios de reutilización del *triplay* como material de cimbra.

Así mismo, es preciso conocer los criterios de selección del agente desmoldante a aplicarse a la cimbra y los métodos más comunes de aplicación de éste, que el sector constructor de cimbra de la ciudad de Aguascalientes practican.

4.1.2 Objetivo

Determinar los métodos y criterios de selección, manipulación y resguardo de la madera contrachapada y de los agentes desmoldantes utilizados para cimbra en la ciudad de Aguascalientes, Ags., México.

4.1.3 Materiales y métodos

La investigación de campo consistió en un par de entrevistas estructuradas a los sectores con mayor contacto y, por ende, comprensión del impacto que tiene este material en la ciudad de Aguascalientes: el sector constructor, conformado mayormente por el personal encargado de la manipulación y construcción de cimbras de este material y, el sector comercial, conformado por las empresas comercializadoras de la madera contrachapada.

Los temas cubiertos durante dichas entrevistas son:

- a. Materiales de cimbra más comunes en Aguascalientes, Ags.
- b. Espesores más comunes de los tableros de madera contrachapada para cimbra.
- c. Clasificación comercial de los tableros contrachapados.
- d. Origen nacional de los tableros contrachapados disponibles en el comercio de Aguascalientes.
- e. Método de selección de la madera contrachapada para cimbra.
- f. Precio de los tableros de madera contrachapada al momento del estudio.
- g. Manipulación y resguardo común de la madera contrachapada.
- h. Criterio de evaluación de la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.
- i. Método de selección del agente desmoldante.
- j. Método de aplicación del agente desmoldante.

4.2 Prueba Piloto

La presente prueba piloto fue diseñada de acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo de campo realizado previamente, del cual se definió a la madera contrachapada de clasificación C, tipo exterior y de 15 mm, como el material de cimbra más comúnmente utilizado en Aguascalientes, Ags.

De igual manera, del mencionado trabajo de campo se obtuvo que el aceite quemado es aún utilizado, sobre todo en obras del sector privado.

4.2.1 Objetivo

Determinar si las propiedades de resistencia a la flexión y permeabilidad de dos muestras de tableros contrachapados utilizados previamente en cimbra manifiestan diferencias con respecto al tiempo que dichos elementos permanezcan almacenados; es decir, si las pruebas son realizadas inmediatamente después del descimbrado o si éstas son se realizan después de un periodo de almacenamiento de las muestras igual o mayor a 15 días.

4.2.2 Hipótesis

Las hipótesis a comprobar durante la prueba piloto:

Hipótesis H₁:

La resistencia a la flexión de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no varía según el tiempo que ésta permanezca almacenada.

Hipótesis H₂:

La permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no varía según el tiempo que ésta permanezca almacenada.

4.2.3 Materiales y equipo

4.2.3.1 Materiales

Se utilizó un tablero contrachapado para la evaluación, de calidad para su uso en exterior y espesor nominal de 15 mm, proveniente de madera de pino.

El tablero se obtuvo del comercio local "Industrial Maderera San Marcos S.A. de C.V." y fue entregado al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, posteriormente fue trasladado al Laboratorio de Madera de la misma universidad, dónde se seccionaron dos muestras de dimensiones de 770 mm de largo por 585 mm de ancho.

El agente desmoldante empleado fue aceite quemado, por su común utilización por el sector de la construcción en Aguascalientes.

De igual manera, como material auxiliar en al cimbrado y a los ensayos se requirió de: brocha de dos pulgadas, estopa, plastilina adhesiva desmontable, cemento portland, grava, arena y agua.

4.2.3.2 Equipo

A continuación, se presenta el equipo requerido para los ensayos:

- a. Máquina de ensayos triaxiales marca Controls ® con capacidad de aplicar carga con velocidad constante adaptado para ejecutar el ensayo a flexión.
- b. Anillo Calibrado marca Controls ® con capacidad de carga de 2 kN.
- c. Base y cabezal metálicos para ensayo de flexión estática.
- d. Flexómetro de 5 m.
- e. Vernier digital con escala en mm.
- f. Tubo de Karsten.
- g. Balanza analítica con resolución de al menos 0.002 g.
- h. Horno de laboratorio para temperaturas mayores a los 100°C.

4.2.4 Metodología

A continuación, se describe la metodología de ensayo señalando el procedimiento empleado en las distintas etapas de la prueba piloto desde que el tablero contrachapado ingresó al laboratorio hasta que se culminó con el ensayo de las probetas.

4.2.4.1 Obtención de muestras

A partir de un mismo tablero contrachapado se obtuvieron dos muestras de 770 mm de largo por 585 mm de ancho, cuyo espesor nominal, al igual que el del tablero, fue de 15 mm.

4.2.4.2 Diseño de mezcla

Se realizó un diseño de mezcla para columnas con concreto simple, sin aditivos.

Las pruebas de tamizado se llevaron a cabo en los agregados gruesos y finos para determinar el diseño de la mezcla. Con dichas pruebas completadas, el diseño de mezcla se realizó como indica la Tabla 20.

Tabla 20. Diseño de mezcla para 1 m³ de concreto.

Material	Cantidad	Unidad
Cemento Portland CPC 30	329.00	kg
Arena	820.00	kg
Grava T.M.A. 19 mm.	1100.00	kg
Agua	205.00	Lts

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.3 Diseño de molde

El molde de cimbra utilizado se fabricó a partir de madera contrachapada de pino y de dimensiones de 585 mm de ancho por 770 mm de alto por 50 mm de espesor. Dicho molde se construyó con un refuerzo lateral por ambos lados constituido por varilla corrugada (Figura 5) y con la habilidad de desprender ambos laterales para facilitar el descimbrado.



Figura 5. Molde para cimbrado.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.4 Procedimiento de cimbrado

- a) Ambas muestras fueron marcadas por su lado externo, indicando con el número 1 a la muestra que fue evaluada ante permeabilidad y resistencia a la flexión de manera inmediata al descimbrado y, con el número 2, la muestra cuya evaluación ante las mismas propiedades, se realizó después de los 15 días transcurridos.
- b) De igual manera, ambas muestras fueron marcadas en su lado externo, según el método de aplicación del desmoldante. Indicando BR para la aplicación por brocha y EST para la aplicación por estopa (Figura 6).
- c) Se aplicó aceite quemado como desmoldante a la base y laterales del molde con ayuda de una brocha de dos pulgadas.

- d) Se aplicó de igual manera, aceite quemado a ambas muestras, variando su método de aplicación conforme lo indicado en la nomenclatura indicada en su parte externa (Figura 6).

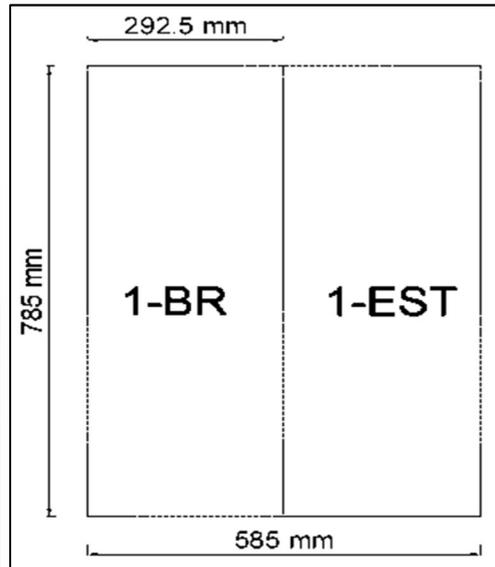


Figura 6. Muestra a ser evaluada inmediatamente después de su descimbrado y en la cual el desmoldante se aplicó por ambos métodos en su superficie.
Fuente: Elaboración propia.

- e) Se conformó el molde de cimbra al colocar tanto la base, los laterales y las muestras en su lugar, y fijándolos a través de los refuerzos horizontales de acero.
- f) Se vertió concreto simple cuidadosamente dentro del molde de cimbra, realizando un vibrado manual cada tercio de altura.
- g) Se removió el exceso de concreto de la superficie.
- h) El molde de cimbra, ya colado, se dejó fraguar por 24 horas.
- i) Después de 24 horas, la cimbra fue removida en su totalidad y se procedió a la obtención de probetas y ejecución de pruebas de la muestra 1. Mientras que la muestra 2 fue almacenada.
- j) Después de 15 días o más de almacenamiento, la muestra 2 fue seccionada y evaluada.

4.2.4.5 Obtención de probetas

A partir de cada una de las muestras se obtuvieron 10 probetas de 770 mm de largo por 50 mm de ancho; las cuales fueron nombradas del 1 al 5 y, cuyos cortes, se realizaron cuidadosamente con sierra eléctrica (Figura 7).

Una 11va probeta fue obtenida del centro de la muestra; misma que, por comprometer el método de aplicación del desmoldante empleado en su superficie, fue desechada.

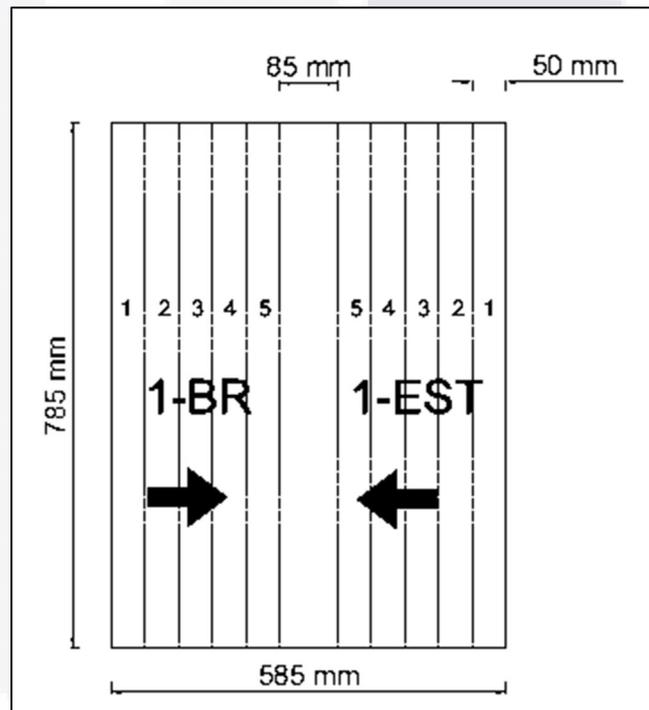


Figura 7. Nombrado de probetas de muestra 1 y su patrón de corte de exterior – interior.
Fuente: Elaboración Propia.

4.2.4.6 Flexión estática

El ensayo de flexión estática (Figura 8) se realizó conforme a lo establecido en la norma mexicana NMX-C-440-ONNCCE-2006 (2006) – Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y Otras Coníferas – Propiedades Mecánicas – Métodos de Ensayo.



Figura 8. Ensayo a flexión estática en probeta de 770 x 50 mm de madera contrachapada.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta prueba consistió en aplicar una carga constante igual a 8.64 mm/min en el centro de los apoyos de la probeta hasta producir la falla, para obtener su módulo de ruptura (MOR) y módulo de elasticidad (MOE).

Los cálculos de las propiedades mecánicas se realizaron conforme las siguientes expresiones presentadas en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004).

4.2.4.7 Permeabilidad

La permeabilidad se evaluó con la prueba del tubo de Karsten (Figura 9), para la cual se siguió lo propuesto por Espinoza (2016) y lo establecido en el Manual del Tubo de Karsten para Ensayo de Penetración (TQC, 2017).

Los registros de dicha prueba se realizaron a los 5, 15, 30 y 60 min. Cabe mencionar que, tan pronto como el nivel de agua disminuyó en 1 mL, rápidamente se procedió a rellenar de nuevo hasta la marca cero, para mantener una presión constante.



Figura 9. Ensayo de permeabilidad con tubo de Karsten en probeta de 770 x 50 mm de madera contrachapada.
Fuente: Elaboración Propia.

4.2.4.8 Análisis estadístico

Con la finalidad de utilizar la prueba estadística más adecuada, para la comprobación de las hipótesis planteadas, se procedió a realizar una evaluación de la normalidad de los valores obtenidos de las variables analizadas. Dicha prueba permite determinar si es posible o no, rechazar la hipótesis nula que establece que los datos evaluados proceden de una población con distribución normal.

Así pues, para la comprobación de la normalidad de variables continuas, se procedió a utilizar la prueba Anderson-Darling, con ayuda del software MINITAB®. Dicha prueba compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada, si los datos son normales. Si la diferencia observada es adecuadamente grande, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en la población (Soto, 2017).

Una vez comprobada la normalidad de los datos, se procedió a seleccionar una prueba paramétrica de diferencia de medias utilizando la prueba t de dos muestras independientes; la cual tiene la finalidad de determinar si éstas son significativamente diferentes (MINITAB, 2017).

Este procedimiento utiliza la hipótesis nula de que la diferencia entre las medias de ambas poblaciones es igual al valor hipotético ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = \mu_0$), y la prueba comparándola con la hipótesis alternativa ($\mu_1 - \mu_2 \neq \mu_0$) (MINITAB, 2017).

A partir de los resultados obtenidos de las pruebas de diferencias de medias se determinó si existe o no, una diferencia estadística significativa entre los valores obtenidos, para cada una de las variables, con respecto a su evaluación en distintos períodos de tiempo.

4.3 Trabajo Experimental

4.3.1 Fundamentación

Si bien existen investigaciones sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera contrachapada e, inclusive, normativa nacional que indica los métodos de ensayo aplicables y el procedimiento del cálculo de resistencias para su uso estructural; no existe, en la bibliografía analizada, información sobre dichas propiedades en tableros contrachapados utilizados como material de cimbra.

De igual manera, no existe documentación sobre el análisis de vida útil de este material al ser empleado como cimbra. Ahora bien, ya que el concepto de vida útil radica en la capacidad que posee el tablero de ser reutilizado en varias ocasiones, es propuesta del presente estudio la medición de este término a partir de las propiedades que hacen a los tableros contrachapados eficiente en su uso como cimbra.

Considerando lo anterior, la propiedad mecánica que juega el papel más importante en elementos de cimbra verticales, es la resistencia a la flexión; mientras que la permeabilidad, es considerada como la propiedad física de primordial importancia. Por ende, el conjunto de estas dos propiedades, resistencia a flexión y permeabilidad, conforman a la variable: vida útil, a ser analizada (Figura 10).

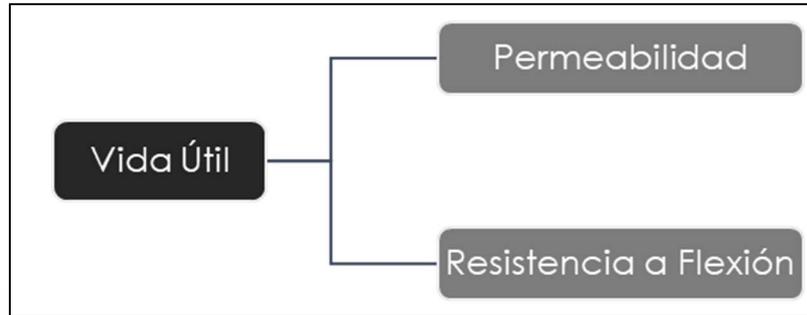


Figura 10. Desglose de indicadores de la variable dependiente: Vida Útil.
 Fuente: Elaboración propia.

Aunado a lo anterior, en el contexto nacional tampoco se encuentra información relacionada al impacto, positivo o negativo, de los agentes desmoldantes comúnmente utilizados; por lo que el sector de la construcción se ve en la necesidad de recurrir únicamente a bibliografía extranjera y, sobre todo, a la experiencia y conocimientos heredados de los trabajadores de obra. Por lo que los agentes desmoldantes a utilizar durante la campaña experimental del presente estudio, serán definidos a partir de las conclusiones del trabajo de campo.

Ahora bien, el presente trabajo experimental fue diseñado conforme los resultados obtenidos del trabajo de campo y la prueba piloto.

Destacando del trabajo de campo que la madera contrachapada de clasificación C, tipo exterior y de 15 mm, es material de cimbra más comúnmente utilizado en Aguascalientes, Ags., así como, en cuestión de agentes desmoldantes, los más utilizados son los de base solvente y el aceite quemado. Y, por parte de la prueba piloto, destacando que los resultados más críticos de las pruebas a flexión estática y permeabilidad se consiguen después de un período de almacenaje de dicho material después de ser descimbrado.

4.3.2 Objetivo

Determinar si las propiedades de resistencia a la flexión y permeabilidad de los tableros contrachapados utilizados como material de cimbra, manifiestan

diferencias ante su número de reúsos, distintos agentes desmoldantes y métodos de aplicación de éstos últimos.

4.3.3 Planteamiento de hipótesis y variables experimentales

Ahora bien, a continuación, se presentan las hipótesis particulares desglosadas de la hipótesis general planteada previamente:

Hipótesis General:

Los agentes desmoldantes influyen en el número máximo de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Hipótesis Particular 1:

La resistencia a flexión de la madera contrachapada varía de acuerdo al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Hipótesis Particular 2:

La resistencia a flexión de la madera contrachapada varía de acuerdo al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra.

Hipótesis Particular 3:

La resistencia a flexión de la madera contrachapada varía de acuerdo al método de aplicación del agente desmoldante empleado en la cimbra.

Hipótesis Particular 4:

La permeabilidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Hipótesis Particular 5:

La permeabilidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra.

Hipótesis Particular 6:

La permeabilidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al método de aplicación del agente desmoldante empleado en la cimbra.

Considerando las hipótesis y los objetivos particulares se plantea en la Tabla 21 el cuadro de operacionalización de variables, donde se exhiben las variables de análisis y sus indicadores e instrumentos.

Tabla 21. Cuadro de operacionalización de variables.

Variable	Tipo de Variable	Operacionalización	Dimensiones	Indicador	Instrumento	Unidad de Medida
Vida Útil	Dependiente	Conjunto de propiedades que determinan la eficiencia del tablero contrachapado utilizado en cimbra.	Propiedad Física	Permeabilidad	Prueba del tubo de Karsten	Mililitros
			Propiedad Mecánica	Resistencia a Flexión	Prueba de Resistencia a la Flexión	Kg/cm ²
Efectividad del Agente Desmoldante	Independiente	Rendimiento que asegura el buen comportamiento de la cimbra de madera contrachapada.	Tipo de Agente Desmoldante			
			Método de Aplicación de Agente Desmoldante			
Reutilización de la Cimbra de Triplay	Independiente	Reúsos consecutivos de los tableros de madera contrachapada como material de cimbra.	Cantidad de reúsos consecutivos.			

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4 Determinación del tamaño de la muestra

Considerando, con base a la prueba piloto realizada, que la suma de los tiempos de ejecución de las pruebas de resistencia a la flexión estática y de permeabilidad, más el tiempo de registro de datos y evaluación de los mismos, resultan en 120 minutos por probeta analizada y, que la fase de cimbrado-colado de las muestras a evaluar post-cimbrado conllevan a una inversión de cerca de tres semanas adicionales, se optó por un espacio muestral (Tabla 22) que permitiera la ejecución y termino de las pruebas en tiempo y forma.

Dicho lo anterior, se analizaron un total de 128 probetas, de las cuales 64 se evaluaron en condición seca y 64, en condición post-cimbrado.

Tabla 22. Tamaño muestral: cantidad total de ensayos a realizar.

Tipo de Muestra	Muestra	Probetas por Muestra	Probetas a Ensayar por Permeabilidad	Probetas a Ensayar a Flexión Estática	Total de Ensayos
Seca	I-1	8	8	8	16
	I-2	8	8	8	16
	I-3	8	8	8	16
	I-4	8	8	8	16
	I-5	8	8	8	16
	I-6	8	8	8	16
	II-1	8	8	8	16
	II-2	8	8	8	16
TOTAL		64	64	64	128
Post - Cimbra	III-1-AQ	8	8	8	16
	III-2-D	8	8	8	16
	III-3-AQ	8	8	8	16
	III-4-D	8	8	8	16
	III-5-AQ	8	8	8	16
	III-6-D	8	8	8	16
	IV-1-AQ	8	8	8	16
	IV-2-D	8	8	8	16
TOTAL		64	64	64	128

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5 Materiales y equipo

4.3.5.1 Materiales

Se utilizaron cuatro tableros contrachapados para la evaluación, cuya calidad es de exterior y espesor nominal de 15 mm, de pino y provenientes de un mismo comercio local y de un mismo lote.

Los tableros se obtuvieron del comercio local “Industrial Maderera San Marcos S.A. de C.V.” y fueron entregados al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, posteriormente fueron trasladados al Laboratorio de Madera de la misma universidad, dónde se seccionaron en muestras de dimensiones de 770 mm de largo por 585 mm de ancho.

Los agentes desmoldantes empleados fueron: aceite quemado, obtenido de un taller mecánico y el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente, el cual es un desmoldante base solvente y derivados parafínicos, obtenido de un comercio local. De cada uno se requirió tres litros.

De igual manera, como material auxiliar en los ensayos se requirió de: plastilina adhesiva desmontable, cemento portland, grava, arena y agua.

4.3.5.2 Equipo

A continuación, se presenta el equipo requerido para los ensayos:

- a. Máquina de ensayos triaxiales marca Constrols ® con capacidad de aplicar carga con velocidad constante adaptado para ejecutar el ensayo a flexión.
- b. Anillo Calibrado marca Constrols ® con capacidad de carga de 2 kN.
- c. Base y cabezal metálicos para ensayo de flexión estática.
- d. Flexómetro de 5 m.
- e. Vernier digital con escala en mm.
- f. Tubo de Karsten.
- g. Balanza analítica con resolución de al menos 0.002 g.
- h. Horno de laboratorio para temperaturas mayores a los 100°C.

4.3.6 Metodología

A continuación, se describe la metodología de ensayo señalando el procedimiento empleado en las distintas etapas del trabajo experimental desde que los tableros contrachapados ingresaron al laboratorio hasta que se culminó con el ensayo de las probetas.

La fase experimental inició con la obtención, a partir de cuatro tableros contrachapados, de 16 muestras de 770 mm de largo por 585 mm de ancho, cuyo espesor nominal, al igual que el de los tableros, es de 15 mm. Posteriormente, ocho de estas muestras fueron seccionadas, en 80 probetas de 770 mm de largo por 50 mm de ancho para evaluarse ante permeabilidad y flexión estática.

Las ocho muestras restantes fueron utilizadas en cimbra de concreto, variando su número de reutilizaciones, el agente desmoldante empleado y el método de aplicación de este último. Estas ocho muestras fueron igualmente evaluadas ante permeabilidad y flexión estática, con el objetivo final de conocer dichas propiedades de la cimbra de madera contrachapada en distintas etapas de su vida útil y, en presencia de los dos agentes desmoldantes más comúnmente utilizados en Aguascalientes y sus respectivos métodos de aplicación.

4.3.6.1 Evaluaciones y ensayos a realizar

Las probetas a obtener de los tableros seleccionados se sometieron, como ya se mencionó anteriormente, a los siguientes ensayos:

- Flexión estática.
- Permeabilidad.

4.3.6.2 Obtención de muestras

Se utilizaron cuatro tableros contrachapados de espesor nominal de 15 mm y, primeramente, se realizó una caracterización general de los tableros, siguiendo la metodología determinada en la NMX-C-439-ONNCCE-2006 (2006) – Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y Otras Coníferas – Propiedades Físicas – Métodos de Ensayo.

Para el dimensionamiento de los tableros se registraron las lecturas obtenidas por medio de flexómetro, en tres puntos en su lado largo y tres en su lado corto (Figura 11); mientras que, para el espesor del tablero, se tomó una lectura de su dimensión en cada uno de los lados, con ayuda del vernier digital.

Seguido y como propuesta del presente trabajo, cada uno de los tableros se dividió en seis secciones (Figura 12), para obtener las muestras de superficie de la cimbra de columna a construir.

Una vez obtenidas las seis muestras de cada tablero, sumando un total de 24 muestras, se tomaron 16 y se dividieron por su condición ante las evaluaciones,

dejando ocho muestras para ensayar en condición seca y ocho muestras para ensayar después de ser utilizadas como material de cimbra.

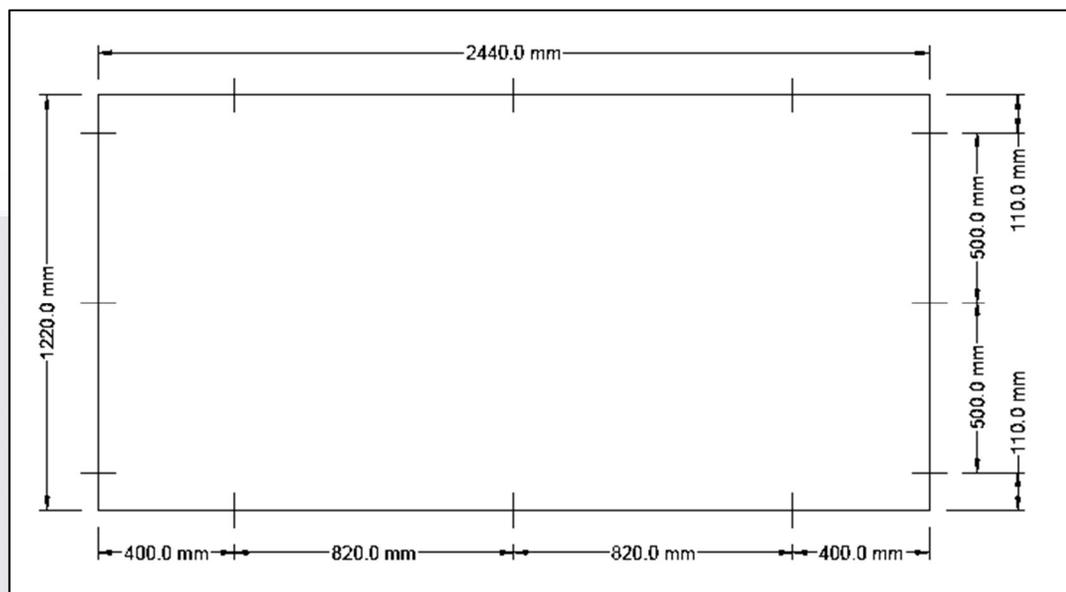


Figura 11. Puntos de medición longitudinal y transversal para la caracterización general de los tableros.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Tenorio, Moya, & Camacho, 2012).

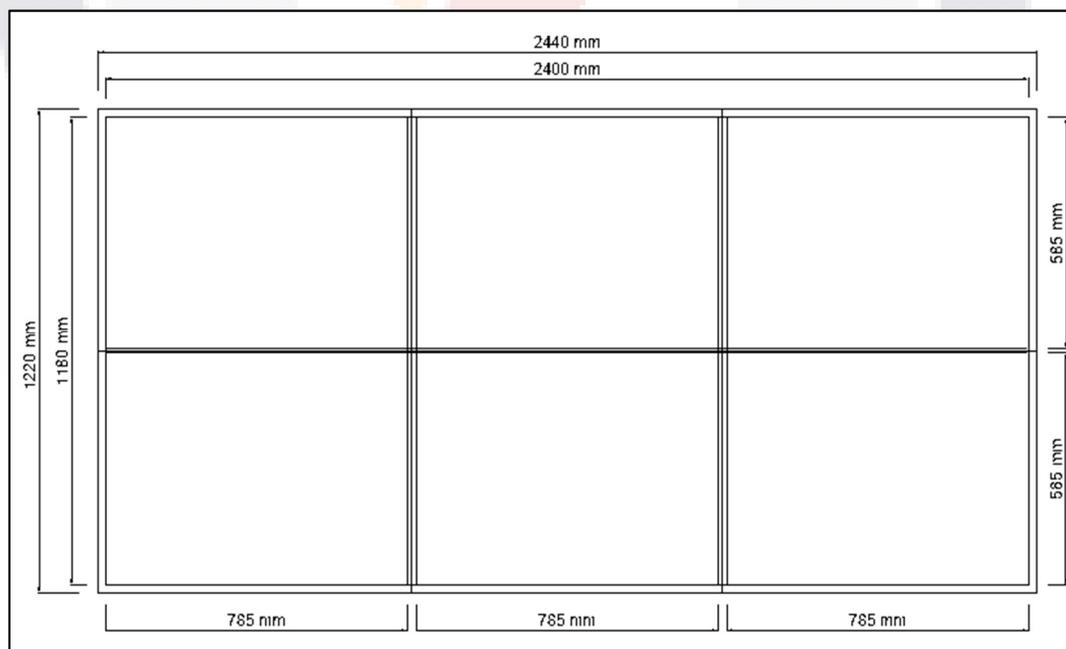


Figura 12. Distribución de muestras de tablero contrachapado de 2.44m x 1.22 m.

Fuente: Elaboración propia.

Seguido, se procedió a etiquetar cada muestra en su trascara, conforme los siguientes parámetros:

- Para las ocho muestras para ensayos en condición seca.

Se indicó a través de la numeración romana el número de tablero y mediante la numeración arábica el número de muestra, como se indica en la Figura 13.

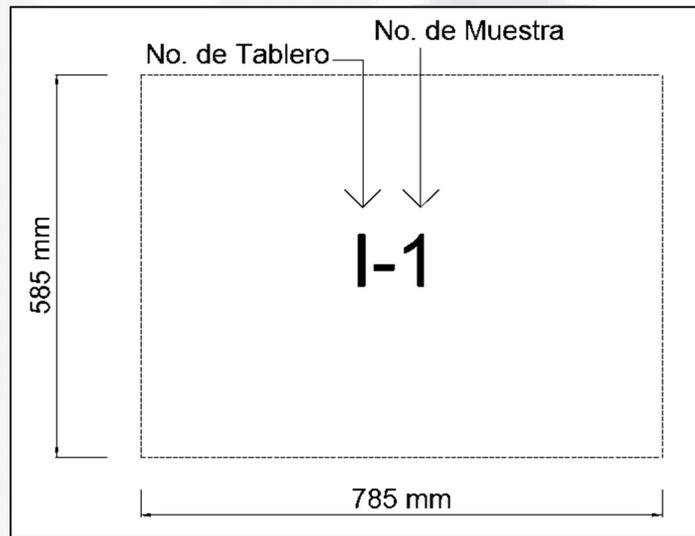


Figura 13. Nomenclatura para distinción de muestras a evaluar en condición seca.

Ejemplo de muestra no. 1 de tablero no. 1.

Fuente: Elaboración propia.

- Para las ocho muestras para ensayos después del cimbrado.

Se indicó a través de la numeración romana el número de tablero, mediante la numeración arábica el número de muestra y con las iniciales del producto desmoldante utilizado. Se designó como "AQ" al aceite quemado y "D" al producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente.

Aunado a lo anterior, ya que las muestras utilizadas como cimbra se sometieron a la evaluación ante distintos métodos de aplicación del agente desmoldante, cada muestra se dividió en dos sub-muestras y a su nomenclatura se agregó la designación del método de aplicación por medio de sus letras iniciales; es decir, para la aplicación por brocha, se incluyeron las letras BR, y para la aplicación por

estopa, las letras EST. El ejemplo de la nomenclatura de las muestras para ensayos post-cimbrado se muestra en la Figura 14.

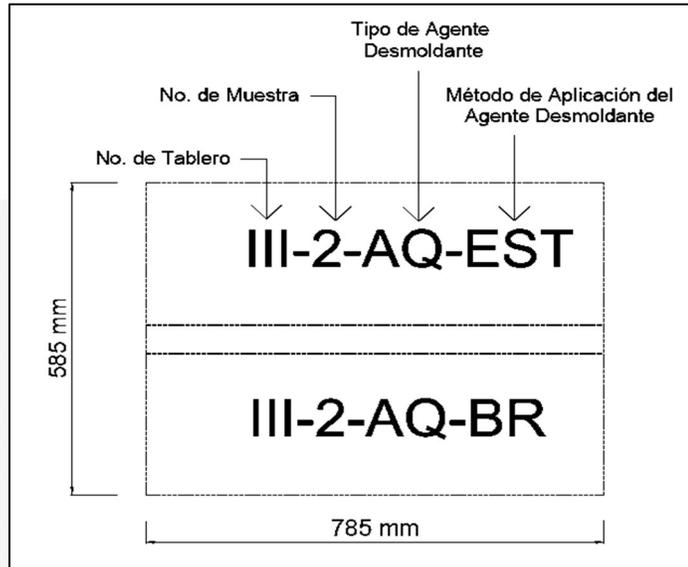


Figura 14. Nomenclatura para distinción de muestras a evaluar en condición post-cimbra. Ejemplo de muestra “2” proveniente de tablero no. 3, con aceite quemado aplicado por estopa y brocha.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.3 Diseño de mezcla

Para la elaboración del concreto, se utilizó cemento portland compuesto de resistencia rápida (CPC 30R), un tamaño máximo de agregados de 19 mm, una vibración por medio de varillado y conforme al diseño de mezcla de la Tabla 23.

Tabla 23. Diseño de mezcla para 1 m³ de concreto.

Material	Cantidad	Unidad
Cemento Portland CPC 30	329.00	kg
Arena	820.00	kg
Grava T.M.A. 19 mm.	1100.00	kg
Agua	205.00	lts

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.4 Diseño de molde

Los moldes de cimbra utilizados se fabricaron a partir madera contrachapada de pino y de dimensiones de 585 mm de ancho por 770 mm de alto por 50 mm de espesor. Ambos moldes se construyeron con tres refuerzos laterales, por ambos lados, compuestos por secciones de tablones de madera común (Figura 15) para mantener la geometría del molde durante el colado del concreto. Aunado a lo anterior, los moldes fueron diseñados y construidos con la habilidad de desprender uno de sus laterales, para facilitar el descimbrado.

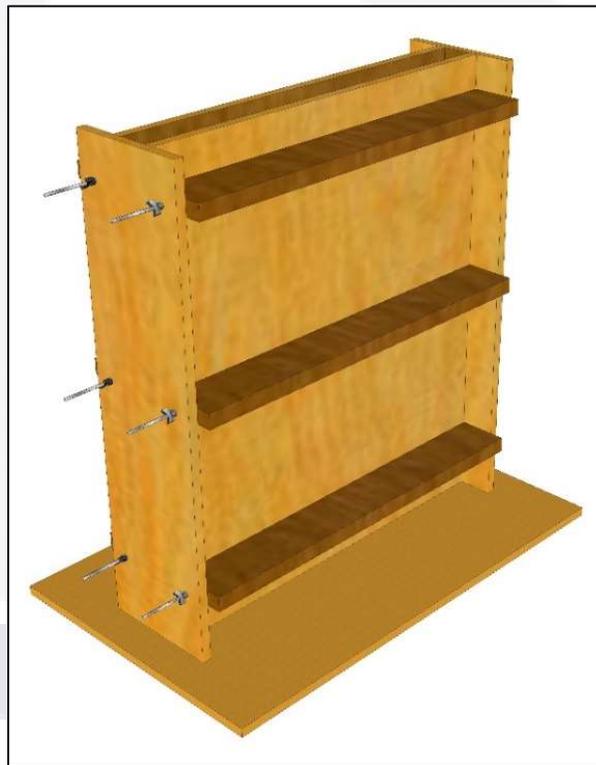


Figura 15. Molde para cimbrado.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.5 Conformación de cimbra

Ambos moldes fabricados en conjunto con las muestras a evaluar, conformaron la cimbra para columnas de concreto simple, según lo indicado en la Tabla 24.

Las muestras a evaluar post-cimbrado fueron sujetas a repetidos colados de concreto, con la intención de someter a la madera contrachapada a los típicos esfuerzos involucrados en la cimbra de columnas, donde a cada muestra se le asignó un número máximo de reutilización con el objetivo de evaluar las propiedades de permeabilidad y flexión estática en probetas cuya vida útil va desde uno hasta cuatro reúsos.

El descimbrado de cada molde se realizó a las 24 horas de colado, donde se desprendieron las muestras, se limpiaron y se evaluó visualmente la calidad de su cara, para posteriormente realizar los colados consecutivos, según lo indicado en la Tabla 25.

Tabla 24. Conformación de moldes para cimbra de columnas.

Molde	Muestra¹	No. De Reutilizaciones²	Sub-Muestra³	Probetas Obtenidas
1	III-1-AQ	2	BR EST	4 4
	III-2-D	2	BR EST	4 4
	III-3-AQ	4	BR EST	4 4
	III-4-D	4	BR EST	4 4
2	III-5-AQ	3	BR EST	4 4
	III-6-D	3	BR EST	4 4
	IV-1-AQ	1	BR EST	4 4
	IV-2-D	1	BR EST	4 4

¹Nomenclatura de muestras que conforman al molde.

²Reutilizaciones máximas dadas a cada muestra para su evaluación.

³La muestra se conforma de dos submuestras, las cuales son sujetas a diferentes métodos de aplicación del desmoldante. EST: Estopa y B: Brocha.

⁴No aplica. Las muestras obtenidas del tablero III, son utilizadas únicamente durante el cimbrado y no durante la evaluación de propiedades.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Conformación de cimbrados según moldes y reúsos.

No. de cimbrado	Muestras que lo conforman		No. de reúsos obtenidos
1	III-1-AQ	III-2-D	2
2	III-1-AQ	III-2-D	
3	III-3-AQ	III-4-D	4
4	III-3-AQ	III-4-D	
5	III-3-AQ	III-4-D	
6	III-3-AQ	III-4-D	
7	III-5-AQ	III-6-D	3
8	III-5-AQ	III-6-D	
9	III-5-AQ	III-6-D	
10	IV-1-AQ	IV-2-D	1

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.6 Procedimiento de cimbrado

- a) Se aplicó aceite quemado como desmoldante a la base y laterales del molde con ayuda de una brocha de dos pulgadas.
- b) Se aplicó el agente desmoldante correspondiente y conforme el método de aplicación indicado en la trascara de cada muestra (según la nomenclatura descrita anteriormente (Figura 16).
- c) Se armó en su totalidad el molde de cimbra, al colocar tanto la base, los laterales y las muestras en su lugar, y fijándolos a través de los refuerzos horizontales de madera común.
- d) Se vertió concreto simple cuidadosamente dentro del molde de cimbra, realizando un vibrado manual cada tercio de altura.
- e) Se removió el exceso de concreto de la superficie.
- f) El molde de cimbra, ya colado, se dejó fraguar por 24 horas.
- g) Después de 24 horas, la cimbra fue removida en su totalidad y resguardada bajo techo y sobre tarima que impidió el contacto directo con el suelo.



Figura 16. Muestras de madera contrachapada previo a su ensamble en molde.
 Muestra III-1-AQ: Aplicación de aceite quemado con brocha y estopa.
 Muestra III-2-D: Aplicación de desmoldante base solvente con brocha y estopa.
 Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.7 Obtención de probetas

La norma mexicana NMX-C-440-ONNCCE-2006 (2006) establece que la probeta para el ensayo a flexión debe de ser de 50 mm de ancho en tableros cuyo espesor sea mayor a 6 mm y, que la longitud, para ensayos paralelos a la fibra, debe de ser 48 veces el espesor más 50 mm. Por lo que, en el caso del presente estudio, la probeta propuesta tiene dimensiones de 770 mm de largo por 50 mm de ancho.

Ahora bien, la norma no establece el número de probetas a extraer de cada tablero y tampoco considera la realización de este ensayo en muestras previamente utilizadas como material de cimbra, por lo que es propuesta del presente estudio la extracción de diez probetas de cada muestra, de las cuales cada mitad implican un método de aplicación distinto.

- Muestras Secas

Las ocho muestras para ensayar en condición seca fueron seccionadas en dimensiones de 770 mm de largo por 50 mm de ancho, obteniendo un total de ocho probetas por muestra, como se indica en la Figura 17.

- Muestras Post-Cimbra

Las ocho muestras utilizadas para ensayar en condición post-cimbrado conforme a las Tablas 25 y 26, fueron seccionadas en dimensiones de 770 mm de largo por 50 mm de ancho, obteniendo un total de ocho probetas por muestra, como se indica en la Figura 18, de las cuales cuatro probetas fueron sometidas a la aplicación del desmoldante por brocha y cuatro por estopa.

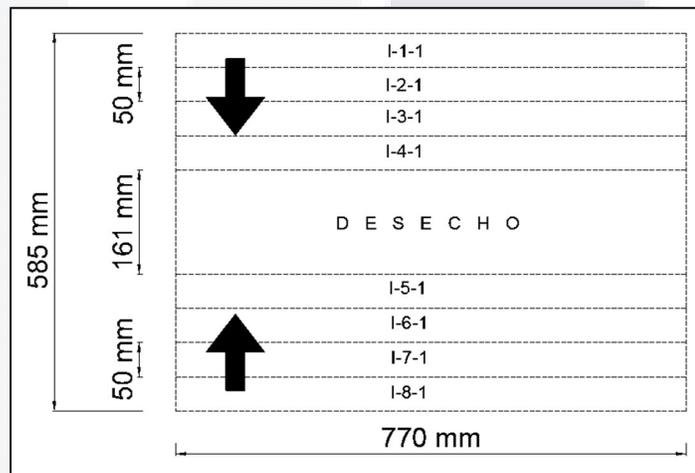


Figura 17. Obtención de probetas a partir de una muestra seca y su respectiva nomenclatura.

Fuente: Elaboración propia.

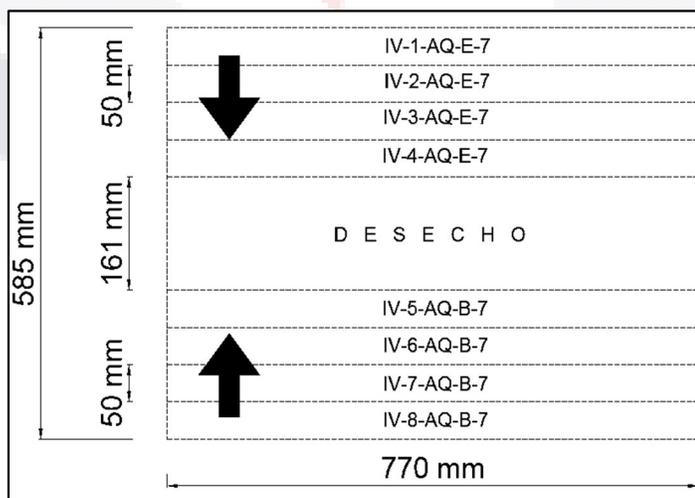


Figura 18. Obtención de probetas a partir de una muestra en condición post-cimbra y su respectiva nomenclatura.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 26 se señala el desglose y especificaciones de las probetas correspondientes a las muestras post-cimbrado.

Tabla 26. Desglose de probetas de las muestras evaluadas post-cimbrado.

