



Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

Propuesta de barniz a base de Baba de Nopal aplicado en tableros y madera natural de pino

Por

Sergio Felipe Escala Martínez

**Tesis para optar al grado de licenciado en ciencias de la
Construcción y al título de Ingeniero Constructor**

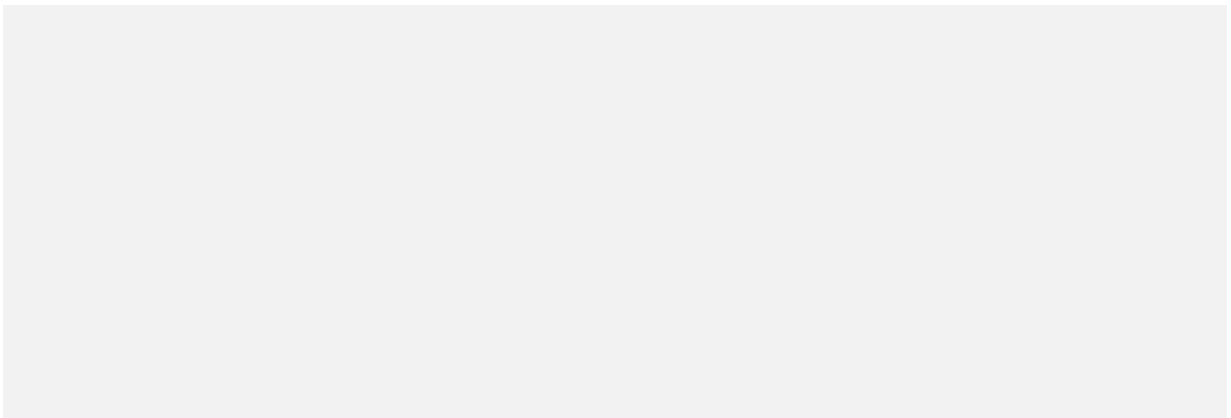
Profesora Guía Gianella Adofacci Cárdenas

Enero, 2018

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a mi amada madre Ana Martínez Canelo, ella es la gran artífice de este logro y ha sido un pilar fundamental en mi vida y en todo este largo camino en la universidad, siempre creyó que podía ser un profesional y un buen ser humano. A mi profesora guía Gianella Adofacci Cárdenas por su constante motivación, consejos y apoyo para llevar a cabo esta tesis. A la profesora María Cecilia Herrera Salas, académico de la escuela de alimentos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso quien facilito el equipo para medir la viscosidad del barniz propuesto, además de asesora con el correcto uso del mismo durante el ensayo. A mis amigos de la vida de San Fernando y los de la Universidad en Valparaíso los cuales siempre han estado conmigo en momentos tristes y de flaqueza durante este largo periodo universitario. Agradecer a mi padre Sergio Escala Lemus que a pesar de todo siempre estuvo apoyando de una forma u otra. A mi Abuela Lidia Canelo Yáñez y a mi tío Hernán Canelo Yáñez porque son 2 angelitos que me acompañan en todo momento desde arriba. Agradecer a mi familia y especial a mi tía María Canelo Yáñez que desde un comienzo me apoyo, creyó en mí y en que podía ser un Profesional.

También agradecer a la Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso quienes me aceptaron cuando venía de otra carrera y me integraron como uno más, en esta escuela aprendí lo que es la humildad y el compañerismo, creo yo armas fundamentales para desenvolverme de la mejor manera en el ambiente laboral pero principalmente en la vida. Al profesor Jorge Rivera quien siempre me tuvo paciencia, me entendió y siempre estuvo dispuesto a enseñarme. Agradezco además a todos los profesores de la Universidad de Valparaíso quienes traspasaron sus conocimientos y experiencia, dando la formación necesaria para enfrentar cada uno de los trabajos y pruebas que tuve que realizar hasta hoy. A los funcionarios administrativos y al personal auxiliar, en especial a Emperatriz Villanueva por su siempre buena disponibilidad y su apoyo incondicional a los estudiantes, además agradecer a los encargados del laboratorio de la Escuela de Construcción, facilitándome el instrumental existente, así como el recinto para el montaje de los mismos.



INDICE

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	10
RESUMEN.....	11
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	12
1.1 LA PROBLEMÁTICA	12
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.3.1 <i>Objetivo general:</i>	15
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	15
1.3 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 PINTURAS SINTÉTICAS.....	17
2.1.1 <i>Peligros para la salud.</i>	17
2.1.2 <i>Composición de las pinturas sintéticas.</i>	18
2.1.4 <i>Normativa</i>	20
2.2 PINTURAS Y BARNICES ECOLÓGICOS.....	21
2.3 LA BABA DE NOPAL.	23
2.3.2 <i>Receta Baba de nopal</i>	24
2.1 IMPERMEABILIZACIÓN.....	25
2.1.1 <i>Impermeabilizantes</i>	25
2.1.2 <i>Impermeabilización en la madera.</i>	26
2.4 MADERA.....	27
2.4.1 <i>Sustratos de madera utilizados.</i>	27
2.4.2 <i>Estructura macroscópica de la Madera.</i>	28
2.4.3 <i>Composición química de la madera</i>	29
2.4.4 <i>Degradadores de la madera</i>	30
2.5 ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL.....	32
2.5.1 <i>Radiación ultravioleta</i>	32
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.2 TABLERO DE MADERA A UTILIZAR	34
3.3 PROBETAS	35
3.3.1 <i>Adquisición y Corte</i>	35
3.3.2 <i>Probetas metálicas</i>	35
3.3.3 <i>Utilización de probetas</i>	35
3.4 FACTORIAL DE ENSAYOS	36
3.3 PREPARACIÓN DEL BARNIZ PROPUESTO.	38
3.3.1 <i>Extracción de la Baba de nopal.</i>	38
3.4 APLICACIÓN BARNICES.....	39
3.5 MÉTODO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.....	40
3.4 REALIZACIÓN DE ENSAYOS.....	44
3.4.1 <i>Propiedades del barniz propuesto sin envejecer</i>	44
3.4.2. <i>Evaluación del barniz envejecido</i>	51
4. ELABORACIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	56

4.1	ELABORACIÓN DE PROBETAS Y PRODUCCIÓN DEL BARNIZ PROPUESTO.....	56
4.2	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.	60
4.3	DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD.	61
4.4	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO.....	65
4.5	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO.	65
4.6	DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD.	66
4.7	ENVEJECIMIENTO CON RADIACIÓN UV-A.	67
4.8	DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE PELÍCULA SECA.	69
4.9	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN SECA.	70
4.10	DETERMINACIÓN DE LA ADHERENCIA.	72
4.11	DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA Y DEL HINCHAMIENTO.	74
5.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	77
5.1	EL CAMINO HACIA EL BARNIZ PROPUESTO.....	77
5.2	PROPIEDADES DEL BARNIZ PROPUESTO.	80
5.2.1	<i>Determinación de densidad.....</i>	80
5.2.2	<i>Determinación de la Viscosidad.....</i>	82
5.2.3	<i>Determinación del tiempo de secado.....</i>	83
5.2.4	<i>Determinación de rendimiento.....</i>	88
5.2.5	<i>Determinación de estabilidad.....</i>	92
5.3	PROPIEDADES DEL BARNIZ ENVEJECIDO.	93
5.3.1	<i>Determinación de espesor de película seca.</i>	93
5.3.2	<i>Determinación de adherencia.</i>	96
5.3.3	<i>Determinación de absorción de agua e hinchamiento.....</i>	98
5.3.4	<i>Determinación de resistencia a la abrasión seca.....</i>	106
5.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	107
5.3.1	<i>Análisis para 0 meses.....</i>	107
5.3.2	<i>Análisis para 6 meses.....</i>	116
5.3.3	<i>Análisis para 12 meses.....</i>	124
5.3.4	<i>Análisis para 18 meses.....</i>	132
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
6.1	CONCLUSIONES.....	142
6.2	RECOMENDACIONES.....	145
6.3	RECOMENDACIONES DE FUTURAS INVESTIGACIONES.....	145
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	146
	ANEXOS.....	150
	ANEXO 1 TABLAS DE DATOS.....	151
	<i>Ensayo de Absorción Contrachapado:.....</i>	151
	<i>Ensayo de Absorción OSB:.....</i>	153
	<i>Ensayo de Absorción madera natural de pino:.....</i>	155
	<i>Ensayo de Espesor película seca:.....</i>	157
	<i>Ensayo de resistencia a la abrasión:.....</i>	159
	<i>Ensayo de adherencia:.....</i>	161
	ANEXO 2 – RANGOS DE CALIFICACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS.	163
	<i>Rangos de absorción:.....</i>	163
	<i>Rangos de hinchamiento:.....</i>	164
	<i>Rangos de variación espesor película seca:.....</i>	165
	<i>Rangos de resistencia a la abrasión:.....</i>	165

<i>Calificación de los grados de adherencia:</i>	165
ANEXO 3 – DETALLE EQUIPO Y CALCULO VISCOSIDAD.	166
<i>Detalle del viscosímetro BROOKFIELD LVDV:</i>	166
ANEXO 4 – INSTRUCTIVO USO VISCOSÍMETRO BROOKFIELD LVDV-II	167
ANEXO 5 – CÓDIGOS Y SPIN DEL MODELO VISCOSÍMETRO BROOKFIELD LVDV-II.....	170
ANEXO 6 – HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA.	171
<i>Registro de la humedad relativa y temperatura durante el envejecimiento</i>	171
6 meses	171
12 meses	172
18 meses	173
ANEXO 7 – HERRAMIENTA DE CORTE EN ENSAYO DE ADHERENCIA Y TABLA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN NCH 2220 OF92	174
ANEXO 8 – APARATO DE ABRASIÓN SEGÚN NCH 1008 OF89.....	176

Lista De Figuras

FIGURA 2. 1 ESMALTE SINTÉTICO COMERCIAL. FUENTE: CATALOGO ESMALTES TRICOLOR.....	19
FIGURA 2. 2 - NOPAL, OPUNTIA FICUS INDICA. FUENTE: ESTRADA (2017).....	24
FIGURA 2. 3 - BARNIZ MARINO SINTÉTICO COMERCIAL. FUENTE: CATALOGO BARNICES TRICOLOR.	25
FIGURA 2. 4 - ESTRUCTURA MACROSCÓPICA DE LA MADERA. FUENTE: MACHADO (2015)	28
FIGURA 2. 5 - ESPECTRO SOLAR FUENTE: LAVORATO (2016)	32
FIGURA 3. 1 – METODOLOGÍA PARA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	33
FIGURA 3. 2 - PENCAS DE NOPAL EN REPOSO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.	38
FIGURA 4. 1 - CORTE DE PROBETAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.....	56
FIGURA 4. 2 - CORTE DE PROBETAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.....	57
FIGURA 4. 3 - ROTULADO DE PROBETAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.....	57
FIGURA 4. 4 - BABA DE NOPAL ELABORACIÓN 7 DÍAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	58
FIGURA 4. 5 - BABA DE NOPAL ELABORACIÓN 30 DÍAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	59
FIGURA 4. 6 - RECIPIENTE METÁLICO USADO COMO PICNÓMETRO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	60
FIGURA 4. 7 - VISCOSÍMETRO BROOKFIELD LVDV-II+. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	61
FIGURA 4. 8 - CENTRIFUGA HERME MODELO Z326. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	62
FIGURA 4. 9 - AGUJA ULA Y CAMISA ENVOLVENTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	62
FIGURA 4. 10 - SET DE AGUJAS LV SPINDLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	63
FIGURA 4. 11 - SET DE AGUJAS RV SPINDLE.....	63
FIGURA 4. 12 - BABA DE NOPAL EN VISCOSÍMETRO BROOKFIELD.	64
FIGURA 4. 13 - PANTALLA VISCOSÍMETRO BROOKFIELD DV-II+.....	64
FIGURA 4. 14 - MATERIAL UTILIZADO EN LA DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO.....	65
FIGURA 4. 15 - ENSAYO DE ESTABILIDAD BABA DE NOPAL 7 DÍAS.	66
FIGURA 4. 16 - ENSAYO DE ESTABILIDAD BABA DE NOPAL 30 DÍAS.	66
FIGURA 4. 17 - RADIÓMETRO PARA MEDIR LA IRRADIANCIA EN MW/CM2.....	67
FIGURA 4. 18 - CÁMARA DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.....	68
FIGURA 4. 19 - TERMÓMETRO AMBIENTAL.....	68
FIGURA 4. 20 - MICRÓMETRO MECÁNICO.....	69
FIGURA 4. 21 - MEDICIÓN DEL ESPESOR DE LA PELÍCULA SECA.	69
FIGURA 4. 22 - APARATO DE ABRASIÓN SECA.	70
FIGURA 4. 23 - PROBETAS DESPUÉS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.....	70
FIGURA 4. 24 - ARENA OTAWA.	71
FIGURA 4. 25 - ELABORACIÓN HERRAMIENTA DE CORTE 45°.	72
FIGURA 4. 26 - PULIDO HERRAMIENTA DE CORTE 45°.	72
FIGURA 4. 27 - HERRAMIENTA DE CORTE SENCILLA 45°.	73
FIGURA 4. 28 - ENREJADO RESULTANTE EN ENSAYO DE ADHERENCIA.	73
FIGURA 4. 29 - PROBETAS SUMERGIDAS EN BABA DE NOPAL.....	74
FIGURA 4. 30 - MEDICIÓN DEL PH DEL AGUA DESTILADA.	74

FIGURA 4. 31 - MEDICIÓN DEL PH DEL AGUA DESTILADA.	75
FIGURA 4. 32 - PH METRO 21 HANNA.....	75
FIGURA 4. 33 - MATERIALES ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA Y DEL HINCHAMIENTO. ...	76
FIGURA 4. 34 - PROBETAS SUMERGIDAS DURANTE EL ENSAYO DE ABSORCIÓN.	76
FIGURA 5. 1 - MEZCLA DE BABA CON CAL.....	77
FIGURA 5. 2 - BABA CON CAL EN MADERA DE PINO DESPUÉS DE UN MES.	78
FIGURA 5. 3 - MEZCLA DE BABA CON CHUÑO SOBRE MADERA NATURAL PINO SIN SECAR.	78
FIGURA 5. 4 - MEZCLA DE BABA CON CHUÑO 48 HORAS DESPUÉS.....	79
FIGURA 5. 5 - RESULTADOS TIEMPO DE SECADO BABA 30 DÍAS.	85
FIGURA 5. 6 - TIEMPO DE SECADO BABA 30 DÍAS.....	86
FIGURA 5. 7 - RENDIMIENTO BABA DE NOPAL 7 DÍAS POR CADA SUSTRATO.	88
FIGURA 5. 8 - COMPARACIÓN RENDIMIENTO PROMEDIO ENTRE BABA 7 DÍAS CON BARNIZ MARINO.....	89
FIGURA 5. 9 - RENDIMIENTO BABA DE NOPAL 30 DÍAS POR CADA SUSTRATO.	90
FIGURA 5. 10 - COMPARACIÓN RENDIMIENTO PROMEDIO ENTRE BABA 30 DÍAS CON BARNIZ MARINO.....	91
FIGURA 5. 11 - ESPESOR DE PELÍCULA SECA ANTES DEL ENVEJECIMIENTO.	93
FIGURA 5. 12 - VARIACIÓN DEL ESPESOR DE PELÍCULA SECA DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO.	94
FIGURA 5. 13 - ENSAYO DE ADHERENCIA.....	96
FIGURA 5. 14 - ABSORCIÓN DEL CONTRACHAPADO.	98
FIGURA 5. 15 - ABSORCIÓN DEL OSB.	99
FIGURA 5. 16 - ABSORCIÓN DE LA MADERA NATURAL DE PINO.	100
FIGURA 5. 17 - HINCHAMIENTO DEL CONTRACHAPADO.....	101
FIGURA 5. 18 - HINCHAMIENTO DEL OSB.	102
FIGURA 5. 19 - HINCHAMIENTO DE LA MADERA NATURAL DE PINO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	103
FIGURA 5. 20 - ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN.	106
FIGURA 5. 21 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE CONTRACHAPADO.....	108
FIGURA 5. 22 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE OSB.	108
FIGURA 5. 23 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.....	109
FIGURA 5. 24 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.	110
FIGURA 5. 25 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE OSB.	111
FIGURA 5. 26 – ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.	111
FIGURA 5. 27 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.	113
FIGURA 5. 28 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE OSB.	113
FIGURA 5. 29 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.	114
FIGURA 5. 30 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE CONTRACHAPADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA DERIVADA DE ESTA INVESTIGACIÓN.	116
FIGURA 5. 31 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE OSB.	117
FIGURA 5. 32 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.....	117
FIGURA 5. 33 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.	119
FIGURA 5. 34 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE OSB.	119
FIGURA 5. 35 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.	120

FIGURA 5. 36 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.	121
FIGURA 5. 37 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE OSB.	122
FIGURA 5. 38 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.	122
FIGURA 5. 39 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE CONTRACHAPADO.	125
FIGURA 5. 40 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE OSB.	125
FIGURA 5. 41 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.....	126
FIGURA 5. 42 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.	127
FIGURA 5. 43 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE OSB.	128
FIGURA 5. 44 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.	128
FIGURA 5. 45 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.....	129
FIGURA 5. 46 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE OSB.	130
FIGURA 5. 47 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.	130
FIGURA 5. 48 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE CONTRACHAPADO.	133
FIGURA 5. 49 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE OSB.	133
FIGURA 5. 50 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ MARINO SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.....	134
FIGURA 5. 51 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.	135
FIGURA 5. 52 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE OSB.	136
FIGURA 5. 53 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 7 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.	136
FIGURA 5. 54 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE CONTRACHAPADO.....	138
FIGURA 5. 55 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE OSB.	139
FIGURA 5. 56 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO REPOSADO 30 DÍAS SOBRE MADERA NATURAL DE PINO.....	139

Lista De Tablas

TABLA 3. 1 - FACTORIAL DE ENSAYOS.....	37
TABLA 3. 2 - CUADRO EXPLICATIVO DE VARIABLES.....	37
TABLA 3. 3 - EQUIVALENCIAS ENTRE ENVEJECIMIENTO ACELERADO Y NATURAL.....	40
TABLA 3. 4 - RADIACIÓN UV-A ACUMULADA EN PERIODO DE MESES MOVILES EN LA CUIDAD DE CONCÓN.....	41
TABLA 5. 1 - DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DÍA 1.....	80
TABLA 5. 2 - DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DÍA 2.....	80
TABLA 5. 3 - DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DÍA 3.....	81
TABLA 5. 4 - CUADRO RESUMEN ENSAYO DENSIDAD.....	81
TABLA 5. 5 - CUADRO RESUMEN ENSAYO DE VISCOSIDAD.....	82
TABLA 5. 6 - MEDICIÓN SECO AL TACTO.....	83
TABLA 5. 7 - MEDICIÓN SECO DURO.....	84
TABLA 5. 8 - MEDICIÓN SECO TOTAL.....	84
TABLA 5. 9 - RESULTADOS TIEMPO DE SECADO BABA 7 DÍAS.....	85
TABLA 5. 10 - RESULTADOS TIEMPO DE SECADO BABA 30 DÍAS.....	86
TABLA 5. 11 - ESPESOR DE RECUBRIMIENTO EN ENSAYO DE SECADO BABA 7 DÍAS.....	87
TABLA 5. 12 - ESPESOR DE RECUBRIMIENTO EN ENSAYO TIEMPO DE SECADO BABA 30 DÍAS.....	87
TABLA 5. 13 - RENDIMIENTO POR SUSTRATO BABA 7 DÍAS.....	88
TABLA 5. 14 - RENDIMIENTO POR SUSTRATO BABA DE NOPAL 30 DÍAS.....	90
TABLA 5. 15 - CUADRO RESUMEN ESPESOR DE PELÍCULA SECA ANTES DEL ENVEJECIMIENTO.....	93
TABLA 5. 16 - VARIACIÓN ESPESOR DE PELÍCULA SECA DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO.....	94
TABLA 5. 17 - CUADRO RESUMEN ENSAYO DE ADHERENCIA.....	96
TABLA 5. 18 - ABSORCIÓN DEL CONTRACHAPADO.....	98
TABLA 5. 19 - ABSORCIÓN DEL OSB.....	99
TABLA 5. 20 - ABSORCIÓN DE LA MADERA NATURAL DE PINO.....	100
TABLA 5. 21 - HINCHAMIENTO DEL CONTRACHAPADO.....	101
TABLA 5. 22 - HINCHAMIENTO DEL OSB.....	102
TABLA 5. 23 - HINCHAMIENTO DE LA MADERA NATURAL DE PINO.....	103
TABLA 5. 24 - CUADRO RESUMEN ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN SECA.....	106
TABLA 5. 25 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ MARINO.....	107
TABLA 5. 26 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 7 DÍAS.....	110
TABLA 5. 27 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 30 DÍAS.....	112
TABLA 5. 28 - ANÁLISIS PARA 0 MESES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RECUBRIMIENTO.....	114
TABLA 5. 29 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ MARINO.....	116
TABLA 5. 30 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 7 DÍAS.....	118
TABLA 5. 31 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 30 DÍAS.....	121
TABLA 5. 32 - ANÁLISIS PARA 6 MESES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RECUBRIMIENTO.....	123
TABLA 5. 33 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ MARINO.....	124
TABLA 5. 34 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 7 DÍAS.....	127
TABLA 5. 35 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 30 DÍAS.....	129
TABLA 5. 36 - ANÁLISIS PARA 12 MESES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RECUBRIMIENTO.....	131
TABLA 5. 37 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ MARINO.....	132
TABLA 5. 38 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 7 DÍAS.....	135
TABLA 5. 39 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DEL BARNIZ PROPUESTO BABA DE NOPAL REPOSADO 30 DÍAS.....	138
TABLA 5. 40 - ANÁLISIS PARA 18 MESES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RECUBRIMIENTO.....	140

Lista de Abreviaturas y Siglas

OSB = Oriented Strand Board

μm = micra

UV-A = Radiación ultravioleta del tipo A

UV-B = Radiación ultravioleta del tipo B

UV-C = Radiación ultravioleta del tipo C

BM = Barniz Marino Patrón

B- = Baba de Nopal reposada 7 días al aire libre

B+ = Baba de Nopal reposada 30 días al aire libre

Resumen

Hace siglos que las pinturas son utilizadas para decorar y/o proteger las superficies, en la actualidad en el mercado se encuentran en su mayoría pinturas sintéticas, sin embargo, existen antecedentes que revelan posibles riesgos para la salud y el medio ambiente. *“Las pinturas que encontramos habitualmente en las tiendas son las más desaconsejables por muchos motivos, se fabrican con derivados del petróleo, no dejan transpirar bien las paredes, contienen ingredientes tóxicos que respiramos mientras pintamos un tiempo después”* [Trischler & Partner 2004]. Por otra parte de acuerdo a lo que señala Trischler & Partner hay dos tipos de pinturas que no tienen ninguno de estos inconvenientes, las minerales y las naturales.