Muestra	Probetas					
	Aceite Quemado	Aceite Quemado Aplicado por Estopa	Aceite Quemado Aplicado por Brocha	PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente	PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente Aplicado por Estopa	PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente Aplicado por Brocha
III-1-AQ	8	4	4			
III-2-D				8	4	4
III-3-AQ	8	4	4			
III-4-D				8	4	4
III-5-AQ	8	4	4			
III-6-D				8	4	4
IV-1-AQ	8	4	4			
IV-2-D				8	4	4
TOTAL	32	16	16	32	16	16

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.8 Evaluación de rendimientos de los productos desmoldantes

La evaluación de los rendimientos de los productos desmoldantes consistió en registrar el consumo de ambos desmoldantes evaluados durante el proceso de cimbrado, ya que ambos fueron sujetos a las mismas técnicas y métodos de aplicación.

El rendimiento de ambos productos utilizados se obtuvo al determinar el área de aplicación lograda por cada litro. Ahora bien, considerando que las muestras cuentan con una superficie de 0.459 m² según lo muestran las Figuras 13 y 14, el área correspondiente a cada método de aplicación es de 0.230 m².

Una vez obtenido el rendimiento total de cada producto, así como su rendimiento según el método de aplicación, se prosiguió a obtener los costos por metro

cuadrado (\$/m²) que implica la elección de cada uno de los desmoldantes y cada uno de los métodos propuestos.

Los costos de adquisición, tanto del agente desmoldante comercial de base solvente como del aceite quemado, se obtuvieron como parte de los resultados del trabajo de campo realizado.

4.3.6.9 Flexión estática

El ensayo de flexión estática se realizó conforme a lo establecido en la norma mexicana NMX-C-440-ONNCCE-2006 (2006) – Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y Otras Coníferas – Propiedades Mecánicas – Métodos de Ensayo.

Esta prueba consistió en aplicar una carga constante en el centro de los apoyos de la probeta, para obtener su módulo de ruptura (MOR) y módulo de elasticidad (MOE).

La carga se aplicó con un desplazamiento constante y uniforme durante todo el ensayo igual a 8.64 mm/min. La velocidad de aplicación de carga se obtuvo conforme la siguiente ecuación:

$$N = \frac{z l^2}{6 t}$$

Donde:

N: velocidad de movimiento, mm/min.

l: claro de carga, mm.

t: grosor del espécimen, mm.

z: velocidad de deformación unitaria en la fibra extrema = 0.0015 mm/(mm/min).

Los cálculos de las propiedades mecánicas se realizaron conforme las siguientes expresiones:

Módulo de Ruptura:

$$MOR = \frac{P_{MAX} l c}{4 I}$$

Módulo de Elasticidad en Flexión:

$$MOE = \frac{P l^3}{\Delta 48 I}$$

Donde:

MOR: es el módulo de ruptura en flexión, Gpa.

MOE: es el módulo de elasticidad en flexión, Gpa.

l: es el claro de carga entre apoyos, mm.

P_{MAX}: es la carga máxima, N.

c: es la distancia del eje neutro a la fibra extrema, mm.

I: es el momento de inercia, mm⁴.

$\frac{P}{\Delta}$: es la pendiente de la curva carga-deflexión en su posición lineal, N/mm.

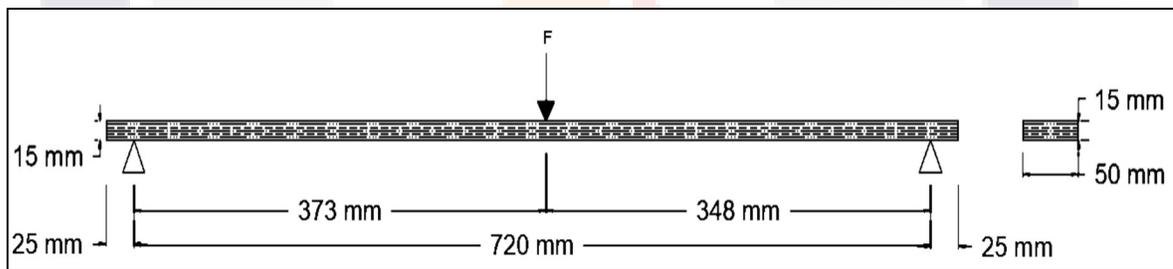


Figura 19. Esquema de ensayo a flexión estática.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6.10 Contenido de humedad

De cada probeta ensayada a flexión estática, se obtuvo una pequeña muestra para determinar su contenido de humedad al momento del ensayo a flexión.

La prueba del contenido de humedad se realizó conforme a lo establecido en la norma mexicana NMX-C-439-ONNCCE-2006 (2006) – Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y Otras Coníferas – Propiedades Físicas – Métodos de Ensayo.

Esta prueba consistió en obtener un peso inicial de la muestra de la probeta (Ph), posteriormente se colocó en el horno a temperatura constante de 103°C ± 3°C

hasta registrar un peso constante entre medidas separadas 24 h una de otra. Obtenido el peso constante se registra este último como peso anhidro (P_o). Seguido se emplea la siguiente ecuación para determinar el contenido de humedad.

$$CH = \left[\frac{Ph - P_o}{P_o} \right] \times 100$$

Donde:

CH: contenido de humedad, en %.

Ph: peso húmedo o inicial, en g.

Po: peso anhidro, en g.

4.3.6.11 Permeabilidad

La permeabilidad se evaluó con la prueba del tubo de Karsten, la cual se caracteriza por ser una prueba no destructiva y representar la condición real de la infiltración de un líquido a través de cierto material.

Para el procedimiento de esta prueba se siguió lo propuesto por Espinoza (2016) y lo establecido en el Manual del Tubo de Karsten para Ensayo de Penetración (TQC, 2017) lo cual se describe a continuación:

Se colocó un domo de 30 mm de diámetro unido a un tubo de vidrio graduado en la superficie de la probeta a evaluar y se procedió a sellarlo, por medio de plastilina adhesiva desmontable. Seguido, se vertió agua en la parte superior del tubo hasta la marca cero (Figura 18) y, se registró el descenso del nivel de agua (desde la marca cero) en intervalos de tiempo definidos, en este caso fueron 5, 15, 30 y 60 minutos. Cabe mencionar que, tan pronto como el nivel de agua disminuyó en 1 mL, rápidamente se procedió a rellenar de nuevo hasta la marca cero, para mantener una presión constante de agua alrededor de los 10 cm de columna de agua.



Figura 20. Método de ensaye de permeabilidad horizontal con el tubo de Karsten.
Fuente: (TQC, 2017)

4.3.6.12 Análisis estadístico

Con la finalidad de utilizar la prueba estadística más adecuada, para la comprobación de las hipótesis planteadas, se procedió a realizar una evaluación de la normalidad de los valores obtenidos de las variables analizadas. Dicha prueba permite determinar si es posible o no, rechazar la hipótesis nula que establece que los datos evaluados proceden de una población con distribución normal.

Así pues, para la comprobación de la normalidad de variables continuas, se procedió a utilizar la prueba Anderson-Darling, con ayuda del software MINITAB®. Dicha prueba compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada, si los datos son normales. Si la diferencia observada es adecuadamente grande, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en la población (Soto, 2017).

Una vez demostrada la normalidad o la no normalidad de los datos, se procedió a seleccionar los instrumentos estadísticos a utilizar para la evaluación de las hipótesis particulares. Así pues, se utilizó la prueba paramétrica t de dos muestras independientes para los casos donde las distribuciones muestrales se ajustan a una

distribución normal; mientras que para los casos donde las distribuciones muestrales no presentan una distribución normal, se optó por utilizar tanto la prueba paramétrica t de dos muestras independientes como la prueba no paramétrica equivalente, Mann Whitney.

La prueba t de dos muestras es una prueba de hipótesis de la diferencia entre medias de dos poblaciones independientes y con desviación estándar desconocida, utiliza la hipótesis nula de que la diferencia entre las medias de ambas poblaciones es igual al valor hipotético ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = \mu_0$), y la prueba comparándola con la hipótesis alternativa ($\mu_1 - \mu_2 \neq \mu_0$) (MINITAB, 2017).

Por otro lado, la prueba Mann Whitney es una prueba de hipótesis no paramétrica de la diferencia entre medianas de dos poblaciones independientes y con misma forma, utiliza la hipótesis nula de que las medianas de ambas poblaciones son iguales ($H_0: \eta_1 = \eta_2$), y la prueba comparándola con la hipótesis alternativa ($\eta_1 \neq \eta_2$) (MINITAB, 2017).

A partir de las pruebas de hipótesis se determinó si existe o no, una diferencia estadística significativa entre las poblaciones representadas por cada variable.

Por último, se procedió a obtener la correlación entre las variables. Se obtuvo el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson "r" para los casos donde las distribuciones muestrales se ajustan a una distribución normal; mientras que para los casos donde las distribuciones muestrales no presentan una distribución normal, se optó por obtener tanto el coeficiente de correlación de Pearson como el estadístico rho de Spearman.

El coeficiente de correlación de Pearson es un estadístico utilizado para medir el grado de relación lineal entre dos variables, el cual presupone un valor entre -1 y +1 (MINITAB, 2017).

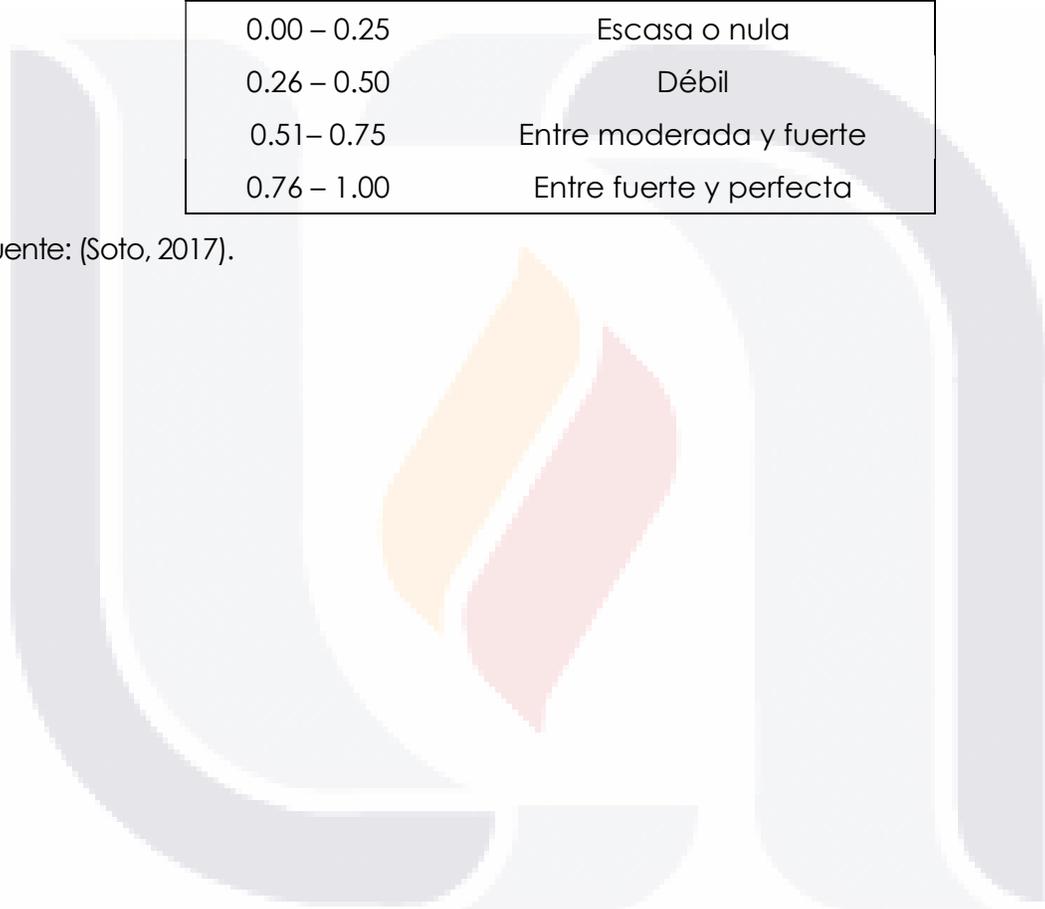
El estadístico Rho de Spearman es igualmente utilizado para medir la relación entre dos variables; sin embargo, éste se basa en los valores jerarquizados de cada variable y no en los valores de estas (Soto, 2017).

Ahora bien, una vez obtenidos los coeficientes de correlación, se procedió a obtener el coeficiente de determinación correspondiente, el cual ofrece una idea más clara de la magnitud de la relación entre las variables (Tabla 27).

Tabla 27. Rangos de r para la interpretación de los coeficientes de determinación.

Rango de r^2 / ρ^2	Interpretación de la Correlación
0.00 – 0.25	Escasa o nula
0.26 – 0.50	Débil
0.51– 0.75	Entre moderada y fuerte
0.76 – 1.00	Entre fuerte y perfecta

Fuente: (Soto, 2017).



TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

CAPITULO V: RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados de cada una de las etapas realizadas durante la campaña experimental, abarcando la investigación de campo, la prueba piloto y el trabajo experimental realizado.

5.1 Trabajo de Campo

Durante el trabajo de campo, mismo que se realizó con el objetivo de identificar los usos y costumbres de la adquisición, manipulación, construcción, resguardo y reutilización de la madera contrachapada empleada como material de cimbra en Aguascalientes, Ags., se realizaron dos entrevistas estructuradas a los sectores con mayor contacto con este material: el sector constructor conformado por el personal encargado de la manipulación y construcción de cimbras de *triplay* y, el sector comercial, conformado por las empresas comercializadoras de dicho material.

Ahora bien, en representación al sector constructor, se realizó una entrevista al Sr. Juan Rodríguez, carpintero destajista que cuenta con su propia empresa dedicada a la construcción de cimbras en todo tipo de obra. Su experiencia es de 28 años ejerciendo dicho oficio y fue de los primeros contratistas de cimbra que utilizaron el *triplay* en Aguascalientes; y al Ing. J. Jesús Bernal, ingeniero civil con experiencia en construcción y supervisión de obra.

Durante la entrevista, el Sr. Rodríguez (2017) aseguró que en Aguascalientes comúnmente no se utiliza otro material de cimbra distinto del *triplay* y el acero, siendo el primero de ellos, el más utilizado para construcciones de todo tipo, desde casas-habitación hasta puentes (Figura 21).



Figura 21. Cimbra de *triplay* en puente en construcción ubicado en Av. Aguascalientes y Lic. Adolfo López Mateos, al este de la ciudad de Aguascalientes, Ags., México.
Fuente: Obtención propia.

Ahora bien, el *triplay* que comúnmente se utiliza para cimbras cuenta con dimensiones de 1.22 x 2.44 m, tiene un espesor nominal de 15 mm, posee una sola cara pulida y, tiene un costo aproximado, al mayoreo, de \$408.00 M.N (Figura 22 y 23).

En cuanto a su vida útil, el Sr. Rodríguez (2017) comentó que, debido a las recientes exigencias en obra pública, solo le permiten reutilizar los tableros contrachapados en cimbra un máximo de cuatro veces. Sin embargo, según su experiencia este material puede llegar a reutilizarse hasta 10 veces.

Señaló igualmente, que la vida útil es únicamente medible de manera visual, con los múltiples usos "el *triplay* se va descascarando y abombando" (Rodríguez, 2017), cuando esto pasa el *triplay* deja de ser útil para cimbra aparente y pasa a su segundo uso, cimbra para acabado común, una vez que sus defectos físicos son cada vez más visibles, pasa a su tercer uso, el cual consiste en su empleo para la conformación de tarimas.

"En muchas ocasiones la vida útil depende básicamente del buen o mal uso que se le dé al *triplay* por parte de los oficiales carpinteros y ayudantes, principalmente en el descimbrado de los elementos de concreto y en el estibado y traslado de los moldes" (Bernal, 2017).



Figura 22. Lote de *triplay* nuevo con dimensiones de 1.22 x 2.44 m, de 15mm de espesor nominal, pulido a una sola cara.
Fuente: Obtención propia.



Figura 23. Trascara de hoja de *triplay* con manchas, poca calidad de pulido y pequeñas oquedades detectadas.
Fuente: Obtención propia.

Con respecto a los agentes desmoldantes, el Sr. Juan Rodríguez (2017) señaló que únicamente tiene experiencia utilizando aceite quemado (Figura 24) y

desmoldantes comerciales de base solvente (Figura 25). De igual manera, comentó, que el diésel es considerado un mal agente desmoldante ya que “tuesta” la madera, “la quema, la trueno completamente” (Rodríguez, 2017).



Figura 24. *Triplay* con aceite quemado empleado como agente desmoldante, resguardado para futuro re-úso.
Fuente: Obtención propia.

“Últimamente, en todas las obras del Gobierno del Estado, la obra pública, normalmente están pidiendo desmoldante. Anteriormente, si usted ve las casas, están llenas de aceite, se usaba aceite quemado; o en las obras particulares todavía se usa aceite quemado” (Rodríguez, 2017).

El Sr. Rodríguez (2017) relató que, en construcciones privadas donde se requiera acabado común y, siempre y cuando el supervisor lo autorice, si es posible emplear el aceite quemado, con la finalidad de no incrementar mucho el costo del cimbrado.



Figura 25. Tambo de 200 L de agente desmoldante base solvente marca PASA®.
Fuente: Obtención propia.

En cuanto a los desmoldantes comerciales, los más utilizados son los de base solvente, debido a que los “base de agua no sirve para nada” (Rodríguez, 2017) ya que el *triplay* absorbe fácilmente el agua y, por ende, no rinden lo suficiente. En el caso del agente desmoldante base solvente de la Figura 18, tanto su ficha técnica como la experiencia del entrevistado indican un rendimiento de 3 a 5 m²/L.

Ahora bien, tanto el desmoldante base solvente como el aceite quemado, son comúnmente aplicados al *triplay* “con trapeador, con rodillo, con brocha, como sea” (Rodríguez, 2017), únicamente tomando en consideración la rapidez y facilidad de la aplicación. Por lo que respecta a la aplicación por medio de aspersión, es considerada poco útil y práctica, ya que los agentes desmoldantes suelen ser muy espesos y se requeriría diluir el desmoldante.

En cuanto a su costo, un tambo de 200 litros de agente desmoldante de base aceite marca “PASA®” tiene un precio aproximado de \$7,400.00; mientras que el aceite quemado, es comúnmente encontrado en talleres mecánicos, donde se puede conseguir regalado o bien, a un precio de aproximadamente \$300 por tambo.

Por otra parte, en representación al sector comercial, se realizó una entrevista al Ing. Salvador Fernández de Castro, director general de "Industrial Maderera San Marcos S.A. de C.V.", una empresa local con más de 46 años de experiencia en la comercialización de productos de madera, entre ellos el *triplay*.

Durante la entrevista, el Ing. Fernández (2017) aseguró que no comercializa *triplay* para cimbra de origen nacional, pese a su buena calidad, debido a que es costoso; por lo que la madera contrachapada que se vende en Aguascalientes, es mayormente importada de países como Estados Unidos, Chile, Brasil e inclusive Uruguay.

El *triplay* para cimbra disponible normalmente en el mercado, es tres espesores nominales: 12, 15 y 18 mm, los cuales cuentan con 5 o 7 chapas; sin embargo, el más solicitado es el de 15mm. En cuanto a su origen, todos son de pino, con excepción de algunos que tienen un pequeño porcentaje de Eucalipto (Fernandez de Castro, 2017).

Los precios de este material son susceptibles al cambio sin previo aviso, ya que dependen directamente del dólar. Al día 12 de junio de 2017, fecha en la que se realizó la entrevista, el *triplay* para cimbra de 12 mm presentó un precio de \$376.72, el de 15 mm de \$460.30 y el de 18mm de 567.30, IVA incluido.

El Ing. Fernández (2017) comentó que el *triplay* se clasifica de acuerdo al aspecto y calidad de su cara, ya que su trascara suele ser de la menor calidad.

"La clasificación de los *triplay* es por abecedario. A, B, C y D. La cara A es la que no trae detalles prácticamente, una chapa totalmente sana y limpia; en el *triplay* B la cara viene con algún detalle, pero viene resanado, incluso buscando que no se note el detalle en la veta, trae algunos parches, pero se le busca incluso que la veta coincida para que a simple vista no se vea; el C acepta estos mismos detalles resanados, pero más cantidad de detalles por metro cuadrado o por cara del *triplay* y, el D definitivamente ya no viene ni resanado, viene tal cual la chapa." (Fernandez de Castro, 2017).

El Ing. Fernández (2017) señaló que, de acuerdo con esta clasificación, el *triplay* de una cara C es adecuado para cimbras, ya que carece de nudos y sus resanes son prácticamente imperceptibles (Figura 26); de igual manera, mencionó que es importante también verificar que se trate de *triplay* para exterior, es decir, que cuente con adhesivo impermeable. La clase de adhesivo que une las chapas de la hoja de *triplay* se puede verificar de manera visual, ya que, si se trata de adhesivo impermeable, éste se aprecia como un pequeño hilo negro entre cada una de las chapas (Figura 27).



Figura 26. Lote de *triplay* de 18 mm con cara y trascara de calidad C, de origen uruguayo.
Fuente: Obtención propia.



Figura 27. Corte transversal de una hoja de *triplay* donde se observan las cinco chapas que lo conforman unidas por el adhesivo impermeable de color negro entre cada chapa.
Fuente: Obtención propia.

Durante esta entrevista se confirmó que la vida útil del *triplay* suele decidirse a partir de la evaluación visual de su cara y canto, ya que con la humedad del concreto se puede generar una formación de burbujas de aire (Fernandez de Castro, 2017);

igualmente el Ing. Fernández señaló que un *triplay* de buena calidad y con una manipulación cuidadosa puede llegar a reutilizarse un máximo de 10 veces.

En cuanto a su resguardo, el *triplay* debe de estar siempre bajo techo y sobre tarimas, para evitar en lo posible, el contacto con la humedad del suelo y del ambiente.

Por otra parte, el Ing. Fernández se mostró convencido de que el motivo por el cual el sector constructor de cimbras adquiere, con mayor frecuencia, el *triplay* de menor costo se debe a la “falta de cultura en el manejo de productos” (Fernandez de Castro, 2017); ya que, comentó, “en las obras no se cuida el material, menos la madera, entonces si no se les da un uso adecuado, trato adecuado, sobre todo al descimbrar, lo dañan” (Fernandez de Castro, 2017), lo que conlleva a menos reúsos del material, necesidad de mayor volumen y por consiguiente, la búsqueda por adquirir el producto más económico.

5.2 Prueba Piloto

En las Figuras 28-31 se presentan los resultados recabados de las pruebas de flexión estática, contenido de humedad y permeabilidad realizadas como parte de la prueba piloto. Los anexos C, D y E, muestran los datos de cada una de las pruebas.

Se observa que el módulo de elasticidad y la permeabilidad de la muestra 1, correspondiente a las evaluaciones realizadas inmediatamente después de su descimbrado, fueron inferiores a las de la muestra 2 correspondientes a las evaluadas después de un periodo de almacenamiento de 15 días. Por el contrario, el módulo de ruptura de la muestra 1 se mostró mayor al de la muestra 2. Ahora bien, ante estos resultados se procedió a realizar las pruebas estadísticas necesarias para determinar si las diferencias de medias entre ambas muestras son significantes.

Por otro lado, el contenido de humedad de ambas muestras fue menor al 18%, por lo que se determinó que las pruebas fueron realizadas en madera seca y por debajo del límite que se enmarca en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004).

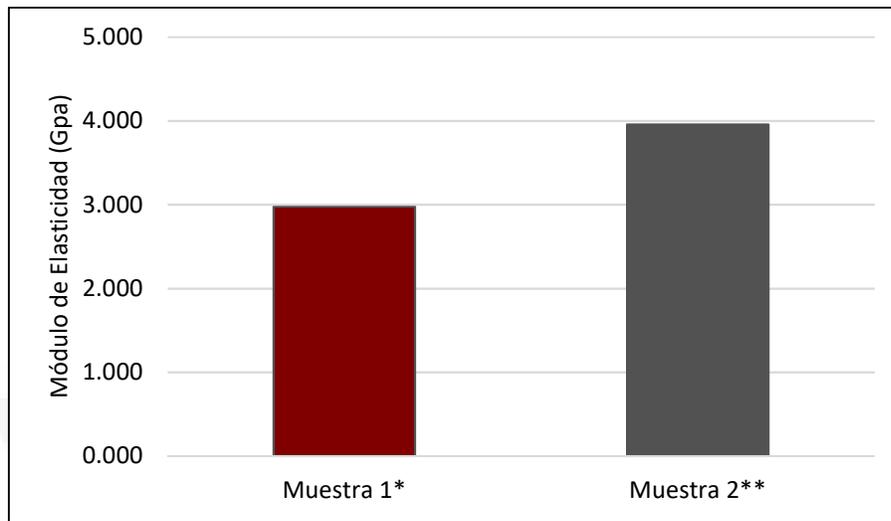


Figura 28. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en muestras 1 y 2 de prueba piloto.

*evaluada ante flexión estática inmediatamente después del descimbrado.

**evaluada después de 15 días de almacenamiento posteriores al descimbrado.

Fuente: Elaboración propia.

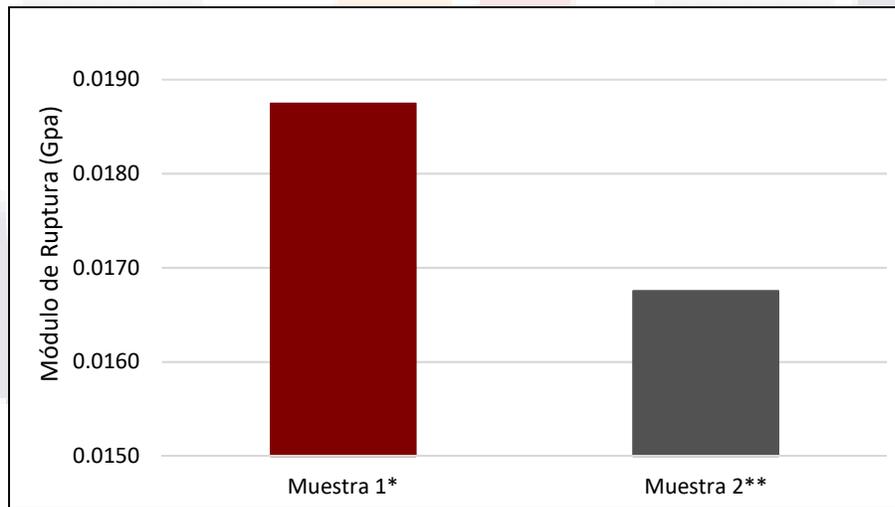


Figura 29. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en muestras 1 y 2 de prueba piloto.

*evaluada ante flexión estática inmediatamente después del descimbrado.

**evaluada después de 15 días de almacenamiento posteriores al descimbrado.

Fuente: Elaboración propia.

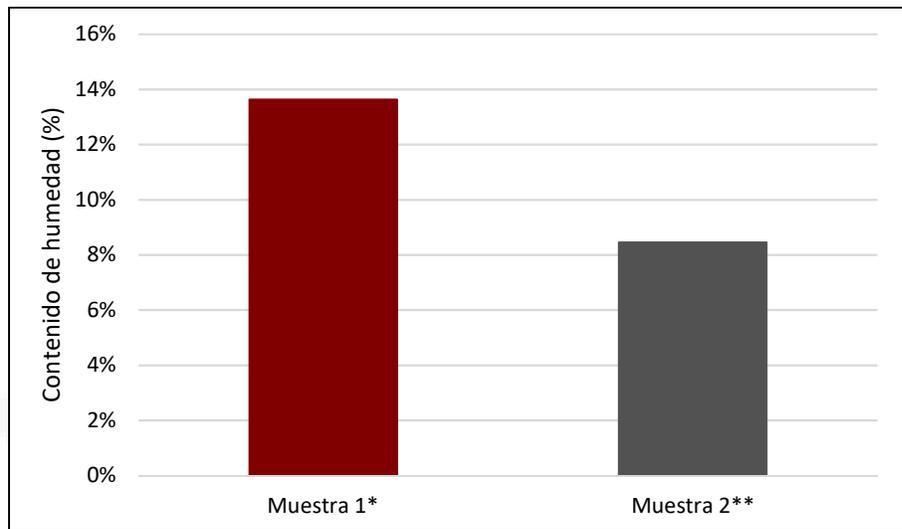


Figura 30. Media del contenido de humedad de probetas de muestras 1 y 2 de prueba piloto.

*evaluada inmediatamente después del descimbrado.

**evaluada después de 15 días de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia.

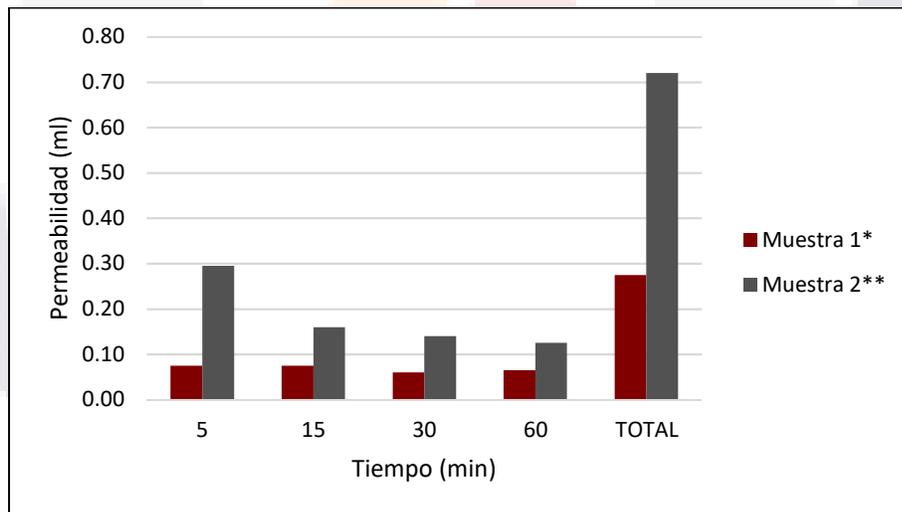


Figura 31. Media de prueba de permeabilidad de muestra 1 y 2 de prueba piloto.

*evaluada ante permeabilidad inmediatamente después del descimbrado.

**evaluada después de 15 días de almacenamiento posteriores al descimbrado.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Trabajo Experimental

5.3.1 Resultados del dimensionamiento de los tableros

En las Tablas 28-31 se presentan los resultados recabados del dimensionamiento de los tableros de madera contrachapados utilizados para las evaluaciones de resistencia a la flexión, contenido de humedad y permeabilidad.

Tabla 28. Dimensionamiento de tablero I.

Tablero I		
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
2441	1221	15.56
2440	1221	15.99
2440	1221	15.72
		15.9
Media	2440.33	1221.00
		15.79

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Dimensionamiento de tablero II.

Tablero II		
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
2441	1220	16.09
2440	1220	15.87
2440	1220	16.03
		15.87
Media	2440.33	1220.00
		15.97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Dimensionamiento de tablero III.

Tablero III		
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
2440	1220	15.15
2440	1220	15.47
2440	1220	15.84
		15.83
Media	2440.00	1220.00
		15.57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Dimensionamiento de tablero IV.

Tablero IV		
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
2440	1221	15.8
2440	1220	15.97
2440	1220	15.72
		16.79
Media	2440.00	1220.33
		16.07

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Resultados de los rendimientos de los productos desmoldantes

En las Tablas 32-35 y Figura 32, se presentan los resultados recabados sobre los rendimientos, costos y precios unitarios derivados de los dos productos desmoldantes evaluados ante su aplicación por medio de brocha y estopa.

Se observó que el consumo y el rendimiento total de ambos desmoldantes fue prácticamente el mismo. Ahora bien, el rendimiento de ambos productos se mostró mayor al utilizar brocha y, por ende, el costo por metro cuadrado que implican ambos productos es menor al elegir este método de aplicación.

Los anexos F y G, muestran los datos del consumo de desmoldantes durante el cimbrado y el desglose de precio unitario por concepto de aplicación de cada producto evaluado.

Tabla 32. Rendimientos de productos desmoldantes durante el procedimiento de cimbrado.

Método de Aplicación	Rendimiento (m²/L)	
	Aceite Quemado	PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente
Brocha	5.935	5.401
Estopa	3.295	3.503
TOTAL	4.238	4.249

Fuente: Elaboración propia.

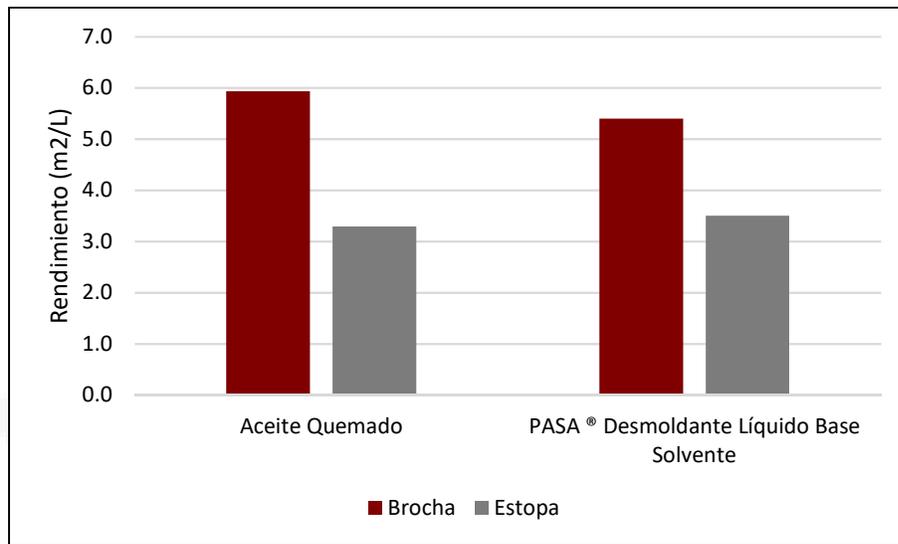


Figura 32. Rendimientos de productos desmoldantes según su método de aplicación.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Costos de productos desmoldantes utilizados.

	Costo Tambo	Capacidad de Tambo (L)	Costo por Litro
Aceite Quemado	\$300.00	200	\$1.50
Agente Desmoldante Base Solvente	\$7,400.00	200	\$37.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Costos por metro cuadrado de productos desmoldantes utilizados durante el procedimiento de cimbrado según método de aplicación.

Método de Aplicación	Costo / m ²	
	Aceite Quemado	PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente
Brocha	\$0.25	\$6.85
Estopa	\$0.46	\$10.56
TOTAL	\$0.35	\$8.71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Resumen de precios unitarios por concepto de aplicación de productos desmoldantes.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario
Aplicación de aceite quemado mediante brocha en cimbra. Incluye: materiales, herramienta y m.o.	M2	1	\$ 27.53
Aplicación de aceite quemado mediante estopa en cimbra. Incluye: materiales, herramienta y m.o.	M2	1	\$ 24.10
Aplicación de desmoldante líquido mediante brocha en cimbra. Incluye: materiales, herramienta y m.o.	M2	1	\$ 34.13
Aplicación de desmoldante líquido mediante estopa en cimbra. Incluye: materiales, herramienta y m.o.	M2	1	\$ 34.20

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Resultados de la resistencia a la flexión estática

En las Figuras 33-42 se presentan los resultados recabados de las pruebas de flexión estática realizadas, incluyendo sus indicadores de módulo de elasticidad y módulo de ruptura.

Se observó un comportamiento del módulo de elasticidad descendente a través de los usos consecutivos de la madera contrachapada como material de cimbra; con excepción del cuarto uso consecutivo el cual mostró una pequeña recuperación en el MOE.

Ahora bien, las probetas provenientes de muestras de madera contrachapada evaluadas post-cimbra manifestaron un MOE menor cuando se empleó el agente desmoldante comercial aplicado mediante estopa.

En cuando al módulo de ruptura, éste se manifestó de manera descendente a través de los usos consecutivos de la madera contrachapada como material de cimbra; con excepción del segundo uso consecutivo el cual mostró una pequeña recuperación.

Ahora bien, las probetas provenientes de muestras de madera contrachapada evaluadas post-cimbra manifestaron un MOR ligeramente menor cuando se empleó el agente desmoldante comercial; sin embargo, los métodos de aplicación no exhibieron una diferencia en esta propiedad.

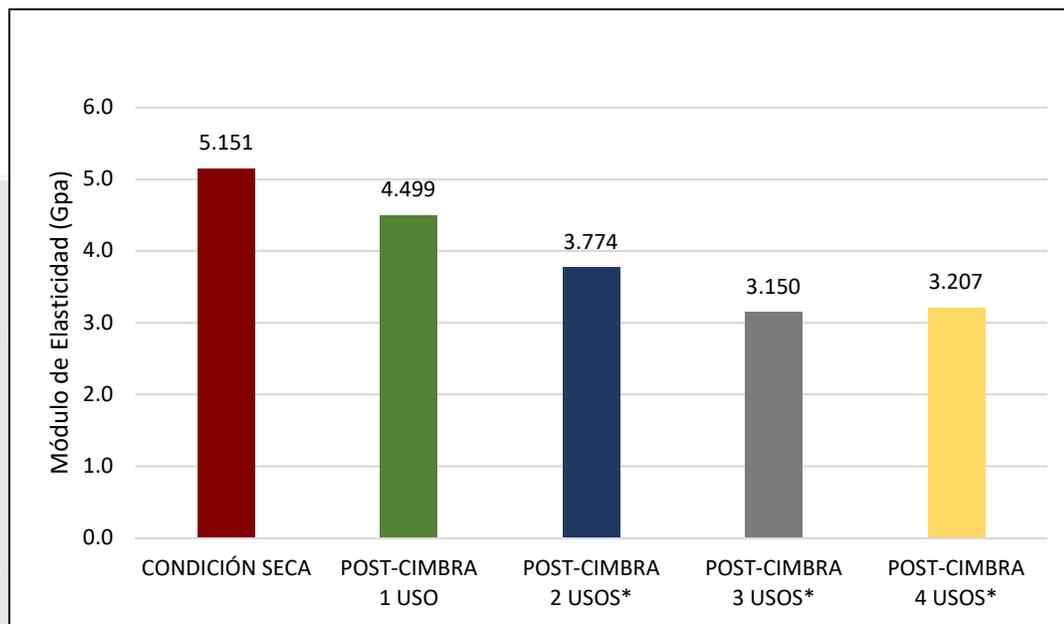


Figura 33. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

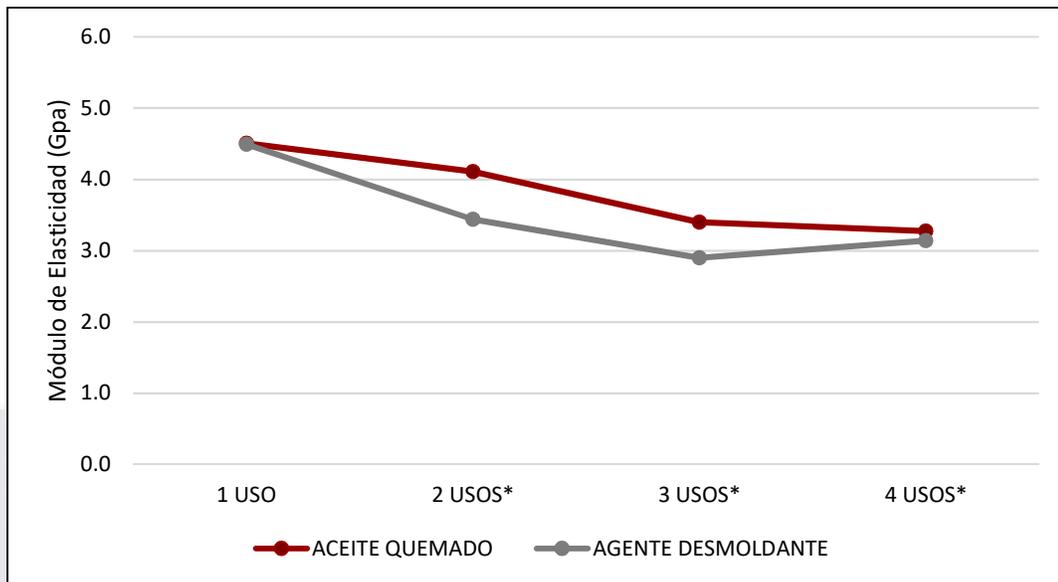


Figura 34. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado y agente desmoldante comercial.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

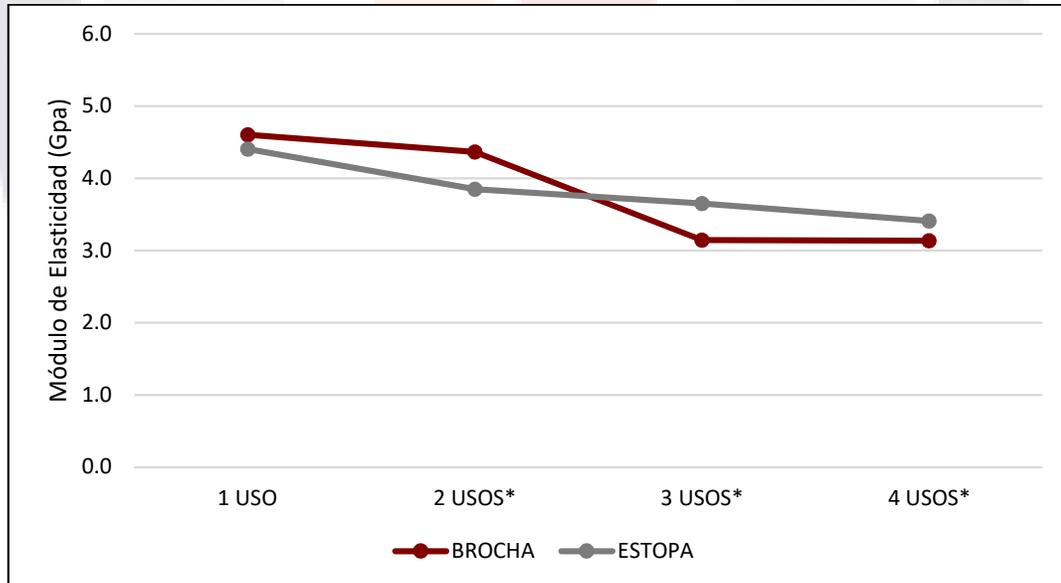


Figura 35. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado aplicado con brocha y con estopa.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

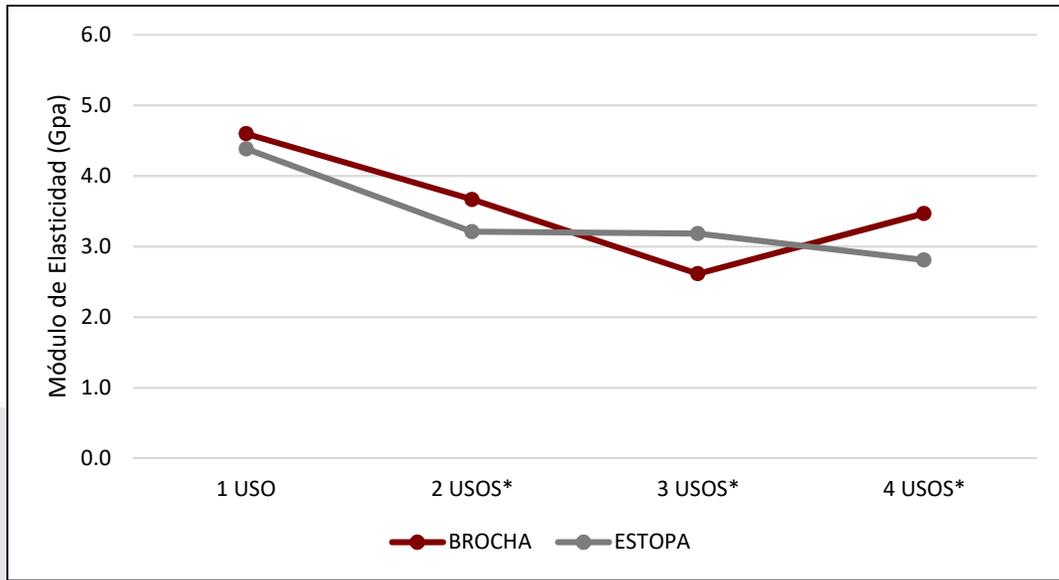


Figura 36. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando agente desmoldante comercial aplicado con brocha y con estopa.