En vista de estas y otras desventajas que presentan las pinturas sintéticas, y que profesionales de diversas áreas intentan proteger el planeta buscando alternativas naturales pero igual de eficientes a los productos ya existente; en la presente investigación se propone y evalúa el comportamiento a través del tiempo de Baba de nopal como barniz, con el fin de conocer sus propiedades mecánicas y físicas.

Las propiedades del barniz propuesto se evaluarán en base a la normativa chilena referente a pinturas, y serán comparadas con el barniz marino como muestra patrón. Las propiedades físicas son determinadas mediante los ensayos de densidad, viscosidad y estabilidad; mientras que las propiedades mecánicas son evaluadas en mediante los ensayos de tiempo de secado, rendimiento, adherencia, resistencia a la abrasión seca, espesor de película seca y el ensayo de absorción e hinchamiento.

En cuanto a los resultados la versión de 30 días es semejante al barniz marino en los ensayos de abrasión, variabilidad del espesor de la película seca y absorción e hinchamiento. Ambas versiones tienen una buena adherencia, siendo estas semejante al Barniz marino y lo aceptado por la norma.

Palabras claves: Barniz natural, Baba de nopal, Envejecimiento acelerado, Pinturas sintéticas, Pinturas naturales.

1. Antecedentes generales

1.1 La problemática

“La madera ha formado parte, total o parcialmente, de las edificaciones construidas por el hombre desde el mismo neolítico, probablemente, uno de los primeros materiales utilizados para ello, si no el primero, serían las ramas de madera seca”[Borràs 2010]. Este material tiene facilidad de manipulación, además es un recurso renovable y tiene el plus de ser estéticamente valorable, pero a pesar de tener todas estas ventajas, se agrega que su vida útil puede verse severamente afectada, ya que está expuesta a los rayos ultravioleta y al ataque de un sinfín de agentes de deterioro como hongos u otros microorganismos.

Al someter un tablero a una humedad superior a la humedad relativa del aire, muestra cambios en su dimensión. *“Los cambios de dimensión se expresan como una expansión lineal en un plano del tablero y como hinchamientos en el espesor”* [Zapata 2005]. Además *“la humedad existente en el ambiente y en los sustratos es uno de los factores importantes para el desarrollo de los hongos”* [Gimeno 2002].

“Dentro de estos agentes de deterioro, la humedad es la que más dificultades provoca en las problemáticas asociada a la evolución de las propiedades de los materiales en el tiempo, y a la que mayores esfuerzos dedican investigadores de diversas áreas de la ingeniería, construcción y recubrimientos de protección” [Garay 2007]. Además señala Garay que la humedad siempre es un problema difícil de resolver, ya que causa una pérdida de estabilidad dimensional, presencia de hongos, los cuales son la antesala a pérdidas de sección que llevan a daños estructurales más severos.

Otro enemigo natural de la madera son los rayos ultravioleta. Son los responsables de que ésta, si se encuentra al aire libre, pierda su aspecto natural y adquiera un tono grisáceo. *“La luz ultravioleta transmitida por el sol inicia reacciones fotoquímicas en la superficie de la madera resultando deterioros visibles como un cambio de color por degradación de la lignina y fallas en la adhesión entre madera y recubrimientos y aumento de rugosidad de la superficie”* [Acevedo 2012]

“Con estos agentes de deterioro presentes pasa a ser, la protección de la madera y tableros expuestos al exterior, una preocupación mundial que algunos autores han estudiado durante años” (Garay, 2005).

Debido a lo anterior se hace indispensable proteger la madera antes dichos agentes para mejorar las prestaciones de la misma incrementando su vida útil. *“Cuando los materiales son puestos en servicio se espera un óptimo desempeño, sobre todo en el ámbito de la construcción donde se requiere que perduren en buenas condiciones por periodos prolongados de tiempo, ya que sería inaceptable una duración de unas escasas semanas”*. [Garay 2007]

“Se han usado productos eficaces para la duración de la protección en la madera en tableros expuestos al exterior frente a agentes de degradación, sin embargo, estos son

altamente tóxicos y poco amigables con el medio ambiente. Actualmente la búsqueda se centra en productos menos tóxicos e igual de eficientes [Garay 2009].

Es la actualidad existe todo tipo de pinturas en el comercio, estas tienen por objetivo proteger determinadas superficies contra la acción de los agentes atmosféricos o químicos y de otorgarle una terminación atractiva, por lo cual su uso es casi indispensable. Las pinturas existen para muchos lugares donde se les quiera utilizar; sin embargo, a pesar de su amplia variedad y ser de fácil acceso no son la mejor opción, esto se debe a que la gran mayoría son pinturas sintéticas, estas contienen sustancias asociadas con algún riesgo, ya sea porque en determinadas concentraciones pueden causar problemas de salud, o de contaminación, además son fluidos inflamables los cuales almacenados en grandes cantidades se vuelven aún más peligrosos, *“respirarlos en gran cantidad causa distintos problemas de salud, como infertilidad o síndrome de pintor”* [Trischler & Partner 2004]; el síndrome de pintor es una enfermedad que afecta el sistema nervioso causada por una exposición prolongada a las emanaciones de pinturas. Además Trischler & Partner señalan que los disolventes orgánicos contribuyen a la acumulación de ozono al nivel de la superficie de la Tierra (ozonotroposférico), lo cual perjudica el sistema respiratorio.

Estos riesgos de salud se traducen en dolores de cabeza, mareos, náuseas, una sensación de intoxicación e irritación en los ojos, nariz y garganta, además el contacto prolongado con la piel puede causar irritación e incluso quemaduras por sustancias químicas. Esto convierte al barniz en un fluido fácilmente inflamable, nocivo por inhalación y por ingestión. Sin embargo es el producto de primer uso para preservar la madera.

“Ya se han presentado casos de problemas en la salud en donde la utilización de algunas pinturas han generado en el ser humano alergias, enfermedades respiratorias y problemas en la piel; y en el tema ambiental muchos de esos compuestos son persistentes, es decir, tardan años en degradarse y quedan expuestos en el aire, agua, suelo que a través del tiempo pueden traer consecuencias fatales al medio ambiente” [Cruz & González 2013].

La organización Iberoamericana de la seguridad social OISS indica que las pinturas pueden acompañarse de problemas en diferentes órganos y aparatos. La sustancia en cuestión puede penetrar en el organismo por inhalación, por ingestión o por absorción a través de la piel. *“Este riesgo de enfermedad, es consecuencia de una exposición habitual y cotidiana a sustancias manipuladas o producidas en el proceso de fabricación y los factores que determinan el riesgo para los trabajadores son la propia toxicidad de la sustancia, las concentraciones ambientales existentes y los tiempos de exposición”* [Sacristán 2004].

A raíz de lo anterior para evitar este riesgo, se establecen normativas legales que regulan la utilización de estos productos, además de recomendaciones técnicas que ayudan a evitar cualquier tipo de problemas con estas sustancias.

“A diferencia de las pinturas convencionales, las naturales o ecológicas cumplen sobradamente las normativas que limitan el uso de compuestos orgánicos volátiles (COV), una serie de vapores o gases que pueden tener efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud” [Aguilar y Hernández 2016]. El funcionamiento de estas pinturas es sencillo. Crean una capa porosa por la que transpiran las paredes. Gracias a esta característica, el vapor de agua y la humedad son evacuados al exterior sin impedimentos y no se forman condensaciones entre la capa de pintura y la superficie del soporte, lo que suele originar

desprendimientos de la misma. *“Al mantener los tabiques secos y transpirables, se evita la formación de hongos y bacterias, lo que garantiza paredes más higiénicas y una duración mayor de la pintura en buen estado”* [Manzanero 2013].

El Gobierno del Estado de México a través de la página oficial de la Secretaría del Medio Ambiente tiene a libre acceso una receta para elaborar una pintura natural en base a Baba de nopal. La publicación de la secretaria del medio ambiente mexicana señala que esta tecnología pertenece a la tradición cultural campesina, la cual se ha empleado en la pinta de porquerizas, establos, gallineros, conejeras y casas. Además señala que funciona también como germicidas y desinfectante ya que tapa guaridas de insectos o bacterias; actualmente se rescata por lo económico de sus ingredientes, su durabilidad y porque no contiene ningún compuesto químico que dañe la salud, como por ejemplo el plomo, Se puede aplicar en interiores y exteriores ya que los ingredientes permiten que los muros dejen entrar y salir el aire a través de ellos. No obstante, se trata de una pintura artesanal de la cual no se han encontrado estudios ni registros que respalden sus propiedades.

Debido a lo anterior surge la interrogante ¿El barniz a base de Baba de nopal cumplirá con las normativas chilenas referentes a pinturas?, por esta razón se presenta la investigación de una propuesta de barniz a base de Baba de Nopal aplicado a tableros en exterior de acuerdo a la normativa chilena relativa a pinturas.

1.2 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

- Evaluar las propiedades de la propuesta de barniz a base de Baba de nopal en tableros usados en exterior.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Determinar propiedades físicas para el estudio del barniz propuesto.
- Determinar propiedades mecánicas para el estudio del barniz propuesto.
- Evaluar las propiedades del barniz propuesto en cuanto a las normas chilenas de resistencia a la abrasión, de adherencia y de espesor del impermeabilizante propuesto, bajo distintos grados de envejecimiento UV.

1.3 Alcances De La Investigación

- Solo se considerara la aplicación a tableros para paredes o superficies verticales.
- Se utilizarán la planta cactácea opuntia ficus- indica nativas de la localidad de Jahuel ubicada en la región de Valparaíso.
- Se utilizarán los materiales disponibles en el mercado.
- Se utilizarán equipos disponibles en los laboratorios de la escuela de Construcción de la Universidad de Valparaíso para la realización de ensayos, excepto el ensayo de viscosidad el cual será realizado en el laboratorio de la Escuela de Alimentos de Universidad Católica de Valparaíso.
- No se considera la incorporación de pigmentos a la propuesta de Baba de nopal, ya que se desea evaluar solamente la Baba de nopal como barniz frente a los rayos ultravioleta, debiendo evaluar su comportamiento sin ningún otro componente adicional. A su vez, se considera la evaluación de un barniz marino comercial como muestra patrón.

2. Marco Teórico

2.1 Pinturas sintéticas.

Las pinturas son productos fluidos que, aplicado sobre una superficie en capas relativamente delgadas, al cabo del tiempo se transforma en una capa sólida que se adhiere a la superficie, de esta manera recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado. Las pinturas son recubrimientos más utilizados en la actualidad.

Las pinturas sintéticas utilizan componentes derivados del petróleo y sustancias minerales. También las podemos identificar por las palabras acrílicas, plásticas o al agua; *“de hecho los fabricantes suelen usar la palabra sintética sólo en pinturas a base de disolventes orgánicos, especialmente los esmaltes y los barnices. La gran mayoría de las pinturas que encontramos en el mercado son sintéticas”* [Trischler & Partner 2004].

2.1.1 Peligros para la salud.

Las pinturas se utilizan en distintos sectores de la industria y también en el ámbito doméstico. Estos productos contienen pigmentos, resinas, endurecedores, secadores y otros aditivos como espesantes, fungicidas, entre otros. Algunos de estos materiales pueden suponer un peligro para la salud por lo que es fundamental su conocimiento y prevención, el principal peligro reside en los metales pesados que contienen, como el plomo, cadmio y mercurio, al igual que en los denominados compuestos orgánicos volátiles (COV), como el xileno, el tolueno, los epóxidos, las acetonas, los fenoles y el formaldehído; gases que son emitidos por pinturas y barnices mientras se aplican, cuando se secan, e incluso semanas y meses después. *“Los COV irritan la piel, los ojos y las vías respiratorias, provocan náuseas y dolores de cabeza, dañan el sistema nervioso central y son potencialmente cancerígenos”* [Aguilar y Hernández 2016].

Es posible encontrar estos productos en el retail, ferreterías y almacenes especializados. Visto su amplio acceso y uso, son considerados productos de un importante nivel de consumo, no obstante, al contener materiales inflamables y tóxicos, le supone determinadas precauciones y advertencias para su uso, almacenamiento y desecho, lo que a su vez justifica una regulación especial sobre ellos.

En el caso puntual del barniz, este se utiliza principalmente para proteger la madera del polvo y de otros agentes atmosféricos, ambientales y mecánicos; *“es una resina disuelta o que ha reaccionado con un aceite secante; normalmente diluida con un disolvente volátil”* [Alonso 2013], es decir, es una solución de resina en disolvente, *“los disolventes orgánicos son compuestos orgánicos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes, para disolver materias primas, productos o materiales”* [Blount Martín 1998], además Blount Martín señala que *los riesgos para la salud asociados a la emisión de*

compuestos orgánicos volátiles se derivan de sus propiedades volátiles, liposolubles, tóxicos e inflamables.

Sin embargo existen recomendaciones de fabricantes y de organismos preocupados de esta problemática que pueden contribuir a minimizar el riesgo que supone trabajar con pinturas:

- Sustituir las pinturas con disolventes por otras de base acuosa.
- Asegurar de que exista una buena ventilación y aspiración localizada.
- Utilizar equipos de protección individual siempre que sea necesario, bajo la supervisión de un especialista.
- Si trabaja en una cabina de pintura, ésta debe tener un diseño que permita el filtrado del techo y extracción a nivel del suelo.

2.1.2 Composición de las pinturas sintéticas.

“Se puede definir una pintura líquida como una mezcla heterogénea de componentes que una vez aplicada y seca se transforma en una película continua de espesor más o menos uniforme, sin pegajosidad al tacto y con las características o aptitud al uso con la que ha sido diseñada” [Alonso 2013]

Los componentes de la pintura varían en gran manera en función del tipo de acabado que se requiera y de las condiciones de aplicación y secado.

La composición genérica de una pintura es la siguiente, algunos tipos pueden no contener todos los ingredientes:

- **Ligante o resina:** Estos productos tienen como misión mantener unidas las partículas sólidas, pigmentos y cargas, una vez esté seca la pintura. Los polímeros confieren a las pinturas las propiedades que definen los diferentes tipos de producto según su resistencia química, dureza, elasticidad, adherencia, viscosidad, secado, etc. Pueden ser acrílica, vinílica, poliéster, poliuretano, epoxi, entre otras. Ingerir. *“La resina epoxi y la resina pueden ser tóxicas si se ingieren o si se inhalan sus vapores y sus componentes pueden ser causa de dermatitis de contacto irritativa y por sensibilización” [Gaviola 2008]*
- **Cargas o fillers:** Son productos generalmente inorgánicos que se utilizan para aportar materia sólida a la pintura en cuestión, aportan cuerpo, materia y dan estructura, La carga utilizada influye de forma ostensible la viscosidad, reología, el brillo y otras características del producto final.
- **Pigmentos:** son compuestos orgánicos o inorgánicos cuya misión es proporcionar a la pintura color y poder de cobertura. Los pigmentos son opacos tanto en estado seco como húmedo. Los pigmentos son opacos tanto en estado seco como húmedo.

Los pigmentos ofrecen las siguientes características de poder cubriente que corresponde a la mayor o menor facilidad para tapar por opacidad el color de la

superficie donde se aplica; de fuerza colorante, esta es la mayor o menor intensidad de color que resulta al mezclarlos con blanco, o éste con otros colores.

Además los pigmentos aportan resistencia a la luz, esto corresponde a la mayor o menor pérdida de color, por efecto de la luz.

- **Disolventes:** se llama así al agua y otros productos de naturaleza orgánica cuya misión es la de dar a la pintura una viscosidad óptima según el método de aplicación que debe utilizarse. Los disolventes se utilizan además para solubilizar las resinas y regular la velocidad de evaporación. La utilización de disolventes que no disuelven al ligante es frecuente en la formulación de pinturas en este caso se les nombra como co-solventes.
- **Aditivos:** son productos que se dosifican en pequeñas cantidades para facilitar el proceso de fabricación de la pintura, aportar unas características concretas a la pintura seca, crear las condiciones adecuadas para que el secado se produzca de forma correcta y para estabilizar la pintura en el periodo de almacenamiento.



Figura 2. 1 Esmalte sintético comercial.
Fuente: Catalogo esmaltes Tricolor.

2.1.4 Normativa

La Norma Chilena oficial NCh382.Of98 correspondiente a sustancias peligrosas indica su terminología y clasificación general situando a las pinturas en clase 3, líquidos inflamables, la NCh382.Of98 señala que son líquidos inflamables los líquidos, mezclas de líquidos o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o en suspensión (pinturas, barnices, lacas, entre otros, siempre que no se trate de sustancias incluidas en otras clases por sus características peligrosas como por ejemplo que desprendan vapores inflamables a altas temperaturas. Por su parte el reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos decreto N° 148 establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas al que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reutilización, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos, como en este caso son las pinturas y barnices.

El decreto N°148: Reglamento sanitarios sobre manejo de residuos peligrosos categoriza los residuos consistentes o resultantes de distintos procesos, caen en este decreto todos los residuos resultante de la producción, preparación, y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas y barnices. El decreto N° 148 está vigente desde el año 2004.

2.2 Pinturas y barnices ecológicos.

Las pinturas consideradas ecológicas están compuestas por materias primas naturales de origen vegetal y/o mineral. Carecen de sustancias dañinas, como las biosidas o plastificantes, y su impacto medioambiental es muy inferior al de los productos sintéticos, basados en derivados del petróleo. *“Las Pinturas Naturales y toda la gama de productos fabricados a partir de la Química Natural, son ahora mismo una alternativa ecológica y beneficiosa para la salud”.* (Santamaría, 2000)

Las pinturas y barnices ecológicos actuales utilizados en bioconstrucción, son similares en apariencia y facilidad de aplicación a sus equivalentes convencionales petroquímicos. Las pinturas naturales, por lo general tienen una base de aceite de linaza, en combinación con otros aceites naturales, resinas, pigmentos y disolventes como por ejemplo el aceite de trementina, que hace que los revestimientos sean a la vez flexibles y biodegradables. *“Las pinturas consideradas ecológicas están compuestas por materias primas naturales de origen vegetal y/o mineral. Carecen de sustancias dañinas, como las biosidas o plastificantes, y su impacto medioambiental es muy inferior al de productos sintéticos basados en derivados del petróleo”* [Aguilar y Hernández 2016]. A su vez *“los barnices naturales para la madera que se utilizan en la bioconstrucción suelen estar compuestos de aceite de linaza hervido o sin hervir (aceite de linaza grado superior). El aceite de linaza, tienen excelentes cualidades como protector, además de permitir respirar a la madera”* [García 2015].

Dentro del universo de pinturas naturales y minerales, existen numerosas recetas y preparaciones, dentro de las más comunes se encuentran:

- **Pintura al aceite:** Para este tipo de pintura se necesitan aceite como aglutinante y pigmentos minerales para darle color. El tipo de aceite recomendado es el aceite de lino o linaza y la elaboración es muy sencilla ya que únicamente se tiene que mezclar el aceite con el color hasta su total disolución. Este tipo de pintura se suele utilizar en maderas sin tratar y se puede dar un acabado final con ceras para proteger el resultado obtenido.
- **Pintura de leche:** En este tipo de pintura se utiliza la caseína de la leche, esta es una fosfoproteína presente en la leche y actúa como aglutinante. La pintura de leche tiene un acabado opaco y su color se rebaja una vez seco, por lo que hay que dar varias manos para obtener el color deseado. Es adecuada para superficies absorbentes como yeso, cemento o madera natural, sin embargo no se adhiere sobre superficies metálicas, plásticas, con pinturas de acabado brillante o esmaltes sintéticos.
- **Pintura a la cal:** Suele estar compuesta de encalado en polvo obtenido por la mezcla de cal hidráulica y aditivos naturales no orgánicos. Se trata de una pintura adecuada sobre todo para interiores, aunque se usa también para exteriores en el caso de restauraciones. Este tipo de pintura utiliza la cal como su componente principal, Los

aditivos dependen de cada receta, algunos que se utilizan son sal, cola vinílica, leche en polvo y pigmentos. *“Este tipo de pintura suele utilizarse para pintar exteriores o interiores rústicos y generalmente se colorea con óxidos”*. [BricoyDeco 2014]

- **Pintura de almidón:** Esta pintura utiliza como aglutinante el almidón, este se mezcla de agua hirviendo, con papas y arroz, ambos cocidos, además se le agrega yeso y pigmentos según cada receta. *“Esta pintura proporciona un acabado aterciopelado y es ideal para muros de interior, maderas y cartón. Si queremos proporcionarle un acabado más brillante e impermeabilizarla, podemos añadirle una cucharada de aceite de linaza”* [BricoyDeco 2014]
- **Pinturas a base de Arcilla:** Por su nombre, la tendencia es a imaginarlas de color marrón u ocre, pero al estar compuesta sobre todo por arcilla blanca natural, arenas de mármol y caseína vegetal, su color característico es el blanco. Por supuesto admite la adición de pigmentos minerales para obtener la paleta de color deseada. Su uso más adecuado es en interior y como curiosidad, admite la adición de aromas naturales.

2.3 La Baba de nopal.

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es una planta de la familia de las cactáceas que presenta características adaptativas en su anatomía, morfología y fisiología, las que le permiten sobrevivir, crecer y reproducirse en ambientes áridos y semiáridos. *“Representa un cultivo alternativo en zonas donde hay deficiencia de agua, constituyendo un importante recurso natural; cuyo aprovechamiento contribuiría al desarrollo de las mencionadas zonas, tanto en sus actividades económicas como en el mejoramiento de la seguridad alimentaria de las poblaciones”* [Castillo & Estrada 2013]. *“El nopal se encuentra ampliamente distribuido a nivel mundial. Sin embargo, es en México donde se encuentra la mayor diversidad genética a nivel inter e intraespecífico siendo reconocido como el centro de origen y dispersión de este género”* [Bravo 1978]. Es comúnmente conocido entre otros como, chumbera, nopal tunero, entre otros y por la principal razón que se conoce al nopal en Chile es por su fruto llamado tuna.