*usos consecutivos previos a evaluación.
Fuente: Elaboración propia.

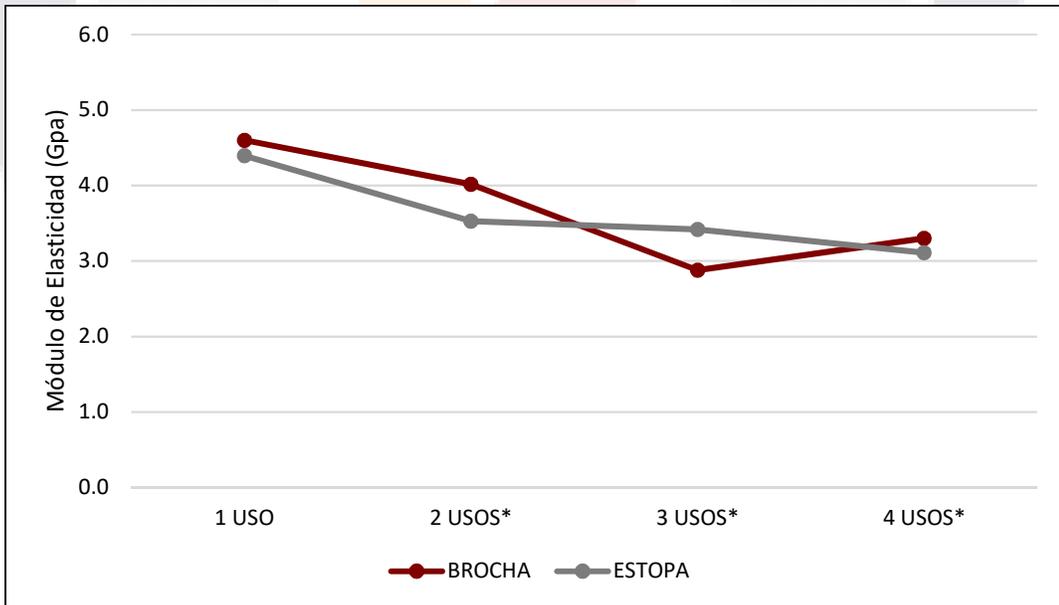


Figura 37. Medias del módulo de elasticidad resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra según el método de aplicación del material desmoldante.

*usos consecutivos previos a evaluación.
Fuente: Elaboración propia.

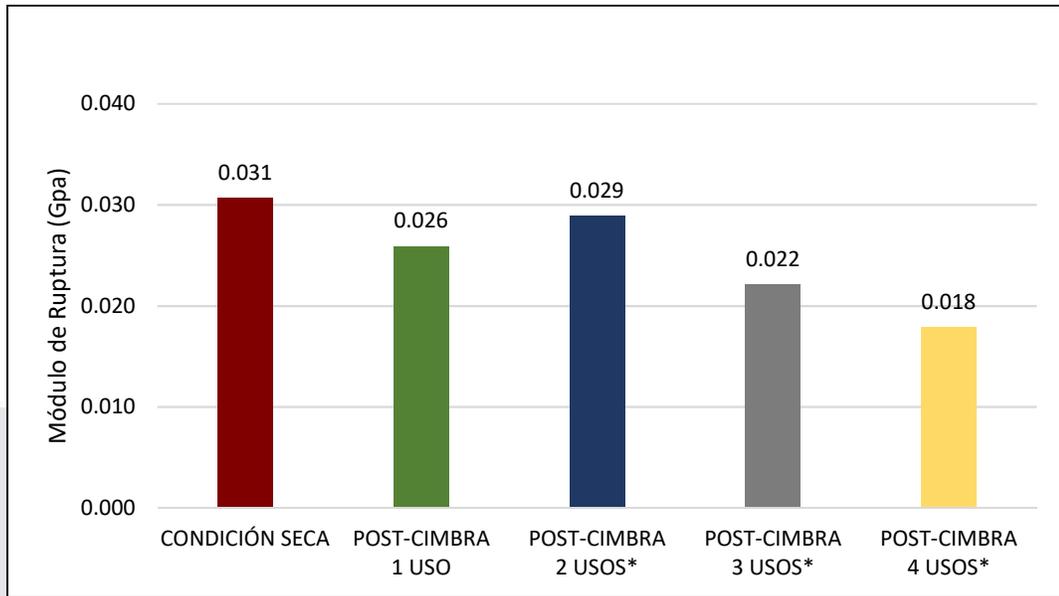


Figura 38. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

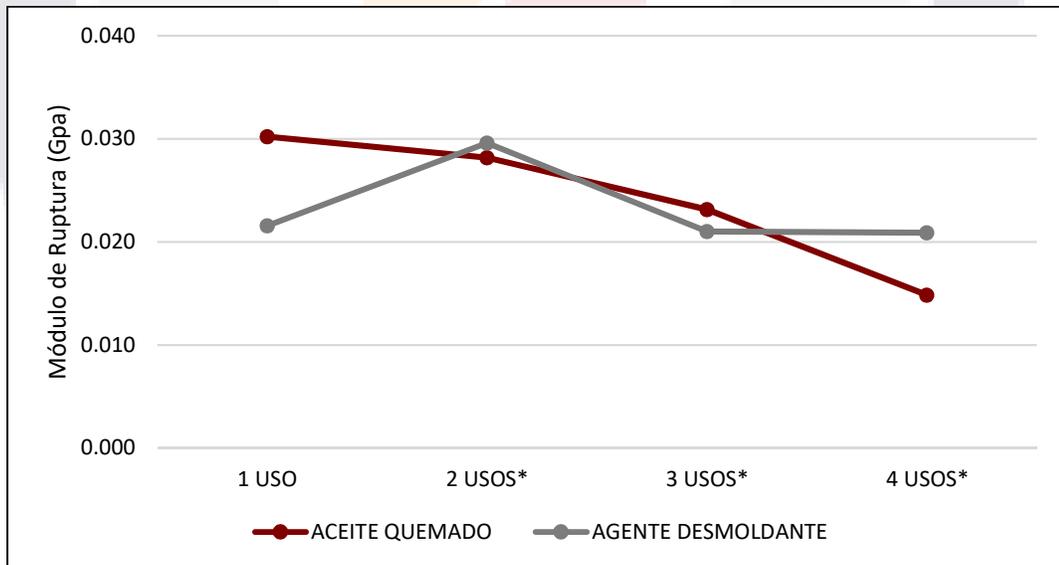


Figura 39. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado y agente desmoldante comercial.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

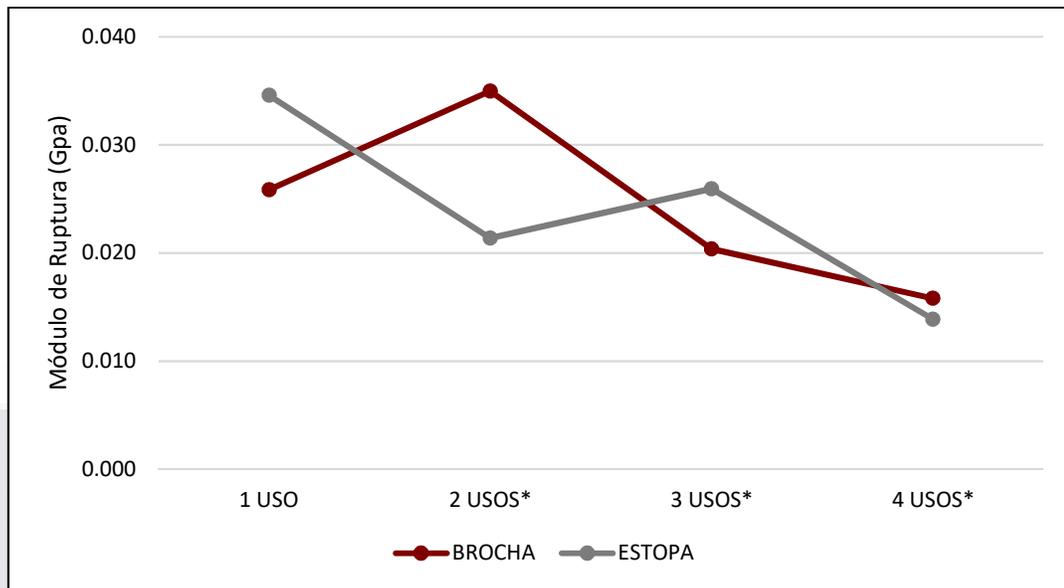


Figura 40. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado comercial aplicado con brocha y con estopa.
*usos consecutivos previos a evaluación.
Fuente: Elaboración propia.

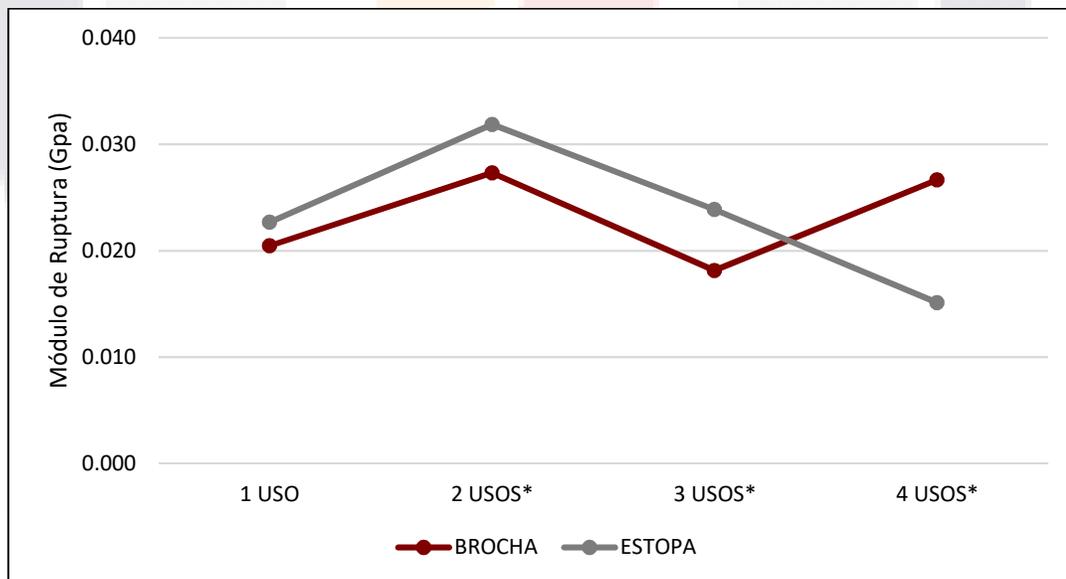


Figura 41. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando agente desmoldante comercial aplicado con brocha y con estopa.
*usos consecutivos previos a evaluación.
Fuente: Elaboración propia.

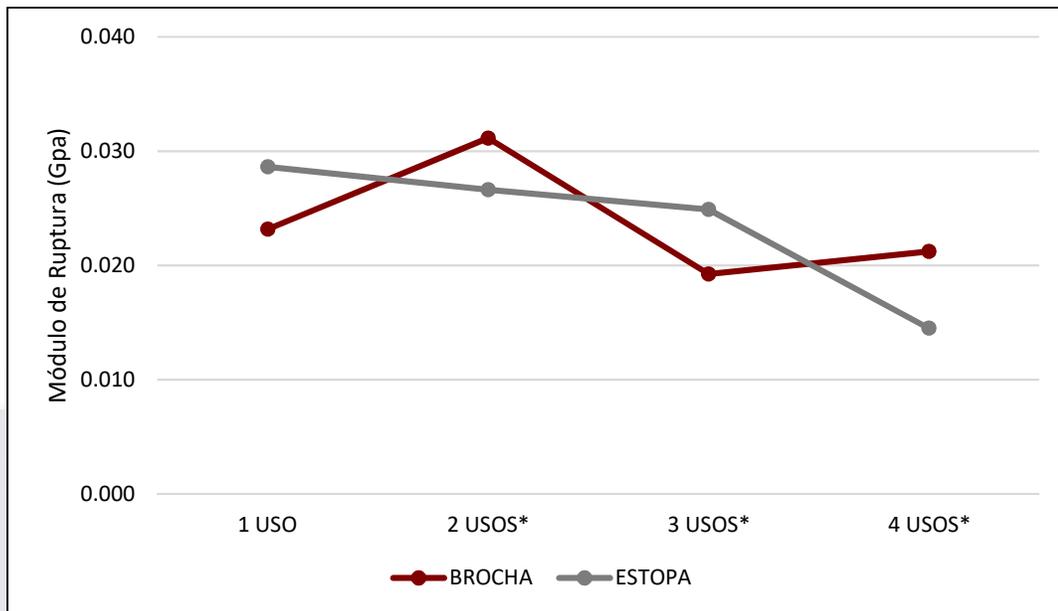


Figura 42. Medias del módulo de ruptura resultante de la prueba de resistencia a la flexión estática en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra según el método de aplicación del material desmoldante.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 Resultados del contenido de humedad

Por otro lado, el contenido de humedad de las probetas provenientes de las muestras en condición seca y en condición post-cimbra fue menor al 18% (Figura 43), por lo que se determinó que las pruebas fueron realizadas en madera seca y por debajo del límite que se enmarca en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (2004).

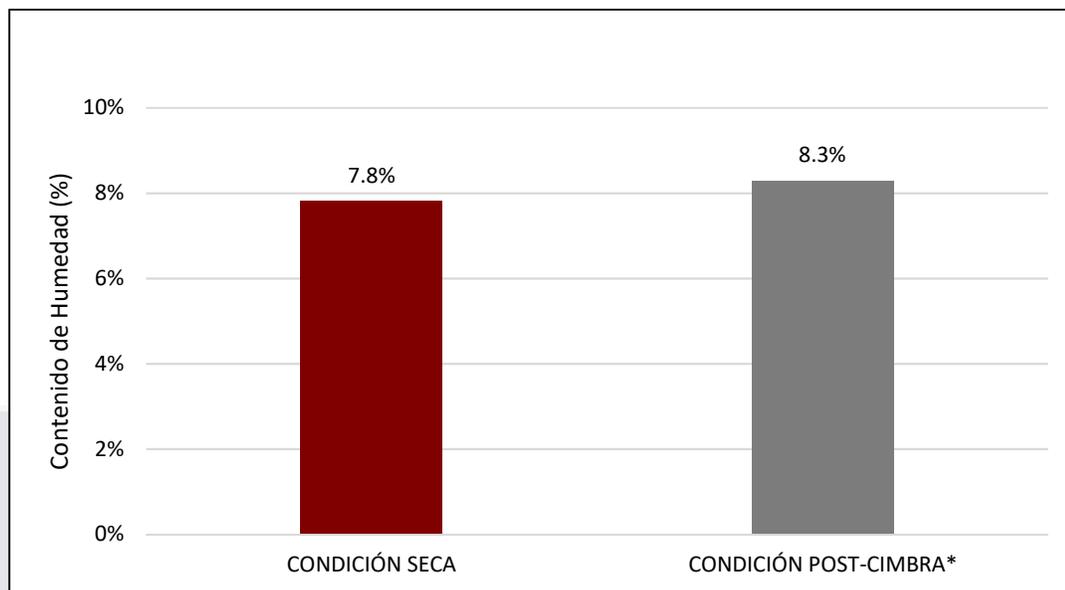


Figura 43. Medias del contenido de humedad obtenido de las probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.

*media incluye la evaluación desde un uso hasta el cuarto uso consecutivo.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5 Resultados de permeabilidad

En las Figuras 44-48 se presentan los resultados recabados de las evaluaciones de permeabilidad realizadas a través de la prueba del tubo de Karsten.

Se observó un comportamiento del volumen de agua penetrado en la superficie de la madera contrachapada descendente a través de los usos consecutivos de la madera contrachapada como material de cimbra; con excepción del tercer uso consecutivo el cual mostró una pequeña recuperación. Las probetas provenientes de muestras utilizadas como cimbra hasta cuatro ocasiones consecutivas mostraron una superficie 15.6 veces más impermeable que las probetas en condición seca.

Ahora bien, las probetas provenientes de muestras de madera contrachapada evaluadas post-cimbra presentaron una superficie más impermeable cuando se empleó el agente desmoldante comercial aplicado mediante brocha.

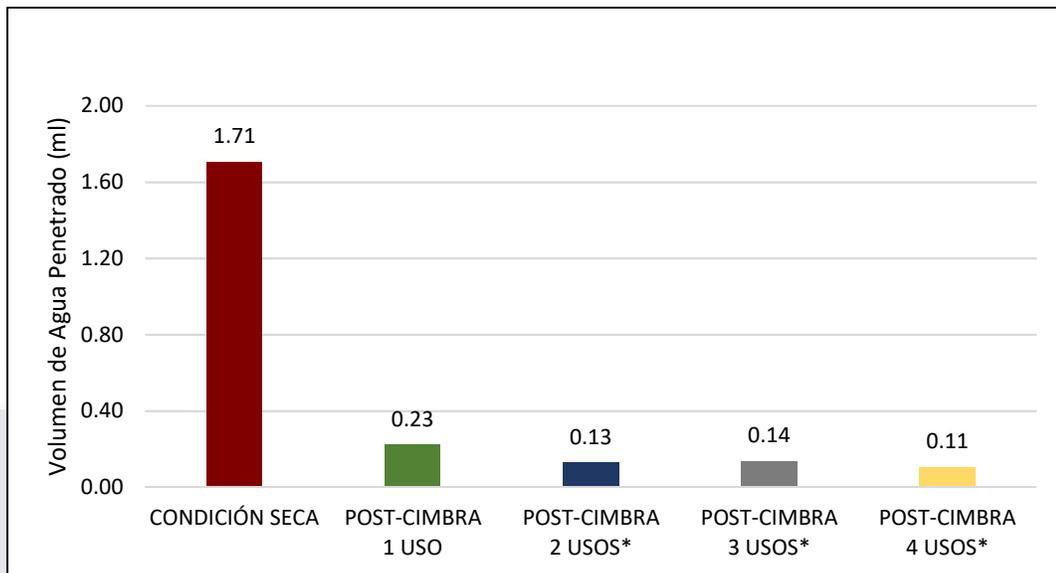


Figura 44. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición seca y post-cimbra.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

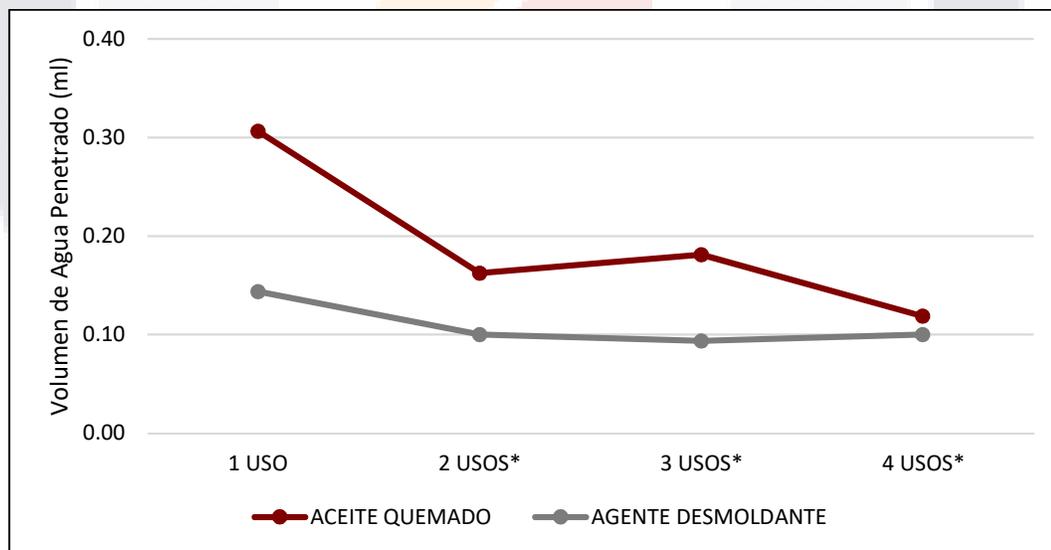


Figura 45. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado y agente desmoldante comercial.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

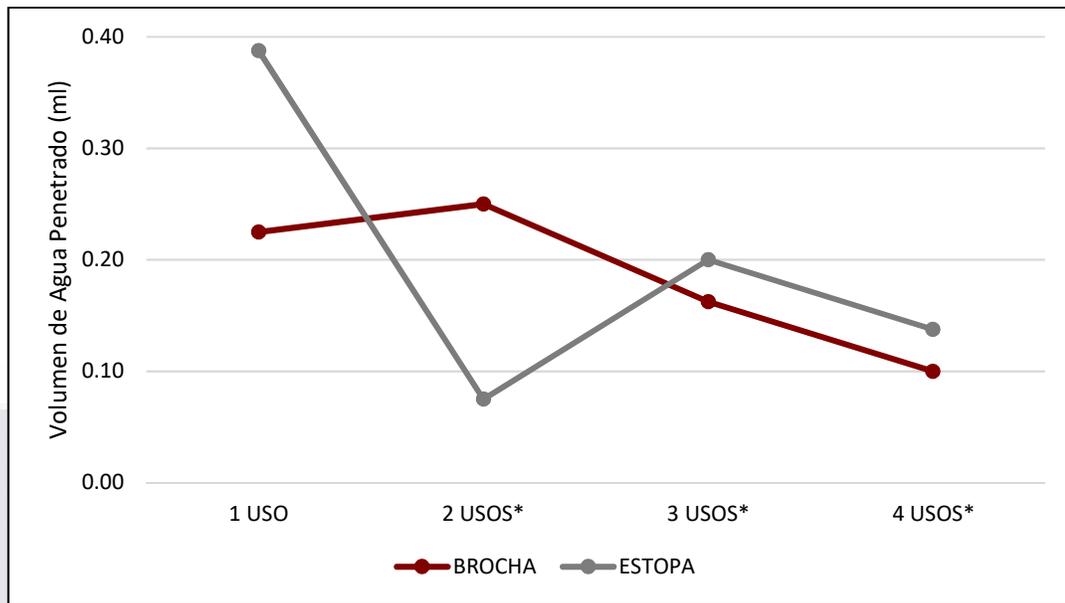


Figura 46. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando aceite quemado comercial aplicado con brocha y con estopa.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

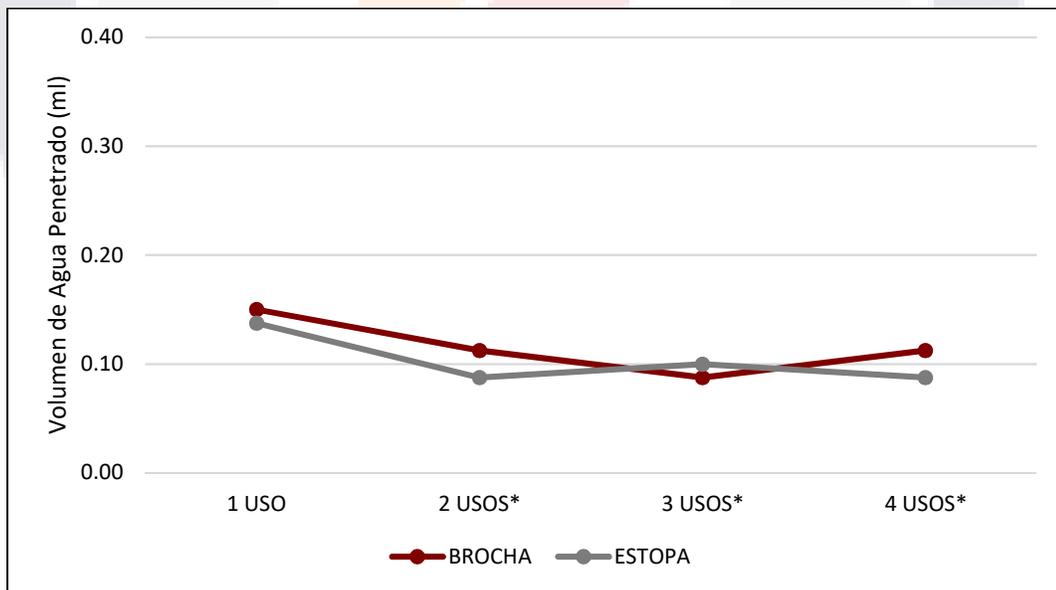


Figura 47. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra empleando agente desmoldante comercial aplicado con brocha y con estopa.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

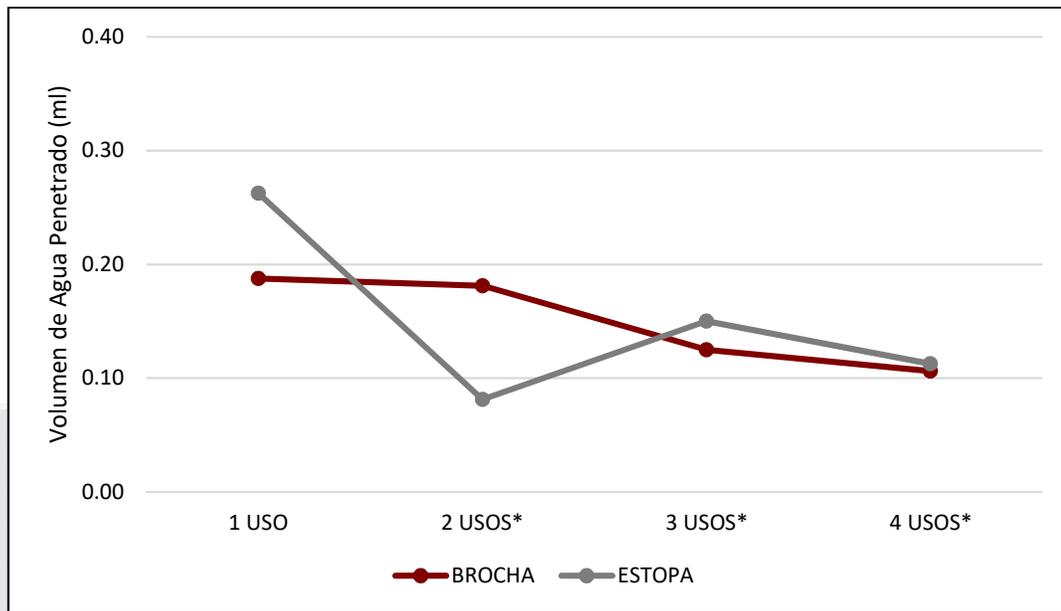


Figura 48. Medias de la permeabilidad, a través del volumen de agua penetrado en probetas de muestras de muestras de madera contrachapada evaluadas en condición post-cimbra según el método de aplicación del material desmoldante.

*usos consecutivos previos a evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO

VI

DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Trabajo De Campo

El *triply* para cimbras comúnmente utilizado en Aguascalientes es de origen extranjero, de tipo exterior, con un espesor nominal de 15mm y un precio aproximado de \$450.00; éste se caracteriza por contar con una sola cara lijada de calidad "C" conforme a la normativa mexicana y, una trascara lijada, pero con desperfectos que la hacen inservible para el cimbrado con acabado aparente en el concreto.

En cuanto a su vida útil, este material puede reutilizarse cuatro veces en obra pública y de ocho a diez veces en obra privada, dependiendo muchas veces del buen o mal uso que se le dé por parte del personal. Su reutilización se decide a partir de la evaluación visual de su superficie y bordes, realizada por el personal en obra encargado de la supervisión de calidad sea por parte del contratista o del cliente final. Ahora bien, es a partir de un adecuado resguardo y una cuidadosa manipulación, sobre todo al momento del descimbrado, que se puede lograr la prolongada vida útil de este material.

Por otra parte, los desmoldantes más comunes son el aceite quemado, pese a su impacto ecológico negativo, y los de base solvente. Ambos frecuentemente aplicados por medio de trapeadores, sin ninguna técnica especializada y sin consideración del bajo rendimiento que este método puede brindar.

Ahora bien, considerando los datos proporcionados por el Sr. Rodríguez en cuanto a precio y rendimiento del desmoldante base solvente, se obtiene un incremento en el precio de la cimbra, por el uso de éstos, de solamente \$9.25 por metro cuadrado cimbrado, lo cual justificaría su obligatoriedad ante el impacto ecológico negativo de usar aceite quemado.

6.2 Prueba Piloto

6.2.1 Comprobación de normalidad

Para proceder al análisis estadístico se comienza por la comprobación de la normalidad de los valores resultantes de las pruebas realizadas utilizando la prueba Anderson-Darling.

Primeramente, se plantearon las hipótesis nulas y alternativa para la determinación de la normalidad de la variable de estudio, considerando para la evaluación de todas las variables un nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Con base a lo anterior se desglosa a la variable dependiente: Vida útil, en sus indicadores de flexión estática y permeabilidad, donde la primera de ellas, a su vez, se desglosa en el resultante MOE y MOR. Evaluando así, la normalidad de seis componentes de la variable dependiente, MOR, MOE y permeabilidad de cada una de las muestras.

Variable Y_{p1}

H_0 : La variable dependiente " Y_{p1} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada" presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente " Y_{p1} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada" presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.711 \neq 0 y;

El valor $p=0.043 < \alpha = 0.05$ por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La variable dependiente “ Y_{p1} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada” presenta una distribución distinta normal.

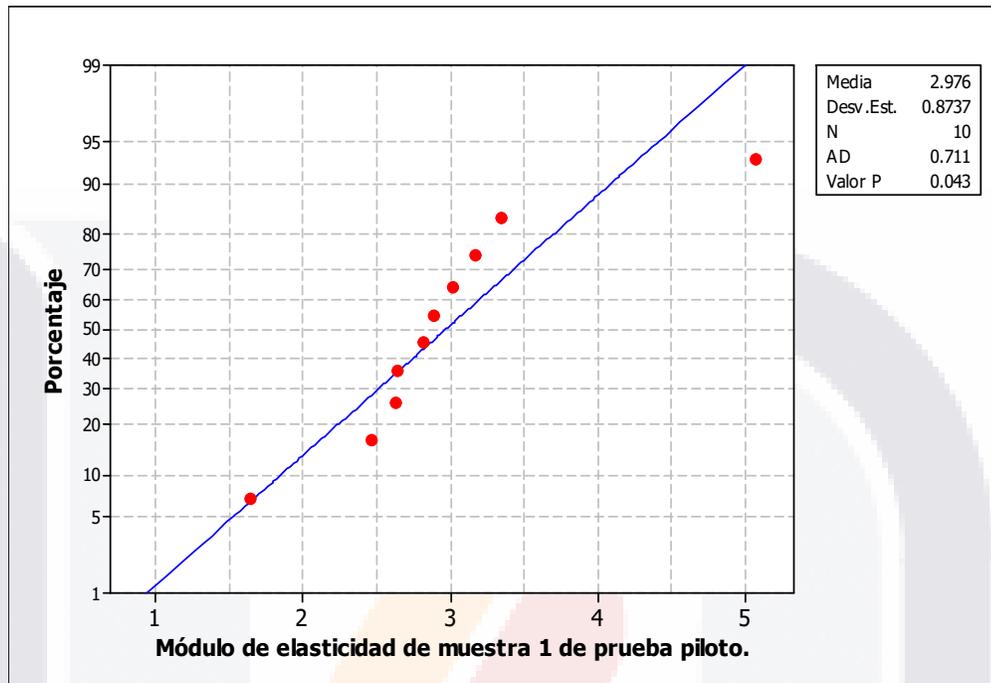


Figura 49. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “ Y_{p1} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y_{p2}

H_0 : La variable dependiente “ Y_{p2} : Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente “ Y_{p2} : Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.403 \neq 0 y;

El valor $p=0.288 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La variable dependiente “ Y_{p2} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

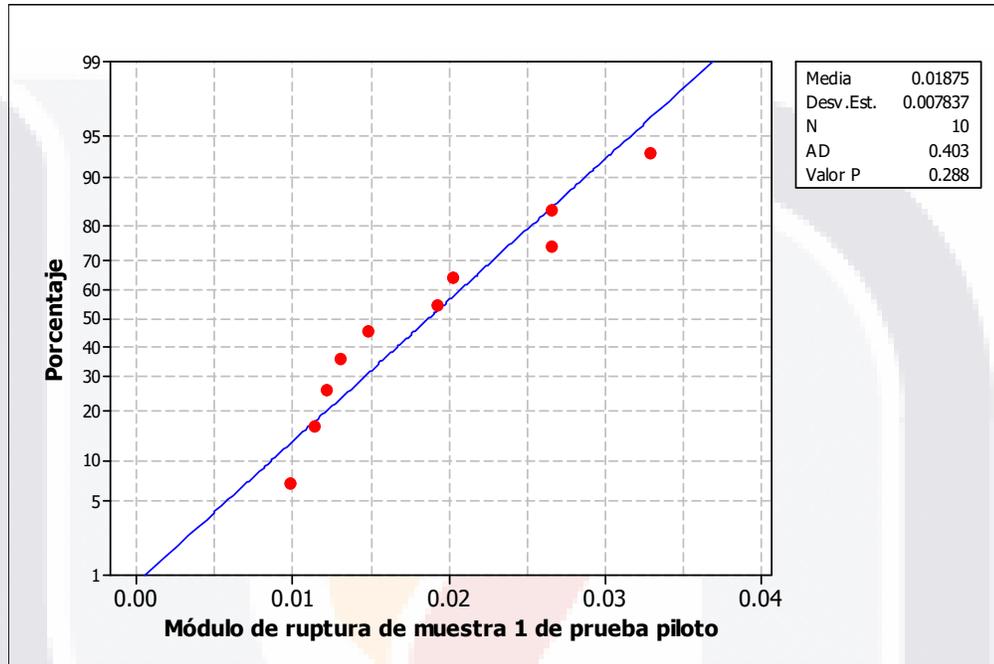


Figura 50. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “ Y_{p2} : Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y_{p3}

H_0 : La variable dependiente “ Y_{p3} : La permeabilidad de la madera contrachapada inmediatamente después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente “ Y_{p3} : La permeabilidad de la madera contrachapada inmediatamente después de ser descimbrada” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.227 \neq 0 y;

El valor $p=0.749 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La variable dependiente “ Y_{p3} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta inmediatamente después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

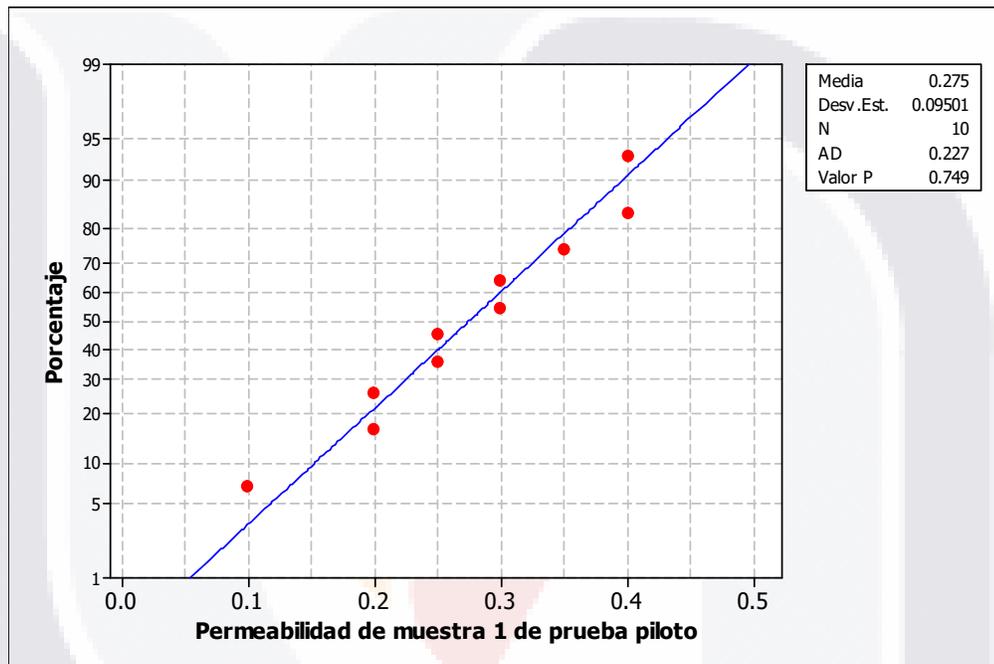


Figura 51. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “ Y_{p3} : La permeabilidad de la madera contrachapada inmediatamente después de ser descimbrada”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y_{p4}

H_0 : La variable dependiente “ Y_{p4} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente “ Y_{p4} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.399 \neq 0 y;

El valor $p=0.295 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

\therefore La variable dependiente “ Y_{p4} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

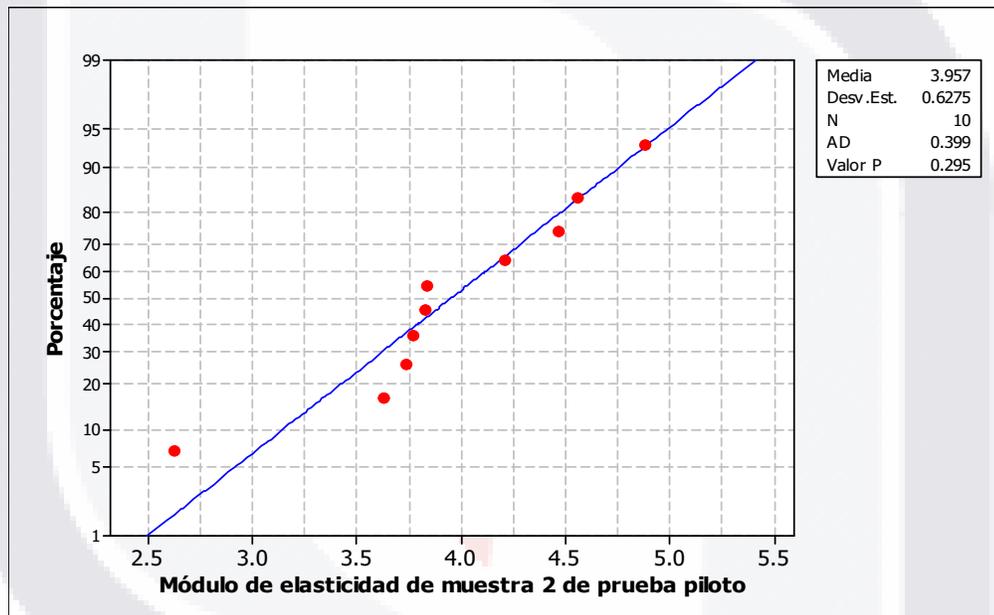


Figura 52. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “ Y_{p4} : Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y_{p5}

H_0 : La variable dependiente “ Y_{p5} : Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y_{ps}: Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.534 ≠ 0 y;

El valor p=0.125 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y_{ps}: Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada” presenta una distribución normal.

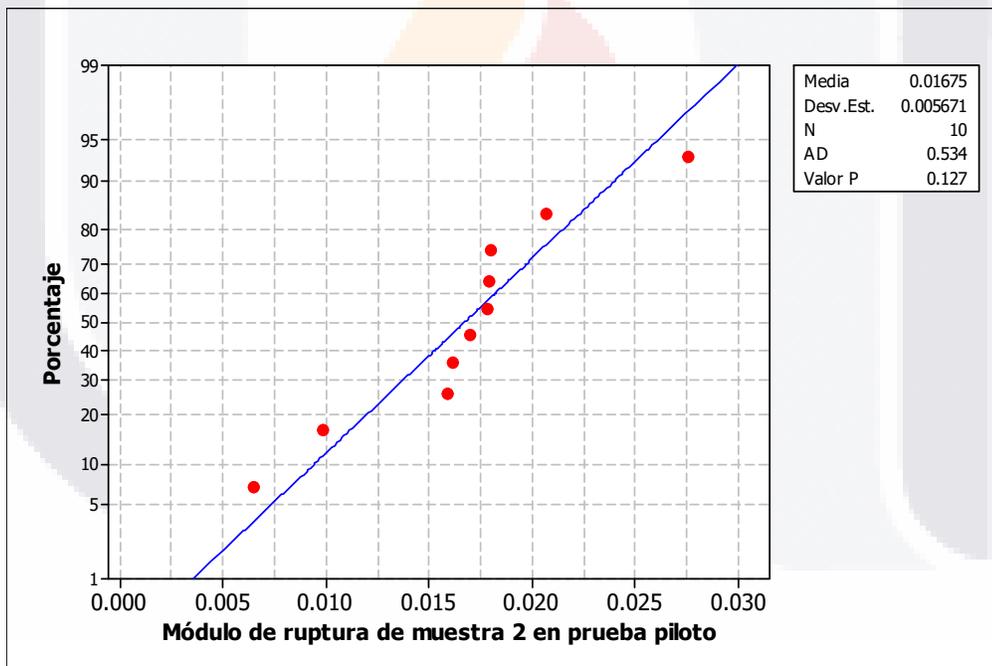


Figura 53. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y_{ps}: Módulo de ruptura de la madera contrachapada sujeta a flexión estática 15 días después de ser descimbrada”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y_{p6}

H_0 : La variable dependiente " Y_{p6} : La permeabilidad de la madera contrachapada 15 días después de ser descimbrada" presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente " Y_{p6} : La permeabilidad de la madera contrachapada 15 días después de ser descimbrada" presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.369 \neq 0 y;

El valor $p=0.354 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

\therefore La variable dependiente " Y_{p6} : La permeabilidad de la madera contrachapada 15 días después de ser descimbrada" presenta una distribución normal.