Los nopales son originarios de América tropical y subtropical y hoy en día se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano. *“Existen evidencias arqueológicas que permiten afirmar que fueron las poblaciones indígenas asentadas en las zonas semiáridas de Mesoamérica las que iniciaron su cultivo de modo formal”* [Pimienta, 1990]. Mesoamérica corresponde a la región cultural del continente americano que comprende la mitad meridional de México, los territorios de Guatemala, El Salvador, Belice, así como el occidente de Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

“Las plantas del género Opuntia son nativas de varios ambientes, desde zonas áridas al nivel del mar hasta territorios de gran altura como los Andes del Perú; desde regiones tropicales de México donde las temperaturas están siempre por sobre los 5 °C a áreas de Canadá que en el invierno llegan a -40 °C” [Nobel, 1999]. Por esta razón, estas especies pueden ser un recurso genético de interés para zonas ecológicas muy diversas.

“Dada la abundancia de esta planta en México, Existe amplia evidencia (estudios con animales y con humanos) que confirma el uso tradicional del nopal para prevenir y/o tratar la diabetes y otros problemas de salud” [Sierra 2014], son numerosos y diversos los estudios encontrados relacionados a esta planta, por ejemplo la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León hizo una estimación de la diversidad genética del Nopal, usando la técnica de marcadores moleculares tipo AFL. A su vez el año 2006 el Instituto Tecnológico El Llano de Aguascalientes en México hizo un estudio acerca de la digestibilidad in situ de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. En Brasil se estudió utilizándolos para el consumo de agua de ovinos alimentados con diferentes niveles de nopal según la publicación del Departamento de Genética. Universidad de Córdoba de España. Además *“Entre las propiedades del nopal descubiertas últimamente están que su baba puede ser un muy eficiente purificador de agua, que sus residuos pueden generar electricidad o que una dieta a base de esta planta podría reducir los niveles de obesidad, gracias a que mejora el funcionamiento del metabolismo”* [Méndez 2015].



Figura 2. 2 - Nopal, *Opuntia ficus indica*.
Fuente: Estrada (2017).

2.3.2 Receta Baba de nopal

Según las indicaciones de la receta publicada por la Secretaría del Medio Ambiente, del Gobierno del Estado de México en su página oficial de internet, la baba se obtiene reposando en un recipiente con agua, primero se colocan los nopales previamente picados, se tapa y dejan reposar de uno a tres días al aire libre para que suelten la baba; luego se retiran los nopales. Por otra parte y según el uso que se le quiera dar se le agrega algún aglomerante para que tome más consistencia y se va revolviendo constantemente para evitar grumos.

2.1 Impermeabilización.

2.1.1 Impermeabilizantes

Los impermeabilizantes son sustancias o compuestos químicos que tienen como objetivo proteger contra el agua y la formación de humedad, frenando su paso, son muy utilizados en el revestimiento de muros y objetos que deben mantenerse secos. Funcionan eliminando o disminuyendo la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio. Pueden tener origen natural o sintético, orgánico o inorgánico. Dentro de los naturales destaca el aceite de ricino y, dentro de los sintéticos, el petróleo.

“La impermeabilización de las superficies sin lugar a dudas debe ser considerada como uno de los grandes capítulos de construcción” [Girón y Ramírez 2016]. Esto se debe a que es necesario impermeabilizar las superficies ya que *“se evita la pérdida de la temperatura interior, se evita el deterioro y envejecimiento de paredes, para mantener la estética de la propiedad y para prevenir enfermedades causadas por la humedad”*[Magnone 2014].

En la construcción, son empleados principalmente en el aislamiento de cimentaciones, soleras, tejados, lajas, paredes, depósitos, piscinas y cisternas. En este ámbito se conocen como hidrófugos. El impermeabilizante líquido más utilizado en Chile es el barniz marino sintético.



Figura 2. 3 - Barniz marino sintético comercial.
Fuente: Catalogo Barnices Tricolor.

El motivo por el que se utilizan es principalmente por los efectos que el agua produce sobre la superficie con la que entra en contacto, según el estado en que el agua se encuentre penetra dicha superficie generando filtraciones y goteras lo que conlleva una serie de complicaciones no consideradas con anterioridad como por ejemplo el daño el aspecto estético, pérdida de resistencia y valor de las edificaciones; causa corrosión en el acero de los elementos estructurales; putrefacción y el ataque de microorganismos en la madera, entre otras. Además de crear ambientes insalubres, especialmente para personas con

problemas de salud como reumatismo, asma y alergias, *“el agua es una de las causas que de acuerdo a los registros estadísticos, se presenta en muchos casos como una problemática para la construcción ya que tiene facultades para deteriorar la calidad y funcionalidad de una edificación”*[Girón y Ramírez 2016].

2.1.2 Impermeabilización en la madera.

La impermeabilización de madera es un proceso que se le realiza para mantener a la misma protegida de los daños del agua y la humedad, que se traducen en presencia de hongos y otros microorganismos; este proceso se torna de suma importancia si se considera que la madera es uno de los materiales más utilizados en construcción por su estética, el buen gusto que otorgan y la fácil manipulación que tienen en comparación a otros materiales constructivos, pero a la vez no se trata de un material muy resistente especialmente cuando se trata de condiciones húmedas por lo general a excepción de especies como el alerce, *“La madera de alerce es muy utilizada en la construcción desde hace siglo, tiene múltiples usos y una desconocida y elevada resistencia a la humedad”* [Sánchez 2017].

Por este motivo se sugiere realizar un proceso con algún material impermeabilizante, para que resulte un elemento más resistente y no presente los típicos daños que le puede causar la humedad a la madera, como goteras manchas y en algunos casos también pudrimiento o rotura de la misma. *“La madera es un material propenso a sufrir algunos cambios. Alguno de los cuales se producen por la humedad. Sobre todo en maderas exteriores es muy importante utilizar aquellas con mayor densidad y resistencia a los agentes externos. De no ser así, o incluso en esos casos también, es importante utilizar una capa protectora para que la madera no sufra las consecuencias de un clima húmedo”* [Longo 2010].

Es indispensable proveer a la madera de algún producto que la proteja de la humedad durante la materialización de la construcción para así evitar posteriores inconvenientes que generarán gastos extras y más de un dolor de cabeza para el usuario. Por ejemplo, *“las causas que provocan la infiltración por los muros son el desgaste y envejecimiento de los materiales de acabado, como los revoques y los revestimientos de pintura, capaces de provocar un erosionado superficial”* [Condemarin 2000]

Estos Productos en la actualidad van de la mano con el proceso constructivo de cualquier edificación de madera, por lo cual se ven presentes en casi la totalidad de las especificaciones técnicas de estas. Entre los impermeabilizantes sugeridos y más utilizados para la madera se encuentran en estado líquidos (pinturas, barnices, entre otros.) en estado sólidos (Telas, papel, Plásticos y otros) y estos son de fácil acceso en el comercio establecido.

2.4 Madera.

“La madera no es una materia de estructura homogénea y uniforme. Se encuentra formada por un conjunto de células alargadas de diferente longitud que cumplen funciones tales como la conducción de la savia, transformación y almacenamiento de sustancias nutrientes o bien la sustentación física” [Fernández 2001].

La madera se puede definir como el tejido principal que sostiene a un árbol y el conductor de agua de los tallos y raíces de este. *“Se caracteriza por elementos traqueales, los que son prácticamente la parte sólida sin corteza, proveniente del tronco, rama o raíces del árbol” (Nasi. 1998)*

2.4.1 Sustratos de madera utilizados.

- **Contrachapado:** también conocido madera terciada, es un tablero hecho con finas chapas de madera pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor. Esta técnica mejora notablemente la estabilidad dimensional del tablero obtenido respecto de madera maciza.
- **OSB (Oriented strand board):** También es conocido como tablero de virutas orientadas, es un tipo de tablero aglomerado. Este tipo de tableros es una evolución de los tableros de contrachapado, donde en lugar de unir varias láminas o chapas de madera, lo que se une son varias capas formadas por virutas o astillas de madera, orientadas en una misma dirección.
- **Madera Natural (Pino):** Son listones de pino cepillado seco los cuales son de 3,2 metros de largo con un espesor de 1”. Existen en diversas medidas desde la más pequeña de 1”x1”.

Se escogen sustratos de madera ya que tienen distinta composición y elaboración, difieren entre ellos respecto a su rugosidad y densidad, además son materiales de primer uso en la industria de la construcción.

2.4.2 Estructura macroscópica de la Madera.

“La madera es un material ortótropo, con distinta elasticidad según la dirección de deformación, encontrado como principal contenido del tronco de un árbol” [Paz 2015].

Como señala Vignote y Martínez (2006) si se realizan cortes al fuste de un árbol se logran identificar las siguientes partes:

Corteza: Es la parte exterior, está formada por materia inerte de aspecto resquebrajado, debido a que el árbol sigue creciendo en su grosor, mientras que la corteza no.

Liber o floema: capa delgada de apariencia similar a la corteza pero más blanca cuya función en el árbol es la de conducir la sabia elaborada.

Cambium: es una capa prácticamente inapreciable a simple vista, está formada por células con funciones reproductoras que crean xilema hacia adentro y floema hacia afuera.

Duramen: Parte central del tronco rodeada por una capa de albura, esta capa ha dejado de contener células vivas, en el cual los materiales de reserva han sido eliminados y transformados.

Medula: Se encuentra ubicada generalmente en la parte central del tronco. Está constituida por células débiles o muertas, a veces de consistencia corchosa. Su diámetro varía entre menos de un milímetro, hasta más de un centímetro, según la especie.

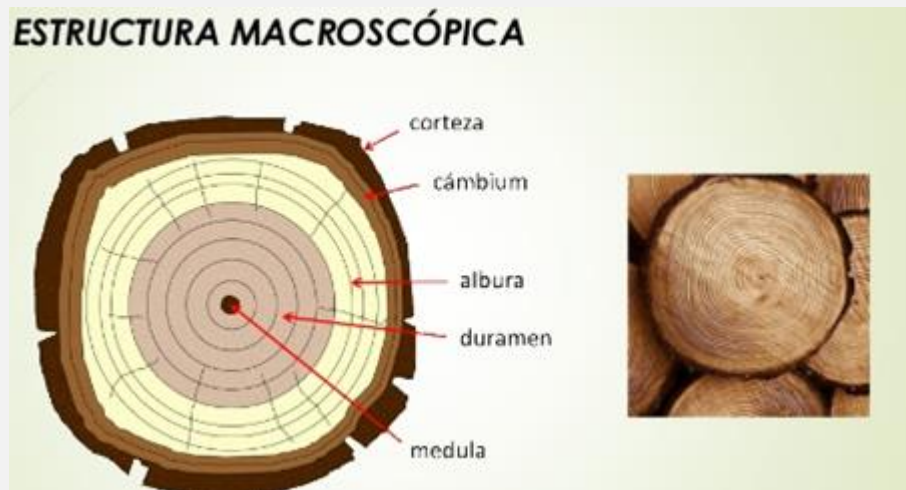


Figura 2. 4 - Estructura macroscópica de la madera.
Fuente: Machado (2015)

2.4.3 Composición química de la madera

“La madera está formada por componentes estructurales y no estructurales, los estructurales son los que componen la pared celular y los no estructurales son denominados como sustancias extraíbles” [Bland 1985]. Está compuesta por tres grupos de sustancias las que conforman la pared celular, donde se encuentran las macromoléculas, celulosa, hemicelulosas y ligninas, entre otras, están presentes en todas las maderas. Estas sirven de nutrientes a diversos organismos destructores.

“En lo referente a la composición de las maderas, al igual que cualquier sustancia de origen natural orgánico, estarán formadas por carbono (50%), oxígeno (42%), hidrógeno (6%) y nitrógeno (0.2%), principalmente, además de otros elementos inorgánicos como fósforo, sodio o calcio” [Presa 2015]. En cuanto a los componentes moleculares tiene:

Celulosa (50%): es un polímero natural. La estructura de esta se forma por la unión de moléculas de B-glucosa a través de enlaces B-1, 4- glucosídico, lo que hace que sea insoluble en agua.

Hemicelulosa (20%): es un polímero tridimensional polisacárido en donde la unidad es muy variable. El grado de polimerización es mucha más bajo que en la celulosa. Tiene como misión dar a las fibras unión, pero sin incidir en sus propiedades mecánicas ni en su dureza.

Lignina (~20%): Polímero tridimensional amorfo compuesto por unidades de fenil-propano. No dispone de grupos solares, lo que da carácter hidrófobo a la madera, es la sustancia que da a la madera su dureza ya que actúa como cementante entre las células. Es la que da rigidez y resistencia a la compresión en la pared celular.

Otras: como colorantes, resinas, almidón, taninos, oleínas, azúcares, entre otras.

2.4.4 Degradadores de la madera

Los agentes degradadores son la causa que directa o indirectamente interviene en el deterioro o alteración de la madera, se dividen en 2 grandes grupos, agentes bióticos y agentes abióticos:

2.4.4.1 Agentes Abióticos:

Degradación por luz: *“La luz ultravioleta del sol descompone la celulosa de la madera”* [Garrido 2015]. Es una acción lenta y tras un tiempo la degradación deja de producirse pues los primeros milímetros superficiales afectados actúan de pantalla protectora para el resto de la madera. El efecto de la luz es de un cambio de coloración, y la madera puede tanto oscurecerse como aclararse, *“la decoloración depende de que tan expuesta haya estado la madera a la luz”* [Ángel 2017]. La madera dañada es más débil, pero como sólo se produce en unos pocos milímetros de profundidad el daño mecánico no es muy elevado por lo tanto no afecta seriamente la resistencia de la madera.

Por otro lado tenemos la radiación infrarroja que afecta a la madera en la medida que calienta la madera. *“El calor puede producir el secado de la madera y por lo tanto el agrietamiento de la misma. Esto favorece el aumento de humedad que puede desembocar en el ataque por insectos xilófagos y hongos”* [Garrido 2015]. Cabe mencionar que la acción del calor sobre la madera sólo es perjudicial si se produce de forma prolongada.

Agua: Las madera sumergida en agua dulce o empotrada en un terreno saturado de ésta generalmente se conservan bien. Si están sumergidas en agua salada puede ser atacada por alguno organismo.

Se debe tener especial cuidado con la madera que está alternativamente dentro y fuera del agua, como puede ser el caso de pilotes, estructuras de muelles y embarcaderos, entre otros, que pueden estar sometida a condiciones ambientales extremas como lo son los cambios repetitivos de húmedo a seco. *“En la práctica, el agua y el sol, actúan de forma combinada y se potencian entre si multiplicando los efectos”* [Garrido 2015].

Efecto hielo-deshielo: Puede generar en la madera unas grietas radiales que afecta a la resistencia mecánica de esta y además sirven de entrada para el ataque de hongos e insectos, produce un daño en la integridad física del material, lo que puede traducirse en la destrucción de las células ubicadas en la superficie. Si este fenómeno es repetitivo puede afectar la resistencia de la pieza. *“La humedad contenida en las cavidades celulares se transforma a estado sólido, aumentando el volumen (anomalía del agua) de las fibras leñosas de la madera en estado verde”* [Lanchas 2014]

Fuego: La madera resiste mal la acción del fuego. La reacción al fuego de las maderas depende del espesor de la pieza de madera, del contenido de agua de la madera y de la densidad de la madera.

El año 2001, Bravo et al estudiaron los efectos del fuego en la madera de Algarrobo blanco y Algarrobo negro, donde categorizaron las lesiones en dos tipos básicos:

Se tienen las cicatrices de fuego que representan la alteración más severa y frecuente. Están demarcadas por una porción del leño sin crecimiento, causadas por la carbonización de las células cambiales en el sector del anillo de crecimiento dañado.

Por otro lado están las marcas de fuego que corresponden a las lesiones más leves. Se identifican a nivel macroscópico por un oscurecimiento en uno o más sectores de un anillo de crecimiento. No se observa carbonización del tejido cambial ni leñoso

Agentes químicos: Los ácidos y las bases pueden producir un ataque en las maderas hidrolizando la celulosa o disolviendo la lignina. La cal y el hormigón fresco pueden atacar a la madera, pero las consecuencias son leves

2.4.4.2 Agentes Bióticos

Son todos los tipos de organismos que atacan la madera, “se refiere a un grupo capaz de utilizar la madera como nutrimento, al digerir con enzimas la lignina y celulosa de las paredes celulares. Estos hongos son los denominados Hongos degradadores de madera o Hongos Xilófagos “[Martínez 2015]

Entre ellos se encuentran los siguientes

Xilófagos Marinos: Causan graves pérdidas en los astilleros, embarcaderos, muelles y otras estructuras fijas o flotantes, establecidas en el mar o en aguas salubres, se clasifican en moluscos y crustáceos.

Insectos Xilófagos: Tienden a la destrucción de la estructura de madera, mediante la perforación de galerías, tanto en los árboles en pie como recién cortados, para satisfacer las necesidades alimenticias del ciclo biológico correspondiente. Los insectos se clasifican según su ciclo biológico en ciclo larvario y en insectos sociales.

Hongos Xilófagos: Son aquellos que fabrican encimas capaces de degradar todos o algunos de los componentes de la madera. Se clasifican en mohos, hongos cromogéneos y los hongos de pudrición.

2.5 Envejecimiento Artificial.

En resumen el método de envejecimiento acelerado consiste en simular la acción de la radiación ultravioleta del sol con tubos ultravioleta dentro de una cámara cerrada por un tiempo determinado, menor que el tiempo real, este tiempo es el equivalente al tiempo real fuera de ella. Los resultados de este método permite establecer una idea de cómo se comportaría el barniz propuesto como en un tablero, por lo cual el barniz propuesto es comparado con el barniz marino como muestra patrón

2.5.1 Radiación ultravioleta

Existen 3 tipos de rayos ultravioleta según la longitud de onda en la son enviados a la tierra por el sol, sin denominados Rayos UV-A, UV-B y UV-C.

Los Rayos UV-A, Estos rayos son capaces de penetrar en sustratos como la madera y las resinas de la pintura, generando gran daño al romper los enlaces celulares de los elementos. *“La degradación fotoquímica ocurre sobre la superficie de la madera expuesta a la acción de la luz del sol, particularmente luz ultravioleta-a”* [Mitsui et al 2001]. Estos rayos pueden penetrar la capa de ozono de forma directa y son responsables del daño que sufren los pigmentos de los revestimientos y pinturas.

Los Rayos UV-B, en cambio, atraviesan la capa de ozono de forma precaria, aunque su efecto puede llegar a ser muchas más visible que en los rayos UV-A, pero no tan permanentes.

Por último, los rayos UV-C, no alcanzan a atravesar la atmosfera ya que son repelidos por la capa de ozono

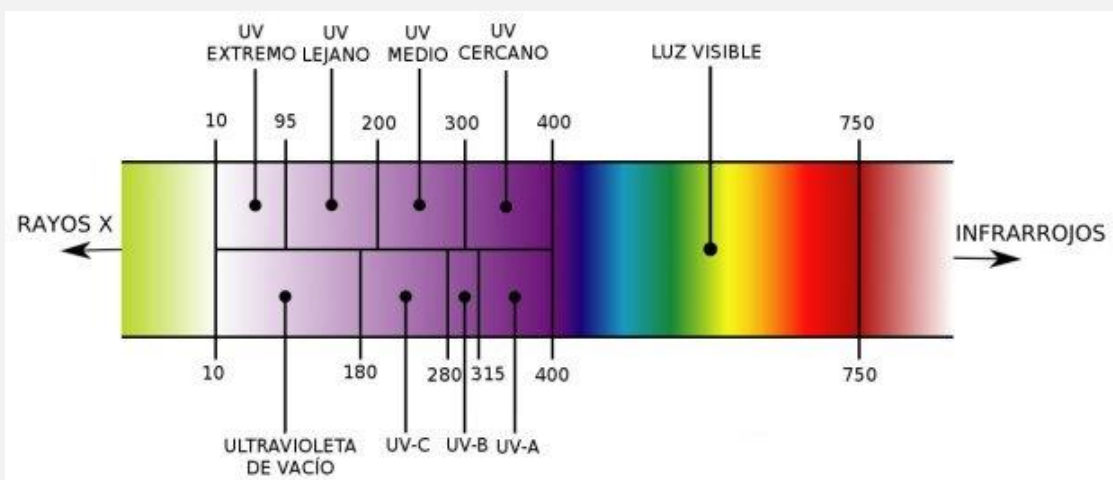


Figura 2. 5 - Espectro solar
Fuente: Lavorato (2016)

3. Metodología de la Investigación.

El presente capítulo trata de la metodología utilizada para la presente investigación, para ello se presenta el siguiente cuadro esquemático.

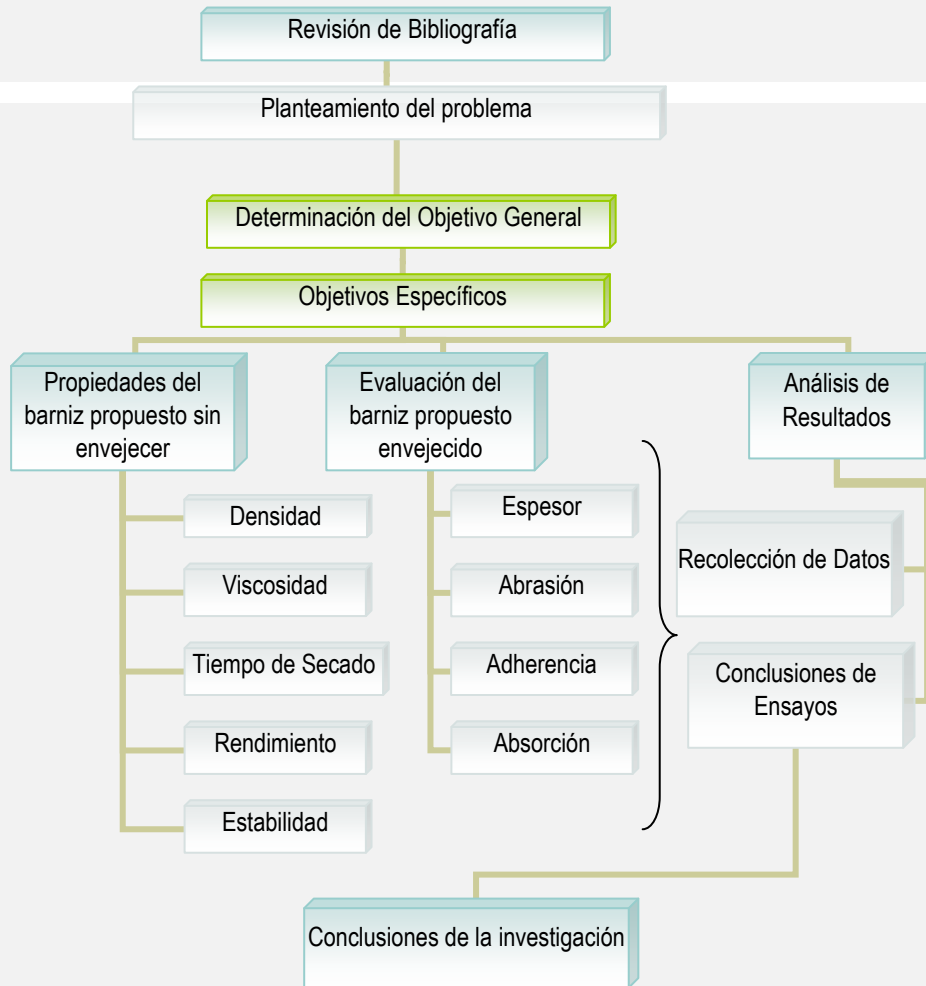


Figura 3. 1 – Metodología para la presente investigación

Fuente: Elaboración propia derivada de la presente investigación.

3.2 Tablero de madera a utilizar

Para seleccionar los sustratos de madera a utilizar fueron revisados estudios anteriores donde se encontró en relación a los tableros, conclusiones secundarias de Flores et al (2001), donde identificó que la densidad y la textura de la madera utilizada como soporte tuvieron un efecto determinante en la degradación de los barnices probados, por lo que en la madera de Encino se presentó una degradación mayor debido a su mayor densidad y textura más gruesa. Además se identificó que el contenido de humedad y estabilidad dimensional de la madera también influyeron en el deterioro de los barnices probados, por lo que se produjo una mayor degradación de los barnices, siendo la madera de Encino menos estable que la madera de Pino.

Por otra parte en Navarro (2007) se identificó el efecto del lijado sobre madera de pino radiata en los niveles de consumo de barnices, concluyendo que el espectro de rugosidad generado por los trenes de lijado asegura una buena adherencia, además de que la rugosidad del sustrato influye en el ahorro de distintos tratamientos superficiales.

Siendo la rugosidad del sustrato y la densidad un aspecto a tener en cuenta en la evaluación de los distintos tableros a utilizar, en la presente investigación se estudiara el efecto que tiene el barniz propuesto en:

- Contrachapados
- OSB
- Madera natural de pino

Estos tableros son seleccionados primeramente por ser materiales de primer uso en la construcción y para evaluar el comportamiento de la baba en sustratos con distintas características, estos tableros tiene diferentes superficies para la aplicación de pintura, a simple inspección con la mano se logra saber, que el OSB es el más rugoso, luego lo sigue el contrachapado y por último la madera natural de pino.

3.3 Probetas

3.3.1 Adquisición y Corte

En primera instancia se debe considerar que las planchas de OSB y Contrachapado vienen en un formato comercial de 3,2 metros por 2,4 metros, y que los listones de madera pino cepillado se adquieren en dimensiones de 1"X4"de 3,2 metros de largo; Debiendo ser cortados posteriormente con las medidas de cada probeta.

3.3.2 Probetas metálicas

Debido a las exigencias de las normas de espesor de película seca (NCh 1007 of.1989) de resistencia a la abrasión (NCh 1008 Of.1989) y de adherencia NCh 2220 of.1992) de los barnices, es que se utilizarán probetas metálicas en estos ensayos, de manera de que los resultados estén de acuerdo a las normas. Para ello se utiliza una plancha de Zinco liso de 0,33 mm de espesor 25 cm de ancho y 2 metros de largo la cual es posteriormente cortada con tijeras especiales para este material.

3.3.3 Utilización de probetas

Para esta investigación el barniz propuesto es evaluado en probetas de madera en el ensayo de absorción e hinchamiento, y en probetas metálicas en los ensayos de película seca, adherencia y abrasión. Por otro lado para los ensayos de tiempo de secado, rendimiento, densidad, viscosidad, y estabilidad no es necesario utilizar probetas.

3.4 Factorial de ensayos

Es un factorial de ensayos con 3 variables independientes correspondientes al tipo de material, al tiempo de envejecimiento, y al tipo de recubrimiento. Hay 4 tipos de materiales, los cuales son contrachapados, OSB, la madera natural de pino y el acero. Son 4 tiempos de envejecimiento con rayos UV-A, equivalentes a 6, 12 y 18 meses además de un instante 0 donde se evaluará las probetas sin envejecer. En un principio son 2 tipos de recubrimiento, el barniz marino utilizado como muestra patrón y la Baba de nopal obtenida reposando las pencas en agua y sal 7 días. Posteriormente se agrega un tercer recubrimiento que corresponde a Baba de nopal reposada 30 días.

Las variables dependientes son 4 y corresponden a los ensayos de absorción, de espesor de película seca, de resistencia a la abrasión y de adherencia.

Las probetas de madera son evaluadas mediante el ensayo de absorción e hinchamiento mientras que las probetas metálicas son evaluadas mediante el ensayo de película seca, resistencia a la abrasión y de adherencia. El uso de estas probetas metálicas se debe a que estos ensayos exigen un sustrato con estas características, obteniendo así resultados normados de los tipos de recubrimiento evaluados.

Las probetas de madera para el ensayo de absorción e hinchamiento son 108 unidades, esta cantidad se obtiene al multiplicar $3 \times 3 \times 3 \times 4$, donde el primer tres corresponde a la cantidad mínima de probetas para un estudio representativo, el segundo tres se debe a los tipos de Recubrimientos utilizados, y el tercer tres corresponde a los sustratos utilizados (Contrachapado, OSB y madera natural de pino), por último el número cuatro corresponde a los tiempos de envejecimiento considerados en esta investigación.

Por su parte las probetas de metal utilizadas para cada uno de los ensayos (Espesor de película seca, resistencia a la abrasión y adherencia) son 36 unidades, es decir 108 en total, esta cantidad se obtiene al multiplicar $3 \times 3 \times 4$, donde el primer tres corresponde a la cantidad mínima de probetas hermanas para un estudio representativo, el segundo tres se debe a los tipos de recubrimientos utilizados y por último el número cuatro corresponde a los tiempos de envejecimiento considerados en esta investigación.

Se optó por reducir el número de probetas de madera para adecuarse al tamaño de la cámara de envejecimiento existente en el laboratorio de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso, de manera de utilizar una sola probeta para más de un ensayo y así optimizar el tiempo, dado que estas probetas no tienen sufrimiento ni daño al medir su espesor por lo cual esto es posible en los ensayos de espesor de película seca y de resistencia a la absorción e hinchamiento, ya que no se alteran los resultados si es que primero se realiza el ensayo de espesor y después el de absorción en una misma probeta. De manera que se reducen de 324 probetas a 216 por ensayar, 108 probetas de madera para medir absorción e hinchamiento y película seca, y 108 probetas de metal para medir abrasión seca, adherencia y espesor de película seca.

A continuación se presenta la tabla 3.4 donde se muestra el factorial de ensayos, más abajo se muestra un cuadro explicativo de la nomenclatura utilizada, donde las letra X corresponde al ensayo de absorción e hinchamiento, Y al ensayo de espesor de película seca, J es el sayo de resistencia a la abrasión seca, y K que corresponde al ensayo de adherencia.

Si se observa de arriba hacia abajo la tabla XX las primeras columnas son las correspondientes al primer número después de la letra, son el sustrato y material utilizado para la elaboración de probetas los cuales son 4 (1 - contrachapado, 2 - OSB, 3 – Madera natural pino, 4 – Metal). Luego las columnas de más abajo pertenecen al tipo de recubrimiento los cuales son 3 (1 – Baba de nopal 7 días, 2 – Baba de nopal 30 días, 3 – Barniz marino). Por último el tercer número corresponde al tiempo de envejecimiento. (1 – 0 meses, 2 – 6 meses, 3 – 12 meses, 4 – 18 meses).

Tabla 3. 1 - Factorial de Ensayos.

		MATERIAL											
		1 - Contrachapado			2 - OSB			3 - Madera natural pino			4 - Metal		
TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO EN MESES	TIPO DE BARNIZ	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1 (0 meses)	X111	X121	X131	X211	X221	X231	X311	X321	X331	Y411,J411, K411	Y421,J421, K421	Y431,J431, K431
	2 (6 meses)	X112	X122	X132	X212	X222	X232	X312	X322	X332	Y412,J412, K412	Y422,J422, K422	Y432,J432, K432
	3 (12 meses)	X113	X123	X133	X213	X223	X233	X313	X323	X333	Y413,J413, K413	Y423,J423, K423	Y433,J433, K433
	4 (18 meses)	X114	X124	X134	X214	X224	X234	X314	X324	X334	Y414,J414, K414	Y424,J424, K424	Y434,J434, K434

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 3. 2 - Cuadro explicativo de variables.

ENSAYO	MATERIAL	TIPO DE RECUBRIIMIENTO	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO
X = ABSORCIÓN (ABSORCIÓN E HINCHAMIENTO)	CONTRACHAPADO = 1	BABA DE NOPAL 7 DIAS DE REPOSO = 1	0 MESES = 1
Y = ESPESOR DE PELICULA SECA	OSB =2	BABA DE NOPAL 30 DIAS DE REPOSO = 2	6 MESES = 2
J = RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	MADERA NATURAL PINO = 3	BARNIZ MARINO = 3	12 MESES = 3
K = ADHERENCIA	METAL = 4		18 MESES = 4

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

3.3 Preparación del barniz propuesto.

3.3.1 Extracción de la Baba de nopal.

A partir la receta de pintura artesanal de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado Mexicano, esta se desarrolla de acuerdo al reposo de las pencas de este cactus en agua y sal; La receta dice que deben cortarse en cubos y dejarlos reposar en un litro de agua y 2 cucharadas de sal por cada kilo de pencas durante 3 días, además de Cal.

Al realiza una inspección visual pasados los 3 días, se observa que la baba no alcanza un nivel de viscosidad apropiado para ser aplicado como pintura, por lo cual se decide dejar reposar por más días hasta que alcanzar una viscosidad más adecuada o semejante a una pintura. Los Nopales cortados se dejan reposar 7 días en cubetas de 7 litros a temperatura ambiente, de esta forma se logra una mezcla homogénea apta para ser aplicada en madera.

Paralelamente se dejan reposar otra cantidad de nopales por más días, esto para observar los cambios de sus características. Transcurrieron exactamente 30 días de reposo hasta que la baba comenzó a tener hongos alrededor de las pencas pero mayoritariamente sobre su superficie, fueron retirados los hongos y las pencas dejando solo la baba resultante. Los principales cambios observados fueron que se volvió más densa y viscosa; además tomo un color verde y un olor fuerte y desagradable, por esta razón se decide dejar hasta acá los días de descanso y utilizar ambos barnices para tener un análisis más acabado del comportamiento de la Baba de Nopal como barniz, si sus propiedades como barniz son o no suficientes de acuerdo a las normas chilenas referentes a pinturas y si estas tienen alguna relación con el tiempo de reposo de los Nopales.



Figura 3. 2 - Pencas de Nopal en reposo.

Fuente: Elaboración propia derivada de la presente investigación.

3.4 Aplicación barnices.

La Baba de nopal y el barniz marino son aplicados con brocha sobre una cara de cada probeta de los sustratos de madera estudiados, considerando su tiempo de secado entre mano del barniz propuesto y del barniz marino.

En el caso de las probetas metálicas primero se lava y quitan aceites e impurezas presentes en la superficie, luego se lijan y posteriormente se aplica los barnices

Esto aplica para todos los ensayos donde se mide espesor, a excepción del ensayo de absorción e hinchamiento en el cual las probetas de madera son sumergidas 20 segundos en la Baba de nopal, a diferencia de las probetas pintadas con barniz marino que pintadas por una cara; esto se realiza para asegurar que la baba cubra todos las caras de las probetas, este cambio surge por la sugerencia de profesor de taller de título y se realiza ya que el ensayo de absorción e hinchamiento exige sumergir las probetas durante 24 horas en agua, por lo cual si solo se pinta una cara el hinchamiento no es totalmente representativo, esto porque puede que una cara quede bien protegida pero no así las demás.

3.5 Método de envejecimiento acelerado.

Para esta investigación el método para el envejecimiento acelerado utilizado es el considerado en Altamirano (2009), mediante el uso de tubos de rayos UV/A de la facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Valparaíso, los cuales emiten 3mW/cm^2 en un segundo estando a una distancia de 7 cm de los tubos, por lo que pudo calcular los tiempos necesarios de exposición, considerando los datos determinados por el laboratorio de Evaluación Solar de la Universidad Técnico Federico Santa María sobre la radiación ultravioleta tipo A mensual captados en la ciudad de Concón.

Llegando a las siguientes relaciones aproximadas, según la radiación máxima acumulada en distintos periodos de meses móviles:

- 3.5 horas equivalen a 6 meses.
- 4.5 horas equivalen a 12 meses.
- 7.5 horas equivalen a 18 meses.
- 8,0 horas equivalen a 24 meses.

Para efectos de conocer el comportamiento de la Baba de Nopal como barniz durante un año y medio se siguió la metodología de Altamirano (2009), donde se calcularon las equivalencias entre el envejecimiento acelerado y el envejecimiento natural para 6, 12 y 18 meses. Tal como se indica en la tabla 3.1.

Tabla 3. 3 - Equivalencias entre envejecimiento acelerado y natural.

TIEMPO RADIACION TUBOS UV/A (hr-min)	EQUIVALENCIA EN MESES
1:39	6
4:15	12
7:11	18

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada en Altamirano (2009).

Estos tiempos fueron determinados utilizando como base los siguientes periodos de meses móviles Obtenidos desde “Daños que provoca el dióxido de carbono en pinturas de exterior” Altamirano (2009).

A continuación se muestra tabla 3.2 correspondiente a Radiación UV-A acumulada en periodo de meses móviles en la ciudad de Concón. De esta tabla se obtiene Radiación UV-A acumulada máxima para cada periodo de meses, para posterior cálculo del tiempo de envejecimiento acelerado.

Tabla 3. 4 - Radiación UV-A acumulada en periodo de meses móviles en la ciudad de Concón.

PERIODO	Σ 6 MESES ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	PERIODOS	Σ 12 MESES ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)	PERIODOS	Σ 16 MESES ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$)
1	21834	1	44327	1	66780
2	16784	2	43995	2	61593
3	14036	3	43704	3	58995
4	13558	4	44012	4	58994
5	16402	5	44629	5	61750
6	20537	6	44620	6	65365
7	22493	7	44946	7	71155
8	27211	8	44809	8	75821
9	29668	9	44919	9	77583
10	30254	10	45186	10	78542
11	28277	11	45348	11	76349
12	24083	12	44828	12	72244
13	22453	13	48662	13	70292
14	17598	14	48610	14	65253
15	15251	15	47915	15	62519
16	14932	16	48288	16	62344
17	17121	17	48122	17	64249
18	29745	18	48161	18	68492
19	26209	19	47839	19	73063
20	31012	20	47655	20	77872
21	32664	21	47268	21	79476
22	33356	22	47412	22	80855
23	31001	23	47128	23	78171
24	27416	24	47747	24	74100
25	21630	25	46854	25	68453
26	16643	26	46860	26	63419
27	14604	27	46812	27	61329
28	14056	28	47499	28	60609
29	16127	29	47170	29	62845
30	28334	30	46684	30	66591
31	25224	31	46823	31	72994
32	30217	32	46776	32	78021
33	32208	33	46725	33	80405
34	33433	34	46553	34	80367
35	31043	35	46718	35	78251
36	26353	36	46620	36	74167
37	21599	37	47770	37	69407
38	16599	38	47804	38	64597

39	14517	39	48197	39	63214
40	13110	40	46924	40	61607
41	15675	41	47208	41	64339
42	20267	42	47814	42	69184
43	26171	43	47808	43	74145
44	31216	44	48038	MAXIMO	80855
45	33651	45	48697		
46	37785	46	48497		
47	31504	47	48664		
48	27518	48	48917		
49	21608	49	47974		
50	16793	MAXIMO	48917		
51	15017				
52	14683				
53	17131				
54	21370				
55	21337				
MAXIMO	37785				

Fuente: Elaboración propia en base a la información encontrada en Altamirano (2009).

Para comenzar se debe conocer el tiempo exacto que tiene que pasar los probetas dentro de la cámara de envejecimiento acelerado, para ello se mide con un radiómetro la radiación recibida a 5 cm de distancia respecto a 3 tubos UV/A los cuales en un segundo emiten 3,2 mW/cm², otra información requerida es la radiación UV-A acumulada máxima para cada periodo de meses la cual se extrae de la tabla 3.2. Con esta información se puede obtener el tiempo para cada periodo realizando un pequeño cálculo:

- **Para 6 meses:**

Máximo acumulado 6 meses: 37785 mW/cm²

Segundos de exposición: $37785 \text{ mW/cm}^2 / 3,2 \text{ mW/ (cm}^2 \cdot \text{seg)} = 11807,81 \text{ seg}$

Horas de exposición: $11807,81 \text{ seg} / 3600 \text{ seg/hr} = 3,280 \text{ horas} = 3:16:48 \text{ (hr: min: seg)}$

- **Para 12 meses:**

Máximo acumulado 12 meses: 48917 mW/cm²

Segundos de exposición: $48917 \text{ mW/cm}^2 / 3,2 \text{ mW/ (cm}^2 \cdot \text{seg)} = 15286,56 \text{ seg}$

Horas de exposición: $15286,56 \text{ seg} / 3600 \text{ seg/hr} = 4,246 \text{ horas} = 4:14:05 \text{ (hr:min:seg)}$

- **Para 18 meses:**

Máximo acumulado 12 meses: 80855 mW/cm²

Segundos de exposición: $80855 \text{ mW/cm}^2 / 3,2 \text{ mW/ (cm}^2 \cdot \text{seg)} = 25267,19 \text{ seg}$

Horas de exposición: $25267,19 \text{ seg} / 3600 \text{ seg/hr} = 7,018 \text{ horas} = 7:10:48 \text{ (hr:min:seg)}$

3.4 Realización de ensayos.

3.4.1 Propiedades del barniz propuesto sin envejecer

Las Propiedades físicas que son evaluadas trabajando directa y solamente con el barniz propuesto sin envejecer serán, densidad, viscosidad, estabilidad, a su vez se evalúa el tiempo de sacado y el rendimiento de ambas propuestas de barniz y del barniz marino en tableros de contrachapado.

El orden de realización para los ensayos fue el siguiente:

1. Determinación de la densidad.
2. Determinación de la viscosidad.
3. Determinación del tiempo de secado.
4. Determinación del rendimiento.
5. Determinación de la estabilidad.

3.4.1.1. Determinación de la densidad

La determinación de la densidad fue el primer ensayo en realizarse, se utilizó la norma chilena NCh 1001 of.89 pinturas – Determinación de la densidad.

Resumen del método:

El método se basa en calibrar el volumen de un recipiente con agua destilada a 25°C, o a una temperatura previamente convenida, y pesar el contenido de pintura líquida contenido en el recipiente a la misma temperatura de calibración. La densidad se calcula en gramos por milímetro a temperatura específica.

Materiales utilizados:

- Picnómetro, de cualquier tipo, con una capacidad de 20 a 100ml.
- Termómetro, graduado con una sensibilidad de 0,1°C
- Balanza con sensibilidad de 0,1 gramos

Procedimiento:

- Se determina el volumen del recipiente.
- Se limpia y se seca el recipiente, luego se lleva hasta la masa constante, registrando la masa M , en gramos.
- Se llena el recipiente con agua destilada y se mide su temperatura.

- Se tapa el recipiente retirando el exceso de agua con papel absorbente y evitando que queden burbujas de aire ocluidas dentro del recipiente.
- Se pesa el recipiente lleno y se registra la masa N, en gramos.

- Se calcula el volumen del recipiente mediante la siguiente formula:

$$V = \frac{N - M}{\rho}$$

En donde:

V = Volumen del recipiente en ml.

N = Masa del recipiente y el agua en gr.

M = Masa del recipiente seco en gr.

ρ = Densidad absoluta del agua a temperatura de ensayo en gr/ml.

- Se determina la densidad de la muestra:
 - Se repiten los anteriores sustituyendo el agua destilada por la muestra, registrando la masa del recipiente lleno (m_1) y el recipiente vacío (m) en gramos.
 - Se calcula la densidad de la muestra en gr/ml mediante la siguiente formula :

$$D = \frac{m_1 - m}{V}$$

En donde:

D = Densidad de la muestra en gr/ml.

m_1 = masa del recipiente lleno en gr.

m = masa del recipiente vacío en gr.

V = volumen del recipiente calculado previamente.

- La diferencia entre los resultados obtenidos por el mismo operador en diferentes días, no debe ser superior a 0,6% del valor relativo.

3.4.1.2. Determinación de la viscosidad

La determinación de la viscosidad fue el segundo ensayo en realizarse, este realizo según el Instructivo de Viscosímetro Análogo Brookfield LVDV-II.

Resumen del método:

Se mide la viscosidad mediante un viscosímetro rotatorio, según sea el torque medido y la convención a centipoise correspondiente al spin utilizado.

Materiales utilizados:

- Viscosímetro análogo Brookfield
- Vasos precipitados de 600 ml
- Baño termostático

Procedimiento:

- Se vierte la solución en un vaso precipitado de 600 ml.
- Se coloca el vaso en un baño termostático a 25°C durante 1 hora para estabilizar la temperatura del fluido.
- Se selecciona el spin que se desee utilizar, se atornilla girando en sentido contrario a las manecillas del reloj y se sumerge en la solución. El spin debe quedar sumergido hasta mediados de la muesca del eje para que sea válida la suposición de que los efectos de borde son despreciables. Con los spin en forma de disco se debe cuidar que no queden burbujas de aire atrapadas en la superficie de los mismos
- Se verifica la temperatura de la solución después de transcurrida 1 hora
- Se verifica mediante la burbuja de nivel que el equipo este nivelado y que el spin este centrado en el vaso.
- Se enciende el motor y se selecciona una velocidad angular.
- Se deja funcionar libremente hasta que la lectura se estabilice (el tiempo requerido para la estabilización dependerá de la velocidad la que opera el viscosímetro y de las características de la muestra). Una vez estabilizada la aguja, se baja una palanca llamada "Clutch" de manera que suba el Dial, se lee el valor obtenido y se registra.
- Para obtener el valor de la viscosidad se debe multiplicar el valor leído, % de Torque, por un factor F, que depende del tamaño de la velocidad angular. Los valores de F se representan en el Anexo 3
- Se debe tratar de obtener una lectura entre 10 y 100 (cuanto sea más cercano a 100 será menor el error de la medida, ya que la precisión es de ± 1 % del valor a plena escala para cada combinación velocidad/rotor, que coincide con el valor F expresado en Cp. Como este error es absoluto, el error relativo será menor si la lectura es cercana a 100).
- Si la lectura sobrepasa el valor 100, se selecciona una velocidad menor o un rotor más pequeño, y se procede de modo inverso si la lectura es muy pequeña.
- Cuando se realizan medidas con un mismo rotor y distintas velocidades, es aconsejable cambiar de velocidad con el rotor encendido.

$$\text{° Conversión \% torque experimental a Cp} = \text{Lectura equipo} \times F$$

3.4.1.3. Determinación del tiempo de secado.

La determinación del tiempo de secado fue el tercer ensayo en realizarse, se utilizó la norma chilena Ch143 of 89. Pinturas – Determinación del tiempo de secado.