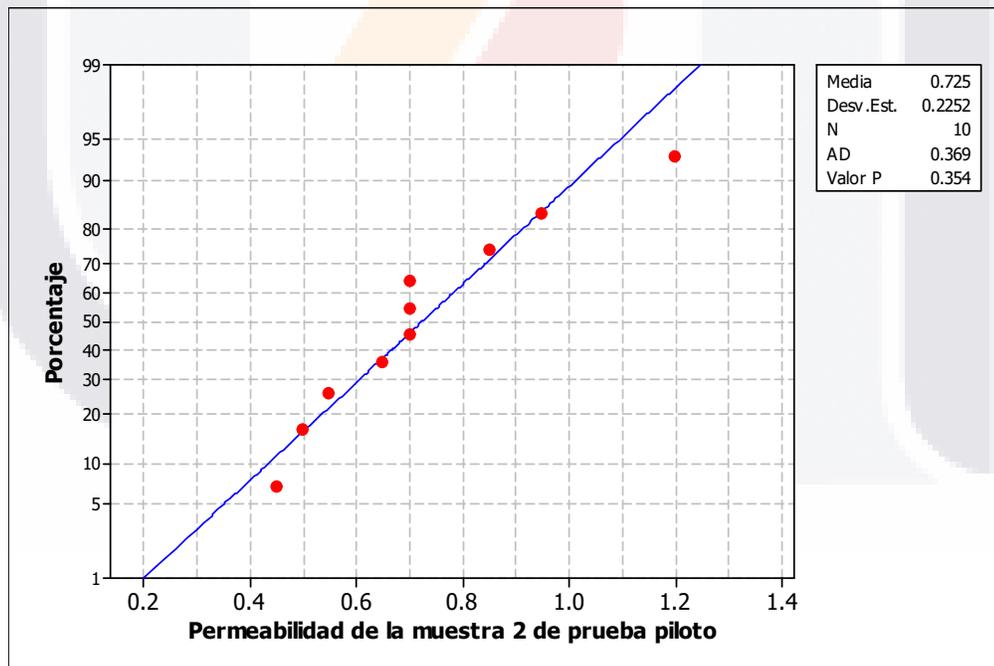


Figura 54. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente " Y_{p6} : La permeabilidad de la madera contrachapada 15 días después de ser descimbrada".

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Análisis estadístico de diferencia de medias

Una vez que se comprueba la normalidad de los datos, se procede a seleccionar el instrumento estadístico a utilizar para evaluar las hipótesis planteadas inicialmente. Ahora bien, si bien es cierto que la variable dependiente "Y₁: Módulo de elasticidad de la madera contrachapada sujeta a flexión estática inmediatamente después de ser descimbrada", mostró una distribución no normal, ésta fue cercana a alcanzar la normalidad y, se considera que, para el desarrollo de la fase experimental, aumentando el tamaño de la muestra, esta variable alcanzará su comportamiento normal.

Por lo anterior, se procede a seleccionar y realizar una prueba t de 2 muestras utilizando el software MINITAB®, la cual consiste en una prueba de hipótesis de la diferencia de medias de dos poblaciones con desviación estándar desconocida.

Primeramente, se plantearon las hipótesis nulas y alternativa para realizar la diferencia de medias de las variables sujetas a estudio, recordando las hipótesis previamente planteadas y, considerando la evaluación de todas las variables con un nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Recordando nuestra hipótesis nula previamente descrita:

Hipótesis H₁: La resistencia a la flexión de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no varía según el tiempo que ésta permanezca almacenada.

Se plantea la siguiente sub-hipótesis:

H_{0-1.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

$$H_{0-1.1}: \mu_1 - \mu_2 = \delta_0$$

H_{1-1.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

$$H_{1-1.1}: \mu_1 - \mu_2 \neq \delta_0$$

Tabla 36. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “H_{0-1.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada”.

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y_{p1}	10	2.976	0.874	0.28
Y_{p4}	10	3.957	0.627	0.20
Diferencia =			mu (Yp1) - mu (Yp4)	
Estimado de la diferencia:			-0.981	
IC de 95% para la diferencia:			(-1.702, -0.260)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	-2.88
			Valor P =	0.011
			GL =	16

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Dado que:

El valor $p=0.011 < \alpha = 0.05$ por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H_{0-1.1}.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra y evaluada inmediatamente después a flexión estática y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra y almacenada durante 15 días antes de su evaluación ante flexión estática, es estadísticamente significativa.

Ahora bien, continuando con nuestra hipótesis H_1 , se plantea, igualmente, la siguiente sub-hipótesis:

$H_{0-1.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

$$H_{0-1.2}: \mu_1 - \mu_2 = \delta_0$$

$H_{1-1.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

$$H_{1-1.2}: \mu_1 - \mu_2 \neq \delta_0$$

Tabla 37. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " $H_{0-1.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y_{p2}	10	0.01875	0.00784	0.0025
Y_{p5}	10	0.01675	0.00567	0.0018
Diferencia =			mu (Y _{p2}) - mu (Y _{p5})	
Estimado de la diferencia:			0.00199	
IC de 95% para la diferencia:			(-0.00449, 0.00848)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	0.65
			Valor P =	0.524
			GL =	16

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Dado que:

El valor $p=0.524 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula $H_{0-1.2}$.

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

La diferencia entre la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra y evaluada inmediatamente después a flexión estática y la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra y almacenada durante 15 días antes de su evaluación ante flexión estática, no es estadísticamente significativa.

Ahora bien, en cuanto a nuestra segunda hipótesis planteada:

Hipótesis H₂: La permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no varía según el tiempo que ésta permanezca almacenada.

H₀₋₂: La permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

$$H_{0-2}: \mu_1 - \mu_2 = \delta_0$$

H₁₋₂: La permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

$$H_{1-2}: \mu_1 - \mu_2 \neq \delta_0$$

Tabla 38. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para Hipótesis H₀₋₂: La permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, no varía según el tiempo que ésta permanezca almacenada.

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y _{p3}	10	0.2750	0.0950	0.0300
Y _{p6}	10	0.7250	0.2250	0.0710
Diferencia =			mu (Y _{p3}) - mu (Y _{p6})	
Estimado de la diferencia:			-0.4500	
IC de 95% para la diferencia:			(-0.6184, -0.2816)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	-5.82
			Valor P =	0.000
			GL	12

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Dado que:

El valor $p=0.000 < \alpha = 0.05$ por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra, cambia conforme el tiempo que ésta permanezca almacenada.

La diferencia entre la media de la permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra y evaluada inmediatamente y la media de la permeabilidad de la madera contrachapada empleada previamente en cimbra y almacenada durante 15 días antes de su evaluación, es estadísticamente significativa.

Con base a lo anterior, se determina que, para obtener los valores más críticos de la madera contrachapada previamente utilizada como material de cimbra, es necesario evaluar ante flexión estática y permeabilidad después de un período de almacenaje de dicho material.

Tanto el módulo de elasticidad de la madera contrachapada, así como su propiedad de permeabilidad cambian con respecto al tiempo de almacenaje y que, en efecto, las pruebas realizadas después de un periodo de 15 días de almacenamiento de este material, muestran una media superior a las pruebas realizadas inmediatamente después del descimbrado.

Por otra parte, el módulo de ruptura de este material, muestran que no hay diferencia significativa con respecto al momento de evaluación a flexión estática; es decir, el almacenamiento de la madera contrachapada después de ser descimbrada no representa un cambio en la media del módulo de ruptura.

Por todo lo anterior, para el trabajo experimental se procede a realizar el procedimiento de cimbrado iterativo correspondiente de manera continua y la ejecución de las pruebas tanto a flexión estática como a permeabilidad se realiza después de un periodo de almacenaje.

6.3 Trabajo Experimental

6.3.1 Comprobación de normalidad

Para proceder al análisis estadístico necesario para la comprobación o rechazo de las hipótesis del trabajo planteadas en el diseño de la campaña experimental, es necesario comprobar el comportamiento normal de los resultados de las variables medidas.

Con base a lo anterior, se procede a utilizar el software MINITAB®, tomando en cuenta una prueba que este programa facilita para la comprobación de la normalidad de variables continuas, la prueba de normalidad de Anderson-Darling.

Primeramente, se plantearon las hipótesis nulas y alternativas para la determinación de la normalidad de la variable de estudio, considerando para la evaluación de todas las variables un nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Variable Y_1

H_0 : La variable dependiente " Y_1 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso" presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente " Y_1 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso" presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.171 \neq 0 y;

El valor $p=0.915 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

\therefore La variable dependiente " Y_1 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso" presenta una distribución normal.

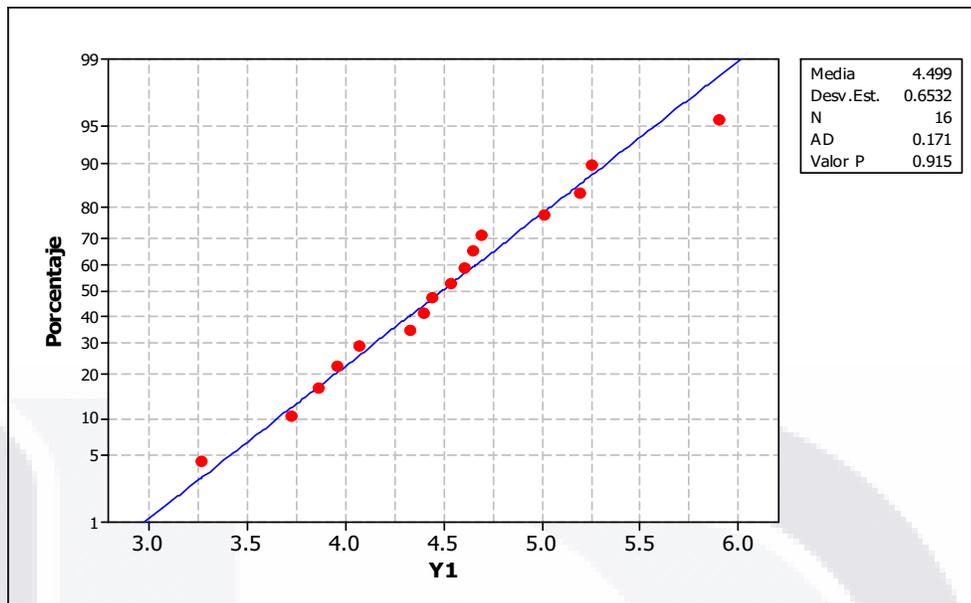


Figura 55. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₂

H₀: La variable dependiente “Y₂: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₂: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.359 ≠ 0 y;

El valor p=0.406 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₂: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos” presenta una distribución normal.

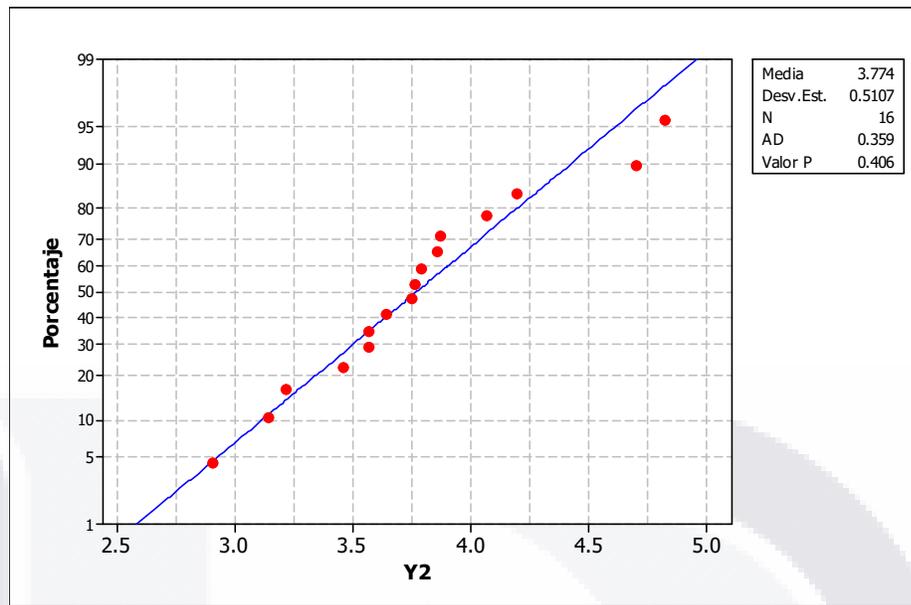


Figura 56. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₂: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₃

H₀: La variable dependiente “Y₃: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₃: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.226 ≠ 0 y;

El valor p=0.782 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₃: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos” presenta una distribución normal.

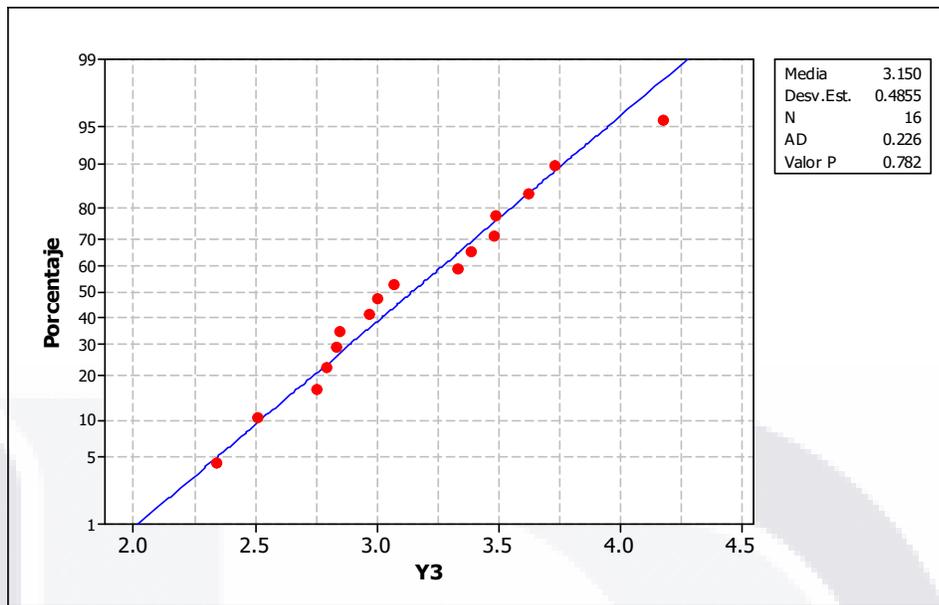


Figura 57. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₃: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₄

H₀: La variable dependiente “Y₄: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₄: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.294 ≠ 0 y;

El valor p=0.556 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₄: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos” presenta una distribución normal.

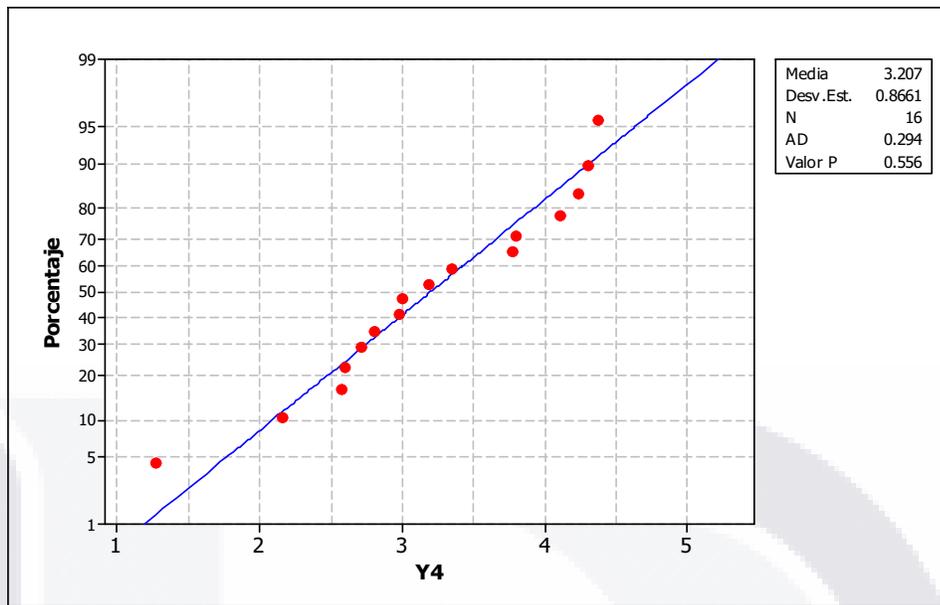


Figura 58. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y4: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₅

H₀: La variable dependiente “Y₅: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₅: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.169 ≠ 0 y;

El valor p=0.928 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₅: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante” presenta una distribución normal.

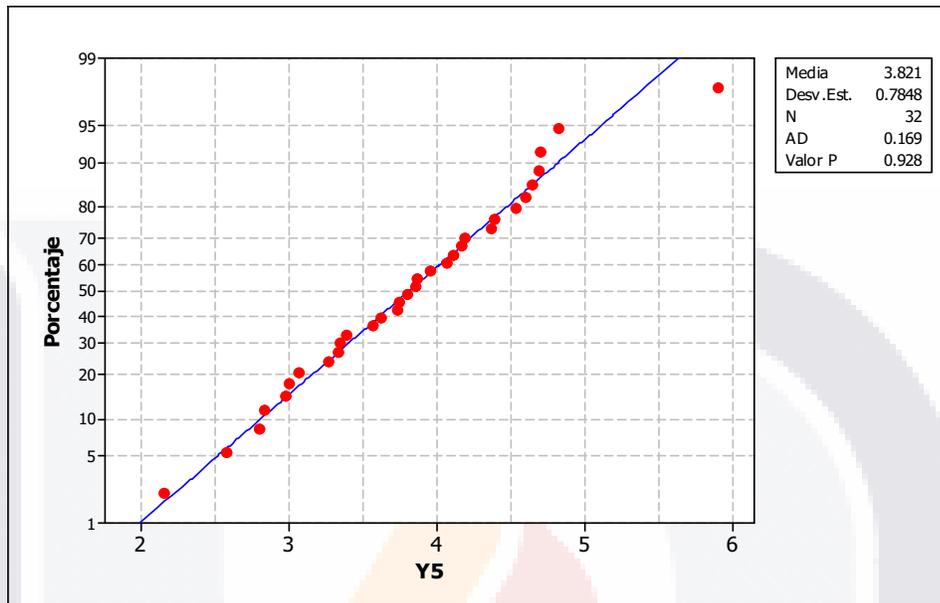


Figura 59. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₅: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₆

H₀: La variable dependiente “Y₆: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₆: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.279 ≠ 0 y;

El valor $p=0.624 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La variable dependiente “ Y_6 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución normal.

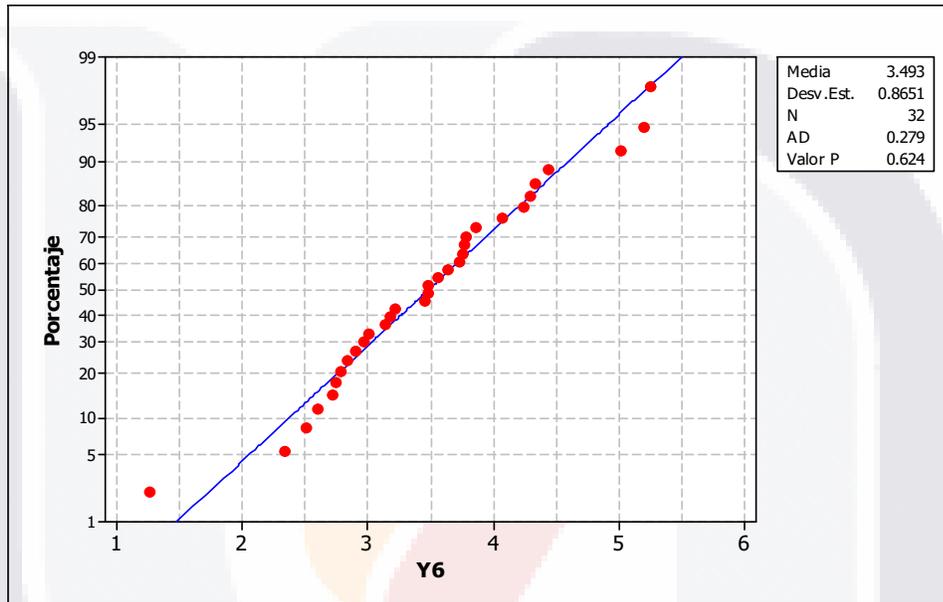


Figura 60. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “ Y_6 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y_7

H_0 : La variable dependiente “ Y_7 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente “ Y_7 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.368 \neq 0 y;

El valor $p=0.410 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

\therefore La variable dependiente "Y₇: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha" presenta una distribución normal.

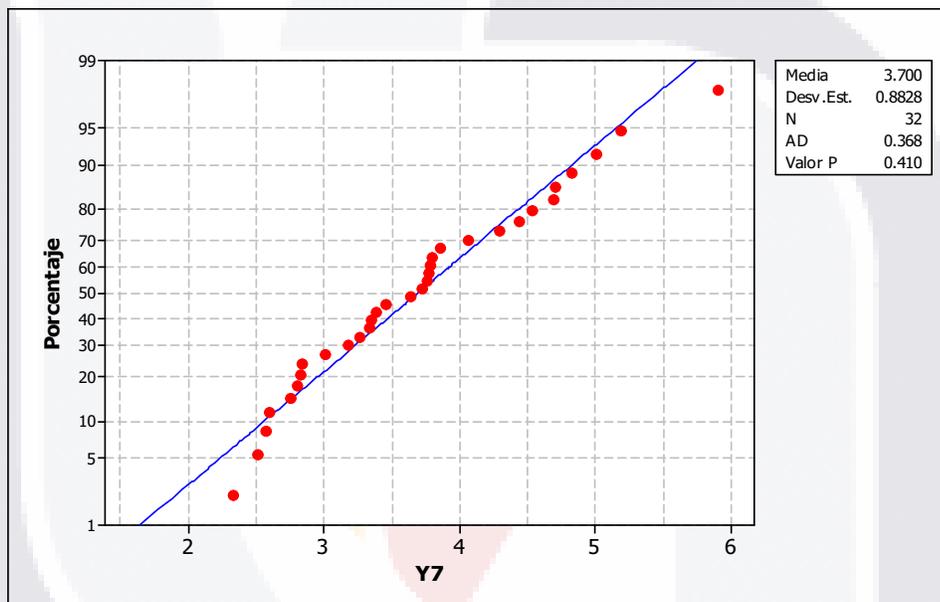


Figura 61. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₇: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha".

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₈

H_0 : La variable dependiente "Y₈: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa" presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente "Y₈: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el

producto desmoldante por medio de estopa" presenta una distribución distinta a la normal.

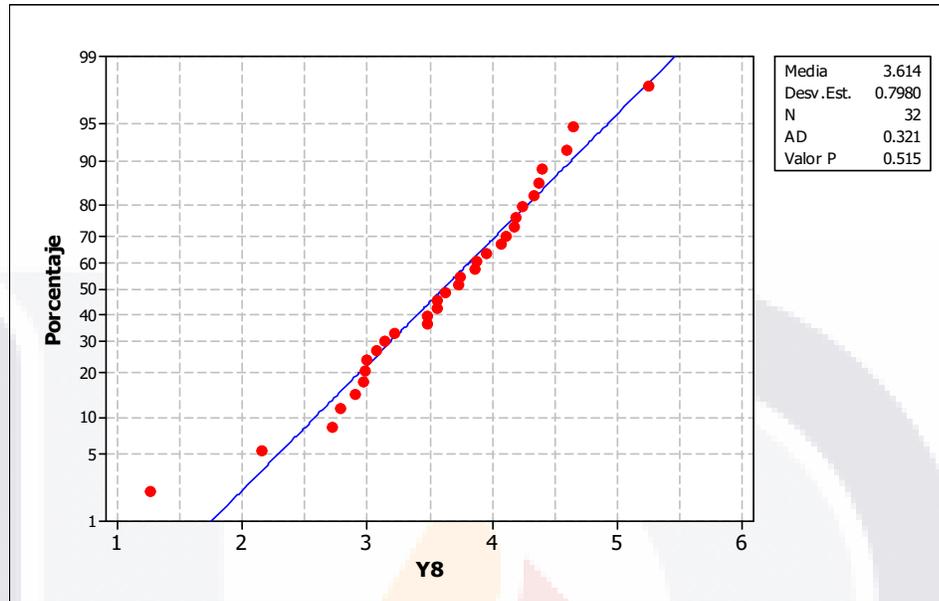


Figura 62. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y8: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa”.

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.321 \neq 0 y;

El valor $p=0.515 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

\therefore La variable dependiente “Y8: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa” presenta una distribución normal.

Variable Y9

H_0 : La variable dependiente “Y9: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₉: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso” presenta una distribución distinta a la normal.

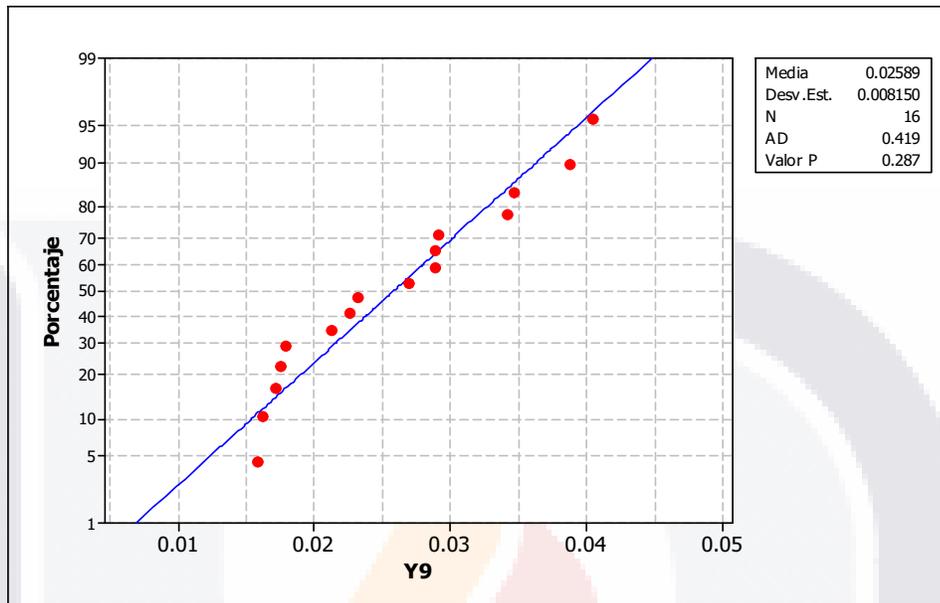


Figura 63. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₉: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso”.

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.419 ≠ 0 y;

El valor p=0.287 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₉: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de un uso” presenta una distribución normal.

Variable Y₁₀

H₀: La variable dependiente "Y₁₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos" presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente "Y₁₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos" presenta una distribución distinta a la normal.

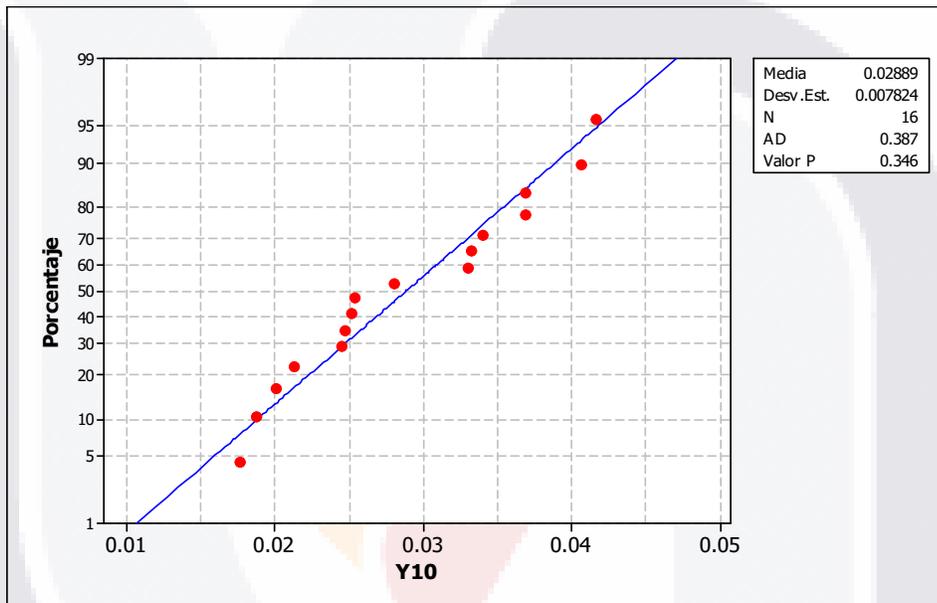


Figura 64. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos".

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.387 ≠ 0 y;

El valor p=0.346 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente "Y₁₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de dos usos consecutivos" presenta una distribución normal.

Variable Y₁₁

H₀: La variable dependiente "Y₁₁: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos" presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente "Y₁₁: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos" presenta una distribución distinta a la normal.

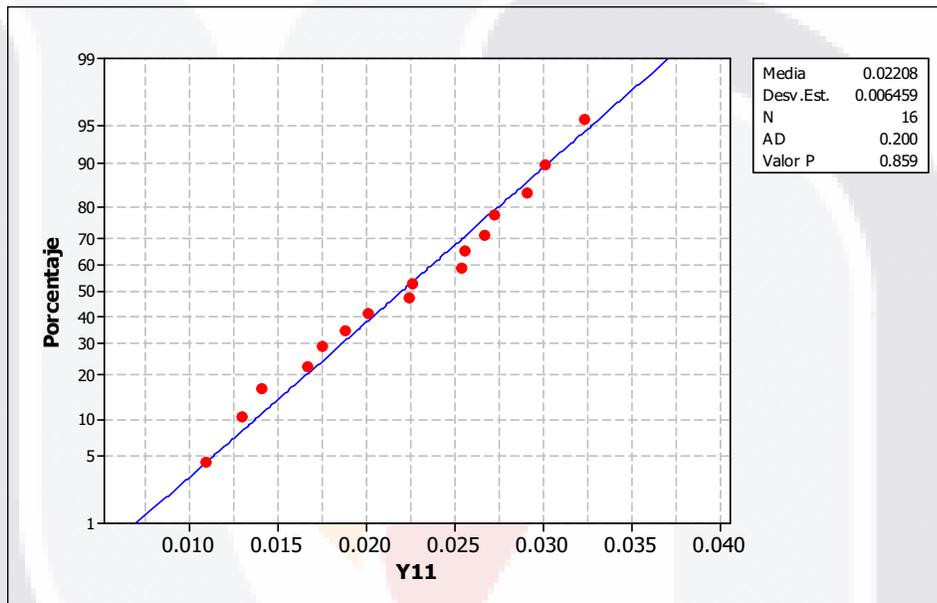


Figura 65. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₁: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos".

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.200 ≠ 0 y;

El valor p=0.859 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente "Y₁₁: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de tres usos consecutivos" presenta una distribución normal.

Variable Y₁₂

H₀: La variable dependiente "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos" presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos" presenta una distribución distinta a la normal.

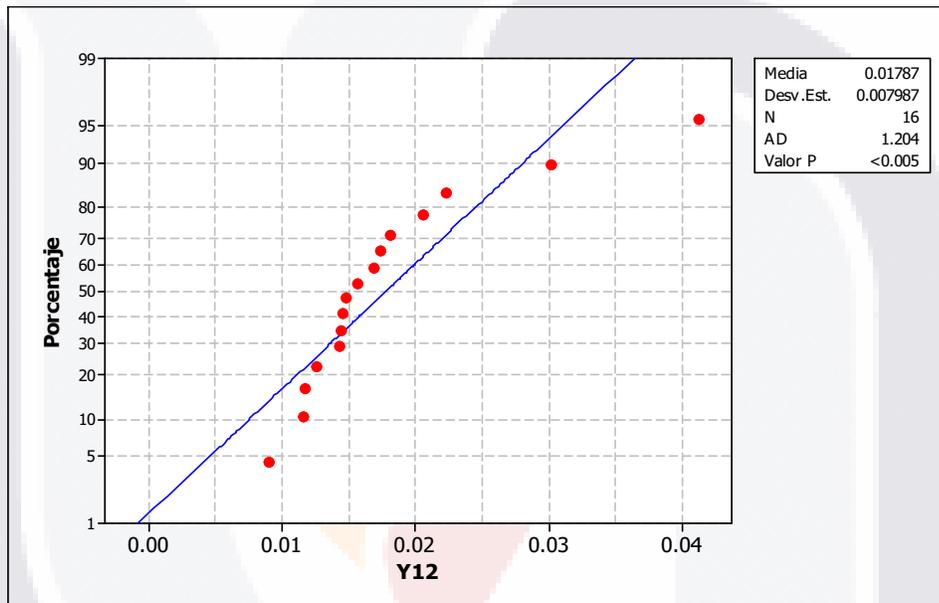


Figura 66. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos".

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 1.204 ≠ 0 y;

El valor p < 0.005 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos" presenta una distribución distinta a la normal.

Variable Y₁₃

H₀: La variable dependiente "Y₁₃: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante" presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente "Y₁₃: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante" presenta una distribución distinta a la normal.

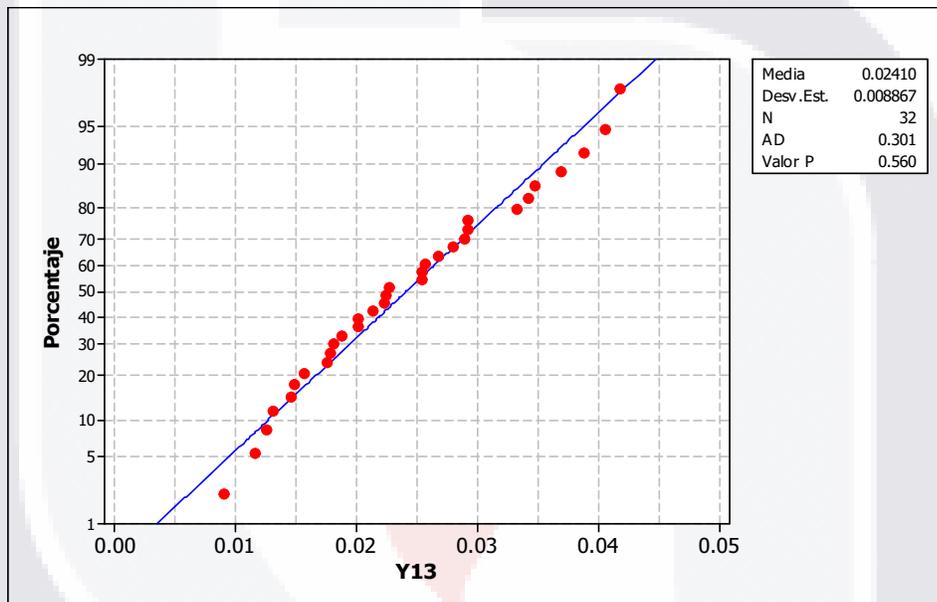


Figura 67. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente "Y₁₃: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante".

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.301 ≠ 0 y;

El valor p=0.560 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente "Y₁₃: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando aceite quemado como producto desmoldante" presenta una distribución normal.

Variable Y₁₄

H₀: La variable dependiente “Y₁₄: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₁₄: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución distinta a la normal.

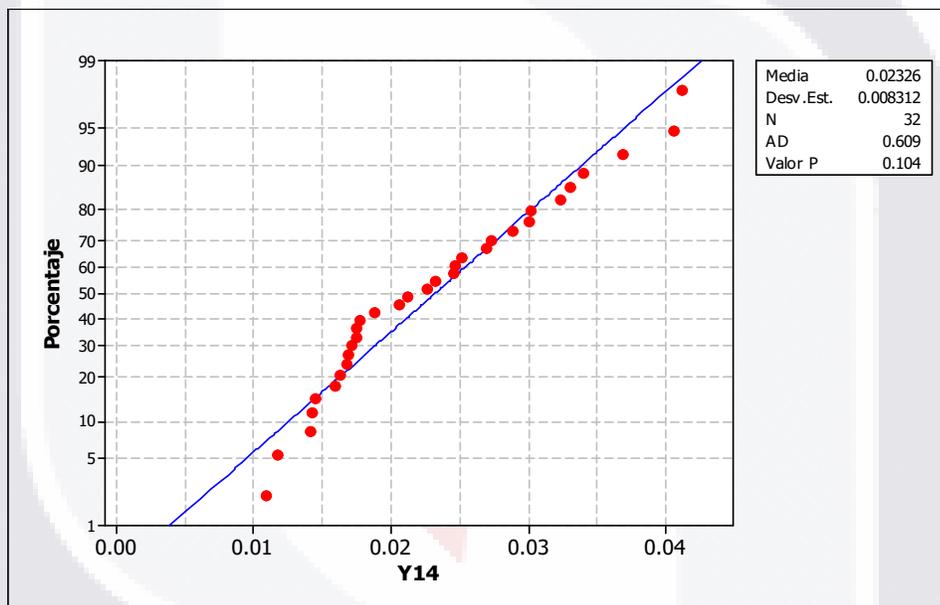


Figura 68. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁₄: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente”.

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.609 ≠ 0 y;

El valor p=0.104 > α = 0.05 por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₁₄: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución normal.

Variable Y₁₅

H₀: La variable dependiente “Y₁₅: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₁₅: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución distinta a la normal.

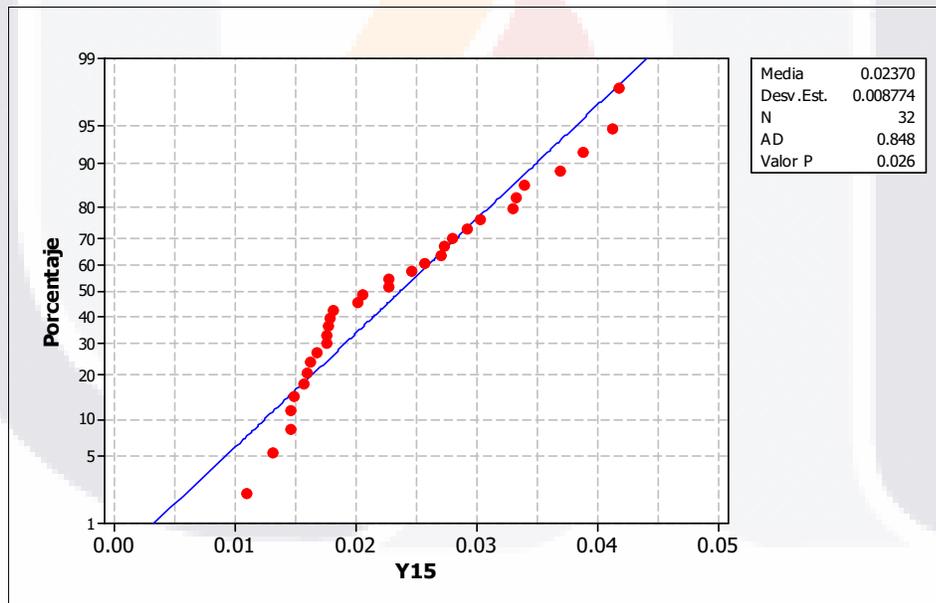


Figura 69. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁₅: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha”.

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.848 ≠ 0 y;

El valor $p=0.026 < \alpha = 0.05$ por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La variable dependiente “ Y_{15} : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución distinta a la normal.

Variable Y_{16}

H_0 : La variable dependiente “ Y_{16} : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa” presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente “ Y_{16} : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa” presenta una distribución distinta a la normal.

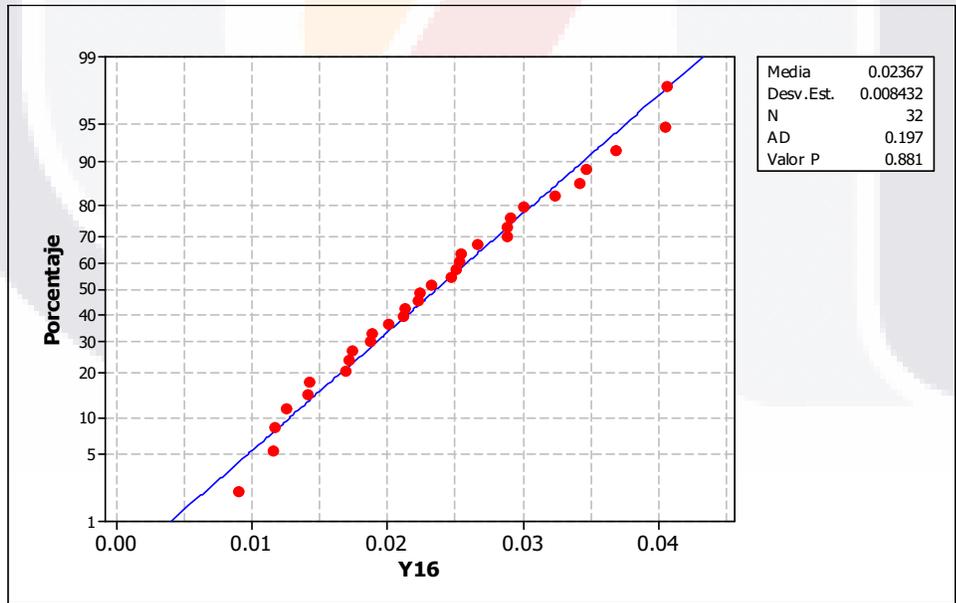


Figura 70. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “ Y_{16} : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa”.

Fuente: Elaboración propia.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.197 \neq 0 y;

El valor $p=0.881 > \alpha = 0.05$ por lo que:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La variable dependiente "Y₁₆: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa" presenta una distribución normal.

Variable Y₁₇

H_0 : La variable dependiente "Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso" presenta una distribución normal.

H_1 : La variable dependiente "Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso" presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 1.406 \neq 0 y;

El valor $p<0.005 < \alpha = 0.05$ por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La variable dependiente "Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso" presenta una distribución distinta a la normal.