Resumen del método:

El método se basa en aplicar una película del producto a ensayar sobre una lámina o soporte rígido y determinar el tiempo que transcurre hasta alcanzar los siguientes estados de secamiento de la película que se evaluarán:

- **Seco al tacto:** cuando al tocar suavemente con un dedo la superficie de la película. Sin ejercer presión, esta se nota pegajosa, pero ninguna parte de ella queda adherida al dedo.
- **Seco Duro:** cuando al ejercer una presión máxima sobre la película con el dedo pulgar, sin ejercer torsión, no quedan huellas sobre las mismas al pulir suavemente el área de contacto con un paño.
- **Seco total :** cuando al ejercer una máxima presión sobre la película con el dedo pulgar, en una determinada posición del brazo, y al girar el dedo en Angulo de 90°, la película no se desprende o sufre deformaciones visibles.

Equipos y materiales:

- Micrómetro
- Aplicador de película húmeda
- Láminas de ensayo metálicas. Se ensayan de forma paralela probetas de madera, aunque no se exigen en esta norma.
- Trozo de vidrio

Condiciones generales del ensayo:

- El ensayo debe ser realizado en un recinto bien ventilado, libre de corrientes directas de aire, polvo o gases.
- Se efectúan todas las mediciones a una temperatura y humedad relativa estables, manteniendo las láminas recubiertas en posición horizontal mientras se seca.
- Todos los ensayos deben efectuarse dentro de un área en la cual ningún punto este a menos de 15 mm del borde de la película.
- La aplicación y el secado no debe hacerse exponiendo las muestras a la luz directa del sol.
- Se recomienda que los intervalos de ensayo se fijen en periodos de aproximadamente un 10% del tiempo total de ensayo.

Procedimiento:

- Se aplica la muestra sobre laminas limpias, las cuales al ser recubiertas deben ser protegidas de la acumulación excesiva de polvo durante su secado.
- Seco al tacto :
Se toca suavemente la película de la muestra con la punta de un dedo limpio e inmediatamente se coloca esta sobre un trozo de vidrio claro y limpio, observando si existe transferencia del material al vidrio. La presión ejercida por la punta del dedo sobre la película no debe ser mayor a la requerida para transferir una gota de recubrimiento de 3 a 5 mm de sección transversal.
- Seco duro :
Se toma la lámina con los dedos pulgar e índice de manera de que el pulgar toque la película. Se aplica una máxima presión con el dedo pulgar sin ejercer torsión y se pule ligeramente el área de contacto con un paño suave
- Seco total :
Se coloca la lámina de ensayo en posición horizontal a una altura tal que cuando el pulgar del operador se coloque sobre la película, su brazo quede en posición vertical desde la muñeca hasta el hombro.
Se presiona la película con el dedo pulgar ejerciendo una presión máxima del brazo girando al mismo tiempo el dedo en ángulo 90° sobre el plano de la película.
Se considera que la película esta seca total cuando no se produce desprendimiento, arrugas o cualquier otra evidencia de deterioro en la misma.
- Por último se registra el espesor de las probetas ensayadas.

3.4.1.4. Determinación del rendimiento

La determinación del rendimiento fue el cuarto ensayo en realizarse, este ensayo no se encuentra normalizado, se siguió la metodología del ensayo de rendimiento realizado por Cárcamo (2010).

Resumen del ensayo:

El objetivo del ensayo es evaluar cuanta superficie es capaz de cubrir 50 ml de propuesto en un sustrato determinado, calculando así el rendimiento en lt/m^2 y gal/m^2 ($1\text{gal} = 3.78\text{lt}$)

Materiales:

- Brochas de 1".
- Recipiente graduado con 50 ml
- Huincha de medir.
- Sustrato de madera

Procedimiento:

- Se utiliza un volumen de muestra fijo para todas las aplicaciones requeridas.
- Se aplica con brocha el volumen conocido de muestra en el sustrato de madera.
- Se mide el área que alcanzo a cubrir el volumen de la muestra.
- Se calcula el cociente entre el área recubierta y el volumen utilizado, obteniendo el rendimiento de la muestra.

3.4.1.5. Determinación de la estabilidad

La determinación la estabilidad fue el quinto ensayo en realizarse, este ensayo no se encuentra normalizado, se siguió la metodología del ensayo de estabilidad realizado por Cárcamo (2010).

Resumen del ensayo:

En envases abiertos y parcialmente llenos, no deben formarse pieles al cabo de 48 horas, observando si existe separación física entre los componentes de la disolución, al momento de realizar la mezcla y al aplicarlo a la superficie.

3.4.2. Evaluación del barniz envejecido

Las Propiedades mecánicas son evaluadas trabajando con ambas propuestas de barniz de Baba de nopal y el barniz marino ya envejecido en la cámara, estas corresponden a los ensayos de espesor de película seca, absorción e hinchamiento, adherencia y resistencia a la abrasión.

El orden de realización para los ensayos fue el siguiente:

1. Determinación de espesor de película seca.
2. Determinación de absorción e hinchamiento
3. Determinación de la adherencia.
4. Determinación de la resistencia a la abrasión.

3.4.2.1. Determinación del espesor de película seca

La determinación del espesor de película seca fue el sexto ensayo en realizarse, se utilizó la norma chilena NCh 1007 of.89 Pinturas – Determinación de espesor película seca.

Resumen del método:

El método se basa en la medición del espesor de la película seca de revestimientos mediante un micrómetro.

Equipos y Materiales:

- Micrómetro mecánico.
- Regla.
- Probetas metálicas

Procedimiento:

- Lavar y quitar aceites presentes en la superficie.
- Se mide previamente el espesor de la probeta metálica sin recubrimiento.
- Una vez aplicado el recubrimiento y transcurrido el tiempo de secado, se marca sobre el reverso de la probeta, el cual está sin recubrimiento, los puntos que serán medidos con el micrómetro, cuidando que queden a no menos de 2,5 cm del borde de la misma.
- El mínimo recomendable son tres determinaciones por cada lámina de 75 x 150 mm.
- Se mide el espesor de la película seca en cada uno de los puntos marcados previamente.
- Se calcula el promedio aritmético de los puntos.

3.4.2.2. Determinación de la resistencia a la abrasión seca.

La determinación de la resistencia a la abrasión seca fue el séptimo ensayo en realizarse, se utilizó la norma chilena NCh 1008 of.89 Pinturas – Determinación de la resistencia a la abrasión seca.

Resumen del método:

El método se basa en determinar la resistencia a la abrasión seca mediante la medición de la cantidad de material abrasivo (arena) necesario para desgastar una unidad de espesor de película del recubrimiento, al dejar caer la arena desde la altura especificada a través de un tubo guía.

Equipos y materiales:

- Medidor de abrasión.
- Recipiente para la arena.
- Soporte para muestra en 45°.
- Arena de Ottawa o similar.
- Micrómetro.
- Probetas metálicas.

Procedimiento:

- Lavar y quitar aceites e impurezas presentes en la superficie.
- Medir el espesor de película seca en las probetas con recubrimiento y se registra E en μm .
- La arena estándar se considera cuando se tamiza 100 gr por 5 minutos y se retienen como máximo 15 gr en el tamiz de 850 μm y pasa como máximo 5 gr por el tamiz de 600 μm .
- Se alinea el aparato hasta que el flujo de corriente de arena sea de 90° observado de dos puntos de vista. La velocidad del flujo debe ser de 2 lt de arena en 21 a 23,5 s.
- Se introduce la arena hasta que la superficie se desgaste hasta la base en una zona de 4 mm de diámetro.
- Se reemplaza la arena después de 50 pasadas por el tubo o cambio de muestra.
- Se calcula la resistencia a la abrasión mediante la siguiente fórmula:

$$RA = \frac{V}{E}$$

Dónde:

RA = Resistencia a la abrasión en L/ μm , del área desgastada.

V = Volumen de la arena usada, en L.

E = Espesor de la película, en μm .

3.4.2.3. Determinación de la adherencia.

La determinación de la adherencia fue el octavo ensayo en realizarse, se utilizó la norma chilena NCh 2220 of.92 Pinturas y barnices – Adherencia – Ensayo de corte transversal.

Resumen del método:

Esta norma establece un procedimiento para evaluar la resistencia de un revestimiento de pintura barniz o productos similares a separarse de:

- a) Un sustrato, cuando se corta un diseño de enrejado en un revestimiento de una caja.
- b) Una caja respecto a otra o con respecto al sustrato, cuando se corta un diseño de enrejado en un revestimiento de capas múltiples.

Materiales:

- Herramientas de corte sencilla, con filo de 30°.
- Cinta de enmarcar para hacer las guías de los cortes.
- Escobilla suave.
- Regla metálica
- Micrómetro.
- Probetas de hojalata de espesor mayor a 0,25 mm.

Procedimiento:

- Lavar y quitar aceites e impurezas presentes en la superficie.
- Antes de que se aplique la película del revestimiento se mide el espesor de la probeta metálica a utilizar
- Una vez que se aplica el revestimiento y transcurre el tiempo de secado, se efectúan tres mediciones de espesor de la película seca antes del ensayo con una precisión de $\pm 5 \mu\text{m}$, en tres posiciones distintas de cada probeta.
- Se registra cada uno de, a lo menos, tres valores en cada probeta a ensayar y obtener el promedio de estos valores en cada posición a ensayar.
- El número de cortes que se efectúa, en cada dirección del enrejado, deben ser 6 u 11. En esta investigación se realizan 6 cortes teniendo la ventaja de una operación más rápida.
- La distancia entre los cortes depende del espesor de la película seca medido previamente, debiendo ser:
 - a. 1 mm, cuando el espesor es de $60 \mu\text{m}$ o menos.
 - b. 2 mm, cuando el espesor es mayor de $60 \mu\text{m}$.
- Se fija la probeta por sus bordes con una cinta de enmarcar sobre una superficie horizontal y se marcan las guías para realizar cortes.
- La herramienta de corte utilizada se apoya en la probeta con el revestimiento a $90^\circ \pm 5^\circ$ respecto del plano de la superficie que se ensaya, y se ejerce una fuerza uniforme y constante paralela al plano de superficie.
- Después de los cortes se escobilla suave en sentido diagonal al enrejado en movimiento alternativo hacia adelante y hacia atrás, por cinco veces en cada sentido del movimiento.
- Se examina la superficie cortada del revestimiento ensayado usando visión normal y clasificando el resultado de acuerdo a la tabla de clasificación de la ANEXO norma NCh 2220 (apéndice 1)

3.4.2.4. Determinación de la absorción de agua y del hinchamiento

La determinación de la absorción de agua y del hinchamiento fue el noveno y último ensayo en realizarse, se utilizó la norma chilena NCh 793 Madera – Planchas y tableros lignocelulósicos – Determinación de la absorción de agua y del hinchamiento después de la inmersión de agua.

Resumen del método:

Se determina la absorción de agua como incremento a la masa y el hinchamiento como incremento del espesor de las probetas, después de una inmersión completa en agua en condiciones especificadas de tiempo y temperatura.

Equipos y materiales:

- Pie de metro con sensibilidad de 0,05 mm.
- Balanza con sensibilidad de 0,1 gr.
- Recipiente controlado termostático a $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Hojas de celulosa absorbente o papel toalla.
- Placa cuadrada, con una masa aproximada de 3 kg.
- Medidor de pH.
- Agua destilada (tiene el pH requerido de 6 ± 1).

Procedimiento:

- Las probetas se mantienen a una atmosfera con humedad relativa de $65\% \pm 5\%$ y con una temperatura $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta la obtención de masa constante.
- Se pesa cada probeta con una precisión de $\pm 0,1$ gr y se registra m1.
- Se mide el espesor de cada probeta en cuatro puntos diferentes a 2,5 cm del borde de la probeta.
- Se determina el espesor de la probeta calculando el promedio calculando el promedio aritmético de las cuatro medidas, aproximando a 0,01 mm y se registra e1.
- Se sumergen las probetas verticalmente en agua limpia y en reposo, de $\text{pH} = 6 \pm 1$ y temperatura $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, al comienzo de cada ensayo. Se colocan las probetas separadas entre sí, del fondo y de los costados del recipiente a lo menos 15 mm. Se comprueba que los bordes superiores de las probetas queden cubiertos por 20 mm de agua.
- Se saca las probetas del agua y se colocan separadas horizontalmente entre las hojas de celulosa absorbente o de papel toalla en pilas de una máxima de cinco, para quitar el exceso de agua.
- Se carga cada pila con una placa cuadrada de 3 kg aproximadamente.
- Se mantiene cada placa en esta posición por 30 s, luego se quita la placa y las hojas absorbentes.
- Se pesa cada probeta dentro de los 10 min siguientes y se registra m2.
- Se miden sus espesores y se registra e2.

- Se calcula el porcentaje de agua absorbida por cada probeta de acuerdo con la siguiente formula:

$$A = \frac{100 (m2 - m1)}{m1}$$

Donde:

A = absorción de agua de la probeta, expresada en %.

m1 = masa de la probeta antes de la inmersión en gr.

m2 = masa de la probeta después de la inmersión en gr.

- Se determina la absorción de agua aproximando a 0,1%
- Se calcula el hinchamiento del espesor de cada probeta de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{100 (e_2 - e_1)}{e_1}$$

Donde:

H = hinchamiento de la probeta, expresado en % del espesor.

e1 = espesor de la probeta antes de la inmersión en mm.

e2 = espesor de la probeta después de la inmersión en mm.

- Se determina el hinchamiento aproximado a 0,1%.

4. Elaboración De La Experiencia.

4.1 Elaboración de probetas y producción del barniz propuesto.

La elaboración de probetas se realizó en época de primavera en el laboratorio de materiales de la escuela de Ingeniería en Construcción y en el patio del domicilio particular del estudiante, esto se llevó a cabo el segundo semestre del año.

Corte de las probetas de contrachapado: Las planchas de contrachapado fueron dimensionadas en trozos de 15 cm x 15 cm al momento de ser adquiridas, esto fue verificado mediante una huincha de medir, no existiendo errores mayores a 2 mm.



Figura 4. 1 - Corte de probetas.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Corte de las probetas de OSB: Las planchas de contrachapado son cortadas con máquina en trozos de 15 cm x 15 cm al momento de ser adquiridas.

Como se observa en la figura 4.1, tanto las probetas de contrachapado como las de OSB sufren un cambio; a raíz de las condiciones de iluminación y de espacio de la cámara de envejecimiento, se opta por disminuir a la mitad las dimensiones. De este modo las nuevas probetas son de 15 cm x 7,5 cm y son cortadas con sierra eléctrica y serrucho.



Figura 4. 2 - Corte de probetas.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Corte de las probetas de madera natural: Se utiliza madera de pino, la cual es cortada en trozos de 15 Cm, dejando el ancho existente de 4" para no dañar la madera.

Corte de las probetas metálicas: Son exigidas por los ensayos de película seca, de abrasión y de adherencia. Se utiliza una plancha de zincalum liso de 0,33 mm de espesor, siendo posible cortar las probetas con tijeras especiales para este material.

Rótulos en las muestras: Como se muestra en la figura 4.3. Cada probeta es rotulada con la información que corresponda, ya sea el periodo de envejecimiento, el tipo de barniz, el tiempo de reposo del barniz propuesto, el tipo de ensayo a la que está destinada la probeta y el número de la muestra.

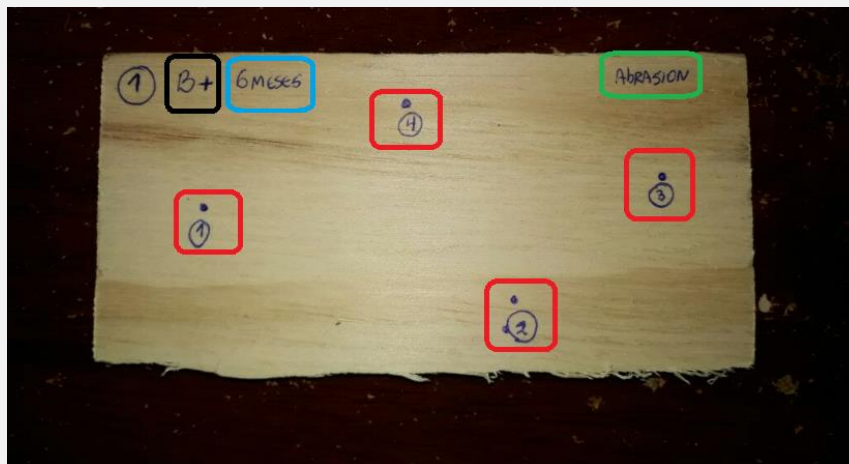


Figura 4. 3 - Rotulado de Probetas.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

- — — — : Tipo de barniz
- — — — : Tiempo de envejecimiento
- — — — : Puntos de medición espesor
- — — — : Ensayo de destino

Elaboración del barniz propuesto: La elaboración de la baba según bibliografía es producida en cubetas de 5 a 6 litros, en ellas en primer lugar se ponen 5 pencas de nopal picado de aproximadamente 1 kilo cada una, luego se aplican 5 litros de agua y 2 cucharadas de sal por cada kilo de pencas de nopal, posteriormente se dejara descansar al aire libre durante 7 días resultando la baba de la figura 4.4, luego de transcurrido este tiempo se aplicara la Baba de Nopal como barniz a los sustratos de madera y a las probetas metálicas.

El barniz propuesto se aplica en 3 manos, mientras que el barniz marino en una sola, esto se debe a que los sustratos de madera absorben rápido la primera y segunda capa de baba de nopal, esto es verificado con micrómetro, respecto al espesor después de cada mano aplicada.



Figura 4. 4 - Baba de Nopal elaboración 7 días.
Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Más adelante en la figura 4.5 se muestra la producción paralela de Baba de Nopal con 30 días de descanso, para tener una idea más acertada de su comportamiento, características y resultados, aplicada como barniz.



Figura 4. 5 - Baba de Nopal elaboración 30 días.
Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

4.2 Determinación de la densidad.

Para este ensayo se utiliza un recipiente metálico con tapa, que está dentro del rango de volúmenes exigidos por la norma, que es de 20 a 100 ml, siendo el volumen del recipiente de 77,5 ml aproximadamente, existiendo variaciones debido a cambios de temperatura del agua destilada utilizada para la calibración del volumen del recipiente.



Figura 4. 6 - Recipiente metálico usado como picnómetro.
Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

El ensayo es realizado en 3 días distintos, obteniendo densidades que no pueden variar más allá del 0,6% del promedio calculado.

4.3 Determinación de la viscosidad.

Para este ensayo se utiliza un viscosímetro mecánico, el cual está capacitado para medir altas viscosidades. La figura 4.7 corresponde al viscosímetro utilizado en la presente investigación se utiliza el Viscosímetro BROOKFIELD LVDV-II+.



Figura 4. 7 - Viscosímetro BROOKFIELD LVDV-II+.
Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación se detalla el procedimiento que se tuvo que realizar durante la utilización del viscosímetro.

La viscosidad de un fluido se define como una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. Por este motivo antes de utilizar el viscosímetro se debe verificar si el fluido contiene sólidos a la vista ya que si estos quedan en la solución el viscosímetro de igual manera hará la medición, sin embargo esta no será igual de precisa.

En el caso de que la que la solución tenga partículas sólidas, esta se coloca en una centrifuga de fluidos que se muestra en la figura 4.8, la cual separa los sólidos de los líquidos. Este caso sucedió con la solución de Baba de Nopal de 1 mes de descanso, por lo tanto se utilizó la centrifuga Herme modelo Z326.



Figura 4. 8 - Centrifuga Herme modelo Z326.
Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Posteriormente se verifica y nivela el viscosímetro según indicaciones del fabricante.

Luego se enciende el viscosímetro y se instala el Spin ULA; En la figura 4.9 se muestra el spin a utilizar, este spin o aguja se utiliza por sugerencia del profesional a cargo de la unidad ya que la Baba de Nopal no es un fluido altamente viscoso.

El Spin ULA es una aguja en forma de cilindro, esta se atornilla a la parte rotatoria del viscosímetro y se introduce en una camisa envolvente en la cual circula un líquido a una temperatura determinada.



Figura 4. 9 - Aguja ULA y Camisa Envolvente.
Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

La aguja ULA se escoge a partir de distintas opciones que trae el viscosímetro, además trae una tabla ANEXO 5, donde se especifica el nombre de cada Spin y código necesario para introducir al equipo, ya que este no reconoce por si solo las agujas. En la figura 4.10 se muestra el set de Spin LV que es para fluidos poco viscosos, por otra parte la figura 4.11 corresponde a las agujas RV que son para fluidos más viscosos.



Figura 4. 10 - Set de agujas LV spindle.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 4. 11 - Set de agujas RV spindle.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Cabe destacar que para que la medición sea más precisa aun, todo el conjunto debe estar a una temperatura de 25 °C, es decir el líquido que circula por la camisa envolvente y el fluido a analizar.



Figura 4. 12 - Baba de Nopal en Viscosímetro Brookfield.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Una vez terminada la etapa de montaje pasamos a la medición. Lo primero es ingresar el código que posee el Spin ULA, el cual se extrae de una tabla anexa (ANEXO 5).

Además del código al viscosímetro se le debe ingresar una velocidad Angular, esta velocidad se debe ir incrementando hasta que el % de torque sea lo más cercano 100 o el % de torque anterior a que el equipo arroje error. La figura 4.13 corresponde a la pantalla del viscosímetro donde se ingresan los códigos y la velocidad angular, además se observan los resultados obtenidos y su variación a partir del cambio de velocidad angular.



Figura 4. 13 - Pantalla Viscosímetro BROOKFIELD DV-II+.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Una vez ingresado el código correspondiente al Spin ULA y verificar que la temperatura sean los 25°C con el termómetro incluido en el Viscosímetro y se inicia el análisis. El spin comienza a girar a una velocidad angular pequeña y esta se va aumentando a medida que va subiendo el % de torque. Se espera unos segundos hasta que el valor de la Viscosidad y % de torque se estabilicen.