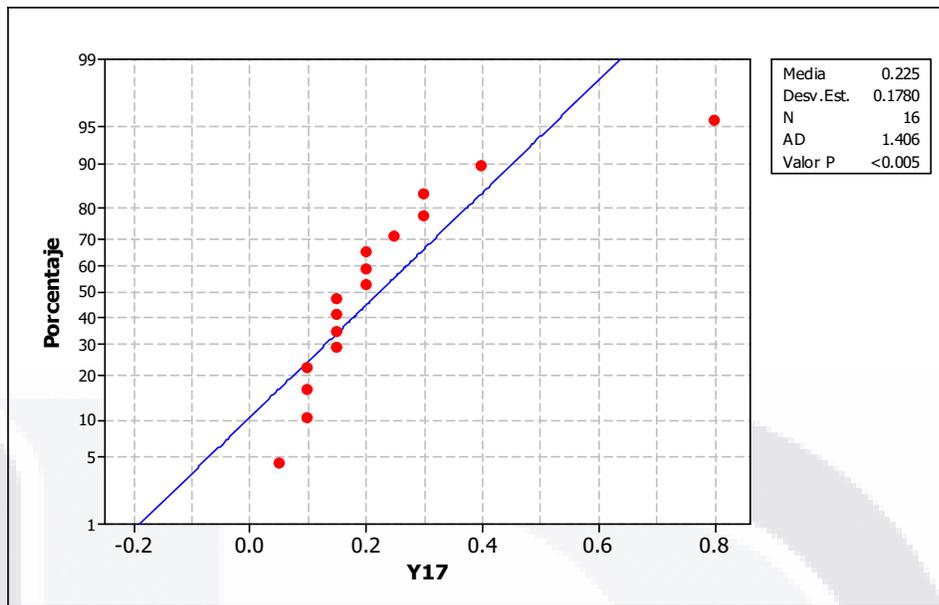


Figura 71. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₁₈

H₀: La variable dependiente “Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 0.948 ≠ 0 y;

El valor p=0.012 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

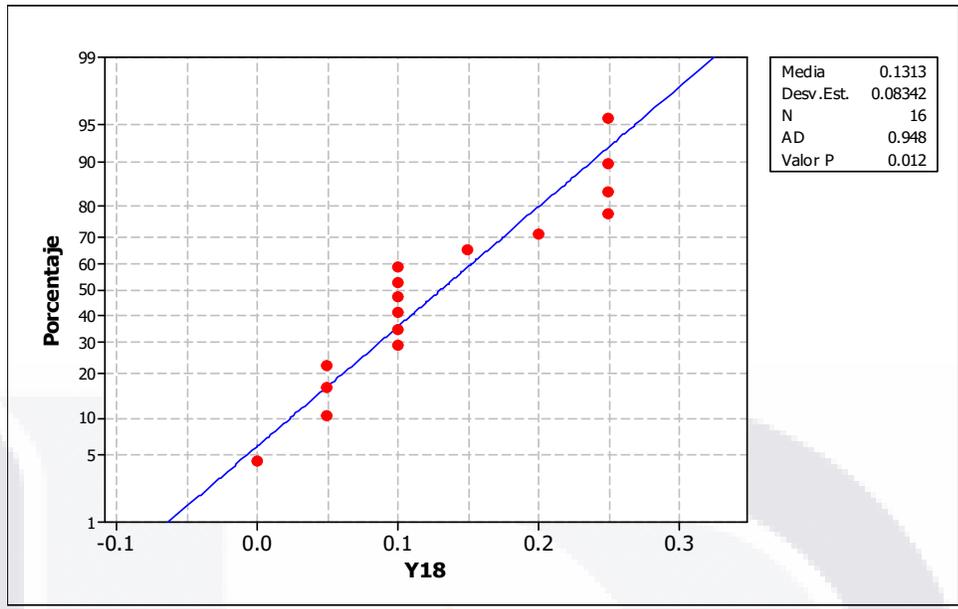


Figura 72. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos”.
 Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₁₉

H₀: La variable dependiente “Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 1.119 ≠ 0 y;

El valor p < 0.005 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

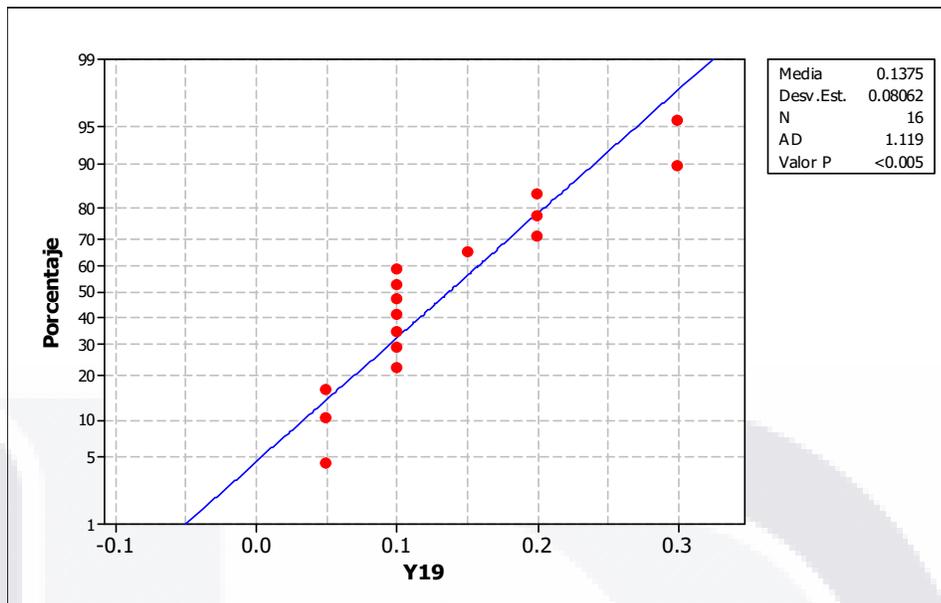


Figura 73. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₂₀

H₀: La variable dependiente “Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 1.360 ≠ 0 y;

El valor p < 0.005 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos” presenta una distribución distinta a la normal.

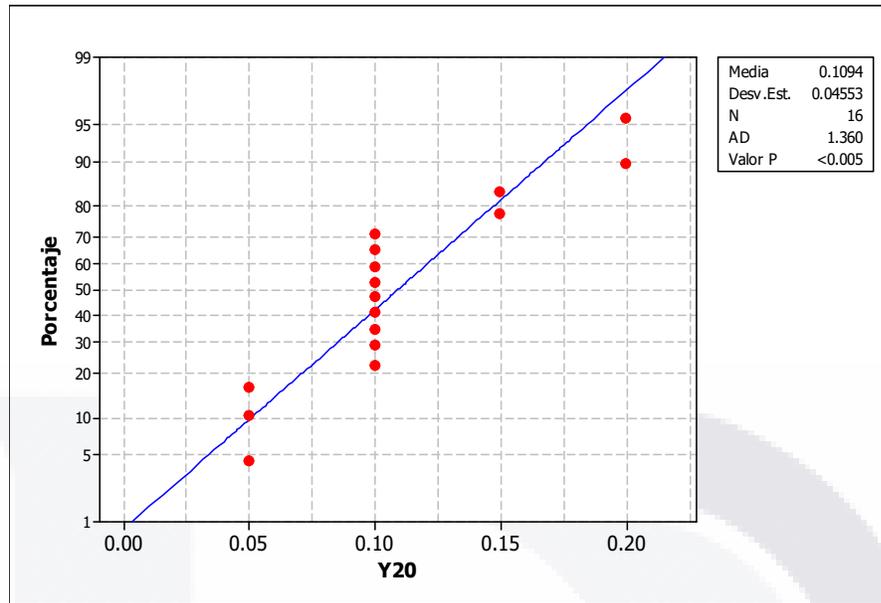


Figura 74. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₂₁

H₀: La variable dependiente “Y₂₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando aceite quemado como producto desmoldante” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₂₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando aceite quemado como producto desmoldante” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 2.062 ≠ 0 y;

El valor p < 0.005 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₂₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando aceite quemado como producto desmoldante” presenta una distribución distinta a la normal.

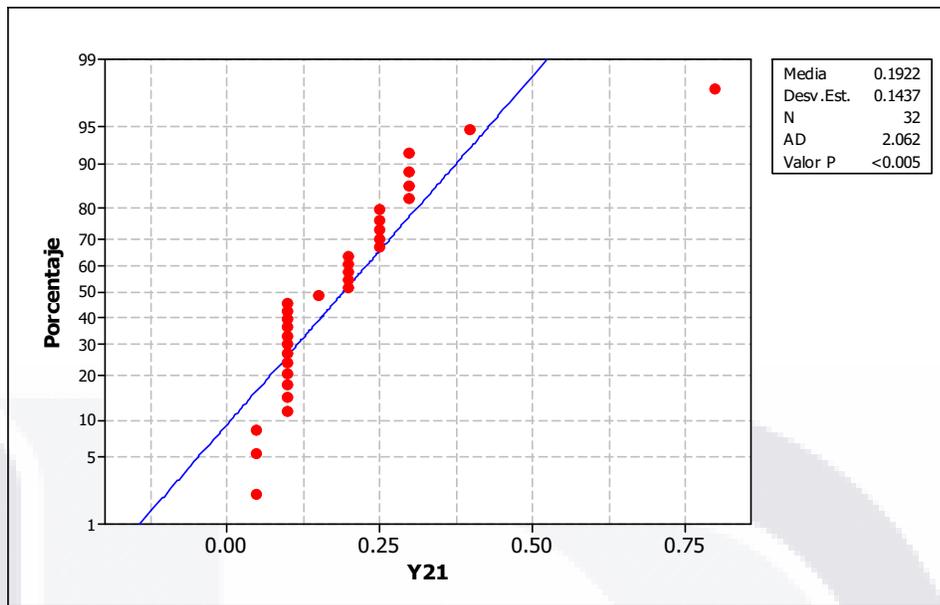


Figura 75. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₂₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando aceite quemado como producto desmoldante”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₂₂

H₀: La variable dependiente “Y₂₂: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₂₂: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 1.362 ≠ 0 y;

El valor p < 0.005 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₂₂: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente” presenta una distribución distinta a la normal.

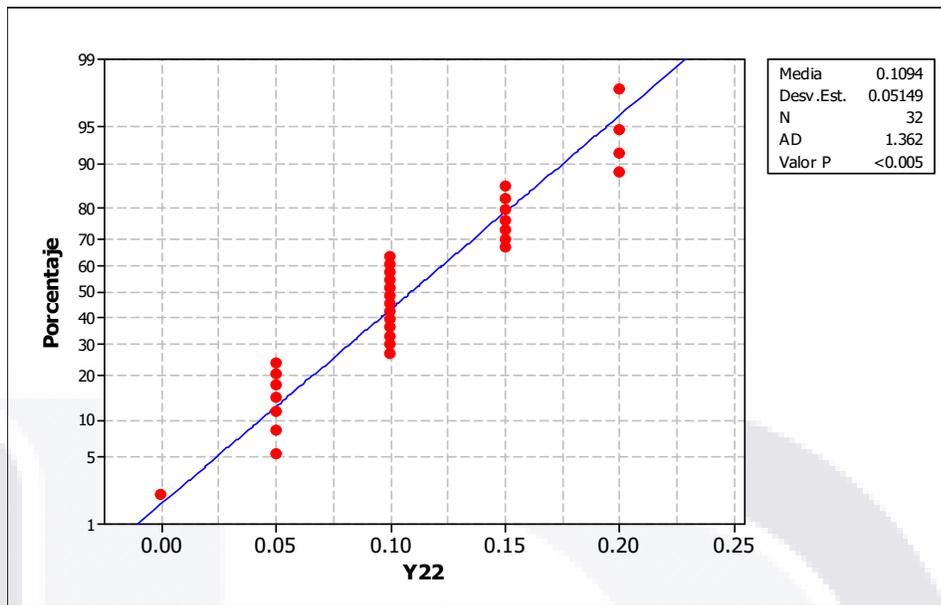


Figura 76. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₂₂: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₂₃

H₀: La variable dependiente “Y₂₃: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₂₃: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 3.007 ≠ 0 y;

El valor p < 0.005 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₂₃: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” presenta una distribución distinta a la normal.

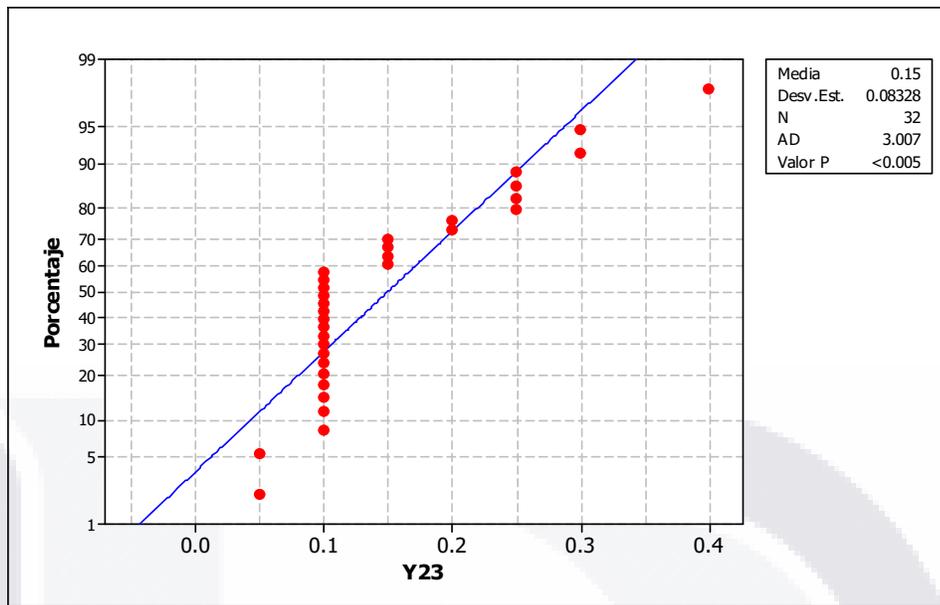


Figura 77. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₂₃: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha”.

Fuente: Elaboración propia.

Variable Y₂₄

H₀: La variable dependiente “Y₂₄: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa” presenta una distribución normal.

H₁: La variable dependiente “Y₂₄: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa” presenta una distribución distinta a la normal.

Dado que:

El valor estadístico de Anderson-Darling (AD) = 2.519 ≠ 0 y;

El valor p < 0.005 < α = 0.05 por lo que:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La variable dependiente “Y₂₄: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa” presenta una distribución distinta a la normal.

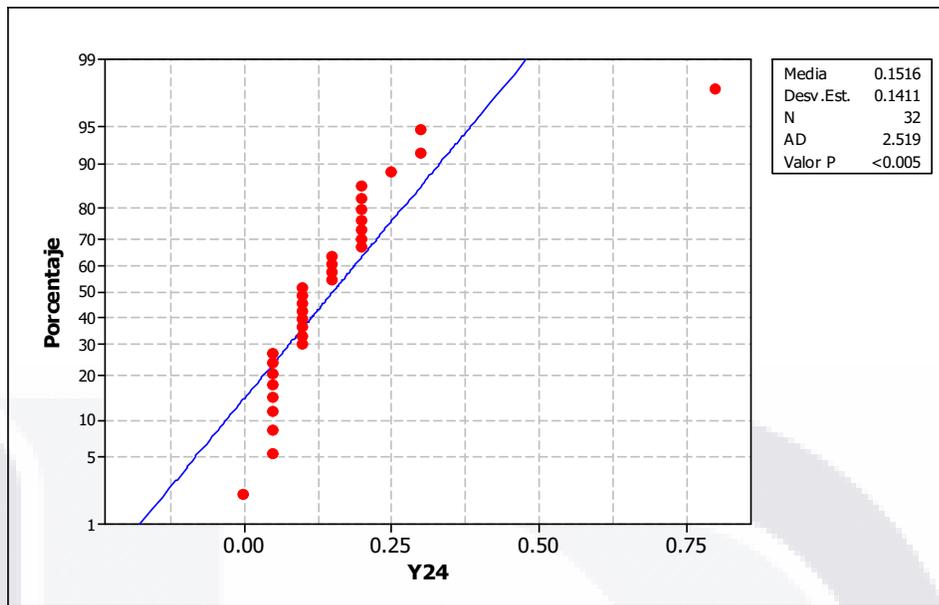


Figura 78. Gráfica de análisis de normalidad por la prueba Anderson-Darling (AD) para la variable dependiente “Y₂₄: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa”.

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Análisis estadístico de diferencia entre poblaciones.

Una vez que se comprueba la normalidad de los datos, se procede a seleccionar el instrumento estadístico a utilizar para evaluar las hipótesis planteadas inicialmente. Se plantearon las hipótesis nulas y alternativa considerando la evaluación de todas las variables con un nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

6.3.2.1 Hipótesis particular 1

“La resistencia a flexión de la madera contrachapada varía de acuerdo al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada”.

Para la evaluación de esta hipótesis fue necesario desglosarla en las siguientes sub-hipótesis:

HP_{1.1}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de dos usos.

- $HP_{1.1.1}$: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos.

H_0 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de dos usos.

H_1 : El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de dos usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.002 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de dos usos.

Tabla 39. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " $HP_{1.1.1}$: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y1	16	4.499	0.653	0.16
Y2	16	3.774	0.511	0.13
		Diferencia =	$\mu (Y1) - \mu (Y2)$	
		Estimado de la diferencia:	0.725	
		IC de 95% para la diferencia:	(0.301, 1.150)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	3.5
			Valor P =	0.002
			GL	28

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede

afirmar que la disminución del MOE entre uno y dos usos consecutivos, de 4.499 Gpa a 3.774 Gpa es significativa.

- $HP_{1.1.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos.

H_0 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de dos usos.

H_1 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de dos usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.298 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de dos usos.

Tabla 40. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " $HP_{1.1.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y9	16	0.02589	0.00815	0.002
Y10	16	0.02889	0.00782	0.002
		Diferencia =	mu (Y9) - mu (Y10)	
		Estimado de la diferencia:	-0.00299	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.00877, 0.00278)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	-1.06
			Valor P =	0.298
			GL	29

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que el incremento del MOR entre uno y dos usos consecutivos, de 0.026 Gpa a 0.029 Gpa es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{1.1}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de dos usos", no es posible hacer tal afirmación ya que solo uno de los dos indicadores estudiados en el presente estudio mostró diferencias significativas entre ambas muestras, por lo que los resultados se consideran inconclusos.

HP_{1.2}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de tres usos.

- HP_{1.2.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de tres usos.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de tres usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.002 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de tres usos.

Tabla 41. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.2.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y1	16	4.499	0.653	0.16
Y3	16	3.15	0.486	0.12
		Diferencia =	mu (Y1) - mu (Y3)	
		Estimado de la diferencia:	1.349	
		IC de 95% para la diferencia:	(0.932, 1.767)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	6.63
			Valor P =	0.000
			GL	27

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución del MOE entre uno y tres usos consecutivos, de 4.499 Gpa a 3.150 Gpa es significativa.

- HP_{1.2.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos.

H₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de tres usos.

H₁: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de tres usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.154 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de tres usos.

Tabla 42. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.2.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y9	16	0.02589	0.00815	0.002
Y11	16	0.02208	0.00646	0.0016
		Diferencia =	mu (Y9) - mu (Y11)	
		Estimado de la diferencia:	0.00381	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.00151, 0.00914)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T = 1.47	
			Valor P = 0.154	
			GL	28

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que el decremento del MOR entre uno y tres usos consecutivos, de 0.026 Gpa a 0.022 Gpa es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{1.2}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de tres usos.", no es posible hacer tal afirmación ya que solo uno de los dos indicadores estudiados en el presente estudio mostró diferencias significativas entre ambas muestras, por lo que los resultados se consideran inconclusos.

HP_{1.3}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de cuatro usos.

- HP_{1.3.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de cuatro usos.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.000 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 43. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.3.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y1	16	4.499	0.653	0.16
Y4	16	3.207	0.866	0.22
		Diferencia =	mu (Y1) - mu (Y4)	
		Estimado de la diferencia:	1.292	
		IC de 95% para la diferencia:	(0.736, 1.849)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	4.76
			Valor P =	0.000
			GL	27

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la media del

módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución del MOE entre uno y cuatro usos consecutivos, de 4.499 Gpa a 3.207 Gpa es significativa.

- $HP_{1.3.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos.

H_0 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de cuatro usos.

H_1 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.009 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

\therefore El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 44. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " $HP_{1.3.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y9	16	0.02589	0.00815	0.002
Y12	16	0.01787	0.00799	0.002
		Diferencia =	$\mu (Y9) - \mu (Y2)$	
		Estimado de la diferencia:	0.00802	
		IC de 95% para la diferencia:	(0.00219, 0.01386)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	2.81
			Valor P =	0.009
			GL	29

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de la variable "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos":

Dado que el valor $p=0.0031 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 45. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{1.3.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Mediana	
Y9	16	0.0251	
Y12	16	0.0153	
		La estimación del punto para ETA1-ETA2 es	0.00823
		95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es	(0.00273,0.01435)
		W =	343
		Valor P =	0.0031

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre el módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y el módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que el decremento del MOR entre uno y cuatro usos consecutivos, de 0.026 Gpa a 0.018 Gpa es significativo.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{1.3}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de cuatro usos", es posible hacer tal afirmación ya que ambos indicadores de la flexión estática, MOE y MOR mostraron diferencias significativas entre ambas muestras.

HP_{1.4}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinta a la presentada después de tres usos.

- HP_{1.4.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de tres usos.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de tres usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.001 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de tres usos.

Tabla 46. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.4.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y2	16	3.774	0.511	0.13
Y3	16	3.15	0.486	0.12
		Diferencia =	mu (Y2) - mu (Y3)	
		Estimado de la diferencia:	0.624	
		IC de 95% para la diferencia:	(0.264, 0.984)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	3.54
			Valor P =	0.001
			GL	29

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución del MOE entre dos y tres usos consecutivos, de 3.774 Gpa a 3.150 Gpa es significativa.

- $HP_{1.4.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos.

H_0 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de tres usos.

H_1 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de tres usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.012 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

\therefore El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de tres usos.

Tabla 47. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " $HP_{1.4.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y10	16	0.02889	0.00782	0.002
Y11	16	0.02208	0.00646	0.0016
		Diferencia =	$\mu (Y10) - \mu (Y11)$	
		Estimado de la diferencia:	0.0068	
		IC de 95% para la diferencia:	(0.00161, 0.01200)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	2.68
			Valor P =	0.012
			GL	28

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos y la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que el decremento del MOR entre dos y tres usos consecutivos, de 0.029 Gpa a 0.022 Gpa es significativa.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{1.4}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinta a la presentada después de tres usos", es posible hacer tal afirmación ya que ambos indicadores de la flexión estática, MOE y MOR mostraron diferencias significativas entre ambas muestras.

HP_{1.5}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinta a la presentada después de cuatro usos.

- H_{1.5.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de cuatro usos.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.034 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 48. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “ $HP_{1.5.1}$: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos”.

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y2	16	3.774	0.511	0.13
Y4	16	3.207	0.866	0.22
Diferencia =			mu (Y2) - mu (Y4)	
Estimado de la diferencia:			0.567	
IC de 95% para la diferencia:			(0.048, 1.086)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	2.26
			Valor P =	0.034
			GL	24

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución del MOE entre dos y cuatro usos consecutivos, de 3.774 Gpa a 3.207 Gpa es significativa.

- $H_{1.5.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos.

H_0 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de cuatro usos.

H_1 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.000 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 49. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.52}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y10	16	0.02889	0.00782	0.002
Y12	16	0.01787	0.00799	0.002
		Diferencia =	mu (Y10) - mu (Y12)	
		Estimado de la diferencia:	0.01102	
		IC de 95% para la diferencia:	(0.00530, 0.01673)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	3.94
			Valor P =	0.000
			GL	29

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de la variable "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos":

Dado que el valor p=0.0003 < α = 0.05, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 50. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{1.52}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Mediana	
Y10	16	0.0267	
Y12	16	0.0153	
		La estimación del punto para ETA1-ETA2 es	0.01084
		95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es	(0.00611,0.01834)
		W =	360
		Valor P =	0.0003

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre el módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos y el módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que el decremento del MOR entre dos y cuatro usos consecutivos, de 0.029 Gpa a 0.018 Gpa es significativo.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{1.5}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinta a la presentada después de cuatro usos", es posible hacer tal afirmación ya que ambos indicadores de la flexión estática, MOE y MOR mostraron diferencias significativas entre ambas muestras.

HP_{1.6}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinta a la presentada después de cuatro usos.

- HP_{1.6.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.820 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

Tabla 51. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para “ $HP_{1.6.1}$: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos”.

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y3	16	3.15	0.486	0.12
Y4	16	3.207	0.866	0.22
		Diferencia =	$\mu (Y3) - \mu (Y4)$	
		Estimado de la diferencia:	-0.057	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.571, 0.456)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	-0.23
			Valor P =	0.820
			GL	23

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que el incremento del MOE entre tres y cuatro usos consecutivos, de 3.150 Gpa a 3.207 Gpa es despreciable.

- $HP_{1.6.2}$: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos.

H_0 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

H_1 : El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p=0.112 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

Tabla 52. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{1.6.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y11	16	0.02208	0.00646	0.0016
Y12	16	0.01787	0.00799	0.002
		Diferencia =	mu (Y11) - mu (Y12)	
		Estimado de la diferencia:	0.00421	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.00105, 0.00947)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	1.64
			Valor P =	0.112
			GL	28

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de la variable "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos":

Dado que el valor $p=0.0523 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

Tabla 53. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{1.6.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Mediana	
Y11	16	0.0226	
Y12	16	0.0153	
		La estimación del punto para ETA1-ETA2 es	0.00524
		95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es	(-0.00016,0.01082)
		W =	316
		Valor P =	0.0523

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre el módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos y el módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que el decremento del MOR entre tres y cuatro usos consecutivos, de 0.022 Gpa a 0.018 Gpa es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{1.6}: La resistencia a flexión de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinta a la presentada después de cuatro usos", no es posible hacer tal afirmación ya que las diferencias encontradas entre las muestras no son estadísticamente significativas, por lo que no se rechaza la posibilidad de igualdad.

Así pues, debido a que la comprobación de las sub hipótesis anteriores arrojaron resultados distintos y, por lo tanto, inconclusos, se procede a retomar la Hipótesis Particular 1: "La resistencia a flexión de la madera contrachapada varía de acuerdo al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada", para realizar un análisis del grado de correlación entre la resistencia a la flexión, en sus indicadores y por ende, variables: MOE y MOR, y el número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Teniendo en cuenta lo anterior se procede a crear dos sub hipótesis, correspondientes a los dos indicadores de la variable dependiente.

- Sub-H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada no está correlacionado al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada está correlacionado al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Correlación de Pearson de Número de reúsos de la cimbra y el MOE = -0.607

Y dado que el valor $p=0.000 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada está correlacionado al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

a) Correlación de Pearson: $r = -0.607$

b) Correlación de determinación de Pearson: $r^2 = 0.368 = 36.8\%$

∴ El nivel de correlación entre las variables es moderadamente altos y negativos. Además, es posible afirmar que debido a que $r^2 = 0.368$, la variable independiente tiene una moderada capacidad explicativa de la variable a explicar. Esto quiere decir que, el MOE de la cimbra de madera contrachapada va disminuyendo moderadamente a medida que aumentan sus reúsos. Es decir, con cada reuso que se le dé a la cimbra de madera contrachapada, ésta está ganando elasticidad y, por ende, haciéndose más deformable.

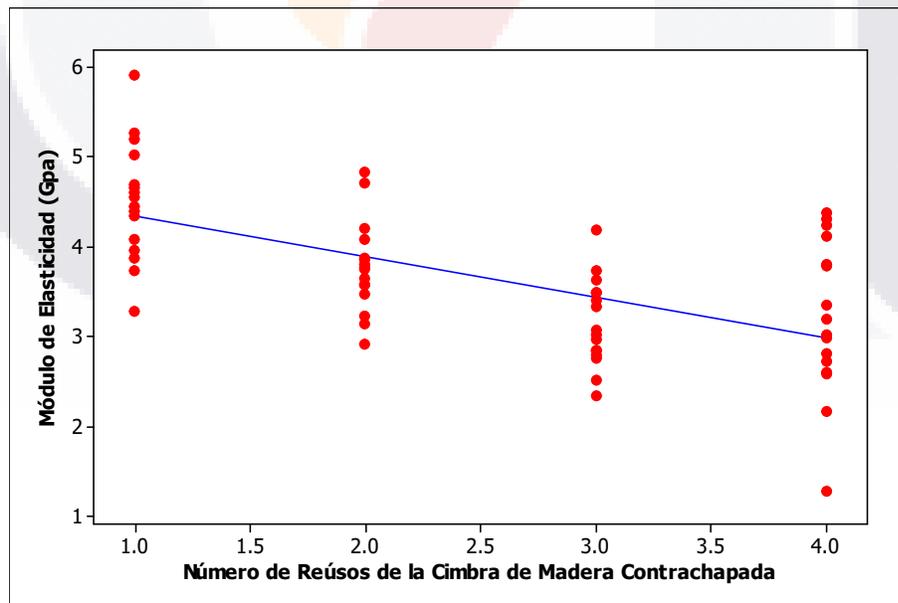


Figura 79. Gráfica de dispersión del Número de Reúsos de la Cimbra de Madera Contrachapada contra el Módulo de Elasticidad, Fuente: Elaboración propia.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Sub-H₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada varía de acuerdo al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

H₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada no está correlacionado al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

H₁: El módulo ruptura elasticidad de la madera contrachapada está correlacionado al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Correlación de Pearson de Número de reúsos de la cimbra y el MOR = -0.408

Y dado que el valor $p=0.001 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada está correlacionado al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Debido a la distribución no normal de la variable "Y₁₂: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra sujeta a flexión estática después de cuatro usos consecutivos", se procede a obtener:

Correlación de Spearman de Número de reúsos de la cimbra y el MOR = -0.434

Y dado que el valor $p=0.000 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada está correlacionado al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

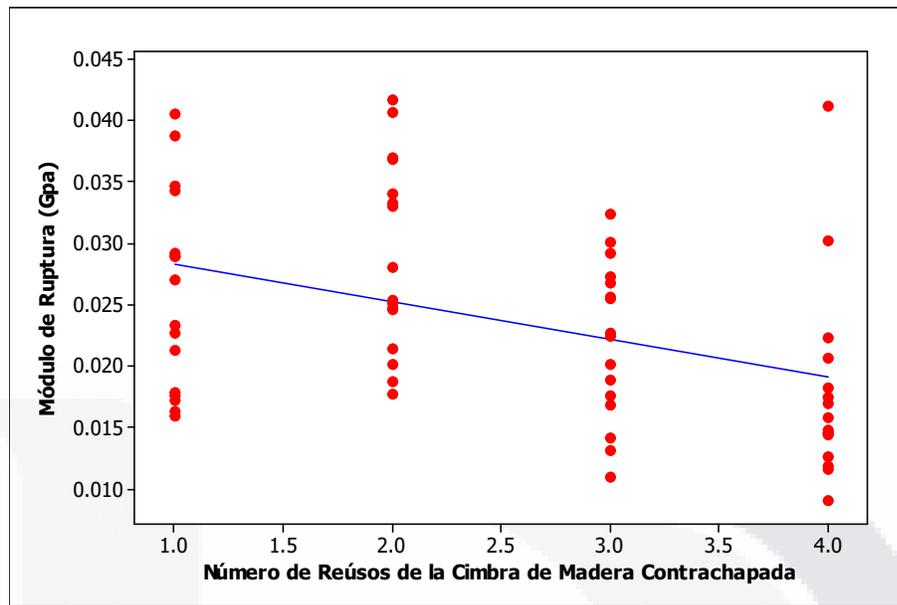


Figura 80. Gráfica de dispersión del Número de Reúsos de la Cimbra de Madera Contrachapada contra el Módulo de Ruptura, Fuente: Elaboración propia.

- a) Correlación de Pearson: $r = -0.408$
- b) Correlación de determinación de Pearson: $r^2 = 0.166 = 16.6\%$
- c) Correlación de Spearman: $\rho = -0.434$
- d) Correlación de determinación de Spearman: $\rho^2 = 0.188 = 18.8\%$

∴ La comprobación de esta hipótesis es conclusiva puesto que las demostraciones de las correlaciones por ambos métodos son negativas. Además, es posible afirmar que el nivel de correlación entre las variables es débil y que, debido a que $r^2 = 0.166$ y $\rho^2 = 0.188$, la variable independiente tiene una baja capacidad explicativa de la variable a explicar. Esto quiere decir que, el MOR de la cimbra de madera contrachapada va disminuyendo levemente a medida que aumentan sus reúsos. Es decir, con cada reúso que se le dé a la cimbra de madera contrachapada, ésta soporta un esfuerzo máximo menor y, por ende, soporta cargas laterales menores.

Dadas las conclusiones anteriores es posible afirmar que la resistencia a la flexión de la madera contrachapada, en ambos de sus indicadores, disminuye significativamente, pero en una magnitud de moderada a baja, a medida que

aumenta el número de reúsos consecutivos de la madera contrachapada como material de cimbra. Es decir, a medida que aumentan los reúsos de la cimbra de madera contrachapada, es más probable su deformación y fallo.

6.3.2.2 Hipótesis particular 2

“La resistencia a flexión de la madera contrachapada varía de acuerdo al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra”.

Para la evaluación de esta hipótesis fue necesario desglosarla en las siguientes sub-hipótesis:

HP_{2.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es igual al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.117 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es igual al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

Tabla 54. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{2.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y5	32	3.821	0.785	0.14
Y6	32	3.493	0.865	0.15
		Diferencia =	mu (Y5) - mu (Y6)	
		Estimado de la diferencia:	0.329	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.084, 0.741)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	1.59
			Valor P =	0.117
			GL	61

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado como producto desmoldante y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea el producto PASA® desmoldante, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que las diferencias obtenidas en el MOE con respecto a los dos productos desmoldantes son despreciables y, por ende, se considera que la elección del desmoldante no tiene efecto en este indicador.

HP_{2.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

H₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es igual al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

H₁: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado

cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.697 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es igual al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

Tabla 55. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{2.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinto al presentado cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y13	32	0.0241	0.00887	0.0016
Y14	32	0.02326	0.00831	0.00
		Diferencia =	mu (Y13) - mu (Y14)	
		Estimado de la diferencia:	0.00084	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.00346, 0.00514)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	0.39
			Valor P =	0.697
			GL	61

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado como producto desmoldante y la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea el producto PASA® desmoldante, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que las diferencias obtenidas en el MOR con respecto a los dos productos desmoldantes son despreciables y, por ende, se considera que la elección del desmoldante no tiene efecto en este indicador.

Así pues, debido a que la comprobación de las sub hipótesis anteriores arrojaron la no significancia de las diferencias de medias de los indicadores de la resistencia a la flexión, se considera que los resultados son conclusos. De esta manera, habiendo comprobado que no existen diferencias prácticas en la resistencia a flexión entre los dos productos desmoldantes evaluados se descarta la ejecución de una prueba de correlación. Por lo anterior, se determina que la elección del agente desmoldante no influye en las propiedades elásticas o en la capacidad de carga de la cimbra de madera contrachapada.

6.3.2.3 Hipótesis particular 3

“La resistencia a flexión de la madera contrachapada varía de acuerdo al método de aplicación del agente desmoldante empleado en la cimbra”.

Para la evaluación de esta hipótesis fue necesario desglosarla en las siguientes sub-hipótesis:

HP_{3.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa.

H₀: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es igual al presentado cuando es aplicado por estopa.

H₁: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.684 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es igual al presentado cuando es aplicado por estopa.

Tabla 56. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{3.1}: El módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y7	32	3.7	0.883	0.16
Y8	32	3.614	0.798	0.14
		Diferencia =	mu (Y7) - mu (Y8)	
		Estimado de la diferencia:	0.086	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.334, 0.507)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	0.41
			Valor P =	0.684
			GL	61

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha y la media del módulo de elasticidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por estopa, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que las diferencias obtenidas en el MOE con respecto a los dos métodos de aplicación del producto desmoldante son despreciables y, por ende, se considera que la elección de dicho método no tiene efecto en este indicador.

HP_{3.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa.

H₀: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es igual al presentado cuando es aplicado por estopa.

H₁: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.988 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es igual al presentado cuando es aplicado por estopa.

Tabla 57. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{3.2}: El módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y15	32	0.0237	0.00877	0.0016
Y16	32	0.02367	0.00843	0.00
Diferencia =			mu (Y15) - mu (Y16)	
Estimado de la diferencia:			0.00003	
IC de 95% para la diferencia:			(-0.00427, 0.00433)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	0.01
			Valor P =	0.988
			GL	61

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia entre la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha y la media del módulo de ruptura de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por estopa, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que las diferencias obtenidas en el MOR con respecto a los dos métodos de aplicación del producto desmoldante son despreciables y, por ende, se considera que la elección de dicho método no tiene efecto en este indicador.

Así pues, debido a que la comprobación de las sub hipótesis anteriores arrojaron la no significancia de las diferencias de medias de los indicadores de la resistencia a la flexión, se considera que los resultados son conclusos. De esta manera, habiendo comprobado que no existen diferencias prácticas en la resistencia a flexión entre los dos métodos de aplicación del producto desmoldante evaluados se descarta la ejecución de una prueba de correlación. Con base a lo anterior, se determina que el método de aplicación del producto desmoldante no influye en las propiedades elásticas o en la capacidad de carga de la cimbra de madera contrachapada.

6.3.2.4 Hipótesis particular 4

"La permeabilidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada."

Para la evaluación de esta hipótesis fue necesario desglosarla en las siguientes sub-hipótesis:

HP_{4.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de dos usos.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de dos usos.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de dos usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.07 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de dos usos.

Tabla 58. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{4,1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y17	16	0.225	0.178	0.044
Y18	16	0.1313	0.0834	0.02
		Diferencia =	mu (Y17) - mu (Y18)	
		Estimado de la diferencia:	0.0938	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.0084, 0.1959)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	1.91
			Valor P =	0.07
			GL	21

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables "Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso" y Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos":

Dado que el valor p = 0.0621 > α = 0.05, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de dos usos.

Tabla 59. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{4,1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de dos usos".

	N	Mediana	
Y17	16	0.1750	
Y18	16	0.1000	
		La estimación del punto para ETA1-ETA2 es	0.05
		95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es	(0.0000,0.1499)
		W =	314
		Valor P =	0.0621

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución de la media de la permeabilidad entre uno y dos usos consecutivos, de 0.23 ml a 0.13 ml es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{4.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de dos usos", no es posible hacer tal afirmación ya que las diferencias encontradas entre las muestras no son estadísticamente significativas, por lo que no se rechaza la posibilidad de igualdad.

HP_{4.2}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de tres usos.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de tres usos.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de tres usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.088 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de tres usos.

Tabla 60. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{4.2}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y17	16	0.225	0.178	0.044
Y19	16	0.1375	0.0806	0.02
Diferencia =			mu (Y17) - mu (Y19)	
Estimado de la diferencia:			0.0875	
IC de 95% para la diferencia:			(-0.0144, 0.1894)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	1.79
			Valor P =	0.088
			GL	20

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables "Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso" y "Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos".

Dado que el valor p = 0.0704 > α = 0.05, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de tres usos.

Tabla 61. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{4.2}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Mediana	
Y17	16	0.1750	
Y19	16	0.1000	
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es			0.05
95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es			(0.0000,0.1000)
W =			312.5
Valor P =			0.0704

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución de la media de la permeabilidad entre uno y tres usos consecutivos, de 0.23 ml a 0.14 ml es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{4.2}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de tres usos", no es posible hacer tal afirmación ya que las diferencias encontradas entre las muestras no son estadísticamente significativas, por lo que no se rechaza la posibilidad de igualdad.

HP_{4.3}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de cuatro usos.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es igual al presentado después de cuatro usos.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.023 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 62. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{4.3}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y17	16	0.225	0.178	0.044
Y20	16	0.1094	0.0455	0.011
Diferencia =			mu (Y17) - mu (Y20)	
Estimado de la diferencia:			0.1156	
IC de 95% para la diferencia:			(0.0183, 0.2130)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	2.52
			Valor P =	0.023
			GL	16

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables "Y₁₇: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso" y "Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos".

Dado que el valor p = 0.0063 < α = 0.05, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es diferente al presentado después de cuatro usos.

Tabla 63. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{4.3}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Mediana	
Y17	16	0.1750	
Y20	16	0.1000	
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es			0.05
95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es			(-0.0000,0.1500)
		W =	337
		Valor P =	0.0063

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso y la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución de la media de la permeabilidad entre uno y tres usos consecutivos, de 0.23 ml a 0.11 ml es significativa.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{4.3}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de un uso es distinta a la presentada después de cuatro usos", es posible hacer tal afirmación ya que las diferencias encontradas entre las muestras son estadísticamente significativas.

HP_{4.4}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos es distinta a la presentada después de tres usos consecutivos.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de tres usos.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de tres usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.831 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de tres usos.

Tabla 64. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{4.4}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y18	16	0.1313	0.0834	0.021
Y19	16	0.1375	0.0806	0.02
		Diferencia =	mu (Y18) - mu (Y19)	
		Estimado de la diferencia:	-0.0063	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.0656, 0.0531)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	-0.22
			Valor P =	0.831
			GL	29

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables "Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos" y "Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos".

Dado que el valor $p = 0.8505 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de tres usos.

Tabla 65. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{4.4}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de tres usos".

	N	Mediana	
Y18	16	0.1000	
Y19	16	0.1000	
		La estimación del punto para ETA1-ETA2 es	0
		95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es	(-0.0500,0.0500)
		W =	258.5
		Valor P =	0.8505

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos y la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución de la media de la permeabilidad entre dos y tres usos consecutivos, de 0.13 ml a 0.14 ml es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{4.4}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinta a la presentada después de tres usos", no es posible hacer tal afirmación ya que las diferencias encontradas entre las muestras no son estadísticamente significativas, por lo que no se rechaza la posibilidad de igualdad.

HP_{4.5}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos es distinta a la presentada después de cuatro usos consecutivos.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de cuatro usos.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.367 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de cuatro usos.