4.4 Determinación del tiempo de secado.

Para determinar el tiempo de secado se utilizan 3 probetas metálicas, sustrato exigido por la norma y 3 probetas de madera natural de pino, sustrato que no es exigido por la norma, pero se ensaya para obtener datos complementarios con respecto al secado del barniz propuesto en la madera.

4.5 Determinación del rendimiento.

Para determinar el rendimiento se utilizan tableros de contrachapados, los cuales son recubiertos con 50 ml del barniz propuesto.

La aplicación se realiza mediante brochas de 1". Una vez recubiertas se mide el área que alcanza a cubrir cada disolución. En la Figura 4.14 se muestra parte del material utilizado en la determinación del rendimiento.



Figura 4. 14 - Material utilizado en la determinación del rendimiento.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

4.6 Determinación de la estabilidad.

El ensayo se realiza en un recinto cerrado, registrando la humedad relativa y la temperatura ambiente.

En las figuras 4.15 y 4.16 se muestran las 2 versiones del barniz propuesto, las cuales se exponen a las mismas condiciones ambientales, es decir que ambas paralelamente son sometidas al ensayo de estabilidad.



Figura 4. 15 - Ensayo de estabilidad Baba de nopal 7 días.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 4. 16 - Ensayo de estabilidad Baba de nopal 30 días.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

4.7 Envejecimiento con radiación UV-A.

En la figura 4.17 se muestra un radiómetro con el cual se mide la irradiancia que generan los 3 tubos UV-A ubicados a un costado de la cámara, se determina el tiempo en que se estabilizan los tubos, hasta una irradiancia constante. El tiempo de estabilización debe ser restado del tiempo registrado al final del envejecimiento, y debe considerarse cada vez que se apagan y encienden los tubos.



Figura 4. 17 - Radiómetro para medir la irradiancia en mW/cm^2 .

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Como se observa más abajo en la figura 4.18, una vez determinado el tiempo de estabilización se colocan las probetas en la cámara de envejecimiento en posición horizontal, quedando estas a 90° con respecto a la radiación incidente y a 5 cm de los 3 tubos ubicados a un costado de la cámara de radiación ultravioleta.



Figura 4. 18 - Cámara de radiación ultravioleta.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

La humedad relativa y la temperatura ambiente son registradas cada 30 minutos con el termómetro ambiental de la figura 4.19, de manera de registrar las condiciones ambientales en las cuales se lleva a cabo el envejecimiento.

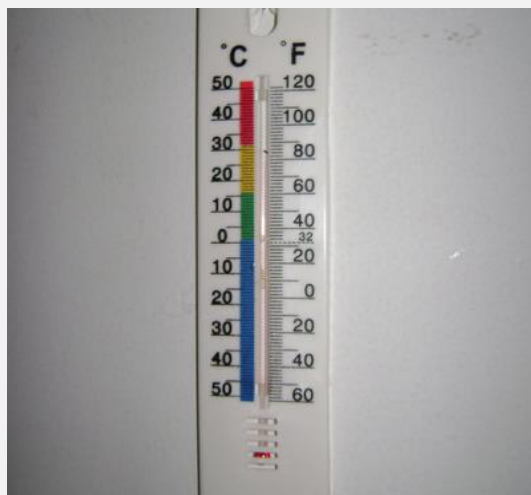


Figura 4. 19 - Termómetro ambiental.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

4.8 Determinación del espesor de película seca.

La medición para este ensayo se utiliza un micrómetro mecánico con sensibilidad de 0,01 mm.



Figura 4. 20 - Micrómetro mecánico.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

En las figuras 4.20 y 4.21 se observa cómo se ejecuta la medición, se registran como 4 mediciones de espesor por probeta, en puntos a 2,5 cm del borde de la misma. Se tiene la precaución de dejar la parte que gira del micrómetro hacia el lado sin recubrimiento de manera de no romper ni sacar parte del mismo.



Figura 4. 21 - Medición del espesor de la película seca.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

4.9 Determinación de la resistencia a la abrasión seca.

Se debe adaptar el aparato de abrasión de manera que el extremo inferior del tubo quede a 2,5 cm de la probeta como lo exige la norma, además de fijar el mismo para alinearlos.

El ensayo se realiza introduciendo cierta cantidad de arena otawa de la figura 4.23 en el aparato de abrasión de la figura 4.22, respetando la velocidad del flujo exigido por la norma, la cual debe ser de 2 litros de arena en 21 a 23,5 segundos.



Figura 4. 22 - Aparato de abrasión seca.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 4. 23 - Probetas después de ensayo de resistencia a la abrasión.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 4. 24 - Arena Ottawa.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

4.10 Determinación de la adherencia.

Para este ensayo primero se realizan 3 mediciones de espesor en cada uno de los tres puntos marcados, lugar donde se ejecuta el ensayo de adherencia.

Se fabrica una herramienta de corte según las dimensiones entregadas por la norma, la cual debe tener un filo con un ángulo de 30° y un diámetro de 30 mm.

La Figura 4.25 muestra la elaboración herramienta de corte 45° . Esta herramienta es elaborada a partir de una tuerca plana de metal. Según especificaciones del ensayo de la NCh 2220 of.92 Pinturas y barnices – Adherencia se fabrica en base a ilustración del ANEXO 7. Este instrumento solo se puede fabricar con herramientas de taller.



Figura 4. 25 - Elaboración herramienta de corte 45° .

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 4. 26 - Pulido herramienta de corte 45° .

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 4. 27 - Herramienta de corte sencilla 45°.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación

Se fija la probeta a ensayar con cinta de enmascarar, apoyando esta sobre una superficie horizontal y se realizan las guías para realizar los cortes.

El enrejado resultante que se muestra en la Figura 4,28 se compara con la tabla de clasificación de adherencia de la norma ANEXO 7, obteniendo así la adherencia del recubrimiento.

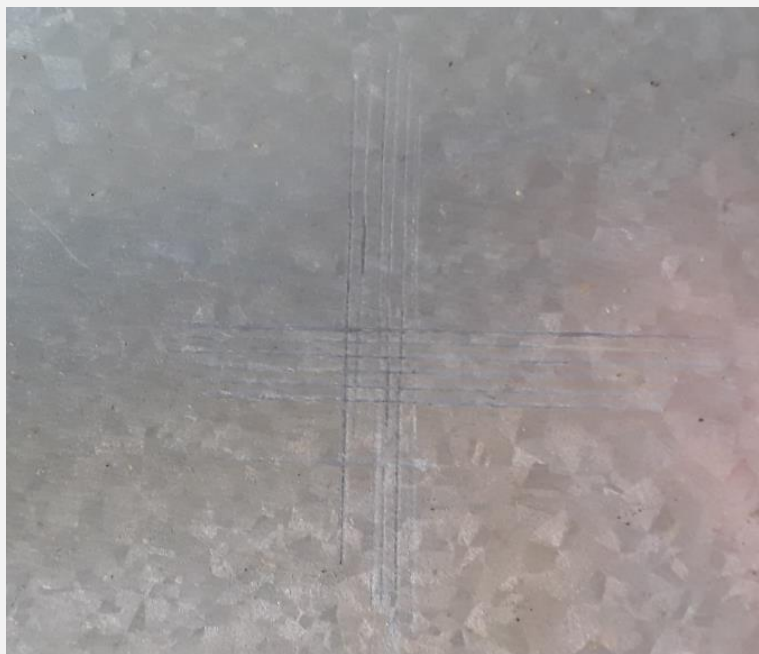


Figura 4. 28 - Enrejado resultante en ensayo de adherencia.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación

4.11 Determinación de la absorción de agua y del hinchamiento.

A diferencia de los ensayos anteriores con el fin de que el ensayo de determinación de la absorción de agua y del hinchamiento después de la inmersión en agua sea más preciso, las probetas destinadas al barniz propuesto no son pintadas solo por una cara sino que son sumergidas en su totalidad bajo el barniz propuesto Baba de nopal como se observa en la Figura 4.29. Para esto se utiliza un recipiente normal donde verter la Baba.



Figura 4. 29 - Probetas sumergidas en Baba de Nopal.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación

Una vez sumergidas se espera su secado para su posterior uso en el ensayo de absorción de agua e hinchamiento.

La norma exige agua con $\text{pH} = 6 \pm 1$, siendo esto cumplido por el agua destilada, obteniendo un $\text{pH} = 6$.

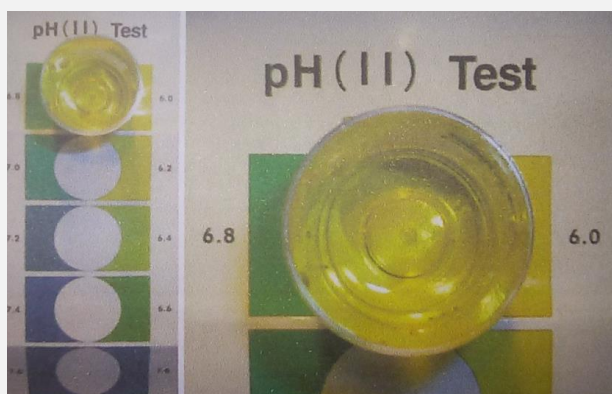


Figura 4. 30 - Medición del pH del agua destilada.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación

Como se puede ver en la Figura 4.30 esta exigencia no es cumplida por el agua potable, la cual tiene un pH= 7.6, por lo que se descarta para este ensayo.

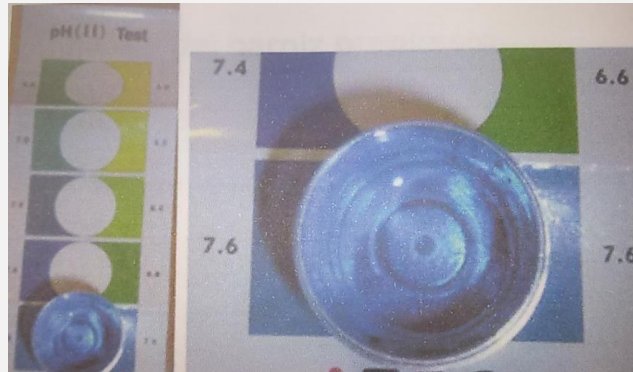


Figura 4. 31 - Medición del pH del agua destilada.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación

La figura 4.32 muestra el pHmetro modelo pH 21 Hanna existente en el laboratorio de maderas de Ingeniería en Construcción el cual se utiliza para corroborar los pH tanto del agua potable como la destilada.



Figura 4. 32 - pH metro 21 Hanna.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Posteriormente las probetas son sumergidas en un recipiente con agua destilada, cuidando de que no queden a lo menos a 15 mm separadas del fondo y de todas las paredes del recipiente, y cubiertas por 20 mm de agua.

En la Figuras 4.33 y 4.34 se observan los materiales y la forma en que van dispuestos para cumplir con la exigencias de la Norma; Para esto se utiliza una malla metálica y se crea un enrejado sencillo de alambre para evitar que las probetas toquen el piso, las paredes del recipiente o que floten y no queden totalmente cubiertas de agua



Figura 4. 33 - Materiales ensayo determinación de la absorción de agua y del hinchamiento.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación



Figura 4. 34 - Probetas sumergidas durante el ensayo de absorción.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación

5. Presentación y Análisis de Resultados

5.1 El camino hacia el barniz propuesto.

En primera instancia esta investigación fue pensada para proponer un barniz a base de Baba de Nopal mezclado con Cal. Con esta mezcla se llegó hasta los siguientes ensayos:

- Determinación de la densidad
- Determinación del tiempo de secado
- Determinación de la estabilidad

En la Figura 5.1 se muestra la mezcla de nopal con cal, la cual es posteriormente aplicada a los distintos sustratos de madera para esta investigación; Sin embargo al tratarse de un barniz se espera que no afecte la veta natural de la madera, cosa que no se lograba con la mezcla de Baba de nopal con cal.

El resultado de aplicar la mezcla de Baba de nopal con cal sobre los distintos tipos de madera fue diferente a lo esperado. Se obtuvo un color blanco con un brillo casi nulo, semejante a aplicar cola fría sobre madera, como se observa en la Figura 5.2 con el paso de aproximadamente un mes se fue tornando de color gris lo que definitivamente afecta significativamente la veta de la madera. Además se desprende al pasar el dedo una vez seco.



Figura 5. 1 - Mezcla de Baba con cal.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 5. 2 - Baba con cal en madera de pino después de un mes.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Por este motivo más bien estético se decidió cambiar el aglomerante cal por otro que fuera menos invasivo con el color y aspecto de la madera. Después de sugerencia del profesor de taller de grado y profesora guía, se decidió ocupar chuño.

El chuño es el resultado de la deshidratación (por lo general por liofilización) de la papa, u otros tubérculos de altura. Por lo tanto es un elemento natural que se acopla de manera precisa a lo que se busca con este barniz, que sea natural, incoloro y que funcione como barniz.

Se hizo una prueba superficial con una dosis de chuño de 125 gr/lit y como se muestra en la Figura 5.3 el resultado fue mejor en comparación al obtenido con la mezcla con cal. Sin embargo al secarse nuevamente la superficie de la madera quedo blanca y al deslizar el dedo sobre esta, el recubrimiento comenzó a desprenderse.



Figura 5. 3 - Mezcla de Baba de nopal con chuño sobre madera natural pino sin secar.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Luego de probar la mezcla de la Baba de Nopal con Chuño, y como se muestra en la figura 5.4 se observa una precipitación entre ambos evidente desde el comienzo (en unos 10 minutos ya era bastante), luego cuando se realizó el ensayo de estabilidad ambos componentes estaban totalmente separados. Ya que las solución no eran satisfactoria se optó por omitir cualquier aglomerante y trabajar solamente con la Baba de Nopal.



Figura 5. 4 - Mezcla de baba con chuño 48 horas después.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

5.2 Propiedades del barniz propuesto.

5.2.1 Determinación de densidad

Tabla 5. 1 - Determinación de la densidad día 1.

DIA 1						
T° AMBIENTE	18 °C					
HR	79%					
DETERMINACIONES	1	2	3	4	5	PROMEDIO
M (gr)	43,3	43,5	43,3	43,4	43,3	43,4
N (gr)	121,6	121,9	121,6	121,7	121,6	121,7
T° AGUA DESTILADA	19 °C					
ρ AGUA DESTILADA (19°)(gr/ml)	0,998433					
V (ml)	78,443					
m Recipiente vacío (gr)	46,7					
m1 (7 días)	115,1					
m1 (30 días)	118,6					
ρ Baba 7 días (gr/ml)	0,872					
ρ Baba 30 días (gr/ml)	0,917					

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 2 - Determinación de la densidad día 2.

DIA 2						
T° AMBIENTE	19 °C					
HR	81%					
DETERMINACIONES	1	2	3	4	5	PROMEDIO
M (gr)	43,4	43,5	43,2	43,4	43,3	43,4
N (gr)	121,3	121,7	121,8	121,9	121,6	121,7
T° AGUA DESTILADA	17 °C					
ρ AGUA DESTILADA (17°)(gr/ml)	0,998772					
V (ml)	78,396					
m Recipiente vacío (gr)	46,3					
m1 (7 DIAS)	112,7					
m1 (30 DIAS)	118,1					
ρ 7 días (gr/ml)	0,847					
ρ 30 días (gr/ml)	0,916					

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 3 - Determinación de la densidad día 3.

DIA 3						
T° AMBIENTE	20 °C					
HR	78%					
DETERMINACIONES	1	2	3	4	5	PROMEDIO
M (gr)	43,4	43,5	43,2	43,4	43,3	43,4
N (gr)	121,1	121,8	121,9	122,1	121,6	121,7
T° AGUA DESTILADA	19 °C					
ρ AGUA DESTILADA (19°)(gr/ml)	0,998433					
V (ml)	78,455					
m Recipiente vacío (gr)	46,5					
m1 (7 días)	115,3					
m1 (30 días)	118,8					
ρ Baba 7 días (gr/ml)	0,877					
ρ Baba 30 días (gr/ml)	0,922					

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 4 - Cuadro Resumen Ensayo densidad.

CUADRO RESUMEN			
ENSAYO	ρ 30 DIAS (gr/ml)	ρ 7 DIAS (gr/ml)	VARIACION PERMITIDA
DIA 1	0,917	0,872	≤ 0,6 %
DIA 2	0,916	0,847	
DIA 3	0,922	0,877	
PROMEDIO	0,918	0,865	
VARIACION %	0,1	0,1	

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Como muestra la Tabla 5.4. Los resultados obtenidos reflejan la relación existente entre la cantidad de días de reposo de la Baba de Nopal y la densidad de que alcanza esta, ya que a mayor exposición al aire libre (30 días) mayor es la densidad (0,918 gr/ml) y a menor cantidad de días (7 días) la densidad también es menor (0,865 gr/ml). Esto es coherente ya que al avanzar los días de exposición se desprende aún más el extracto de baba proveniente de las pencas, lo que en consecuencia aumente el peso de la Baba de nopal extraída.

5.2.2 Determinación de la Viscosidad

- DESCRIPCIÓN DEL VISCOSÍMETRO

El funcionamiento del Viscosímetro Brookfield se basa en el principio de la viscosimetría rotacional; mide la viscosidad captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante un Spin o Aguja inmerso en la muestra de fluido a estudiar.

El par de torsión es proporcional a la resistencia viscosa sobre el eje sumergido, y en consecuencia, a la viscosidad del fluido.

Los viscosímetros Brookfield son de fácil instalación y gran versatilidad y para su manejo no se necesitan grandes conocimientos operativos.

Una vez aplicados una serie de procedimientos el Viscosímetro BROOKFIELD LVDV-II+ arroja el resultado de la viscosidad de ambas propuestas los cuales se muestran en la tabla 5.5.

Tabla 5. 5 - Cuadro resumen ensayo de viscosidad.

FLUIDO	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS
Temperatura (C°)	25	25
Spin	ULA	ULA
Velocidad Angular (RPM)	100	30
% Torque	39,8	73,9
VISCOSIDAD	2,39	14,8

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

La tabla 5.5 muestra los resultados obtenidos los cuales reflejan la relación existente entre los días de reposo de la baba y la viscosidad, ya que a mayor cantidad de días de reposo (30 días) tiene una viscosidad de 14,8 cps, mayor a los 2,39 cps correspondientes a la Baba de nopal con menos días de reposo (7 días). Es decir que mientras mayor sea el tiempo de reposo de la Baba de nopal al aire libre, mayor será su viscosidad.

5.2.3 Determinación del tiempo de secado

Tabla 5. 6 - Medición seco al tacto.

SECO AL TACTO						
SUSTRATO	TIEMPO (min:seg)	MUESTRA	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	T° (C°)	HR (%)
METAL	6:02	1	X	X	15	72
	6:23	2	X	X		
	6:44	3	X	X		
MADERA	7:05	1	X	X		
	7:26	2	X	X		
	7:47	3	X	X		
METAL	8:02	1	X	X	16	71
	8:22	2	X	X		
	8:42	3	X	X		
MADERA	9:02	1	✓	X		
	9:22	2	✓	X		
	9:42	3	✓	X		
METAL	10:05	1	X	X	15	71
	10:25	2	X	X		
	10:45	3	X	X		
MADERA	11:05	1	-	✓		
	11:25	2	-	✓		
	11:45	3	-	✓		
METAL	12:05	1	✓	X	17	69
	12:25	2	✓	X		
	12:45	3	✓	X		
MADERA	13:05	1	-	-		
	13:25	2	-	-		
	13:45	3	-	-		
METAL	14:05	1	-	✓	18	72
	14:25	2	-	✓		
	14:45	3	-	✓		
MADERA	15:05	1	-	-		
	15:25	2	-	-		
	15:45	3	-	-		

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 7 - Medición seco duro.

SECO DURO						
SUSTRATO	TIEMPO (min:seg)	MUESTRA	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	T° (C°)	HR (%)
METAL	18:02	1	✓	X	21	60
	18:22	2	✓	X		
	18:42	3	✓	X		
MADERA	19:02	1	✓	X		
	19:22	2	✓	X		
	19:42	3	✓	X		
METAL	20:02	1	-	✓	19	65
	20:22	2	-	✓		
	20:42	3	-	✓		
MADERA	21:02	1	-	✓		
	21:22	2	-	✓		
	21:42	3	-	✓		

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 8 - Medición seco total.

SECO TOTAL						
SUSTRATO	TIEMPO (min:seg)	MUESTRA	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	T° (C°)	HR (%)
METAL	20:02	1	X	X	20	63
	20:22	2	X	X		
	20:42	3	X	X		
MADERA	21:02	1	✓	X		
	21:22	2	✓	X		
	21:42	3	✓	X		
METAL	22:05	1	✓	✓	21	60
	22:26	2	✓	✓		
	22:47	3	✓	✓		
MADERA	23:08	1	-	✓		
	23:29	2	-	✓		
	23:50	3	-	✓		

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación en las tablas 5.9 y 5.10 se muestran los tiempos de secado de ambas propuestas de barniz, cuyos resultados se exponen en los gráficos de líneas de las figuras 5.5 y 5.6.

Tabla 5. 9 - Resultados tiempo de secado Baba 7 días.

TIEMPO (min)		
BABA 7 DIAS	METAL	MADERA
SECO AL TACTO	12	9
SECO DURO	18	19
SECO TOTAL	22	21

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

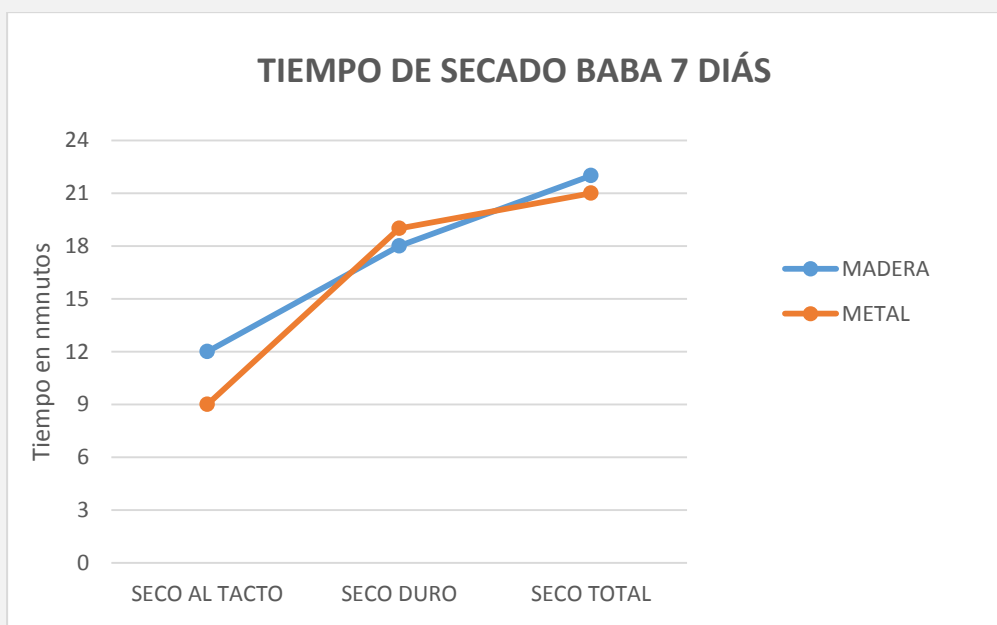


Figura 5. 5 - Resultados tiempo de secado Baba 30 días.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 10 - Resultados tiempo de secado Baba 30 días.

TIEMPO (min)		
BABA 30 DIAS	METAL	MADERA
SECO AL TACTO	14	11
SECO DURO	20	21
SECO TOTAL	23	25

Fuente: Archivo personal derivado de esta investigación.

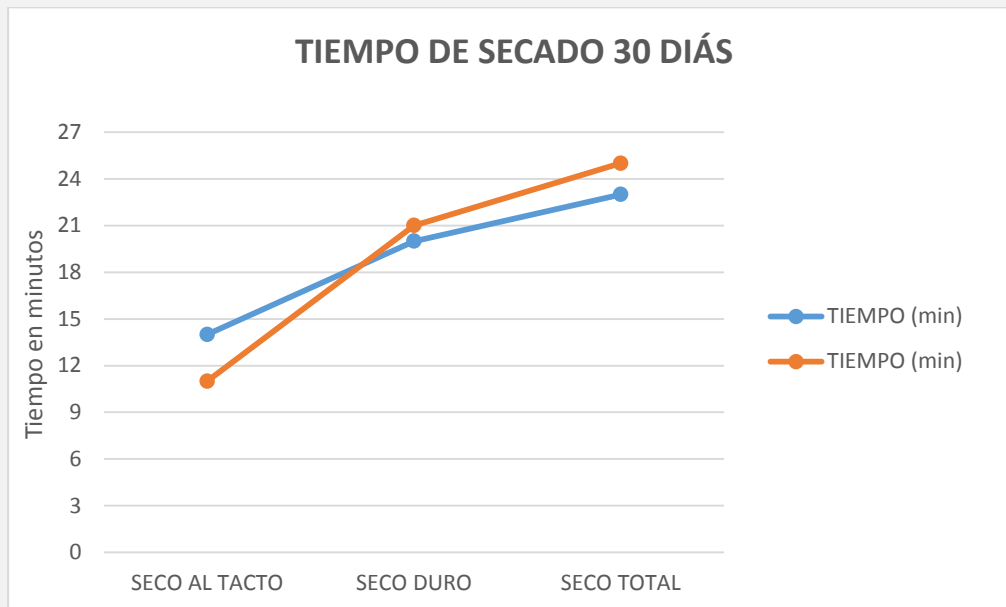


Figura 5. 6 - Tiempo de secado Baba 30 días.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 11 - Espesor de recubrimiento en ensayo de secado Baba 7 días.

SUSTRATO	MUESTRA	ESPESOR BABA 7 DIAS (μm)			
		PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PROMEDIO
METAL	1	9	10	9	9,3
	2	11	10	11	10,6
	3	11	13	11	11,6
				PROMEDIO	10,5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 12 - Espesor de recubrimiento en ensayo tiempo de secado Baba 30 días.

SUSTRATO	MUESTRA	ESPESOR BABA 30 DIAS (μm)			
		PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PROMEDIO
METAL	1	19	20	19	19,3
	2	21	20	21	20,6
	3	20	20	21	20,3
				PROMEDIO	20,0

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

El barniz marino tiene un secado al tacto de 4 a 6 horas, y un secado total de 24 horas, lo que es distinto a ambas propuestas de barniz Baba de nopal.

En la tabla 5.10 tenemos por un lado la Baba de nopal de 30 días la cual tiene un tiempo de secado al tacto de 14 minutos en metal y 11 minutos en la madera. Esto es superior a las 5 horas en promedio en que seca al tacto el barniz marino.

Por otra parte tenemos al barniz propuesto reposado 7 días el cual demora 12 minutos su secado al tacto en metal y 9 minutos en madera, como se puede observar en la Tabla 5.11; Esto es aún mejor tiempo de secado que la baba de 30 días, esto se debe al menor espesor de la 1° mano de la misma, de 10,5 μm , en comparación al espesor de la baba reposada 30 días, de 20,0 μm , tal como se indica en la tabla 5.11 y 5.12 respectivamente.

El repintado en el barniz marino de la 2° mano los fabricantes recomiendan a las 12 horas, en el caso de la Baba de nopal de 30 días se recomienda pintar la segunda mano luego de 25 minutos y para la baba de 7 días se sugieren 23 minutos, estos tiempos son los correspondientes al secado total de los barnices propuestos.

5.2.4 Determinación de rendimiento

Tabla 5. 13 - Rendimiento por sustrato Baba de nopal 7 días.

BABA DE NOPAL	SUSTRATO		
	CONTRACHAPADO	OSB	MADERA NATURAL PINO
TOTAL AREA (m2)	0,280	0,416	0,382
VOLUMEN (lt)	0,05	0,05	0,05
RENDIMIENTO (m2/lt)	5,60	8,32	7,64
RENDIMIENTO (m2/gal)	21,19	31,49	28,92

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

La tabla 5.13 indica el rendimiento de la Baba de nopal de 30 días y el área total que logró cubrir. A continuación en la figura 5.6 se muestra un gráfico de barra que representa los rendimientos de la Baba de nopal de 7 días en los distintos sustratos en que se evaluaron los barnices.

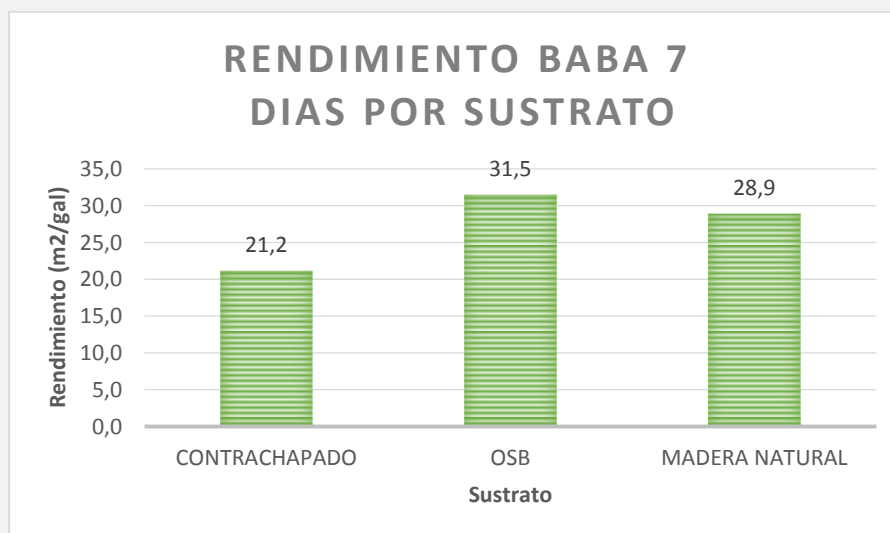


Figura 5. 7 - Rendimiento Baba de Nopal 7 días por cada sustrato.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Más abajo la figura 5.8 representa el rendimiento de la baba de 7 días si promediamos los resultados en los 3 sustratos, esto en comparación al rendimiento del barniz marino.

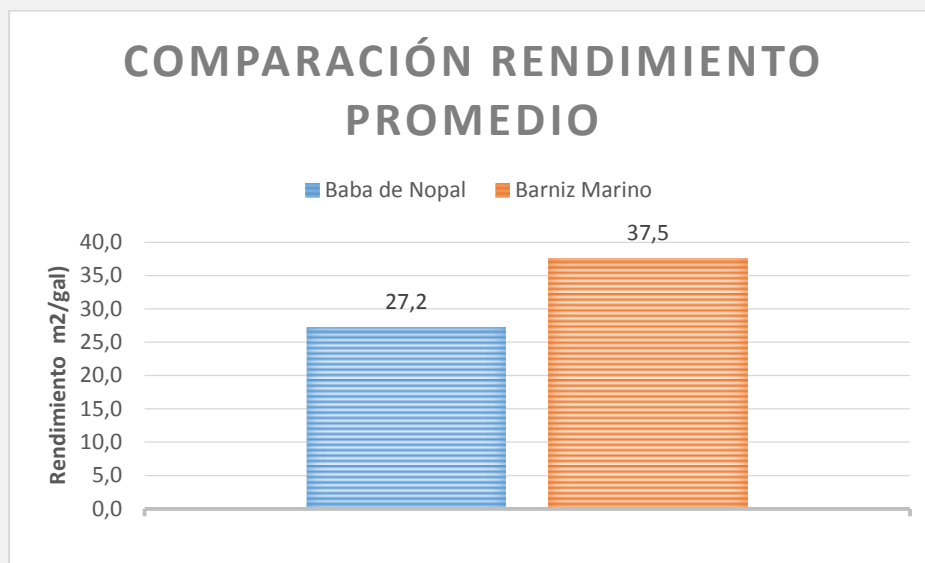


Figura 5. 8 - Comparación Rendimiento promedio entre Baba 7 días con Barniz Marino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 14 - Rendimiento por sustrato Baba de Nopal 30 días.

BABA DE NOPAL	SUSTRATO		
	CONTRACHAPADO	OSB	MADERA NATURAL PINO
TOTAL AREA (m2)	0,231	0,324	0,362
VOLUMEN (lt)	0,05	0,05	0,05
RENDIMIENTO (m2/lt)	4,62	6,48	7,24
RENDIMIENTO (m2/gal)	17,49	24,52	28,27

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación en la figura 5.9 se muestra un gráfico de barra que representa los rendimientos de la baba de nopal de 30 días en los distintos sustratos en que se evaluaron los barnices.

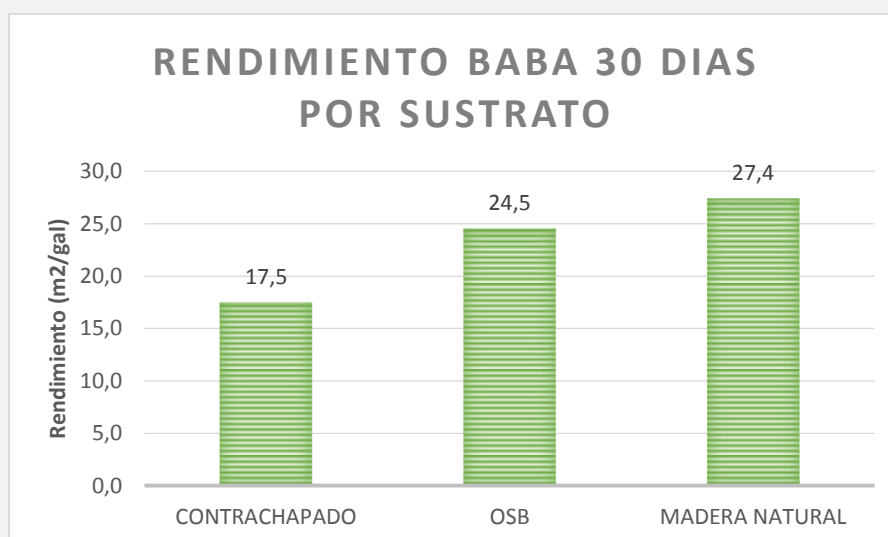


Figura 5. 9 - Rendimiento Baba de Nopal 30 días por cada sustrato.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Más abajo la figura 5,10 representa el rendimiento de la baba de 7 días si promediamos los resultados en los 3 sustratos, esto en comparación al rendimiento del barniz marino.

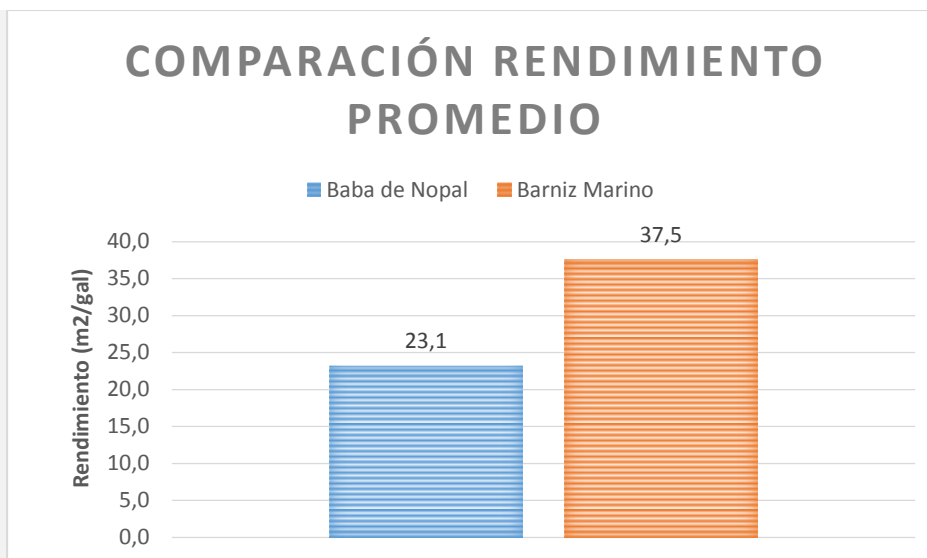


Figura 5. 10 - Comparación Rendimiento promedio entre Baba 30 días con Barniz Marino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

En la Figura 5.10 se observa el barniz propuesto con 7 días reposo tiene un rendimiento promedio de los 3 sustratos de 23,1 (m²/gal), valor menor en comparación al rendimiento del barniz marino, el cual está entre 35 a 40 m²/gal, según la porosidad del sustrato.

Desde el punto de vista del tipo de material de sustrato el contrachapado presenta el menor rendimiento, tal como se indica en la tabla 5.13, esto se debe a la superficie más porosa en comparación al OSB y a la madera natural. Por lo tanto las uniones entre las fibras del OSB afecta el rendimiento.

En la tabla 5.12 se observa que la baba con 30 días de descanso tiene un rendimiento menor que la otra baba de 7 días, el barniz propuesto de 30 días alcanza un rendimiento de 23,1 (m²/gal).

Respecto al sustrato, en la Tabla 5.14 se puede ver que la baba de 30 días también tiene el menor rendimiento en el contrachapado, esto se debe a las mismas razones anteriores de superficie más porosa 7 que las uniones entre las fibras del OSB afecta el rendimiento.

5.2.5 Determinación de estabilidad

Pasadas 48 horas de exposición en un recinto cerrado con humedad relativa de $80\% \pm 2\%$ y una temperatura ambiente de $18^{\circ}\text{C} \pm 2\%$, el barniz propuesto en envases abiertos y parcialmente llenos; en ambos no observa la formación de pieles, pero en la baba de 7 días si se observa el inicio de pieles tal como se observa en la figura 4.15 del capítulo 4, además esta versión de baba no presenta ninguna separación física entre sólidos y líquidos.

Por otra parte en la Baba de 30 días si se observa decantación y separación entre líquidos de sólidos tal como se muestra en la Figura 4.16 del capítulo 4, sin embargo al revolver se vuelve nuevamente homogénea casi al instante.

No hubo ninguna separación física entre los componentes en el momento que se realizó la extracción de Baba de Nopal, ni durante la aplicación de la misma en la superficie, por lo que se considera una disolución estable.

5.3 Propiedades del barniz envejecido.

5.3.1 Determinación de espesor de película seca.

Tabla 5. 15 - Cuadro resumen espesor de película seca antes del envejecimiento.

CUADRO RESUMEN	ESPESOR DE PELICULA SECA ANTES DEL ENVEJECIMIENTO (μm)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
TIEMPO EN MESES			
0	44	48	49
6	34	53	59
12	52	54	62
18	25	48	53
PROMEDIO	39	51	56
DESVIACION ESTANDAR	11,9	3,3	5,9

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación la figura 5,11 corresponde a un gráfico de barras que representa los valores resultados de la tabla 5.15 del espesor de la película seca antes del envejecimiento de cada uno de los recubrimientos utilizados en la presente investigación.

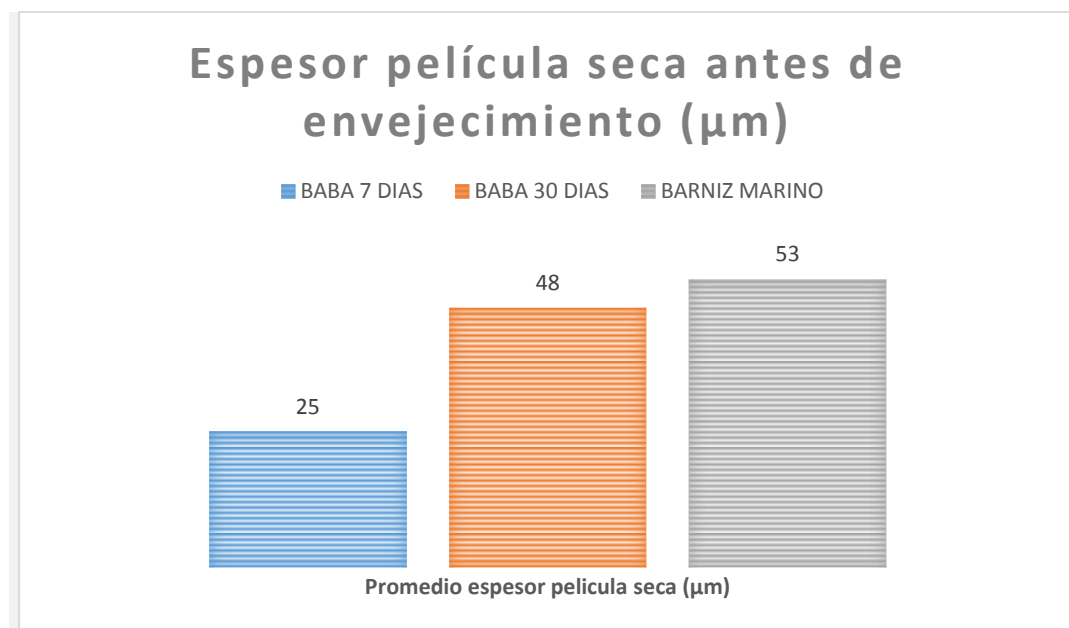


Figura 5. 11 - Espesor de película seca antes del envejecimiento.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación la tabla 5.16 muestra el porcentaje de variación del espesor de película después del envejecimiento. Para el cálculo del porcentaje de variación del espesor, se resta el espesor después de envejecer (e2) menos el espesor sin envejecer (e1), luego dicha diferencia se divide por el espesor sin envejecer y todo se multiplica por 100. El detalle de los espesores se encuentra en el ANEXO 1.

Tabla 5. 16 - Variación espesor de película seca después del envejecimiento.

CUADRO RESUMEN	VARIACION DEL ESPESOR DE PELICULA SECA (%)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
TIEMPO EN MESES			
0	0,0	0,0	0,0
6	5,9	5,0	5,8
12	3,2	3,7	4,2
18	7,8	5,7	4,6
PROMEDIO	4,2	3,6	3,6

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

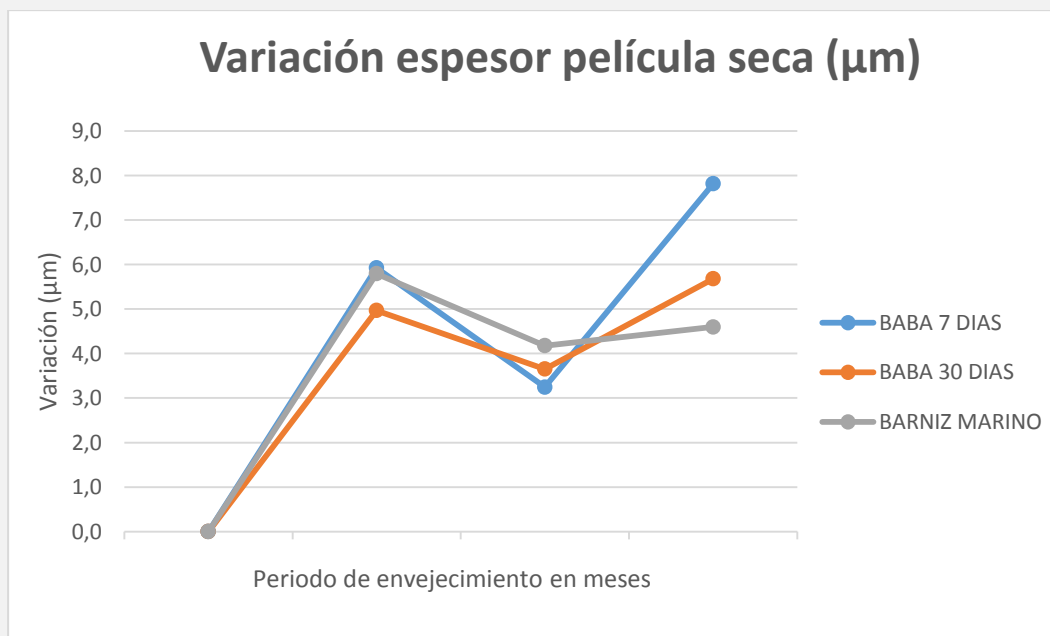


Figura 5. 12 - Variación del espesor de película seca después del envejecimiento.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Si se consideran los promedios obtenidos por cada recubrimiento durante todo el envejecimiento (equivalente a 1 año y medio) se puede concluir a partir de la Tabla 5.16 que el promedio de variación del espesor de película seca del barniz propuesto Baba de nopal 7 días fue de 4,2 %, mayor en comparación al barniz marino con un 3,3%. Además se observa que la Baba de Nopal de 30 días tiene una variación de espesor de 3,6% de promedio durante el envejecimiento, esto es menor que la baba 7 días e igual al barniz a marino, esto

quiere decir que la Baba de nopal de 30 días tiene menor cambio de su espesor que la baba de 7 días, esto a lo largo de todos los periodos de tiempo para el envejecimiento.