Tabla 66. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{4.5}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y18	16	0.1313	0.0834	0.021
Y20	16	0.1094	0.0455	0.011
		Diferencia =	mu (Y18) - mu (Y20)	
		Estimado de la diferencia:	0.0219	
		IC de 95% para la diferencia:	(-0.0273, 0.0710)	
		Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):	Valor T =	0.92
			Valor P =	0.367
			GL	23

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables "Y₁₈: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos consecutivos" y "Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos".

Dado que el valor $p = 0.8505 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es igual al presentado después de cuatro usos.

Tabla 67. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{4.5}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Mediana	
Y18	16	0.1000	
Y19	16	0.1000	
		La estimación del punto para ETA1-ETA2 es	0
		95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es	(-0.0500,0.0500)
		W =	258.5
		Valor P =	0.8505

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos y la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución de la media de la permeabilidad entre dos y cuatro usos consecutivos, de 0.13 ml a 0.11 ml es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{4.5}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de dos usos es distinta a la presentada después de cuatro usos", no es posible hacer tal afirmación ya que las diferencias encontradas entre las muestras no son estadísticamente significativas, por lo que no se rechaza la posibilidad de igualdad.

HP_{4.6}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos es distinta a la presentada después de cuatro usos consecutivos.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es diferente al presentado después de cuatro usos.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.237 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

Tabla 68. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{4.6}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y19	16	0.1375	0.0806	0.02
Y20	16	0.1094	0.0455	0.011
Diferencia =			mu (Y19) - mu (Y20)	
Estimado de la diferencia:			0.0281	
IC de 95% para la diferencia:			(-0.0198, 0.0760)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	1.22
			Valor P =	0.237
			GL	23

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables "Y₁₉: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos consecutivos" y "Y₂₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos consecutivos".

Dado que el valor $p = 0.4856 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es igual al presentado después de cuatro usos.

Tabla 69. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{4.6}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinto al presentado después de cuatro usos".

	N	Mediana
Y19	16	0.1000
Y20	16	0.1000
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es		0
95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es		0.00000,0.05001)
W =		283
Valor P =		0.4856

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos y la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de cuatro usos, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que la disminución de la media de la permeabilidad entre tres y cuatro usos consecutivos, de 0.14 ml a 0.11 ml es despreciable.

Ahora bien, retomando la sub hipótesis "HP_{4.6}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra después de tres usos es distinta a la presentada después de cuatro usos", no es posible hacer tal afirmación ya que las diferencias encontradas entre las muestras no son estadísticamente significativas, por lo que no se rechaza la posibilidad de igualdad.

Así pues, debido a que la comprobación 5 de las 6 sub hipótesis anteriores arrojaron la no significancia de las diferencias de medias y medianas de la permeabilidad, se considera que los resultados son conclusos. De esta manera, habiendo comprobado que no existen diferencias prácticas de los valores de permeabilidad en relación al número de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada, se descarta la ejecución de una prueba de correlación. Esto quiere decir que, a medida que aumentan los reúsos de la cimbra de madera contrachapada, su capacidad permeable permanece constante.

6.3.2.5 Hipótesis particular 5

"La permeabilidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra."

Para la evaluación de esta hipótesis fue necesario desglosarla en las siguientes sub-hipótesis:

HP_{5.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es igual a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.004 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

Tabla 70. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para "HP_{5.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y21	32	0.192	0.144	0.025
Y22	32	0.1094	0.0515	0.0091
Diferencia =			mu (Y21) - mu (Y22)	
Estimado de la diferencia:			0.0828	
IC de 95% para la diferencia:			(0.0282, 0.1375)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	3.07
			Valor P =	0.004
			GL	38

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables "Y₂₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición

post-cimbra, utilizando aceite quemado como producto desmoldante" y "Y₂₂: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente":

Dado que el valor $p = 0.0068 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado.

Tabla 71. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para "HP_{5.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado es distinta a la presentada cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado".

	N	Mediana
Y21	32	0.1750
Y22	32	0.1000
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es		0.05
95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es		(0.00002,0.10002)
W =		1242
Valor P =		0.0068

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea aceite quemado y la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando se emplea el producto PASA® desmoldante durante el proceso de cimbrado, es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar la elección del desmoldante si tiene efecto en este indicador. Además, se afirma que utilizar el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente, propicia una mayor impermeabilidad en la superficie de la cimbra de madera contrachapada.

Así pues, debido a que la comprobación de la sub hipótesis anterior muestra la significancia de las diferencias de los valores de permeabilidad con respecto a los tipos de productos desmoldantes evaluados, se procede a retomar la Hipótesis

Particular 5: "La permeabilidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra", para realizar un análisis del grado de correlación entre los valores de permeabilidad y los tipos de desmoldantes.

Teniendo en cuenta lo anterior se procede a crear las siguientes hipótesis nula y alternativa:

H_0 : La permeabilidad de la madera contrachapada no está correlacionada al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra.

H_1 : La permeabilidad de la madera contrachapada está correlacionada al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Correlación de Pearson de Agentes Desmoldantes y la Permeabilidad = -0.363

Y dado que el valor $p=0.003 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada está correlacionada al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra.

Debido a la distribución no normal de las variables "Y₂₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando aceite quemado como producto desmoldante" y "Y₂₂: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, utilizando el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente", se procede a obtener:

Correlación de Spearman de Agentes Desmoldantes y la Permeabilidad = -0.354

Y dado que el valor $p=0.004 < \alpha = 0.05$, entonces:

Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada está correlacionada al tipo de agente desmoldante empleado en la cimbra.

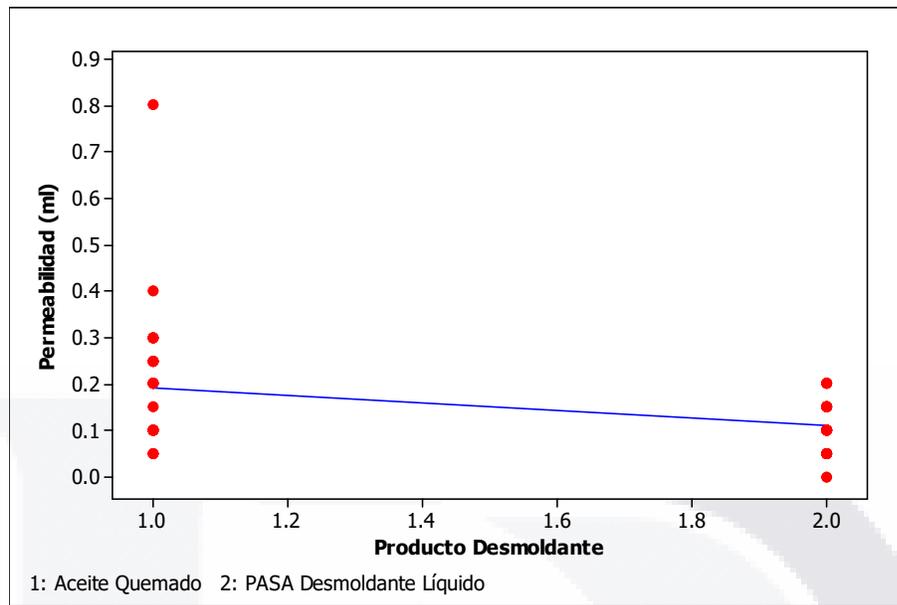


Figura 81. Gráfica de dispersión de los Productos Desmoldantes contra la Permeabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

- a) Correlación de Pearson: $r = -0.363$
- b) Correlación de determinación de Pearson: $r^2 = 0.132 = 13.2\%$
- e) Correlación de Spearman: $\rho = -0.354$
- f) Correlación de determinación de Spearman: $\rho^2 = 0.125 = 12.5\%$

∴ La comprobación de esta hipótesis es conclusiva puesto que las demostraciones de las correlaciones por ambos métodos son negativas. Además, es posible afirmar que el nivel de correlación entre las variables es débil y que, debido a que $r^2 = 0.132$ y $\rho^2 = 0.125$, la variable independiente tiene una baja capacidad explicativa de la variable a explicar.

Dadas las conclusiones anteriores es posible afirmar que la permeabilidad de la madera contrachapada disminuye significativamente, pero en una magnitud baja, cuando se utiliza el producto PASA® Desmoldante Líquido Base Solvente en comparación a cuando se utiliza Aceite Quemado como producto desmoldante en la cimbra de madera contrachapada. Es decir, se determina que la elección del agente desmoldante si influye en la capacidad permeable de la cimbra de

madera contrachapada y que, es el producto PASA® Desmoldante Líquido el que produce una superficie más impermeable.

6.3.2.6 Hipótesis particular 6

“La permeabilidad de la madera contrachapada varía de acuerdo al método de aplicación del agente desmoldante empleado en la cimbra.”

Para la evaluación de esta hipótesis fue necesario desglosarla en las siguientes sub-hipótesis:

HP_{6.1}: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa.

H₀: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es igual al presentado cuando es aplicado por estopa.

H₁: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa.

Realizando una prueba t de dos muestras:

Dado que el valor $p = 0.957 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H₀.

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es igual al presentado cuando es aplicado por estopa.

Realizando una prueba de Mann-Whitney, debido a la distribución no normal de las variables “Y₂₃: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de brocha” y “Y₂₄: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra, aplicando el producto desmoldante por medio de estopa”:

Dado que el valor $p = 0.5149 > \alpha = 0.05$, entonces:

No se rechaza la hipótesis nula H_0 .

∴ La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es igual al presentado cuando es aplicado por estopa.

Tabla 72. Datos resultantes de prueba t de dos muestras para " $HP_{6.1}$: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa".

	N	Media	Desv. Est.	Error Estándar de la Media
Y23	32	0.15	0.0833	0.015
Y24	32	0.152	0.141	0.025
Diferencia =			mu (Y23) - mu (Y24)	
Estimado de la diferencia:			-0.0016	
IC de 95% para la diferencia:			(-0.0597, 0.0566)	
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no=):			Valor T =	-0.05
q			Valor P =	0.957
			GL	50

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

Tabla 73. Datos resultantes de prueba de Mann-Whitney para " $HP_{6.1}$: La permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha es distinto al presentado cuando es aplicado por estopa".

	N	Mediana	
Y23	32	0.1000	
Y24	32	0.1000	
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es			0
95.2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es			(-0.05001, 0.05000)
W =			1089
Valor P =			0.5149

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.

La diferencia de medias y medianas entre la permeabilidad de la madera contrachapada en condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por brocha y la permeabilidad de la madera contrachapada en

condición post-cimbra cuando el producto desmoldante es aplicado por estopa, no es estadísticamente significativa. Por lo anterior, se puede afirmar que las diferencias obtenidas en los valores de permeabilidad con respecto a los dos métodos de aplicación del producto desmoldante son despreciables y, por ende, se considera que la elección de dicho método no tiene efecto en este indicador.

Así pues, debido a que la comprobación de la sub hipótesis anterior arroja la no significancia de las diferencias de los valores de permeabilidad con respecto al método de aplicación del producto desmoldante, se descarta la ejecución de una prueba de correlación. Con base a lo anterior, se determina que el método de aplicación del producto desmoldante no influye en la capacidad permeable de la cimbra de madera contrachapada.

6.3.2.7 Hipótesis general

“Los agentes desmoldantes influyen en el número máximo de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada”.

Debido a que, como se comprobó anteriormente, el número de reúsos de la cimbra de madera contrachapada está correlacionado únicamente con la resistencia a la flexión y, el tipo de agente desmoldante está correlacionado únicamente con la permeabilidad, no existe punto de relación entre el número de reúsos de la cimbra de madera contrachapada y con el tipo de agente desmoldante utilizado.

Por lo anterior, se determina que los tipos de gentes desmoldantes no influyen en el número máximo de reúsos que tiene la cimbra de madera contrachapada.

Tabla 74. Resumen de resultados de la comprobación de las Hipótesis Particulares planteadas.

Variable/Indicador Explicativa (X)	Variable a Explicar (Y)	Correlación
Reutilización de la Cimbra de Madera Contrachapada	Resistencia a la Flexión	Y(X) Moderada/Baja
	Permeabilidad	Inexistente
Tipo de Agente Desmoldante	Resistencia a la Flexión	Inexistente
	Permeabilidad	Y(X) Baja
Método de Aplicación del Agente Desmoldante	Resistencia a la Flexión	Inexistente
	Permeabilidad	Inexistente

Fuente: Elaboración propia en software MINITAB®.



CAPÍTULO

VII

CONCLUSIONES

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, así como de su análisis estadístico e interpretación, se procede a plantear las siguientes conclusiones. De igual manera, en este capítulo se enumeran los posibles nichos de investigación que pudieran ser abordados por futuros investigadores para el desarrollo de nuevos proyectos que complementen al presente estudio.

7.1 Conclusión General

Se concluye que, el tipo de producto desmoldante empleado, así como su método de aplicación durante el proceso de cimbrado, no influyen en la vida útil de la cimbra de madera contrachapada. Siendo esta afirmación válida solamente para los productos desmoldantes y métodos de aplicación evaluados en este trabajo.

Lo anterior debido a que, el tipo de desmoldante y su método de aplicación no influyen en la resistencia a flexión de la cimbra de madera contrachapada y que, como se mencionó anteriormente, es únicamente esta propiedad, la funge como factor en la determinación de la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.

Si bien el producto desmoldante empleado, a diferencia del método de aplicación, sí influye en la propiedad permeable de la superficie de la cimbra de madera contrachapada, la permeabilidad no está correlacionada a la vida útil de dicho material.

7.2 Conclusiones Particulares

- A. Partiendo de que, el concepto de vida útil radica en la durabilidad de un elemento, se entiende entonces que ésta llega a su fin cuando el elemento pierde la capacidad para desempeñar la función para la cual fue diseñado en un principio. Dicha capacidad deberá de entenderse como la prevalencia de ciertas características que, desde un inicio, hicieron al elemento apto para su función.

Así pues, la vida útil de la cimbra de madera contrachapada, radica en su capacidad para ser reutilizada como tal en varias ocasiones, hasta pasar a

ser reciclada o desechada. Dicha capacidad puede considerarse reflejo de las características físicas y mecánicas que hacen de la madera contrachapada un elemento conveniente para ser empleada como cimbra de concreto.

La cimbra, al ser la estructura destinada a cargar al concreto fresco hasta que este último endurece y es capaz de auto-soportarse, responde al principio de la hidrostática y, por ende, debe de proporcionar el soporte adecuado para la presión lateral a la cual es sometida. Es decir, la resistencia de la cimbra de elementos verticales debe de ser apropiada para soportar los esfuerzos flexionantes y cortantes, así como suficientemente rígida para obtener deflexiones aceptables.

Con base a lo anterior, se concluye que la propiedad mecánica de mayor relevancia en la cimbra de madera contrachapada es, precisamente, la resistencia a la flexión; concretamente hablando, el módulo de elasticidad (MOE) y el módulo de ruptura (MOR). Lo anterior debido a que, los cuerpos que tienden a una mayor deformación tienen un módulo de elasticidad menor; mientras que, a mayor módulo de ruptura, los cuerpos tienden a soportar una carga máxima mayor antes de su falla.

Por otra parte, si bien existen numerosos e innovadores materiales para cimbras de concreto, usualmente la elección por uno de ellos recae en el acabado deseado y/o en su costo. En México, la elección de la madera contrachapada se debe sobre todo a su bajo costo. Vale destacar que el costo del material se ve afectado por su rendimiento; es decir, por la cantidad de usos que se le pueda dar; es decir, a mayor uso del elemento, mayor es su rendimiento y, por ende, menor su impacto económico.

Ahora bien, la múltiple reutilización de un material de cimbra está relacionada a su permeabilidad. Lo anterior se debe a que, la humedad es el factor de mayor impacto en el desempeño y ciclo de vida de la madera y sus derivados. En el caso de la madera contrachapada, su dimensionamiento, integridad y la fuerza de adherencia entre sus chapas,

pueden verse comprometidas por las tensiones inducidas por la hinchazón que produce el agua en este material.

Con base a lo anterior, se concluye que la propiedad física de mayor relevancia en la cimbra de madera contrachapada es, precisamente, la permeabilidad. Dejando claro que, entre más impermeable sea un material, mayor vida útil tiene.

- B. En Aguascalientes, Ags, los productos desmoldantes más comúnmente utilizados en cimbras de concreto son el aceite de motor quemado y los productos de base solvente. A pesar de la creencia de que el combustible Diesel es utilizado como desmoldante, éste no suele ser empleado debido a que daña la superficie del tablero de madera contrachapada.

Ahora bien, el uso del desmoldante base solvente es cada vez más frecuente debido a su exigencia en obras públicas; sin embargo, en obra privada donde se requiere acabado común, el aceite quemado aún es utilizado, con la finalidad de disminuir los costos que implica la cimbra y pese al impacto ecológico que este provoca.

- C. En Aguascalientes, Ags, los productos desmoldantes son comúnmente aplicado por medio de trapeadores, rodillos, brochas y escobas, sin ninguna técnica especializa o consideración por el rendimiento que estos métodos puedan implicar.

Pese a que, los productos desmoldantes comerciales recomiendan ciertas técnicas de aplicación para evitar la aparición de características indeseables en la superficie del concreto, como manchas, oquedades y eflorescencia, el sector de la construcción de la ciudad no muestra ninguna clase de exigencia en cuanto a este tema. La elección del método o técnica de aplicación del desmoldante se resume a la opción más económica, rápida y al alcance para el personal de obra.

- D. La resistencia a la flexión de la madera contrachapada tiene una clara relación con la cantidad de reúsos que tenga este material como cimbra

de concreto. Tanto el módulo de elasticidad (MOE) como el módulo de ruptura (MOR) se ven disminuidos levemente a medida que aumentan los reúsos de la cimbra. Es decir, a medida que aumentan los reúsos de la cimbra de madera contrachapada, es más probable su deformación y fallo y, por ende, posiblemente más corta su vida útil.

Por otro lado, los cambios de permeabilidad de la superficie de la madera contrachapada no pueden ser explicados o relacionados, por la cantidad de reúsos que se le dé a este material como cimbra. Por lo anterior, se concluye que la permeabilidad no es un factor determinante en la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.

- E. Se concluye que el tipo de producto desmoldante empleado durante el proceso de cimbrado, no influye en la vida útil de la cimbra de madera contrachapada. Lo anterior debido a que, el tipo de desmoldante no influye en la resistencia a flexión de la cimbra de madera contrachapada y que, como se mencionó anteriormente, es únicamente esta propiedad, la funge como factor en la determinación de la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.

Si bien el producto desmoldante empleado influye en la propiedad permeable de la superficie de la cimbra de madera contrachapada, la permeabilidad no está correlacionada a la vida útil de dicho material.

- F. Se concluye que el método de aplicación del producto desmoldante durante el proceso de cimbrado, no influye en la vida útil de la cimbra de madera contrachapada. Lo anterior debido a que, el tipo o método de aplicación del desmoldante no influye en la resistencia a flexión de la cimbra de madera contrachapada y que, como se mencionó anteriormente, es únicamente esta propiedad, la funge como factor en la determinación de la vida útil de la cimbra de madera contrachapada.

Además, pese a que la permeabilidad no está correlacionada con la vida útil de la madera contrachapada, cabe mencionar que el método de

aplicación del desmoldante tampoco está correlacionado con esta propiedad.

- G. Se concluye que, debido a que el tipo de producto desmoldante empleado durante el proceso de cimbrado no influye en la cantidad de reúsos posibles de la cimbra de madera contrachapada, entonces no existe un beneficio explícito que permita facilitar la elección entre los desmoldantes evaluados en este trabajo. Ahora bien, ambos productos evaluados mostraron un rendimiento prácticamente igual, por lo que la toma de decisión entre un producto y otro recae únicamente en el costo, siendo el aceite quemado el favorecido al contar con un costo 24 veces menor al del desmoldante PASA®.

Sin embargo, considerando las implicaciones ecológicas del uso de aceite quemado, se considera que el producto PASA® Desmoldante Líquido es la opción más conveniente.

7.3 Nichos de Investigación

- A. Se deberá realizar una investigación relativa a la correlación entre la resistencia a esfuerzos cortantes, como otra propiedad mecánica de importancia en elementos de cimbras, y el número de reúsos de la cimbra de madera contrachapada.
- B. Se deberá desarrollar una regla de clasificación visual por defectos con sus respectivas tolerancias, para madera contrachapada usada en cimbra; esta debe estar destinada a soportar esfuerzos temporales, pero requieren de un proceso de análisis y diseño estructura.
- C. Se deberá realizar una evaluación más completa de las propiedades de la cimbra de madera contrachapada, considerando un mayor número de reúsos consecutivos, más productos desmoldantes y más métodos de aplicación de dichos productos.

- D. Se deberá realizar una investigación relativa a la correlación entre las propiedades mecánicas de mayor importancia en la cimbra de madera contrachapada y el tipo de acabado deseado en el concreto.
- E. Se deberá de realizar una investigación relativa a la correlación entre las propiedades mecánicas y cantidad de reúsos posibles de la cimbra de madera contrachapada en elementos horizontales.



GLOSARIO

Ancho	Dimensión menor en el plano de tablero, puede ser paralela o perpendicular a la dirección de las chapas.
Cara	Superficie externa principal del tablero, también se conoce como vista.
Chapa	Capa u hoja de madera delgada obtenida por corte rotativo o lineal de una troza y que forma las capas individuales de un tablero contrachapado.
Cimbrado	Todo el sistema de soporte para el concreto recién colado, incluyendo los moldes o cimbras que se colocan en contacto con el concreto, así como todos los elementos de soporte, materiales metálicos y refuerzos necesarios.
Claro	Separación entre ejes de apoyos para una pieza sometida a cargas de flexión.
Columnas	Elementos estructurales sometidos esencialmente a cargas de compresión y que actúan en forma aislada por tener gran separación entre sí.
Condición Saturada	Condición en la cual la madera tiene un contenido de humedad superior a 30 %.
Condición Seca	Condición en la cual el tablero tiene un contenido de humedad inferior a 18 %.
Contenido De Humedad	Peso del agua en la madera expresada como un porcentaje del peso de la madera anhidra.
Contenido De Humedad En Equilibrio	Contenido de humedad que alcanza la madera en condiciones estables de humedad relativa y temperatura.
Deformaciones Locales	Deformaciones por aplastamiento que sufre un material sometido a carga en los puntos de aplicación de carga o de reacción.
Densidad Básica	Relación del peso anhidro de la madera por unidad de volumen verde. Se expresa en g/cm ³ .
Densidad Normal	Relación del peso de la madera por unidad de volumen, determinados estos al contenido de humedad de equilibrio de la madera, mismo que se debe indicar. Se expresa en g/cm ³ .
Dirección Principal De Las Chapas	Dirección en la que están orientadas el mayor número de chapas en el tablero contrachapado. Generalmente, es la dirección de las chapas externas.

Factor De Modificación De Resistencia	Factor que toma en cuenta el efecto que tiene sobre la resistencia alguna variable como la duración de carga, el contenido de humedad, el tamaño de la superficie de apoyo y otras.
Factor De Resistencia	Factor aplicado a la resistencia de un miembro o conexión que toma en cuenta la variabilidad de las dimensiones, las propiedades del material, la calidad de la mano de obra, el tipo de falla y la incertidumbre en la predicción de resistencia.
Fibra	Término utilizado para designar al conjunto de los elementos celulares constitutivos de la madera.
Fibra Extrema	Fibra con la mayor distancia perpendicular al eje neutro en la sección transversal de una pieza sometida a flexión.
Grieta	Hendidura producida por la separación de los elementos en el sentido longitudinal que aparece en las caras o superficies de las piezas de madera como resultado de un secado defectuoso u otra causa.
Grosor	Dimensión del tablero en la dirección perpendicular a su plano.
Grosor Comercial Del Tablero	Es la dimensión por la cual se identifican y comercializan los tableros, tradicionalmente el grosor nominal se aproxima al grosor de fabricación.
Grosor Nominal	Designación comercial del grosor de las placas o de las chapas.
Longitud	Dimensión mayor en el plano de tablero, puede ser paralela o perpendicular a la dirección de las chapas.
Madera Clasificada Estructuralmente	Madera clasificada de acuerdo con la Norma Mexicana correspondiente: para madera de coníferas se aplica la norma NMX-C-239 y para el caso de madera de latifoliadas, la norma NMX-C-409-ONNCCE.
Madera Contrachapada	Placa compuesta de un conjunto de chapas o capas de madera unidas con adhesivo, generalmente en número impar, en la cual las chapas adyacentes se colocan con la dirección de la fibra perpendicular entre sí.
Mancha	Defecto de coloración de las maderas, en color diferente al de la madera, causada por la acción de hongos, alta temperatura o acción química.
Parche	incrustación de madera, similar a la que forma la chapa que se usa para reparar hendiduras, nudos u otros defectos de abertura

Peso Especifico	Peso por unidad de volumen. En el caso de la madera debe especificarse el contenido de humedad al que se determinaron el peso y el volumen.
Peso Específico Básico	Peso anhidro de la madera dividido entre su volumen saturado ya que es la relación del peso específico de la madera y el peso específico del agua que es igual a la unidad en el sistema métrico.
Puntales	Puntales: Elementos de apoyo verticales o inclinados, diseñados para soportar el peso de la cimbra, del concreto y de las cargas de construcción superiores.
Refuerzos Diagonales	Elementos de cimbra suplementarios diseñados para resistir las cartas laterales.
Resanado	Operación de aplicar masilla en una grieta para disminuir su magnitud o apariencia.
Sistema De Carga Compartida	Construcción compuesta de tres o más miembros esencialmente paralelos espaciados 610 mm o menos, centro a centro, de tal manera arreglados, o conectados, que comparten las cargas que actúan sobre el sistema. La resistencia de estos sistemas se modifica por el factor de modificación K_c .
Sistema De Piso Ligero	Construcción formada por tres o más miembros aproximadamente paralelos y separados entre sí no más de 810 mm y unidos con una cubierta de madera contrachapada, de duelas de madera bien clavada u otro material que proporcione una rigidez equivalente. A estos sistemas se les aplican cargas concentradas definidas en el Reglamento.
Tablero Contrachapado	Se constituye generalmente de un número impar de chapas estando la dirección de la fibra de cada chapa en ángulos rectos a las adyacentes. La vista y la trascara y todas las capas numeradas en impar, generalmente están orientadas con la dirección de la fibra paralela a la dimensión larga del tablero. Las chapas son unidas bajo presión por un adhesivo para crear un tablero con una unión adhesiva tan fuerte o masque la madera.
Trascara	Superficie externa opuesta a la vista o cara.
Valor Especificado De Resistencia	Resistencia básica especificada en esta Norma para el cálculo de la resistencia de diseño.
Valor Modificado De Resistencia	El producto del valor especificado de resistencia por el factor de resistencia y los factores de modificación de la resistencia.

Veta Sinónimo de Fibra.

Vigas Elementos de madera sometidos a flexión que actúan en forma aislada por tener una separación grande y no estar unidos por un material de cubierta que les permita compartir la carga.



BIBLIOGRAFÍA

- ACI Committee 303. (2004). *303R-04: Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete Practice*.
- ACI Committee 347. (2004). *Guide to Formwork for Concrete*. American Concrete Institute.
- APA - The Engineered Wood Association. (1995). *Norma voluntaria PSI- 95. Construction and Industrial Plywood (with typical APA trademarks)*. The Office of Standards Services. Washington: National Institute of Standards and Technology.
- APA - The Engineered Wood Association. (2002). *Encofrado de Concreto*. Obtenido de <https://www.apawood.org>
- APA - The Engineered Wood Association. (2012). *Design/Construction Guide - Concrete Forming*. Obtenido de www.apawood.org
- APA - The Engineered Wood Association. (2016). *Moisture-Related Dimensional Stability*. Obtenido de <https://www.apawood.org>
- APA - The Engineered Wood Association. (2016). *Plywood Basics*. Obtenido de <https://www.apawood.org>
- APA - The Engineered Wood Association. (2017). *Performance Panels - Un resumen sobre la producción, las características y usos industriales de paneles de madera diseñados*.
- Arellano, J. R. (2001). *Cimbras, Diseño y Construcción*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil), Universidad Nacional Autónoma de México, Nezahualcóyotl, Estado de México. Obtenido de <http://132.248.9.195/pd2001/292956/Index.html>
- ASTM International. (2007). *Standard Test Methods for Direct Moisture Contents Measurements of Wood and Wood-Based Materials*.
- ASTM International. (2014). *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials*.
- Ayala , R. E., Chimbo, C. V., & Yaguana, D. (2010). *Clasificación, Utilización e Importancia del Encofrado como Elemento Provisional en el área de la Construcción*. (Tesina de Seminario para obtener el título de Ingeniero Civil), Escuela Superior Politécnica del Litoral,

Guayaquil, Ecuador. Obtenido de

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/10656>

Barbosa, A., Gambatese, J., Das, A., & Pestana, A. C. (2014). Mapped Workflow for Safety and Reliability Assessments of Use and Re-use of Formwork. *Construction Research Congress 2014*, (págs. 1821-1830). Atlanta, Georgia. Obtenido de

<http://sipb.sggw.pl/CRC2014/data/papers/9780784413517.186.pdf>

Baty, G., & Reynolds, R. (s.f.). *Release Agents - What are they? How do they work?* Cresset Chemical Co. Obtenido de <http://cresset.com>

Bernal, J. (15 de Junio de 2017). Cimbra de triplay. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Botero, R. (2006). *Encofrados*. Medellín. Obtenido de

http://www.bdigital.unal.edu.co/3647/1/8285799.2006_1.pdf

Comité ACI 318. (2005). *318S-05 y 318SR-05: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario*.

Comité ACI-347. (c1996). *Guía para el Diseño y la Construcción de Cimbras*. Comité ACI-347. México, D.F.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

Concrete Society. (2012). *Formwork a Guide to a Good Practice*.

Espinoza, A. (2016). *Caracterización Técnica Económica para la Implementación de Impermeabilizantes Naturales en Vivienda de Autoconstrucción, Popular y de Interés Social*. (Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil del Área de Construcción), Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, Aguascalientes.

Fernandez de Castro, S. (12 de Junio de 2017). Entrevista sobre Triplay II. (C. Millán, Entrevistador)

Gobierno del Distrito Federal. (6 de Octubre de 2004). Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera. *Gaseta Oficial del Distrito Federal, TOMO I (103-BIS)*, págs. 54-87.

Hendrikx, R. (2013). Using the Karsten tube to estimate water transport parameters of porous building materials. *Materials and Structures*, 1309-1320.

Jiménez, H. M., Ascencio, R. H., & Barreto, L. V. (s.f.). *Uso de la Madera en Encofrados para la Construcción en el Perú*. Lima, Perú: SENCICO.

MINITAB. (2017). *t de 2 muestras*.

National Precast Concrete Association. (2013). *Proper Application of Release Agent*. Tech Note.
Obtenido de <http://precast.org>

Nemati, K. M. (2007). *Formwork for Concrete*. Obtenido de
<http://courses.washington.edu/cm420/Lesson1.pdf>

NMX-C-438-ONNCCE-2006. (2006). Tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas -
Clasificación y especificaciones. *Diario Oficial de la Federación*, pág. 13p.

NMX-C-439-ONNCCE-2006. (2006). Tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas -
Propiedades físicas - Métodos de ensayo. *Diario Oficial de la Federación*, pág. 11p.

NMX-C-440-ONNCCE-2006. (2006). Tableros contrachapados de pino y otras coníferas -
Propiedades Mecánicas - Métodos de Ensayo. *Diario Oficial de la Federación*, pág. 26p.

Paneltech. (2010). *Plywood concrete forming panels. Care and Handling*. Washington. Obtenido de
<http://paneltechintl.com/tech-bullentins/>

Paneltech. (2011). *Choose the right plywood for formwork*. Washington. Obtenido de
<http://paneltechintl.com/tech-bullentins/>

Pemex Exploración y Producción. (2000). *Cimbras para Concreto*.

Peurifoy, R. L., & Oberlender, G. D. (2011). *Formwork for Concrete Structures* (4ta. ed.). The
McGraw-Hill Companies.

PFS-TECO. (s.f.). *Structural Plywood - Design and Application Guide*. Obtenido de
<http://www.pfsteco.com>

Plywood Association of Australia. (1991). *Plywood in Concrete Formwork*.

Poblete, H., & Vargas, R. (2006). Relación entre la Densidad y Propiedades del Tablero HDF
Producidos por un Proceso Seco. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 8(3), 169-182.

PSF-TECO. (2011). *Almacenamiento y Manipulación de Tableros Estructurales de Madera*.
Obtenido de www.psfteco.com

Richardson, J. G. (c1992). *Cimbras*. México, D.F.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,
A.C.

- Rodríguez, J. (19 de Mayo de 2017). Entrevista sobre Triplay I. (C. Millán, Entrevistador)
- Shyha, I., Richardson, A., Coventry, K., & Ponton, H. (2016). Mould release technologies with regard to concrete surface finish. *Magazine of Concrete Research*, 68(2), 87-98.
- Soto, Z. M. (2017). *Integración de las Obras de Infraestructura Patrimonial al Tejido Urbano de las Ciudades Modernas*. (Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos con énfasis en Arquitectura, Ingeniería Civil y Urbanismo), Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags.
- Syndicat National des Adjuvants pour Bétons et Mortiers. (2015). *Classification SYNAD des Agents de Démoulage*. Paris: Syndicat National des Adjuvants pour Bétons et Mortiers. Obtenido de SYNAD: <http://www.synad.fr>
- Taboada, M., López-González, W., Mora-Martínez, M., González-Ortega, D., & Virelas, C. (s.f.). Agentes Desmoldantes para Concreto Basados en Emulsiones Agua/Aceite y el Factor Clave de una Aplicación Adecuada. Querétaro, Querétaro, México. Obtenido de Sika Mexicana: <http://mex.sika.com>
- Tecnología para Concreto Prefabricado Húmedo con Sika*. (19 de Octubre de 2013). Obtenido de Sika Mexicana: <http://mex.sika.com>
- Tenorio, C., Moya, R., & Camacho, D. (2012). Propiedades Físico-Mecánicas de Tableros Terciados Construidos con Especies Tropicales de Plantaciones para uso Estructural. *CERNE*, 18(2), 317-325.
- The Concrete Center. (2017). *Building Elements*. Obtenido de Formwork: www.concretecenter.com/Building_Elements/Formwork.aspx
- TQC. (2017). *Manual - Tubo Karsten para Ensayo de Penetración*.
- Triplay México. (2016). Triplay Industrial. México. Obtenido de http://www.triplaymexico.com/triplay_industrial

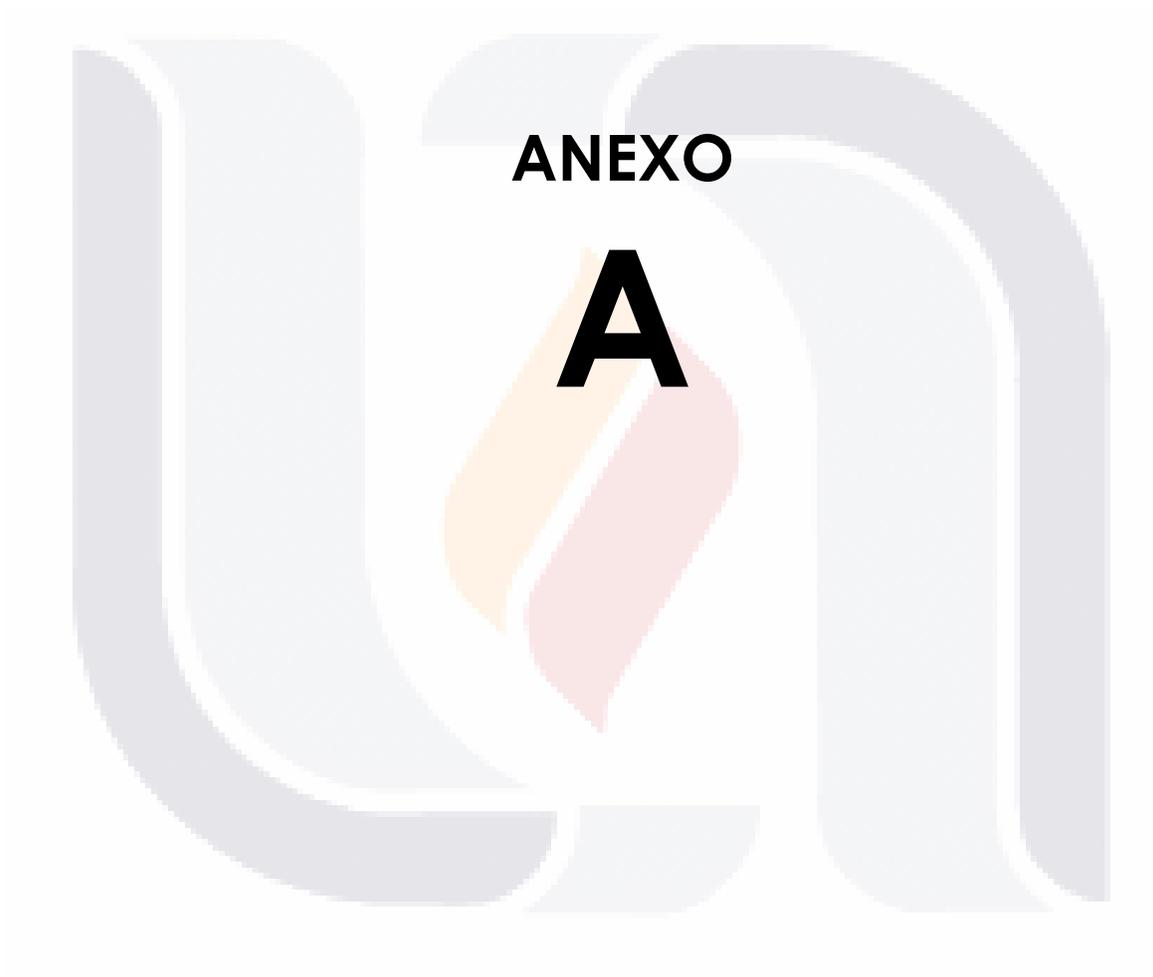
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

A

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO A.

Propiedades efectivas de la sección para placas de madera contrachapada sin pulir.

a) Propiedades de la sección por un metro de ancho cuando las chapas exteriores son paralelas al esfuerzo^(a).

Grosor nominal	Número de Chapas	Grosor de las Chapas			Grosor Neto ^(b)	Grosor Efectivo	Área Efectiva	Módulo de Sección Efectivo	Momento de Inercia Efectivo	Constante para Cortante por Flexión
		Chapas Exteriores	Chapas Transversales	Centros						
Mm		mm	Mm	mm	T	tp	A ₁	S ₁	I ₁	I b/Q
9	3	3.18	2.54	—	8.1	4.3	4 286	8 570	32 000	5 611
9	3	3.18	3.18	—	8.74	5.6	5 566	12 140	53 100	6 396
9	5	3.18	1.59	2.54	8.1	4.9	4 926	7 440	30 200	6 117
9	3	2.12	2.12	1.59	9.27	5	5 036	10 850	50 300	7 377
12	5	3.18	6.35	—	11.9	5.6	5 566	20 080	119 700	9 416
12	5	2.54	2.54	1.59	10.95	5.9	5 874	15 550	85 200	8 730
12	5	2.54	2.12	2.54	11.06	6.8	6 826	15 960	88 300	8 519
12	5	3.18	2.12	1.59	11.39	7.2	7 156	18 810	107 200	8 71
16	5	2.54	3.18	3.97	14.61	8.3	8 256	23 750	173 600	11 318
16	5	2.54	3.97	2.54	14.76	6.8	6 826	23 530	173 700	12 123
16	5	3.18	3.97	1.59	15.08	7.2	7 156	28 470	214 900	12 315
16	5	3.18	3.97	3.18	15.08	8.7	8 746	28 810	217 600	11 818
19	5	3.97	3.97	3.97	19.05	11.1	11 116	46 290	441 100	14 886
19	7	2.54	2.54	3.18	18.26	10.6	10 646	36 960	337 600	14 886
19	7	2.54	3.18	2.54	18.9	9.4	9 366	36 710	347 000	13 756
19	7	3.18	2.54	3.18	19.54	11.9	11 926	46 250	452 000	13 941
22	5	2.54	5.56	5.56	20.95	9.8	9 846	37 740	395 600	16 461
22	5	3.18	4.76	6.35	21.43	11.9	11 916	47 500	509 100	16 424
22	7	3.18	2.54	3.97	21.12	13.5	15 306	53 620	566 400	14 731
22	7	2.54	3.97	2.54	21.27	9.4	9 366	42 340	450 500	15 657
25	5	3.18	6.35	6.35	24.61	11.9	11 916	55 920	688 300	14 930
25	7	2.54	4.76	3.18	24.92	10.6	10 646	57 230	663 400	17 913
25	7	3.18	3.97	3.18	23.83	11.9	11 926	59 320	707 000	17 386
25	7	3.18	3.18	4.76	24.62	15.1	15 086	67 860	835 500	16 951

(a) Se consideró que las chapas con menor grosor eran las exteriores, para resultados en la condición más conservadora.

(b) Valor del grosor disminuido.

b) Propiedades de la sección por un metro de ancho cuando las chapas exteriores son perpendiculares al esfuerzo^(c).

Grosor nominal	Número de Chapas	Grosor de las Chapas			Grosor Neto ^(b)	Grosor Efectivo	Área Efectiva	Módulo de Sección Efectivo	Momento de Inercia Efectivo	Constante para Cortante por Flexión
		Chapas Exteriores	Chapas Transversales	Centros						
		t	tp	A ₁						
mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ³	mm ⁴	mm ²
9	3	3.18	2.54	—	8.10	1.7	1 746	1 520	700	—
9	3	3.18	3.18	—	8.74	2.4	2 386	2 850	1 700	—
9	5	3.18	1.59	2.54	8.10	2.4	2 386	4 190	10 300	4 632
9	3	2.12	2.12	1.59	9.27	3.4	3 446	4 910	12 400	4 334
12	5	3.18	6.35	—	11.90	5.6	5 555	15 430	21 400	—
12	5	2.54	2.54	1.59	10.95	4.3	4 286	6 770	19 900	4 972
12	5	2.54	2.12	2.54	11.06	3.4	3 446	5 520	19 800	5 394
12	5	3.18	2.12	1.59	11.39	3.4	3 446	4 910	12 400	4 334
16	5	2.54	3.18	3.97	14.61	5.6	5 566	16 880	80 500	8 563
16	5	2.54	3.97	2.54	14.76	7.1	7 146	18 430	89 200	8 171
16	5	3.18	3.97	1.59	15.08	7.1	7 146	15 170	66 300	7 185
16	5	3.18	3.97	3.18	15.08	5.6	5 566	14 560	63 700	7 675
19	5	3.97	3.97	3.97	19.05	7.1	7 146	23 590	131 100	9 729
19	7	2.54	2.54	3.18	18.26	6.8	6 826	24 330	160 400	12 692
19	7	2.54	3.18	2.54	18.90	8.7	8 746	30 550	211 200	12 697
19	7	3.18	2.54	3.18	19.54	6.8	6 826	24 330	160 400	12 692
22	5	2.54	5.56	5.56	20.95	16.3	10 326	48 310	383 700	13 862
22	5	3.18	4.76	6.35	21.43	8.7	8 726	42 060	317 100	13 666
22	7	3.18	2.54	3.97	21.12	6.8	6 826	23 530	208 500	14 547
22	7	2.54	3.97	2.54	21.27	11.1	11 116	44 080	357 000	14 558
25	5	3.18	6.35	6.35	24.61	11.9	11 906	63 850	582 800	15 916
25	7	2.54	4.76	3.18	24.92	13.5	13 486	66 000	655 000	17 891
25	7	3.18	3.97	3.18	23.83	11.1	11 116	46 190	429 800	16 031
25	7	3.18	3.18	4.76	24.62	8.7	8 746	44 650	407 900	17 880

(c) Se consideró que las chapas con menor grosor eran las transversales contiguas a las exteriores, para resultados en la condición más conservadora.

Fuente: (Gobierno del Distrito Federal, 2004).

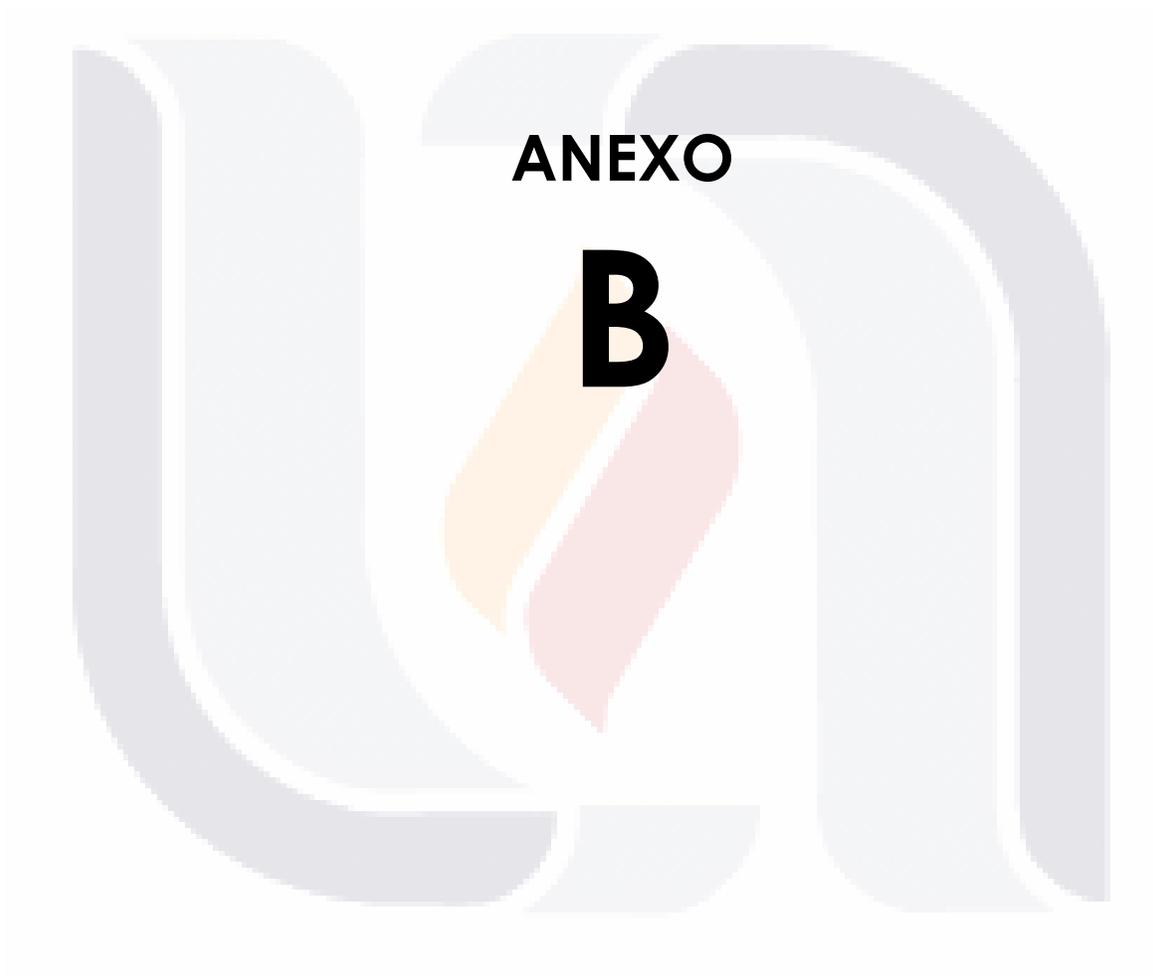
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

B

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO B.

Propiedades de sección (Corte Transversal) para tableros de cimbra de concreto B-B, de clases I y II y Estructural I.

Espesor (in)	Espesor (mm)	Peso Aproximado (kN/m ²)	Propiedades para esfuerzos paralelos a la veta.			Propiedades para esfuerzos perpendiculares a la veta		
			Momento de Inercia I (mm ⁴ /m)	Sección efectiva de módulo KS (mm ³ /m)	Constante de cortante al rodamiento (mm ² /m)	Momento de Inercia I (mm ⁴ /m)	Sección efectiva de módulo KS (mm ³ /m)	Constante de cortante al rodamiento (mm ² /m)
CLASE I								
15/32	11.9	0.07	90,129	13,118	10,039	24,581	5,753	5,120
1/2	12.7	0.07	105,150	14,409	10,907	32,774	6,989	5,798
19/32	15.1	0.08	157,043	18,011	11,510	39,602	7,849	5,999
5/8	15.9	0.09	177,527	19,247	12,101	51,892	9,409	6,549
23/32	18.3	0.10	245,806	23,118	14,836	98,322	13,280	8,039
3/4	19.1	0.11	271,752	24,462	15,212	125,634	16,452	8,600
7/8	22.2	0.12	404,214	31,398	18,108	206,204	22,688	12,759
1	25.4	0.14	583,106	39,624	19,842	368,709	34,086	14,846
1 1/8	28.6	0.16	756,536	45,645	22,077	543,504	42,957	17,820
CLASE II								
15/32	11.9	0.07	86,032	13,064	9,523	20,484	7,419	5,152
1/2	12.7	0.07	102,419	14,355	10,353	27,312	8,978	5,772
19/32	15.1	0.08	157,043	17,957	11,273	34,140	10,108	5,952
5/8	15.9	0.09	177,527	19,194	11,839	43,699	1,097	6,507
23/32	18.3	0.10	245,806	23,488	13,767	81,935	17,043	8,003
3/4	19.1	0.11	270,384	24,409	14,036	102,419	21,075	8,570
7/8	22.2	0.12	409,677	31,774	16,912	167,967	29,140	12,694
1	25.4	0.14	574,913	40,538	18,233	300,430	43,656	14,789
1 1/8	28.6	0.16	772,923	46,720	20,259	441,085	55,000	17,755
ESTRUCTURAL I								
15/32	11.9	0.07	91,494	13,226	9,531	28,677	7,903	5,091
1/2	12.7	0.07	106,516	14,570	10,389	39,602	9,570	5,768
19/32	15.1	0.08	158,408	18,172	10,621	46,430	10,699	5,950
5/8	15.9	0.09	178,892	19,409	11,129	61,451	12,796	6,505
23/32	18.3	0.10	249,903	23,602	12,931	116,075	18,172	8,001
3/4	19.1	0.11	275,849	24,946	13,100	147,484	22,473	8,566
7/8	22.2	0.12	432,892	33,656	15,958	244,440	31,129	12,681
1	25.4	0.14	654,117	44,462	16,887	438,354	46,774	14,776
1 1/8	28.6	0.16	850,762	51,344	18,713	647,289	59,032	17,731

Fuente: (APA - The Engineered Wood Association, 2002).

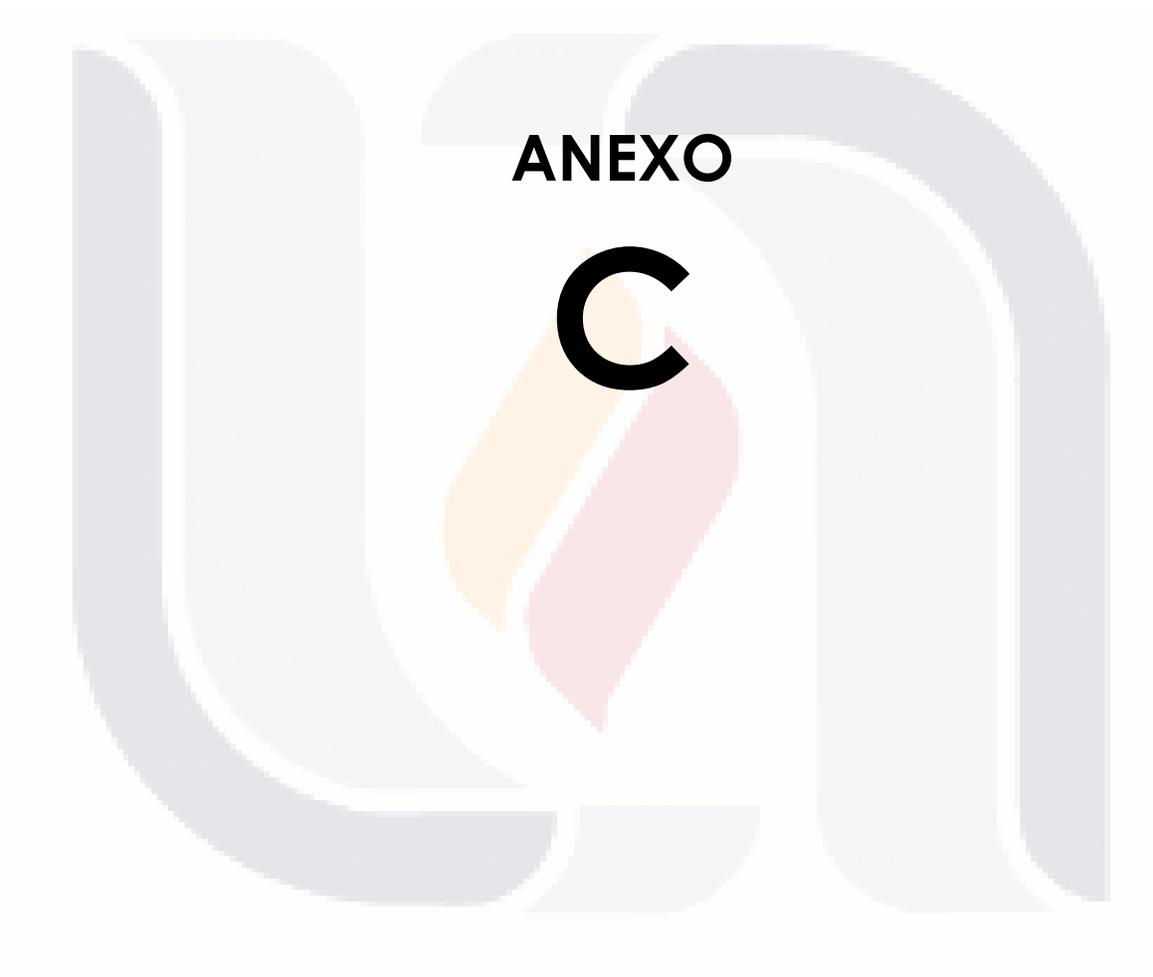
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

C

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO C.

Prueba piloto: Contenido de humedad.

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Peso Húmedo (g)	Peso Anhído (g)	Contenido de Humedad (%)
5	1	1-PP-CH-1	24.88	22.23	12%
5	1	1-PP-CH-2	25.88	22.28	16%
5	1	1-PP-CH-3	22.62	20.05	13%
5	2	2-PP-CH-1	22.14	20.4	9%
5	2	2-PP-CH-2	22.71	20.92	9%
5	2	2-PP-CH-3	25.15	23.23	8%

Fuente: Elaboración propia.

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO D.

Prueba piloto: Prueba de flexión estática.

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Deflexión en el Límite de Proporcionalidad (mm)	Deflexión Máxima (mm)	Carga Límite de Proporcionalidad (N)	Carga Máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	Tiempo de Ensayo (min)	MOE (Gpa)	MOR (Gpa)
5	1	1-PP-BR-1	3.10	27.04	0.02	0.14	0.00	3.13	2.652	0.012
5	1	1-PP-BR-2	22.04	22.04	0.23	0.23	0.23	2.55	5.079	0.020
5	1	1-PP-BR-3	44.49	69.38	0.29	0.38	0.38	8.03	3.175	0.033
5	1	1-PP-BR-4	42.96	57.32	0.26	0.31	0.31	6.63	2.898	0.027
5	1	1-PP-BR-5	33.71	57.86	0.12	0.13	0.12	6.70	1.647	0.011
5	1	1-PP-EST-1	27.32	48.01	0.15	0.15	0.02	5.56	2.63	0.01
5	1	1-PP-EST-2	28.78	59.42	0.17	0.17	0.15	6.88	2.83	0.01
5	1	1-PP-EST-3	34.95	34.95	0.22	0.22	0.22	4.05	3.03	0.02
5	1	1-PP-EST-4	21.86	32.65	0.11	0.11	0.10	3.78	2.48	0.01
5	1	1-PP-EST-5	43.40	67.09	0.31	0.31	0.29	7.77	3.35	0.03
5	2	2-PP-BR-1	12.62	47.72	0.07	0.08	0.01	5.52	2.625	0.007
5	2	2-PP-BR-2	21.54	63.58	0.21	0.21	0.00	7.36	4.560	0.018
5	2	2-PP-BR-3	25.52	86.47	0.21	0.21	0.04	10.01	3.831	0.018
5	2	2-PP-BR-4	23.42	46.28	0.22	0.24	0.22	5.36	4.470	0.021
5	2	2-PP-BR-5	14.40	50.30	0.11	0.11	0.04	5.82	3.744	0.010
5	2	2-PP-EST-1	28.82	34.86	0.30	0.32	0.32	4.04	4.89	0.03
5	2	2-PP-EST-2	22.69	24.73	0.19	0.19	0.18	2.86	3.84	0.02
5	2	2-PP-EST-3	26.89	26.89	0.21	0.21	0.21	3.11	3.63	0.02
5	2	2-PP-EST-4	22.04	38.14	0.20	0.20	0.02	4.41	4.21	0.02
5	2	2-PP-EST-5	23.40	69.04	0.19	0.19	0.02	7.99	3.77	0.02

Fuente: Elaboración propia.

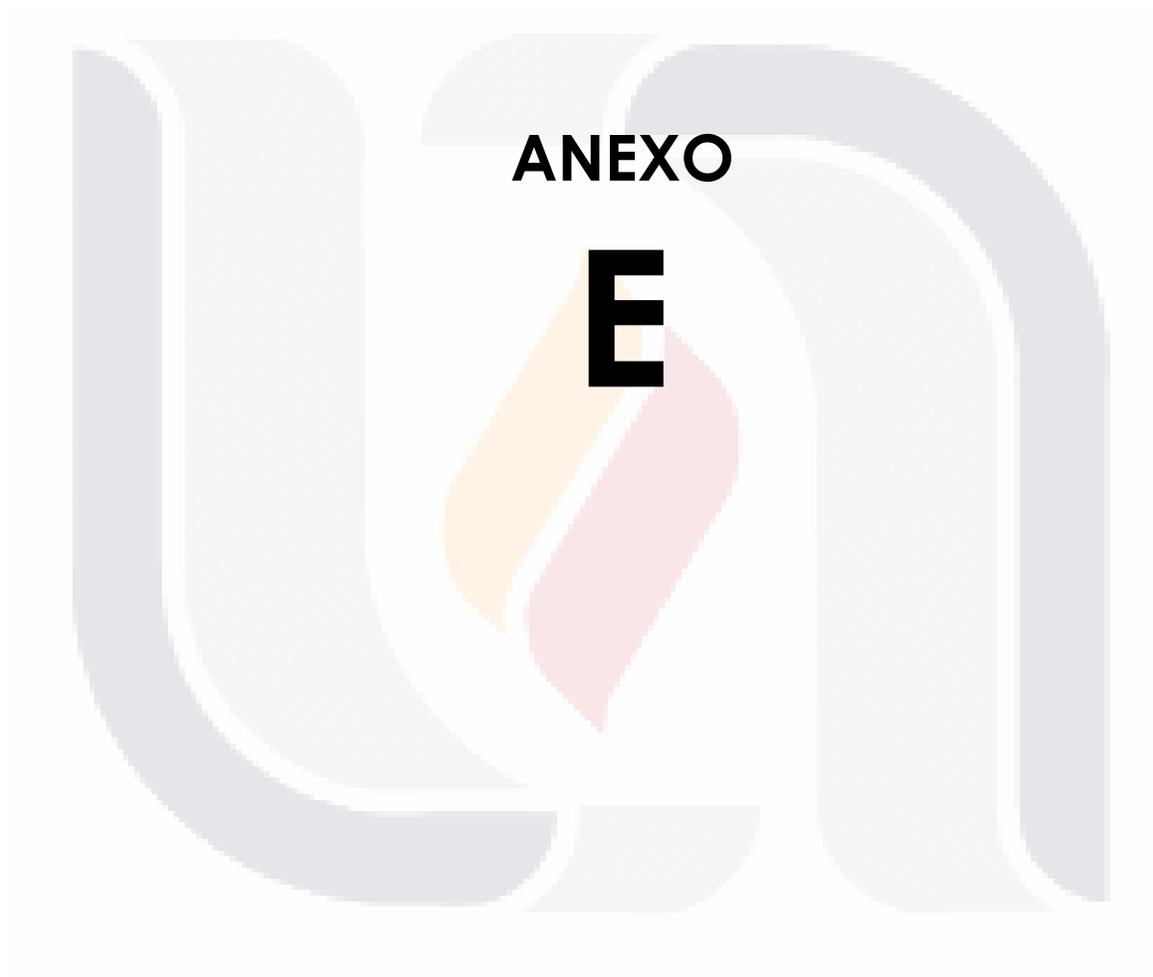
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

E

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO E.

Prueba piloto: Prueba de permeabilidad.

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Permeabilidad (mililitros)								Total Penetrado (ml)
			5 minutos		15 minutos		30 minutos		60 minutos		
			Lectura	Acum.	Lectura	Acum.	Lectura	Acum.	Lectura	Acum.	
5	1	1-PP-BR-1	0.05	0.05	0.10	0.15	0.10	0.25	0.10	0.35	0.35
5	1	1-PP-BR-2	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
5	1	1-PP-BR-3	0.05	0.05	0.10	0.15	0.00	0.15	0.15	0.30	0.30
5	1	1-PP-BR-4	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.20
5	1	1-PP-BR-5	0.05	0.05	0.10	0.15	0.15	0.30	0.10	0.40	0.40
5	1	1-PP-EST-1	0.1	0.10	0.10	0.20	0.05	0.25	0.05	0.30	0.30
5	1	1-PP-EST-2	0.1	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.05	0.25	0.25
5	1	1-PP-EST-3	0.15	0.15	0.10	0.25	0.10	0.35	0.05	0.40	0.40
5	1	1-PP-EST-4	0.1	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.05	0.25	0.25
5	1	1-PP-EST-5	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.20
5	2	2-PP-BR-1	0.25	0.25	0.10	0.35	0.05	0.40	0.10	0.50	0.50
5	2	2-PP-BR-2	0.40	0.40	0.15	0.55	0.15	0.70	0.15	0.85	0.85
5	2	2-PP-BR-3	0.20	0.20	0.10	0.30	0.05	0.35	0.10	0.45	0.45
5	2	2-PP-BR-4	0.2	0.20	0.15	0.35	0.1	0.45	0.1	0.55	0.55
5	2	2-PP-BR-5	0.15	0.20	0.15	0.35	0.15	0.50	0.15	0.65	0.65
5	2	2-PP-EST-1	0.4	0.40	0.10	0.50	0.10	0.60	0.10	0.70	0.70
5	2	2-PP-EST-2	0.25	0.25	0.15	0.40	0.10	0.50	0.20	0.70	0.70
5	2	2-PP-EST-3	0.3	0.30	0.25	0.55	0.10	0.65	0.05	0.70	0.70
5	2	2-PP-EST-4	0.5	0.50	0.40	0.90	0.2	1.10	0.1	1.20	1.20
5	2	2-PP-EST-5	0.3	0.30	0.05	0.35	0.40	0.75	0.20	0.95	0.95

Fuente: Elaboración propia

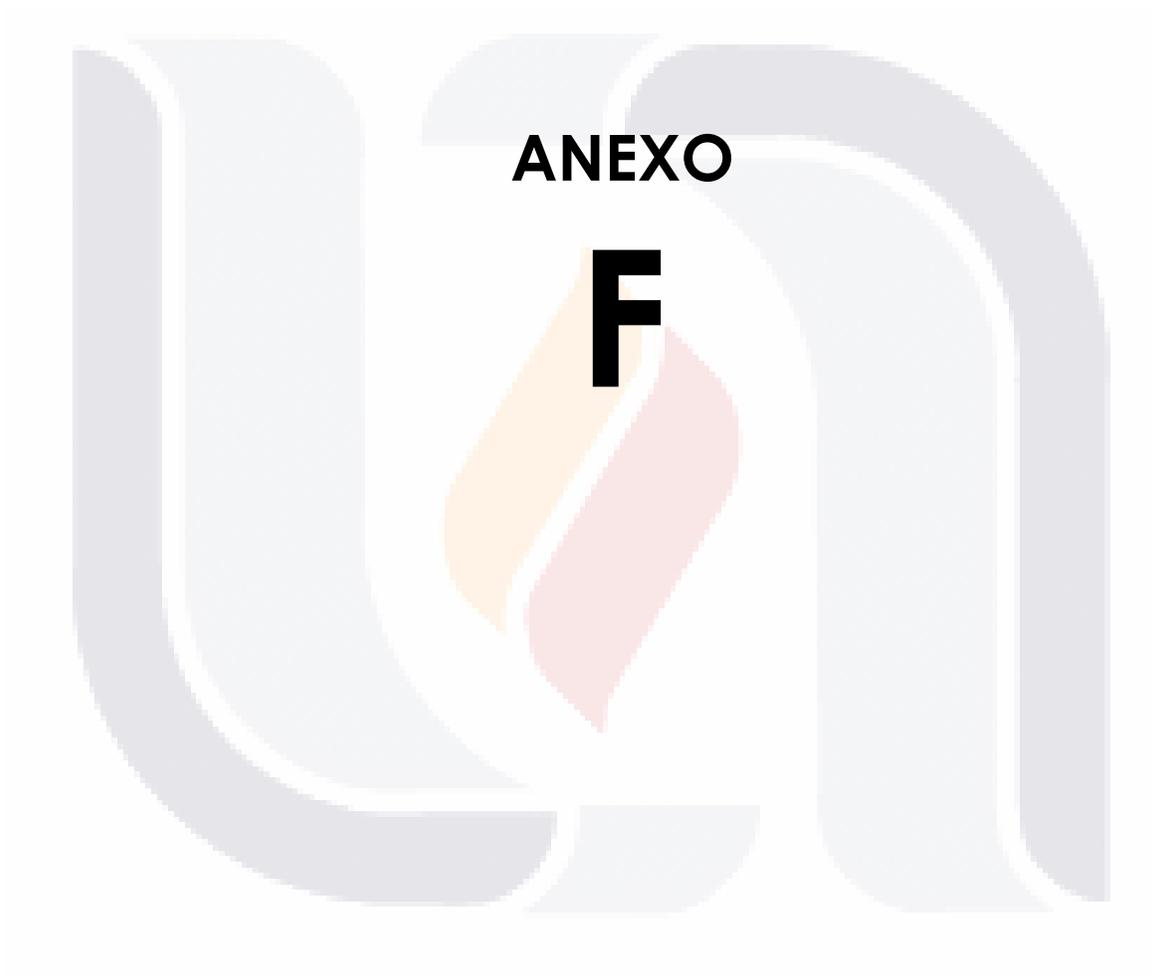
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

F

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO F.

Trabajo Experimental: Consumo de productos desmoldantes durante el cimbrado.

No. De Cimbrado	Muestra	Aceite Quemado (lts)		PASA® Desmoldante (lts)	
		Brocha	Estopa	Brocha	Estopa
1 de 1	IV-1	0.045	0.042		
	IV-2			0.078	0.081
1 de 2	III-1	0.036	0.070		
	III-2			0.037	0.057
2 de 2	III-1	0.029	0.055		
	III-2			0.041	0.068
1 de 4	III-3	0.025	0.056		
	III-4			0.044	0.069
2 de 4	III-3	0.058	0.130		
	III-4			0.047	0.081
3 de 4	III-3	0.044	0.076		
	III-4			0.030	0.053
4 de 4	III-3	0.062	0.110		
	III-4			0.040	0.079
1 de 3	III-5	0.033	0.073		
	III-6			0.038	0.067
2 de 3	III-5	0.015	0.035		
	III-6			0.035	0.057
3 de 3	III-5	0.040	0.050		
	III-6			0.035	0.044
SUMA		0.387	0.697	0.425	0.656
PROMEDIO MÉTODO		0.039	0.070	0.043	0.066
PROMEDIO PRODUCTO		0.054		0.054	

Fuente: Elaboración propia.

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

G

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO G.

Trabajo Experimental: Análisis de precios unitarios por concepto de aplicación de productos desmoldantes (1/4).

Análisis de Precio Unitario						
Descripción						
Clave: AQ-BR APLICACIÓN DE ACEITE QUEMADO MEDIANTE BROCHA EN CIMBRA. INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTA Y M.O.					Unidad:	M2
					Cantidad:	1.00
					Precio Unitario:	\$ 27.53
					Total:	\$ 27.53
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
ACEITE	ACEITE QUEMADO	L	0.1685	\$ 1.50	\$	0.25
BROCHA 2	BROCHA DE 2"	PZA	0.3333	\$ 28.02	\$	9.34
Total de Materiales						\$ 9.59
Mano de Obra						
PEÓN	PEÓN	JOR	0.0500	\$ 314.83	\$	15.74
Total de Mano de Obra						\$ 15.74
Herramienta						
HE	HERRAMIENTA	(%)mo	0.0300	\$ 15.74	\$	0.47
MI	MANDOS MEDIOS	(%)mo	0.1000	\$ 15.74	\$	1.57
SEG	EQUIPO DE SEGURIDAD	(%)mo	0.0100	\$ 15.74	\$	0.16
Total de Herramienta						\$ 2.20
Costo Directo	27.530000					\$ 27.53
Precio Unitario	27.53					\$ 27.53
** VEINTISIETE PESOS 53/100 M.N. **						

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo Experimental: Análisis de precios unitarios por concepto de aplicación de productos desmoldantes (2/4).

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: AQ-EST							
APLICACIÓN DE ACEITE QUEMADO MEDIANTE ESTOPA EN CIMBRA.							
INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTA Y M.O.							
					Unidad:	M2	
					Cantidad:	1.00	
					Precio Unitario:	\$ 24.10	
					Total:	\$ 24.10	
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total		
Materiales							
ACEITE	ACEITE QUEMADO	L	0.3035	\$ 1.50	\$	0.46	
ESTOPA	ESTOPA DE ALGODÓN	KG	0.1000	\$ 57.00	\$	5.70	
Total de Materiales						\$ 6.16	
Mano de Obra							
PEÓN	PEÓN	JOR	0.0500	\$ 314.83	\$	15.74	
Total de Mano de Obra						\$ 15.74	
Herramienta							
HE	HERRAMIENTA	(%)mo	0.0300	\$ 15.74	\$	0.47	
MI	MANDOS MEDIOS	(%)mo	0.1000	\$ 15.74	\$	1.57	
SEG	EQUIPO DE SEGURIDAD	(%)mo	0.0100	\$ 15.74	\$	0.16	
Total de Herramienta						\$ 2.20	
Costo Directo	24.100000					\$	24.10
Precio Unitario	24.10					\$	24.10
** VEINTICUATRO PESOS 10/100 M.N. **							

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo Experimental: Análisis de precios unitarios por concepto de aplicación de productos desmoldantes (3/4).

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: DQ-BR							
APLICACIÓN DE DESMOLDANTE LÍQUIDO MEDIANTE BROCHA EN CIMBRA. INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTA Y M.O.							
					Unidad:	M2	
					Cantidad:	1.00	
					Precio Unitario:	\$ 34.13	
					Total:	\$ 34.13	
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total		
Materiales							
DESM	DESMOLDANTE BASE SOLVENTE MARCA PASA	L	0.1852	\$ 37.00	\$	6.85	
BROCHA 2	BROCHA DE 2"	PZA	0.3333	\$ 28.02	\$	9.34	
Total de Materiales						\$ 16.19	
Mano de Obra							
PEÓN	PEÓN	JOR	0.0500	\$ 314.83	\$	15.74	
Total de Mano de Obra						\$ 15.74	
Herramienta							
HE	HERRAMIENTA	(%)mo	0.0300	\$ 15.74	\$	0.47	
MI	MANDOS MEDIOS	(%)mo	0.1000	\$ 15.74	\$	1.57	
SEG	EQUIPO DE SEGURIDAD	(%)mo	0.0100	\$ 15.74	\$	0.16	
Total de Herramienta						\$ 2.20	
Costo Directo	34.130000					\$	34.13
Precio Unitario	34.13					\$	34.13
** TREINTA Y CUATRO PESOS 13/100 M.N. **							

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo Experimental: Análisis de precios unitarios por concepto de aplicación de productos desmoldantes (4/4).

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: AQ-EST							
APLICACIÓN DE DESMOLDANTE LÍQUIDO MEDIANTE ESTOPA EN CIMBRA. INCLUYE: MATERIALES, HERRAMIENTA Y M.O.							
					Unidad:	M2	
					Cantidad:	1.00	
					Precio Unitario:	\$ 34.20	
					Total:	\$ 34.20	
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total		
Materiales							
DESM	DESMOLDANTE BASE SOLVENTE MARCA PASA	L	0.2855	\$ 37.00	\$	10.56	
ESTOPA	ESTOPA DE ALGODÓN	KG	0.1000	\$ 57.00	\$	5.70	
Total de Materiales						\$ 16.26	
Mano de Obra							
PEÓN	PEÓN	JOR	0.0500	\$ 314.83	\$	15.74	
Total de Mano de Obra						\$ 15.74	
Herramienta							
HE	HERRAMIENTA	(%)mo	0.0300	\$ 15.74	\$	0.47	
MI	MANDOS MEDIOS	(%)mo	0.1000	\$ 15.74	\$	1.57	
SEG	EQUIPO DE SEGURIDAD	(%)mo	0.0100	\$ 15.74	\$	0.16	
Total de Herramienta						\$ 2.20	
Costo Directo	34.200000					\$	34.20
Precio Unitario	34.20					\$	34.20
** TREINTA Y CUATRO PESOS 20/100 M.N. **							

Fuente: Elaboración propia.

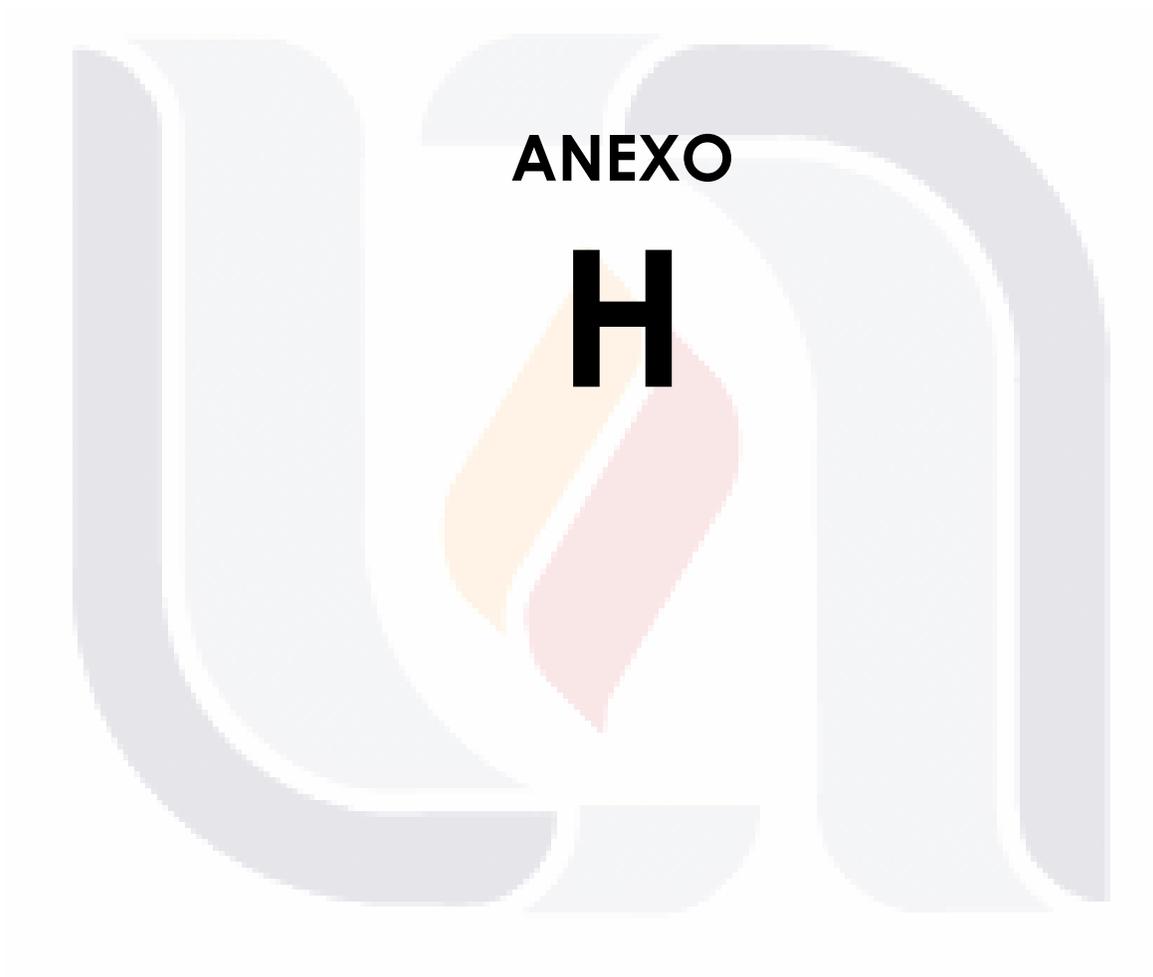
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

H

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO H.

Trabajo Experimental: Contenido de humedad de madera contrachapada después de su uso en cimbra (1/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Peso Húmedo (g)	Peso Anhído (g)	Contenido de Humedad (%)
IV	1	IV-1-AQ-BR-1	17.21	15.74	9%
IV	1	IV-1-AQ-BR-2	13.86	12.56	10%
IV	1	IV-1-AQ-BR-3	18.51	16.78	10%
IV	1	IV-1-AQ-BR-4	16.03	14.49	11%
IV	1	IV-1-AQ-EST-1	18.18	16.54	10%
IV	1	IV-1-AQ-EST-2	19.21	17.44	10%
IV	1	IV-1-AQ-EST-3	20.16	18.24	11%
IV	1	IV-1-AQ-EST-4	13.78	12.45	11%
IV	2	IV-2-D-BR-1	16.84	15.22	11%
IV	2	IV-2-D-BR-2	18.77	17.03	10%
IV	2	IV-2-D-BR-3	15.59	13.93	12%
IV	2	IV-2-D-BR-4	16.22	14.55	11%
IV	2	IV-2-D-EST-1	14.20	13.23	7%
IV	2	IV-2-D-EST-2	16.15	15.07	7%
IV	2	IV-2-D-EST-3	18.87	17.51	8%
IV	2	IV-2-D-EST-4	17.77	16.25	9%
III	1	III-1-AQ-BR-1	12.00	11.07	8%
III	1	III-1-AQ-BR-2	15.27	14.22	7%
III	1	III-1-AQ-BR-3	21.20	19.83	7%
III	1	III-1-AQ-BR-4	18.37	17.08	8%
III	1	III-1-AQ-EST-1	21.21	19.85	7%
III	1	III-1-AQ-EST-2	21.60	19.92	8%
III	1	III-1-AQ-EST-3	24.79	23.16	7%
III	1	III-1-AQ-EST-4	22.49	20.84	8%

Trabajo Experimental – Contenido de humedad de madera contrachapada después de su uso en cimbra (2/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Peso Húmedo (g)	Peso Anhído (g)	Contenido de Humedad (%)
III	2	III-2-D-BR-1	22.60	21.04	7%
III	2	III-2-D-BR-2	23.49	21.87	7%
III	2	III-2-D-BR-3	22.02	20.46	8%
III	2	III-2-D-BR-4	22.87	21.24	8%
III	2	III-2-D-EST-1	15.88	14.82	7%
III	2	III-2-D-EST-2	16.74	15.42	9%
III	2	III-2-D-EST-3	16.19	15.20	7%
III	2	III-2-D-EST-4	15.98	14.79	8%
III	5	III-5-AQ-BR-1	20.34	18.93	7%
III	5	III-5-AQ-BR-2	22.65	21.05	8%
III	5	III-5-AQ-BR-3	22.74	21.15	8%
III	5	III-5-AQ-BR-4	21.07	19.60	7%
III	5	III-5-AQ-EST-1	19.38	18.01	8%
III	5	III-5-AQ-EST-2	17.92	16.69	7%
III	5	III-5-AQ-EST-3	16.29	15.08	8%
III	5	III-5-AQ-EST-4	18.16	16.81	8%
III	6	III-6-D-BR-1	16.20	14.69	10%
III	6	III-6-D-BR-2	15.54	14.20	9%
III	6	III-6-D-BR-3	16.36	15.09	8%
III	6	III-6-D-BR-4	16.75	15.52	8%
III	6	III-6-D-EST-1	16.20	15.00	8%
III	6	III-6-D-EST-2	15.98	14.79	8%
III	6	III-6-D-EST-3	16.56	15.37	8%
III	6	III-6-D-EST-4	19.21	17.93	7%

Trabajo Experimental – Contenido de humedad de madera contrachapada después de su uso en cimbra (3/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Peso Húmedo (g)	Peso Anhído (g)	Contenido de Humedad (%)
III	3	III-3-AQ-BR-1	16.56	15.37	8%
III	3	III-3-AQ-BR-2	19.21	17.93	7%
III	3	III-3-AQ-BR-3	21.01	19.61	7%
III	3	III-3-AQ-BR-4	22.60	21.04	7%
III	3	III-3-AQ-EST-1	23.49	21.87	7%
III	3	III-3-AQ-EST-2	22.02	20.46	8%
III	3	III-3-AQ-EST-3	20.86	19.45	7%
III	3	III-3-AQ-EST-4	23.34	21.73	7%
III	4	III-4-D-BR-1	16.90	15.66	8%
III	4	III-4-D-BR-2	18.79	17.38	8%
III	4	III-4-D-BR-3	18.65	17.15	9%
III	4	III-4-D-BR-4	18.99	17.62	8%
III	4	III-4-D-EST-1	19.89	18.38	8%
III	4	III-4-D-EST-2	21.86	20.24	8%
III	4	III-4-D-EST-3	19.42	17.97	8%
III	4	III-4-D-EST-4	20.23	18.75	8%

Fuente: Elaboración propia.

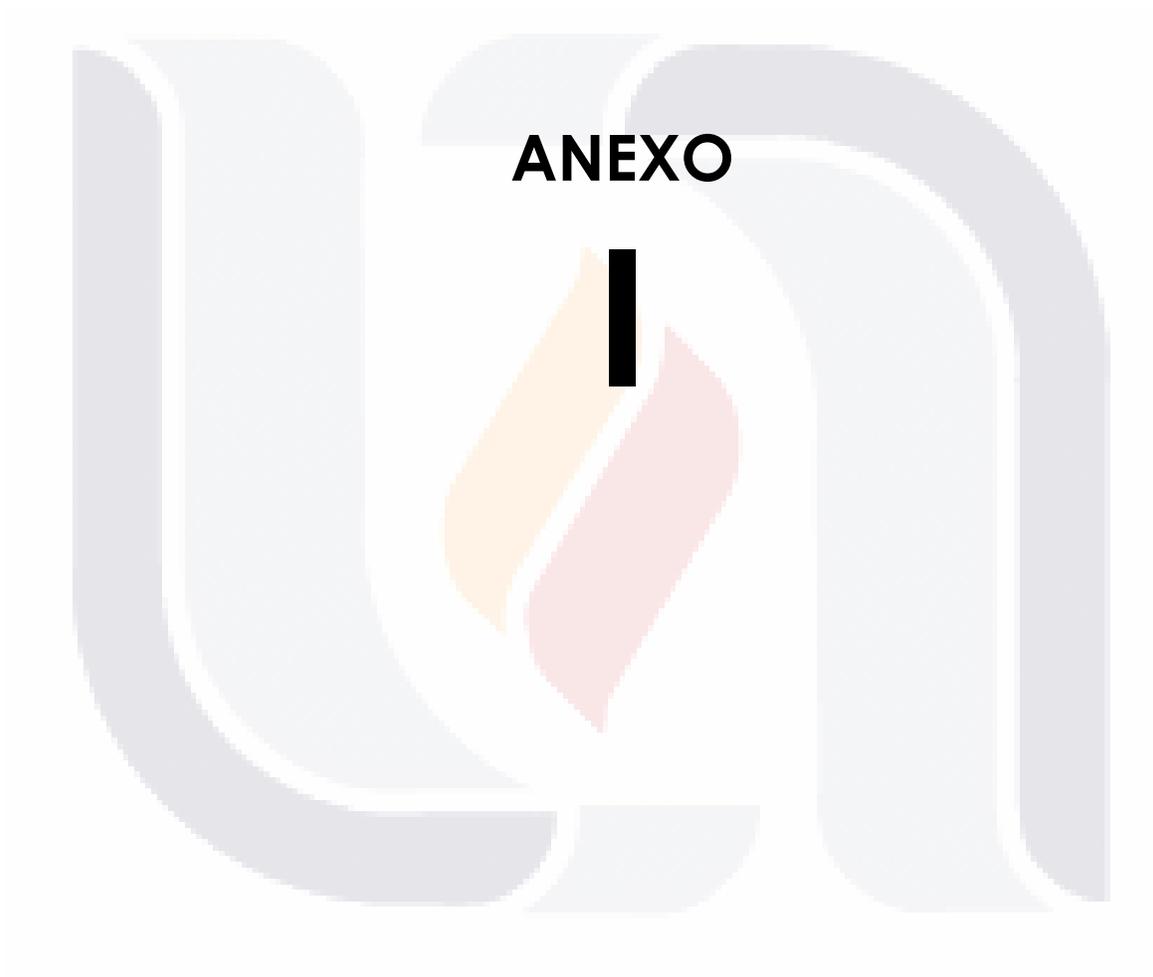
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO I.

Trabajo Experimental: Prueba de flexión estática en madera contrachapada después de su uso en cimbra (1/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Deflexión en el Límite de Proporcionalidad (mm)	Deflexión Máxima (mm)	Carga Límite de Proporcionalidad (N)	Carga Máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	Tiempo de Ensayo (min)	MOE (Gpa)	MOR (Gpa)
IV	1	IV-1-AQ-BR-1	26.780	35.231	0.188	0.209	0.194	4.078	3.271	0.018
IV	1	IV-1-AQ-BR-2	20.713	69.290	0.211	0.211	0.001	8.020	4.543	0.018
IV	1	IV-1-AQ-BR-3	33.404	33.404	0.349	0.349	0.349	3.866	4.695	0.029
IV	1	IV-1-AQ-BR-4	31.723	38.412	0.398	0.450	0.450	4.446	5.909	0.039
IV	1	IV-1-AQ-EST-1	46.358	46.358	0.411	0.411	0.411	5.366	3.963	0.034
IV	1	IV-1-AQ-EST-2	35.256	35.256	0.346	0.346	0.346	4.081	4.400	0.029
IV	1	IV-1-AQ-EST-3	40.464	40.464	0.416	0.416	0.416	4.683	4.608	0.035
IV	1	IV-1-AQ-EST-4	46.930	46.930	0.482	0.482	0.482	5.432	4.653	0.041
IV	2	IV-2-D-BR-1	15.404	25.269	0.187	0.201	0.193	2.925	5.201	0.016
IV	2	IV-2-D-BR-2	32.502	32.502	0.326	0.326	0.326	3.762	4.444	0.027
IV	2	IV-2-D-BR-3	15.618	27.769	0.134	0.195	0.195	3.214	3.733	0.016
IV	2	IV-2-D-BR-4	11.723	46.752	0.132	0.273	0.273	5.411	5.017	0.023
IV	2	IV-2-D-EST-1	22.398	22.398	0.211	0.211	0.211	2.592	4.078	0.017
IV	2	IV-2-D-EST-2	30.223	37.341	0.270	0.285	0.285	4.322	3.866	0.023
IV	2	IV-2-D-EST-3	21.547	45.448	0.259	0.259	0.001	5.260	5.259	0.021
IV	2	IV-2-D-EST-4	35.711	35.711	0.348	0.348	0.348	4.133	4.339	0.029
III	1	III-1-AQ-BR-1	38.694	38.694	0.384	0.384	0.384	4.479	4.705	0.033
III	1	III-1-AQ-BR-2	47.251	47.251	0.482	0.482	0.482	5.469	4.827	0.042
III	1	III-1-AQ-BR-3	49.082	49.082	0.435	0.435	0.435	5.681	4.074	0.037
III	1	III-1-AQ-BR-4	38.470	41.911	0.293	0.309	0.308	4.851	3.860	0.028
III	1	III-1-AQ-EST-1	31.051	31.051	0.228	0.228	0.228	3.594	3.570	0.020
III	1	III-1-AQ-EST-2	28.380	28.380	0.237	0.237	0.237	3.285	4.196	0.021
III	1	III-1-AQ-EST-3	27.945	30.738	0.207	0.207	0.161	3.558	3.755	0.019
III	1	III-1-AQ-EST-4	36.314	36.314	0.285	0.285	0.285	4.203	3.874	0.025
III	2	III-2-D-BR-1	25.675	63.451	0.203	0.203	0.086	7.344	3.794	0.018
III	2	III-2-D-BR-2	35.526	35.526	0.285	0.285	0.285	4.112	3.766	0.025
III	2	III-2-D-BR-3	43.397	58.892	0.345	0.401	0.401	6.816	3.647	0.034
III	2	III-2-D-BR-4	51.813	51.813	0.386	0.386	0.386	5.997	3.465	0.033

Trabajo Experimental – Prueba de flexión estática en madera contrachapada después de su uso en cimbra (2/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Deflexión en el Límite de Proporcionalidad (mm)	Deflexión Máxima (mm)	Carga Límite de Proporcionalidad (N)	Carga Máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	Tiempo de Ensayo (min)	MOE (Gpa)	MOR (Gpa)
III	2	III-2-D-EST-1	77.338	79.201	0.460	0.460	0.454	9.167	2.906	0.041
III	2	III-2-D-EST-2	42.782	42.782	0.290	0.290	0.290	4.952	3.221	0.025
III	2	III-2-D-EST-3	42.817	42.817	0.290	0.290	0.290	4.956	3.144	0.025
III	2	III-2-D-EST-4	32.452	59.921	0.253	0.435	0.435	6.935	3.572	0.037
III	5	III-5-AQ-BR-1	31.569	37.663	0.246	0.246	0.001	4.359	3.392	0.020
III	5	III-5-AQ-BR-2	41.615	41.615	0.303	0.303	0.303	4.817	3.337	0.026
III	5	III-5-AQ-BR-3	40.330	40.330	0.273	0.273	0.273	4.668	3.009	0.023
III	5	III-5-AQ-BR-4	24.948	24.948	0.153	0.153	0.153	2.888	2.839	0.013
III	5	III-5-AQ-EST-1	32.975	40.884	0.273	0.273	0.032	4.732	3.628	0.022
III	5	III-5-AQ-EST-2	34.364	34.364	0.321	0.321	0.321	3.977	4.177	0.027
III	5	III-5-AQ-EST-3	51.093	51.093	0.347	0.347	0.347	5.914	3.075	0.029
III	5	III-5-AQ-EST-4	38.110	43.714	0.280	0.280	0.221	5.060	3.736	0.025
III	6	III-6-D-BR-1	21.462	77.314	0.125	0.135	0.101	8.948	2.513	0.011
III	6	III-6-D-BR-2	34.059	47.304	0.212	0.212	0.139	5.475	2.756	0.018
III	6	III-6-D-BR-3	62.711	62.711	0.327	0.327	0.327	7.258	2.341	0.027
III	6	III-6-D-BR-4	31.784	78.172	0.198	0.198	0.014	9.048	2.848	0.017
III	6	III-6-D-EST-1	58.674	58.674	0.387	0.387	0.387	6.791	2.970	0.032
III	6	III-6-D-EST-2	46.342	52.898	0.361	0.361	0.352	6.123	3.485	0.030
III	6	III-6-D-EST-3	29.266	30.007	0.222	0.222	0.159	3.473	3.492	0.019
III	6	III-6-D-EST-4	23.298	46.581	0.151	0.174	0.041	5.391	2.796	0.014
III	3	III-3-AQ-BR-1	24.817	66.011	0.232	0.232	0.206	7.640	3.806	0.018
III	3	III-3-AQ-BR-2	24.630	80.921	0.165	0.182	0.114	9.366	2.809	0.015
III	3	III-3-AQ-BR-3	30.259	39.086	0.185	0.185	0.115	4.524	2.579	0.015
III	3	III-3-AQ-BR-4	11.169	51.686	0.087	0.194	0.005	5.982	3.354	0.016
III	3	III-3-AQ-EST-1	11.061	72.042	0.101	0.151	0.141	8.338	4.119	0.013
III	3	III-3-AQ-EST-2	28.722	35.176	0.140	0.140	0.115	4.071	2.162	0.012
III	3	III-3-AQ-EST-3	16.075	36.369	0.112	0.112	0.061	4.209	2.984	0.009
III	3	III-3-AQ-EST-4	26.880	26.880	0.278	0.278	0.278	3.111	4.376	0.022

Trabajo Experimental – Prueba de flexión estática en madera contrachapada después de su uso en cimbra (3/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Deflexión en el Límite de Proporcionalidad (mm)	Deflexión Máxima (mm)	Carga Límite de Proporcionalidad (N)	Carga Máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	Tiempo de Ensayo (min)	MOE (Gpa)	MOR (Gpa)
III	4	III-4-D-BR-1	32.743	41.869	0.191	0.247	0.010	4.846	2.603	0.021
III	4	III-4-D-BR-2	16.744	48.110	0.164	0.176	0.147	5.568	4.305	0.015
III	4	III-4-D-BR-3	40.078	69.035	0.352	0.508	0.100	7.990	3.775	0.041
III	4	III-4-D-BR-4	42.477	51.006	0.318	0.375	0.313	5.904	3.190	0.030
III	4	III-4-D-EST-1	30.643	46.868	0.217	0.217	0.070	5.425	3.008	0.017
III	4	III-4-D-EST-2	22.877	35.640	0.145	0.145	0.004	4.125	2.720	0.012
III	4	III-4-D-EST-3	59.378	76.190	0.178	0.178	0.072	8.818	1.274	0.014
III	4	III-4-D-EST-4	11.291	40.513	0.110	0.207	0.207	4.689	4.244	0.017

Fuente: Elaboración propia.

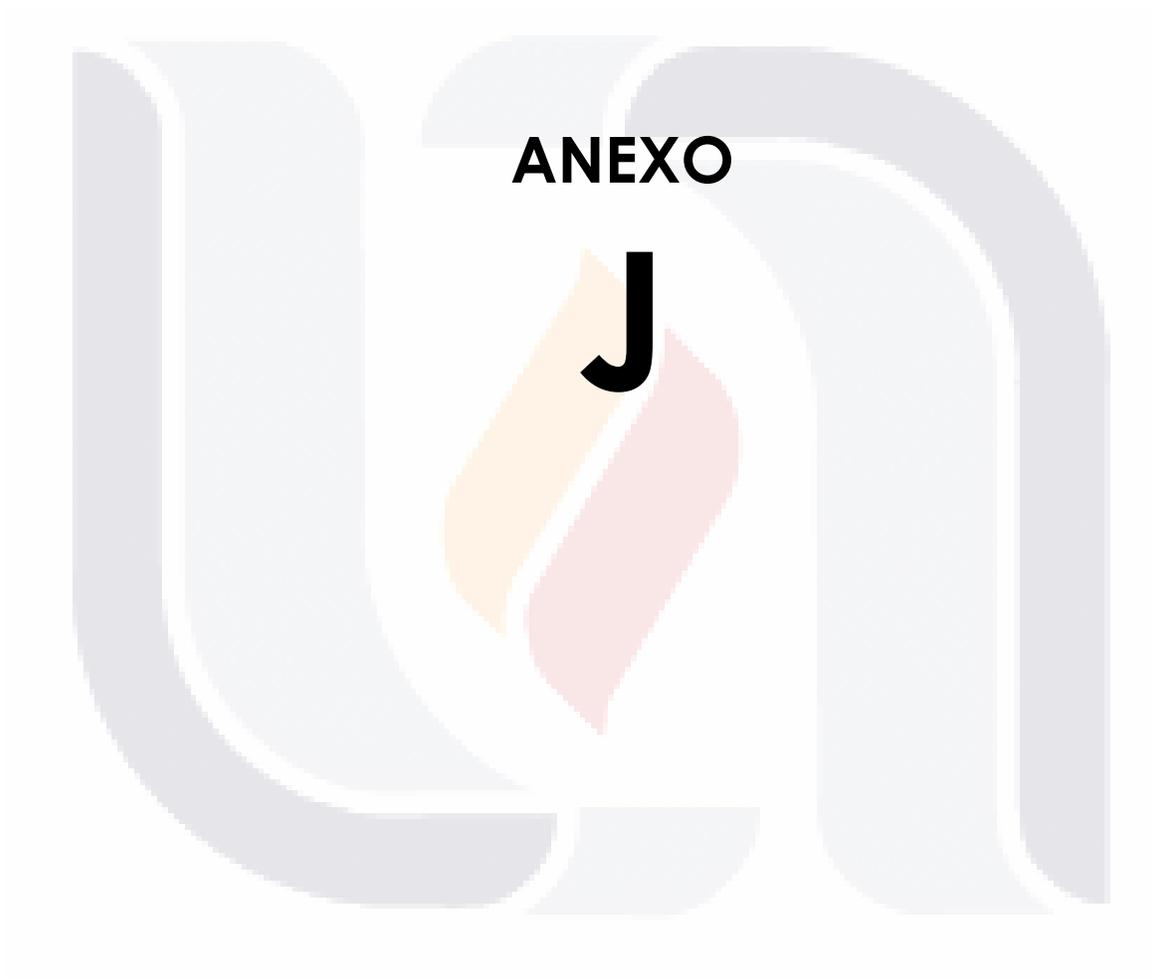
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

J

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO J.

Trabajo Experimental: Prueba de permeabilidad en madera contrachapada después de su uso en cimbra (1/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Permeabilidad (mililitros)								Total Penetrado (ml)
			5 minutos		15 minutos		30 minutos		60 minutos		
			Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	
IV	1	IV-1-AQ-BR-1	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
IV	1	IV-1-AQ-BR-2	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
IV	1	IV-1-AQ-BR-3	0.15	0.15	0.05	0.20	0.10	0.30	0.10	0.40	0.40
IV	1	IV-1-AQ-BR-4	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.20	0.10	0.30	0.30
IV	1	IV-1-AQ-EST-1	0.10	0.10	0.00	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.20
IV	1	IV-1-AQ-EST-2	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.60	0.80	0.80
IV	1	IV-1-AQ-EST-3	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.20	0.05	0.25	0.25
IV	1	IV-1-AQ-EST-4	0.05	0.05	0.10	0.15	0.10	0.25	0.05	0.30	0.30
IV	2	IV-2-D-BR-1	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.15
IV	2	IV-2-D-BR-2	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.15
IV	2	IV-2-D-BR-3	0.00	0.00	0.05	0.05	0.10	0.15	0.05	0.20	0.20
IV	2	IV-2-D-BR-4	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
IV	2	IV-2-D-EST-1	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.15
IV	2	IV-2-D-EST-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05
IV	2	IV-2-D-EST-3	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.15
IV	2	IV-2-D-EST-4	0.00	0.00	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.20
III	1	III-1-AQ-BR-1	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.05	0.25	0.25
III	1	III-1-AQ-BR-2	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.10	0.25	0.25
III	1	III-1-AQ-BR-3	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.05	0.25	0.25
III	1	III-1-AQ-BR-4	0.05	0.05	0.10	0.15	0.05	0.20	0.05	0.25	0.25
III	1	III-1-AQ-EST-1	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
III	1	III-1-AQ-EST-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05
III	1	III-1-AQ-EST-3	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	1	III-1-AQ-EST-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05
III	2	III-2-D-BR-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10
III	2	III-2-D-BR-2	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	2	III-2-D-BR-3	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	2	III-2-D-BR-4	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.00	0.15	0.15

Trabajo Experimental – Prueba de permeabilidad en madera contrachapada después de su uso en cimbra (2/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Permeabilidad (mililitros)								Total Penetrado (ml)
			5 minutos		15 minutos		30 minutos		60 minutos		
			Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	
III	2	III-2-D-EST-1	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.00	0.20	0.20
III	2	III-2-D-EST-2	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	2	III-2-D-EST-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
III	2	III-2-D-EST-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05
III	5	III-5-AQ-BR-1	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.10	0.30	0.30
III	5	III-5-AQ-BR-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10
III	5	III-5-AQ-BR-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05
III	5	III-5-AQ-BR-4	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.20
III	5	III-5-AQ-EST-1	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.20
III	5	III-5-AQ-EST-2	0.15	0.15	0.05	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.20
III	5	III-5-AQ-EST-3	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
III	5	III-5-AQ-EST-4	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.10	0.30	0.30
III	6	III-6-D-BR-1	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.10	0.10
III	6	III-6-D-BR-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05
III	6	III-6-D-BR-3	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
III	6	III-6-D-BR-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10
III	6	III-6-D-EST-1	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	6	III-6-D-EST-2	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.00	0.15	0.15
III	6	III-6-D-EST-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05
III	6	III-6-D-EST-4	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	3	III-3-AQ-BR-1	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
III	3	III-3-AQ-BR-2	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
III	3	III-3-AQ-BR-3	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	3	III-3-AQ-BR-4	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	3	III-3-AQ-EST-1	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	3	III-3-AQ-EST-2	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	3	III-3-AQ-EST-3	0.10	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.00	0.20	0.20
III	3	III-3-AQ-EST-4	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.00	0.15	0.15

Trabajo Experimental – Prueba de permeabilidad en madera contrachapada después de su uso en cimbra (3/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Permeabilidad (mililitros)								Total Penetrado (ml)
			5 minutos		15 minutos		30 minutos		60 minutos		
			Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	
III	4	III-4-D-BR-1	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.15
III	4	III-4-D-BR-2	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	4	III-4-D-BR-3	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	4	III-4-D-BR-4	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.10
III	4	III-4-D-EST-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05
III	4	III-4-D-EST-2	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.05
III	4	III-4-D-EST-3	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.05	0.20	0.20
III	4	III-4-D-EST-4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05

Fuente: Elaboración propia.

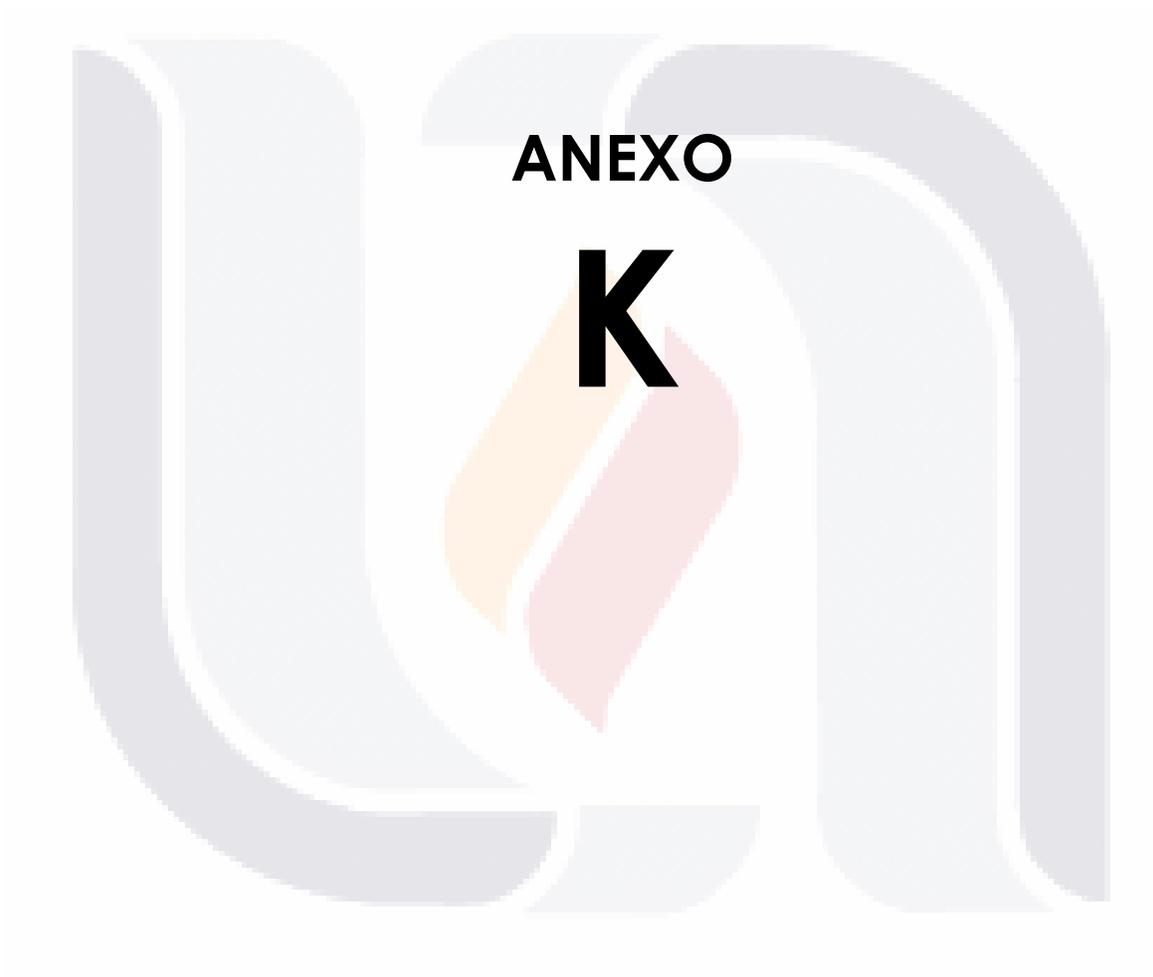
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

K

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO K.

Trabajo Experimental: Contenido de humedad de madera contrachapada en condición seca (1/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Peso Húmedo (g)	Peso Anhído (g)	Contenido de Humedad (%)
	1	I-1-1	28.64	25.83	11%
	1	I-2-1	22.92	21.1	9%
	1	I-4-1	14.17	13.07	8%
	1	I-7-1	30.24	28.15	7%
	1	I-9-1	20.52	19.04	8%
	1	I-10-1	19.55	18.06	8%
	2	I-4-2	24.13	22.42	8%
	2	I-5-2	27.88	25.99	7%
	2	I-7-2	28.33	26.36	7%
	2	I-9-2	25.5	23.71	8%
	2	I-10-2	22.97	21.19	8%
	3	I-1-3	29.58	27.64	7%
	3	I-4-3	29.83	27.9	7%
	3	I-7-3	28.73	26.86	7%
	3	I-8-3	33.79	31.23	8%
	3	I-10-3	43.65	40.58	8%
	4	I-3-4	36.94	34.44	7%
	4	I-4-4	32.16	29.95	7%
	4	I-7-4	28.85	26.99	7%
	4	I-9-4	23	21.46	7%
	4	I-10-4	18.82	17.62	7%
	5	I-2-5	25.82	24.14	7%
	5	I-4-5	13.62	12.96	5%
	5	I-5-5	23.87	22.04	8%
	5	I-7-5	34.94	32.58	7%
	5	I-9-5	29.61	27.5	8%

Trabajo Experimental – Contenido de humedad de madera contrachapada en condición seca (2/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Peso Húmedo (g)	Peso Anhídrido (g)	Contenido de Humedad (%)
I	6	I-2-6	30.18	28	8%
I	6	I-4-6	22.56	21.1	7%
I	6	I-5-6	18.29	17	8%
I	6	I-6-6	28.48	26.12	9%
I	6	I-7-6	22.88	20.32	13%
I	6	I-9-6	25.41	23.61	8%
II	1	II-1-1	19.13	17.82	7%
II	1	II-3-1	25.43	23.76	7%
II	1	II-5-1	21.03	19.54	8%
II	1	II-7-1	19.52	18	8%
II	1	II-9-1	22.99	21.24	8%
II	1	II-10-1	20.9	19.14	9%
II	2	II-3-2	26.42	24.06	10%
II	2	II-4-2	18.84	17.14	10%
II	2	II-6-2	21.82	20.13	8%
II	2	II-7-2	22.43	20.55	9%
II	2	II-8-2	21.32	19.64	9%
II	3	II-1-3	19.78	18.29	8%
II	3	II-4-3	13.94	12.88	8%
II	3	II-6-3	14	13	8%
II	3	II-8-3	18.97	17.52	8%
II	3	II-10-3	20.78	19.19	8%
II	4	II-2-4	20.96	20	5%
II	4	II-4-4	20.15	19.13	5%
II	4	II-6-4	17.72	16.6	7%
II	4	II-7-4	21.11	19.56	8%
II	4	II-8-4	20.55	20	3%

Trabajo Experimental – Contenido de humedad de madera contrachapada en condición seca (3/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Peso Húmedo (g)	Peso Anhído (g)	Contenido de Humedad (%)
II	5	II-1-5	23	21.36	8%
II	5	II-4-5	21.6	20.05	8%
II	5	II-5-5	22.97	21.59	6%
II	5	II-8-5	23.15	21.5	8%
II	5	II-10-5	21.5	18.98	13%
II	6	II-1-6	21.21	19.83	7%
II	6	II-3-6	20.81	19.2	8%
II	6	II-5-6	24.91	23.14	8%
II	6	II-7-6	18.72	17.35	8%
II	6	II-8-6	22.87	21.06	9%
II	6	II-10-6	24	22.38	7%

Fuente: Elaboración propia.

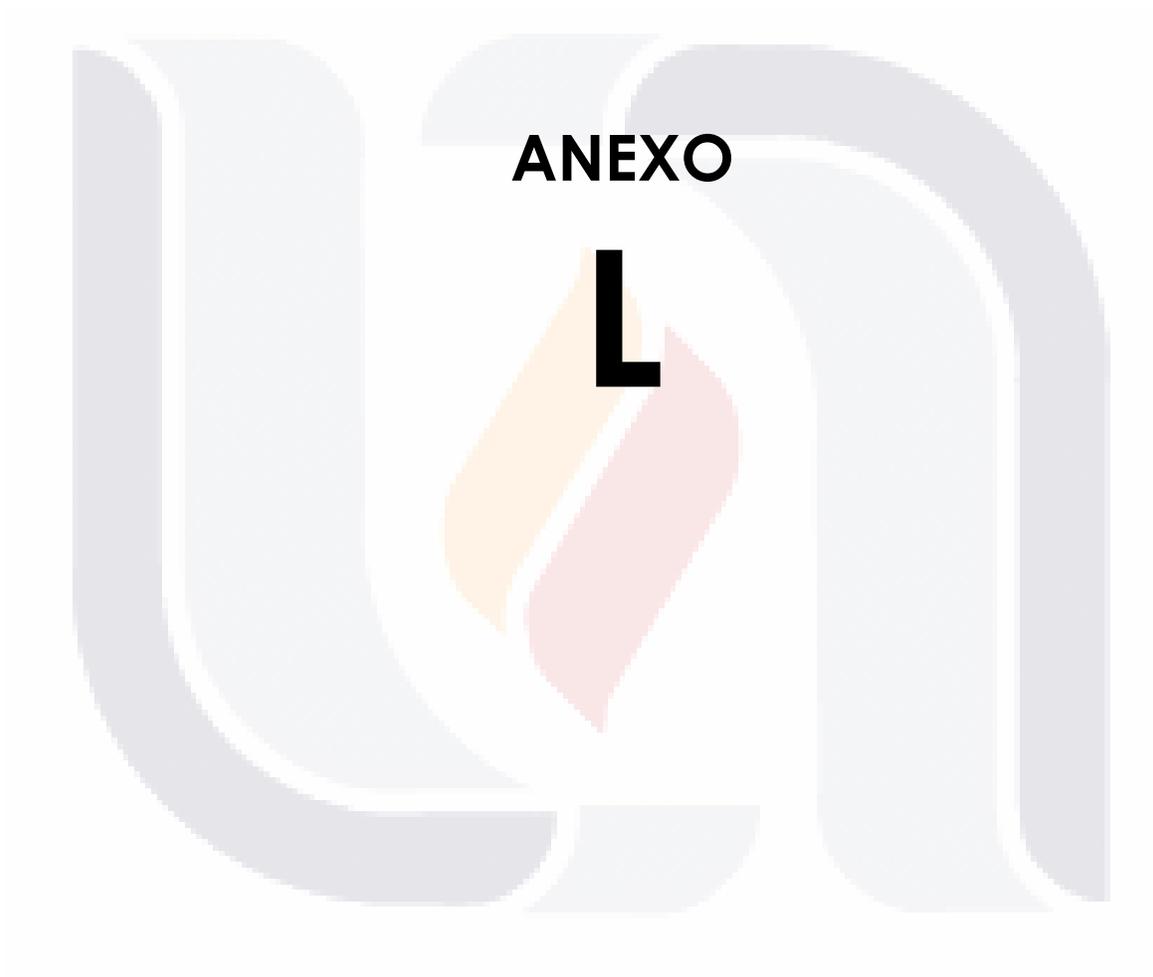
TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

L

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO L.

Trabajo Experimental: Prueba de flexión estática en madera contrachapada en condición seca (1/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Deflexión en el Límite de Proporcionalidad (mm)	Deflexión Máxima (mm)	Carga Límite de Proporcionalidad (N)	Carga Máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	MOE (Gpa)	MOR (Gpa)
	1	I-1-1	49.588	49.588	0.508	0.508	0.508	4.403	0.041
	1	I-2-1	38.229	38.229	0.401	0.401	0.401	4.499	0.032
	1	I-4-1	20.661	74.899	0.228	0.316	0.267	4.910	0.026
	1	I-7-1	22.595	22.595	0.234	0.234	0.234	4.649	0.020
	1	I-9-1	24.481	24.481	0.297	0.297	0.297	5.124	0.024
	1	I-10-1	45.494	45.494	0.529	0.529	0.529	5.593	0.046
	2	I-4-2	20.565	69.074	0.295	0.295	0.192	6.347	0.024
	2	I-5-2	25.736	25.736	0.323	0.323	0.323	5.942	0.028
	2	I-7-2	43.464	45.733	0.512	0.512	0.374	5.475	0.044
	2	I-9-2	19.416	49.208	0.275	0.440	0.440	6.584	0.038
	2	I-10-2	26.181	42.345	0.234	0.241	0.230	3.956	0.020
	3	I-1-3	49.297	54.935	0.911	0.927	0.927	8.244	0.077
	3	I-4-3	14.786	21.619	0.229	0.229	0.194	6.944	0.019
	3	I-7-3	48.357	79.361	0.723	0.723	0.612	6.699	0.060
	3	I-8-3	27.009	27.009	0.369	0.369	0.369	5.984	0.030
	3	I-10-3	36.104	79.302	0.318	0.572	0.468	3.590	0.045
	4	I-3-4	24.081	24.081	0.344	0.344	0.344	6.589	0.029
	4	I-4-4	28.132	28.132	0.548	0.548	0.548	8.749	0.046
	4	I-7-4	40.055	50.854	0.483	0.483	0.246	5.179	0.039
	4	I-9-4	21.370	21.370	0.326	0.326	0.326	7.399	0.029
	4	I-10-4	10.577	10.577	0.192	0.192	0.192	7.732	0.015
	5	I-2-5	37.220	37.220	0.375	0.375	0.375	4.271	0.030
	5	I-4-5	23.705	23.705	0.322	0.322	0.322	5.696	0.026
	5	I-5-5	22.581	31.949	0.289	0.323	0.289	5.486	0.026
	5	I-7-5	22.081	40.218	0.119	0.126	0.122	2.358	0.010
	5	I-9-5	16.330	18.750	0.189	0.189	0.106	5.299	0.016

Trabajo Experimental – Prueba de flexión estática en madera contrachapada en condición seca (2/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Deflexión en el Límite de Proporcionalidad (mm)	Deflexión Máxima (mm)	Carga Límite de Proporcionalidad (N)	Carga Máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	MOE (Gpa)	MOR (Gpa)
I	6	I-2-6	11.091	11.091	0.165	0.165	0.165	6.637	0.014
I	6	I-4-6	26.983	27.133	0.232	0.232	0.178	3.716	0.019
I	6	I-5-6	30.066	76.071	0.362	0.362	0.057	5.192	0.029
I	6	I-6-6	35.652	49.762	0.341	0.341	0.097	4.799	0.031
I	6	I-7-6	27.923	85.140	0.283	0.283	0.009	4.648	0.024
I	6	I-9-6	19.192	74.769	0.211	0.296	0.013	4.789	0.024
II	1	II-1-1	17.876	17.876	0.214	0.214	0.214	5.522	0.018
II	1	II-3-1	22.114	36.168	0.228	0.228	0.051	4.671	0.019
II	1	II-5-1	41.255	41.255	0.429	0.429	0.429	4.528	0.035
II	1	II-7-1	39.450	82.620	0.265	0.265	0.035	3.157	0.023
II	1	II-9-1	40.676	44.806	0.421	0.421	0.261	5.248	0.038
II	1	II-10-1	40.676	47.926	0.426	0.457	0.457	4.534	0.037
II	2	II-3-2	34.550	131.037	0.307	0.307	0.009	3.954	0.025
II	2	II-4-2	55.856	55.856	0.512	0.512	0.512	4.152	0.043
II	2	II-6-2	56.798	56.798	0.509	0.509	0.509	4.542	0.046
II	2	II-7-2	43.753	57.825	0.358	0.358	0.057	3.598	0.029
II	2	II-8-2	74.042	74.042	0.516	0.516	0.516	3.255	0.044
II	3	II-1-3	42.840	101.756	0.390	0.390	0.303	3.938	0.032
II	3	II-4-3	33.653	33.653	0.311	0.311	0.311	3.924	0.025
II	3	II-6-3	48.165	48.165	0.484	0.484	0.484	4.908	0.043
II	3	II-8-3	26.280	26.280	0.346	0.346	0.346	6.242	0.030
II	3	II-10-3	49.478	49.478	0.419	0.419	0.419	3.890	0.036
II	4	II-2-4	41.456	68.576	0.438	0.603	0.602	5.206	0.054
II	4	II-4-4	27.831	27.831	0.297	0.297	0.297	4.797	0.025
II	4	II-6-4	33.288	33.288	0.334	0.334	0.334	5.107	0.030
II	4	II-7-4	22.903	36.528	0.186	0.223	0.223	3.451	0.018
II	4	II-8-4	34.348	34.348	0.351	0.351	0.351	4.545	0.029

Trabajo Experimental – Prueba de flexión estática en madera contrachapada en condición seca (3/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Deflexión en el Límite de Proporcionalidad (mm)	Deflexión Máxima (mm)	Carga Límite de Proporcionalidad (N)	Carga Máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	MOE (Gpa)	MOR (Gpa)
II	5	II-1-5	24.146	24.146	0.222	0.222	0.222	4.123	0.019
II	5	II-4-5	24.676	29.424	0.272	0.272	0.217	4.728	0.022
II	5	II-5-5	23.725	23.725	0.309	0.309	0.309	5.971	0.026
II	5	II-8-5	17.391	36.828	0.159	0.159	0.135	4.091	0.013
II	5	II-10-5	48.273	48.273	0.584	0.584	0.584	5.671	0.050
II	6	II-1-6	28.387	36.460	0.323	0.422	0.422	5.050	0.035
II	6	II-3-6	24.258	50.508	0.336	0.336	0.150	6.198	0.028
II	6	II-5-6	32.630	32.630	0.389	0.389	0.389	5.307	0.032
II	6	II-7-6	24.996	40.376	0.316	0.316	0.241	5.503	0.026
II	6	II-8-6	18.914	20.447	0.229	0.229	0.141	5.769	0.020
II	6	II-10-6	23.239	23.239	0.334	0.334	0.334	6.573	0.028

Fuente: Elaboración propia.

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



ANEXO

M

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

ANEXO M.

Trabajo Experimental: Prueba de permeabilidad en madera contrachapada en condición seca (1/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Permeabilidad (mililitros)								Total Penetrado (ml)
			5 minutos		15 minutos		30 minutos		60 minutos		
			Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	
I	1	I-1-1	0.30	0.30	0.60	0.90	0.90	1.80	1.50	3.30	3.30
I	1	I-2-1	0.30	0.30	0.45	0.75	0.60	1.35	1.25	2.60	2.60
I	1	I-4-1	0.25	0.25	0.25	0.50	0.45	0.95	0.65	1.60	1.60
I	1	I-7-1	0.30	0.30	0.55	0.85	0.75	1.60	1.50	3.10	3.10
I	1	I-9-1	0.30	0.30	0.55	0.85	0.85	1.70	0.95	2.65	2.65
I	1	I-10-1	0.30	0.30	0.50	0.80	0.60	1.40	1.00	2.40	2.40
I	2	I-4-2	0.40	0.40	0.50	0.90	0.60	1.50	1.10	2.60	2.60
I	2	I-5-2	0.20	0.20	0.50	0.70	0.60	1.30	1.40	2.70	2.70
I	2	I-7-2	0.40	0.40	0.70	1.10	1.20	2.30	1.60	3.90	3.90
I	2	I-9-2	0.20	0.20	0.60	0.80	0.60	1.40	0.16	1.56	1.56
I	2	I-10-2	0.60	0.60	0.80	1.40	1.10	2.50	0.15	2.65	2.65
I	3	I-1-3	0.20	0.20	0.20	0.40	0.30	0.70	1.40	2.10	2.10
I	3	I-4-3	0.15	0.15	0.35	0.50	0.40	0.90	1.00	1.90	1.90
I	3	I-7-3	0.45	0.45	0.45	0.90	0.80	1.70	0.80	2.50	2.50
I	3	I-8-3	0.25	0.25	0.30	0.55	0.50	1.05	0.85	1.90	1.90
I	3	I-10-3	0.15	0.15	0.25	0.40	0.30	0.70	0.45	1.15	1.15
I	4	I-3-4	0.20	0.20	0.35	0.55	0.65	1.20	0.50	1.70	1.70
I	4	I-4-4	0.10	0.10	0.20	0.30	0.20	0.50	0.30	0.80	0.80
I	4	I-7-4	0.30	0.30	0.50	0.80	0.80	1.60	1.40	3.00	3.00
I	4	I-9-4	0.15	0.15	0.40	0.55	0.50	1.05	1.20	2.25	2.25
I	4	I-10-4	0.50	0.50	0.90	1.40	0.80	2.20	1.20	3.40	3.40
I	5	I-2-5	0.30	0.30	0.50	0.80	1.50	2.30	1.40	3.70	3.70
I	5	I-4-5	0.35	0.35	0.65	1.00	0.50	1.50	0.15	1.65	1.65
I	5	I-5-5	0.30	0.30	0.50	0.80	0.85	1.65	0.85	2.50	2.50
I	5	I-7-5	0.75	0.75	0.25	1.00	0.20	1.20	0.45	1.65	1.65
I	5	I-9-5	0.25	0.25	0.40	0.65	1.20	1.85	0.90	2.75	2.75

Trabajo Experimental – Prueba de permeabilidad en madera contrachapada en condición seca (2/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Permeabilidad (mililitros)								Total Penetrado (ml)
			5 minutos		15 minutos		30 minutos		60 minutos		
			Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	
I	6	I-2-6	0.30	0.30	0.50	0.80	0.70	1.50	1.20	2.70	2.70
I	6	I-4-6	0.25	0.25	0.35	0.60	0.45	1.05	0.80	1.85	1.85
I	6	I-5-6	0.30	0.30	0.20	0.50	0.35	0.85	0.60	1.45	1.45
I	6	I-6-6	0.20	0.20	0.55	0.75	0.60	1.35	1.10	2.45	2.45
I	6	I-7-6	0.20	0.20	0.60	0.80	0.65	1.45	1.10	2.55	2.55
I	6	I-9-6	0.20	0.20	0.40	0.60	0.70	1.30	0.60	1.90	1.90
II	1	II-1-1	0.10	0.10	0.10	0.20	0.15	0.35	0.30	0.65	0.65
II	1	II-3-1	0.15	0.15	0.20	0.35	0.30	0.65	0.60	1.25	1.25
II	1	II-5-1	0.20	0.20	0.25	0.45	0.35	0.80	0.65	1.45	1.45
II	1	II-7-1	0.15	0.15	0.25	0.40	0.20	0.60	0.60	1.20	1.20
II	1	II-9-1	0.10	0.10	0.30	0.40	0.30	0.70	0.60	1.30	1.30
II	1	II-10-1	0.10	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	0.50	1.15	1.15
II	2	II-3-2	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.15	0.10	0.25	0.25
II	2	II-4-2	0.30	0.30	0.40	0.70	0.60	1.30	1.10	2.40	2.40
II	2	II-6-2	0.15	0.15	0.15	0.30	0.25	0.55	0.35	0.90	0.90
II	2	II-7-2	0.10	0.10	0.20	0.30	0.55	0.85	0.60	1.45	1.45
II	2	II-8-2	0.35	0.35	0.35	0.70	0.50	1.20	0.65	1.85	1.85
II	3	II-1-3	0.20	0.20	0.30	0.50	0.40	0.90	0.65	1.55	1.55
II	3	II-4-3	0.10	0.10	0.05	0.15	0.10	0.25	0.35	0.60	0.60
II	3	II-6-3	0.15	0.15	0.20	0.35	0.25	0.60	1.35	1.95	1.95
II	3	II-8-3	0.10	0.10	0.15	0.25	0.20	0.45	0.80	1.25	1.25
II	3	II-10-3	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.30	0.75	1.05	1.05
II	4	II-2-4	0.20	0.20	0.20	0.40	0.25	0.65	0.55	1.20	1.20
II	4	II-4-4	0.10	0.10	0.30	0.40	0.35	0.75	0.55	1.30	1.30
II	4	II-6-4	0.10	0.10	0.25	0.35	0.35	0.70	0.40	1.10	1.10
II	4	II-7-4	0.20	0.20	0.25	0.45	0.40	0.85	0.60	1.45	1.45
II	4	II-8-4	0.15	0.15	0.20	0.35	0.35	0.70	0.75	1.45	1.45

Trabajo Experimental – Prueba de permeabilidad en madera contrachapada en condición seca (3/3).

Tablero de Origen	Muestra de Origen	Probeta	Permeabilidad (mililitros)								Total Penetrado (ml)
			5 minutos		15 minutos		30 minutos		60 minutos		
			Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	Lectura	Acumulado	
II	5	II-1-5	0.10	0.10	0.15	0.25	0.25	0.50	0.45	0.95	0.95
II	5	II-4-5	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.20	0.10	0.30	0.30
II	5	II-5-5	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.20	0.10	0.30	0.30
II	5	II-8-5	0.10	0.10	0.05	0.15	0.15	0.30	0.60	0.90	0.90
II	5	II-10-5	0.10	0.10	0.05	0.15	0.10	0.25	0.15	0.40	0.40
II	6	II-1-6	0.10	0.10	0.15	0.25	0.10	0.35	0.25	0.60	0.60
II	6	II-3-6	0.10	0.10	0.10	0.20	0.15	0.35	0.25	0.60	0.60
II	6	II-5-6	0.10	0.10	0.10	0.20	0.05	0.25	0.15	0.40	0.40
II	6	II-7-6	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.30	0.25	0.55	0.55
II	6	II-8-6	0.15	0.15	0.15	0.30	0.25	0.55	0.40	0.95	0.95
II	6	II-10-6	0.20	0.20	0.35	0.55	0.45	1.00	0.70	1.70	1.70

Fuente: Elaboración propia.