Con respecto a ambas propuestas de barniz evaluadas y prestando atención a la Tabla 5.15 se puede llegar a la conclusión que el espesor del barniz propuesto en ambas versiones depende del espesor del recubrimiento seco de la misma, ya que a mayor espesor ($51 \pm 3,3$ micras) menor variación (3,6%) y a menor espesor ($39,0 \pm 11,9$ micras) mayor es la variación (4,2%).

5.3.2 Determinación de adherencia.

Tabla 5. 17 - Cuadro resumen ensayo de adherencia.

MESES	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
0	1	1	0
6	1	2	0
12	1	1	1
18	1	2	2

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación se presenta la figura 5.13 la cual muestra gráficamente los resultados obtenidos, cabe señalar que la norma exige calificación 2 como mínimo para cumplir con esta.

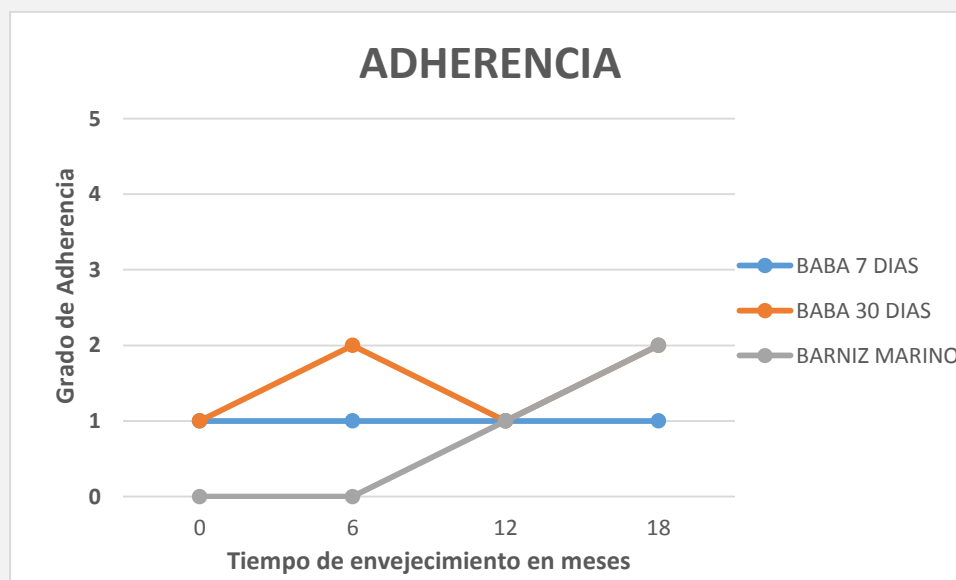


Figura 5. 13 - Ensayo de adherencia.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

La Tabla 5.17 muestra que el barniz propuesto Baba de Nopal de 7 días presenta una adherencia suficiente, obteniendo clasificación 1 durante todos los envejecimientos, por lo tanto es aceptable por la norma ya que exige una clasificación 2, de igual forma el barniz propuesto Baba de Nopal 30 días también califica para la norma ya que alcanza la clasificación 1 en los 0 y 12 meses de envejecimiento y clasificación 2 en los 6 y 18 meses de envejecimientos.

El barniz marino presenta buen comportamiento durante el envejecimiento, obteniendo clasificación 0 hasta el 6° mes, clasificación 1 en el 12° mes y clasificación 2 en el 18° mes de envejecimiento.

Si bien el envejecimiento no presenta efecto significativo en el barniz propuesto, no existiendo variación del grado de adherencia a lo largo del envejecimiento para estos recubrimientos, este si presenta un efecto en el barniz marino, demostrando que la radiación ultravioleta influye en la perdida de adherencia de la muestra patrón desde 6° al 18° mes.

5.3.3 Determinación de absorción de agua e hinchamiento

Tabla 5. 18 - Absorción del Contrachapado.

CONTRACHAPADO	ABSORCIÓN (%)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
TIEMPO EN MESES			
0	13,2	6,3	5,7
6	26,9	19,2	11,0
12	33,4	25,3	16,6
18	34,7	26,5	17,8
PROMEDIO	27,1	19,3	12,8

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación se presentan las figuras 5.14, 5.15 y 5.16 las cuales muestran gráficamente los resultados en cuanto a porcentaje de absorción obtenidos por los distintos recubrimientos en los distintos sustratos de madera estudiados en la presente investigación.

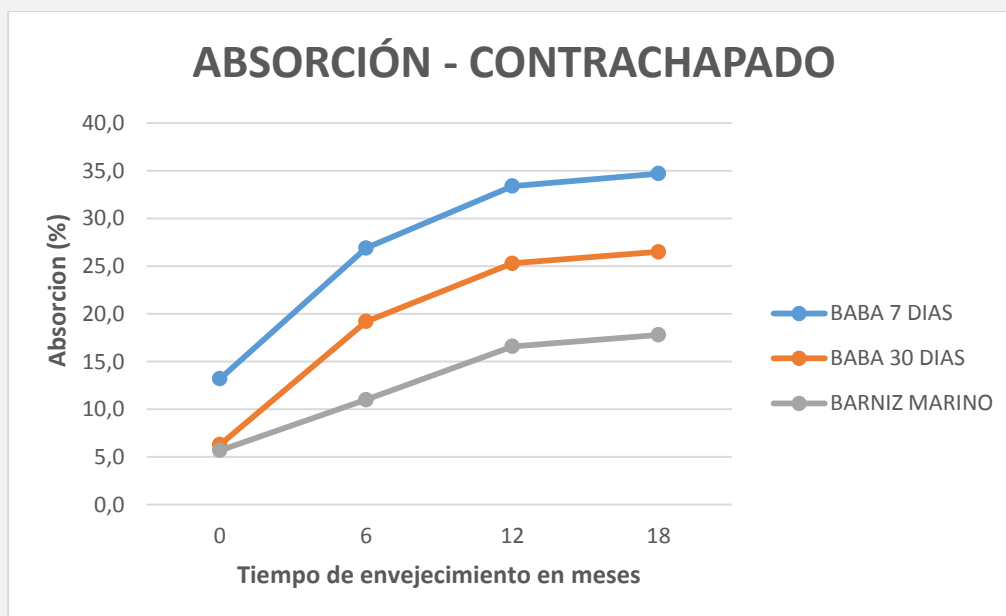


Figura 5. 14 - Absorción del contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 19 - Absorción del OSB.

OSB	ABSORCIÓN (%)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
TIEMPO EN MESES			
0	5,3	4,0	2,1
6	7,6	6,3	3,3
12	8,5	7,5	4,7
18	11,5	10,4	7,9
PROMEDIO	8,2	7,1	4,5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

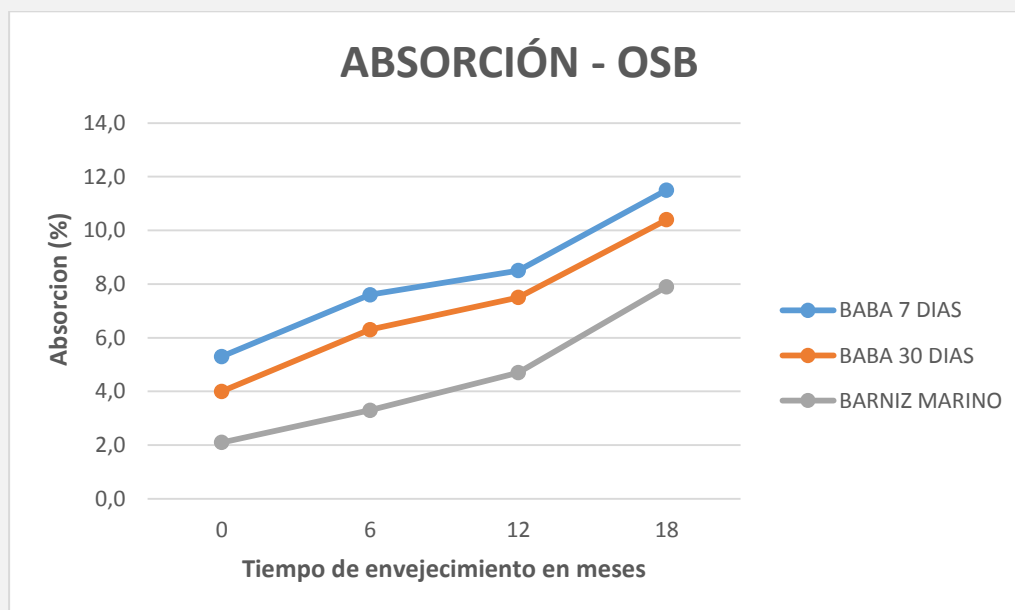


Figura 5. 15 - Absorción del OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 20 - Absorción de la madera natural de pino.

MADERA NATURAL PINO	ABSORCIÓN (%)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
0	12,9	8,0	7,7
6	14,8	9,8	10,3
12	16,8	11,0	5,5
18	19,9	14,2	9,2
PROMEDIO	16,1	10,8	8,2

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

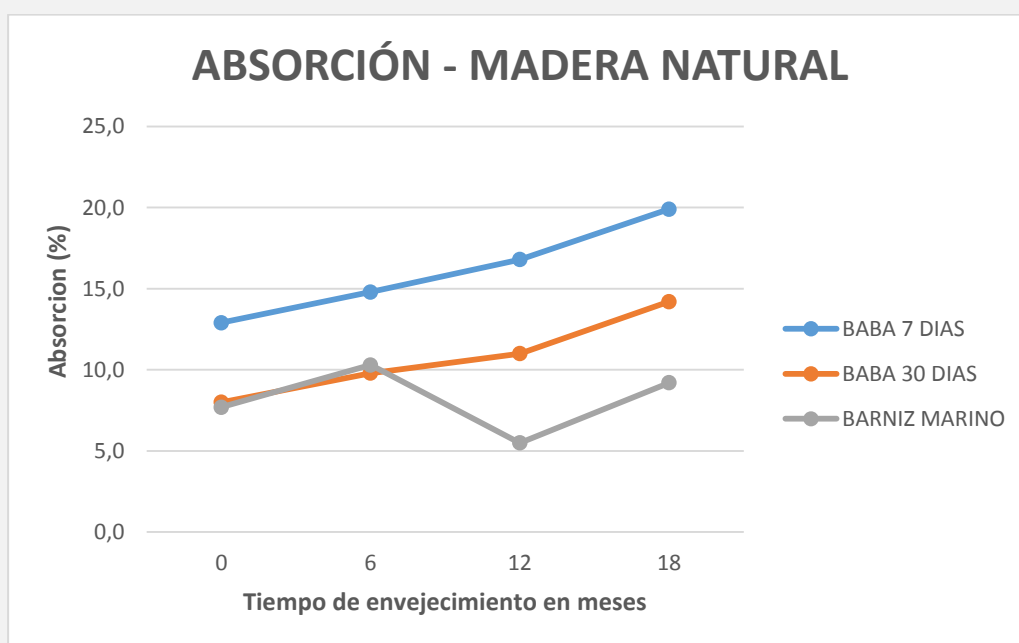


Figura 5. 16 - Absorción de la madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 21 - Hinchamiento del contrachapado.

CONTRACHAPADO	HINCHAMIENTO (%)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
TIEMPO EN MESES			
0	4,6	2,8	2,1
6	4,9	3,1	2,4
12	5,6	3,4	3,2
18	4,7	3,6	4,4
PROMEDIO	5,0	3,2	3,0

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación se presenta la figura 5.17, 5.18 y 5.19 las cuales muestran gráficamente los resultados en cuanto a porcentaje de hinchamiento obtenidos por los distintos recubrimientos en los distintos sustratos de madera estudiados en la presente investigación.

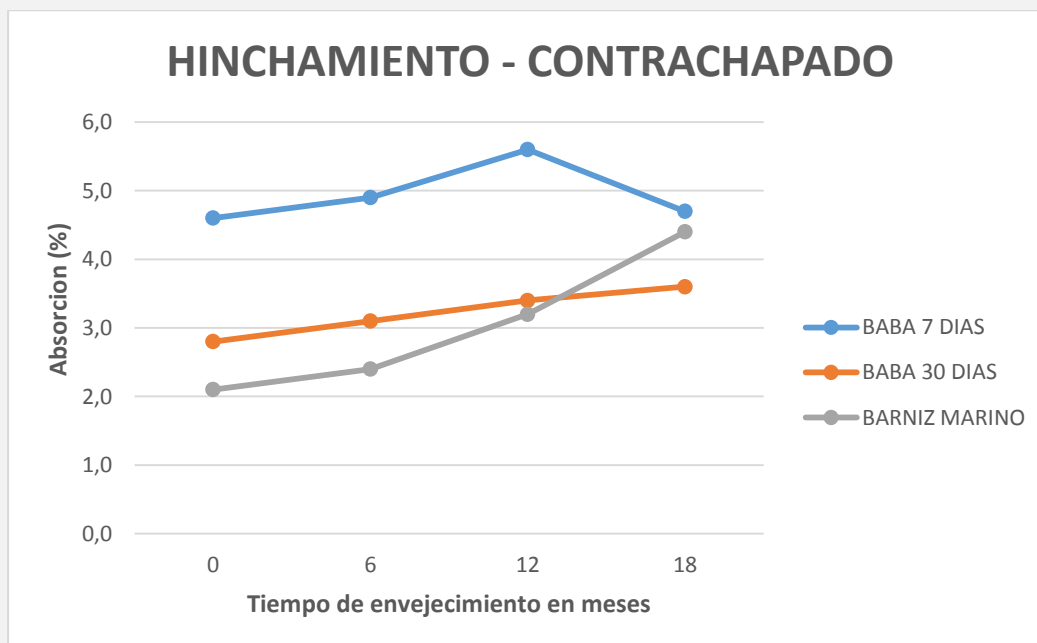


Figura 5. 17 - Hinchamiento del contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 22 - Hinchamiento del OSB.

OSB	HINCHAMIENTO (%)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
0	5,7	2,8	1,9
6	5,9	4,7	4,2
12	7,1	5,1	4,7
18	7,6	5,8	5,4
PROMEDIO	6,6	4,6	4,1

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

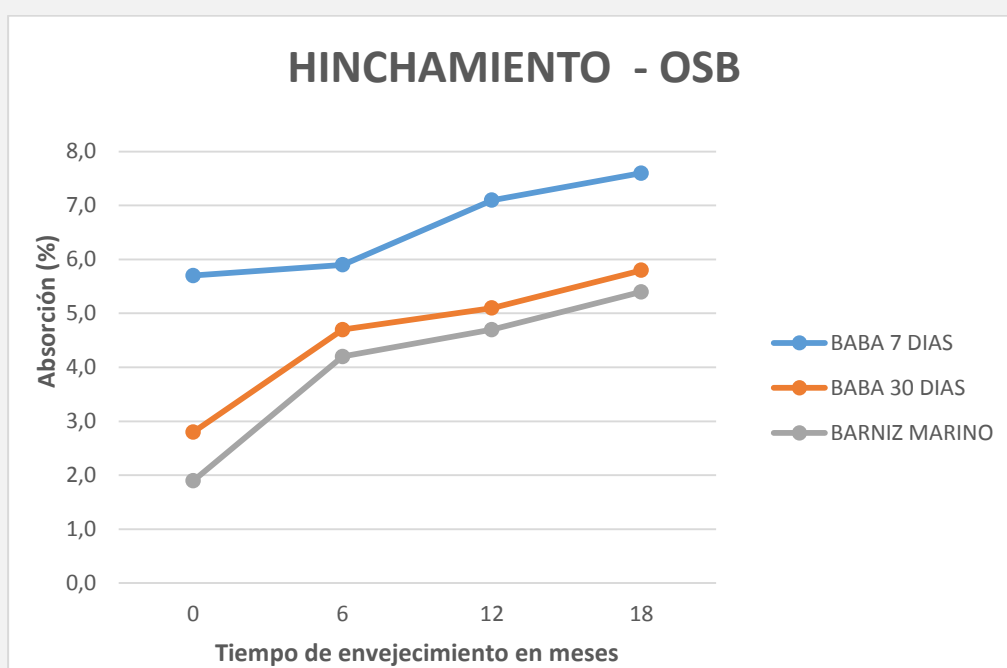


Figura 5. 18 - Hinchamiento del OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Tabla 5. 23 - Hinchamiento de la madera natural de pino.

MADERA NATURAL DE PINO	HINCHAMIENTO (%)		
	BABA 7 DIAS	BABA 30 DIAS	BARNIZ MARINO
0	3,0	1,8	1,6
6	3,7	2,1	2,1
12	3,5	1,9	1,3
18	3,9	3,3	2,9
PROMEDIO	3,5	2,3	2,0

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

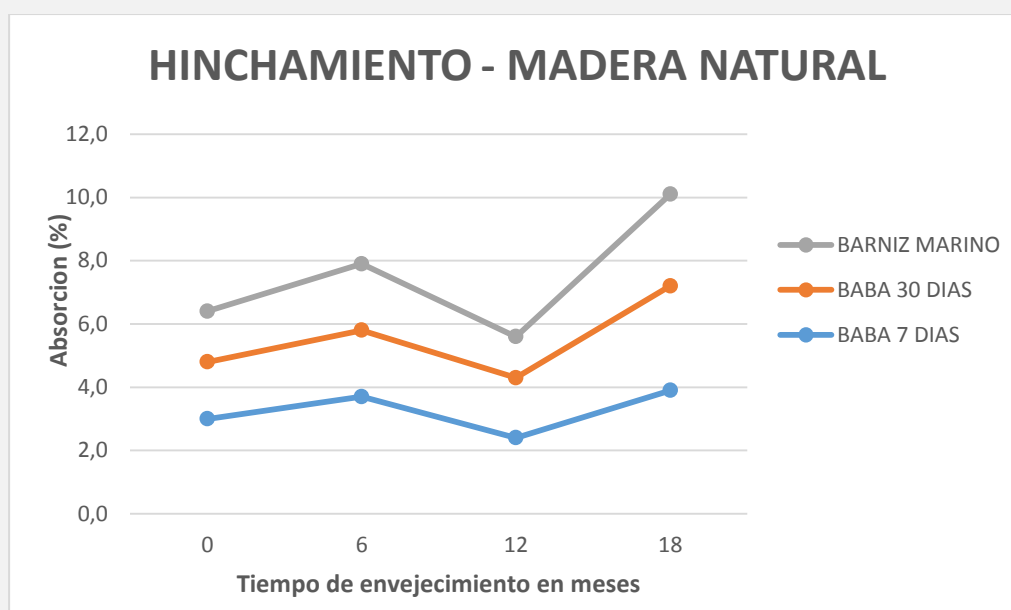


Figura 5. 19 - Hinchamiento de la madera natural de pino.
Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Según la Tabla 5.18 en el contrachapado desde el punto de vista del porcentaje de absorción de agua y comparando ambas propuestas de barniz se observa que la Baba de nopal con 30 días de reposo tuvo un promedio de absorción de 19,3%, durante todo el envejecimiento (1 año y medio), esto es un valor inferior al barniz propuesto en su versión de 7 días de reposo el cual alcanza un promedio de absorción de 27,1 %. Por lo tanto se puede concluir que mientras más días tenga de reposo la Baba de nopal al aire libre, menor es el porcentaje de absorción de agua en el contrachapado durante un tiempo determinado de envejecimiento UV.

Sin embargo los resultados de ambas versiones de barniz propuesto de Baba de nopal son menores en comparación al barniz marino patrón, el cual alcanzó un 12,8% de absorción promedio, durante el año y medio de envejecimiento para el contrachapado tal como indica la Tabla 5.18 (12,8% Barniz marino \leq 19,3 % Baba 30 días \leq 27,1% Baba 7 días)

Lo mismo sucede para la absorción de agua en el OSB, acá en la Tabla 5.19 se observa el mismo comportamiento que en el contrachapado. La Baba de nopal de 30 días obtuvo un promedio de absorción de 7,1%, durante todo el envejecimiento (1 año y medio), menor al promedio conseguido por el barniz propuesto en su versión de 7 días de reposo, el cual alcanza un promedio de absorción de 8,2 %. De esta forma se puede concluir con respecto al barniz propuesto para el OSB que mientras mayor sea la cantidad de días de reposo al aire libre, menor es el porcentaje de absorción de agua durante un tiempo determinado de envejecimiento UV.

De igual manera que en el contrachapado, en el OSB ambas propuestas de Baba de nopal no alcanzan los resultados obtenidos por el barniz marino patrón (4,5% Barniz marino \leq 7,1 % Baba 30 días \leq 8,2% Baba 7 días) tal como indica la Tabla 5.19. Sin embargo se observa una mejora con respecto al contrachapado ya que la absorción obtenida por la Baba de nopal de 7 días es menor a la del contrachapado (8,2 % OSB \leq 27,1% Contrachapado), mismo caso para la propuesta reposada 30 días (7,1 % OSB \leq 19,3 % Contrachapado).

El comportamiento de absorción de agua en la madera natural de pino es semejante a los dos sustratos analizados anteriormente. Según la Tabla 5.20 la Baba de nopal de 30 días muestra comportarse de mejor manera que el barniz de 7 días de reposo (10,8 % Baba 30 días \leq 16,1 % Baba 7 días). Si comparamos lo resultados obtenidos con los otros 2 sustratos ya analizados ubicaríamos el comportamiento de ambas versiones del barniz propuesto en un lugar intermedio, ya que los porcentajes de absorción son mayores que el OSB pero menores que el contrachapado, esto durante todo el tiempo de envejecimiento UV.

Comparando los resultados de la Baba de nopal con el barniz marino para la madera natural de pino, nos encontramos con el mismo caso de los 2 sustratos anteriores, el que consigue menor promedio de absorción es el barniz marino, lo sigue la baba reposada 30 días y luego el barniz propuesto de 7 días de descanso tal como indica la Tabla 5.20 (8,2% Barniz marino \leq 10,8 % Baba 30 días \leq 16,1% Baba 7 días).

De estos resultados se desprende que el porcentaje de absorción de agua para la Baba de nopal tiene directa relación con su tiempo de descanso al aire libre, esto aplica para todos los sustratos de maderas estudiados, ya que a más días de reposo, menor fue la absorción de agua. Además se agrega que la Baba de nopal en sus dos versiones, no alcanzó la absorción obtenida por el barniz marino patrón, esto aplica para todos los sustratos de madera analizados.

En el hinchamiento los resultados en general son semejantes, el barniz marino patrón es el que alcanza el menor porcentaje de hinchamiento de agua durante todo el tiempo de envejecimiento, esto ocurre para todos los sustratos de madera estudiados. Sin embargo si prestamos atención a la Tabla 5.21 la Baba de nopal con 30 días de reposo y al barniz marino estos alcanzan en el contrachapado un 3,0% y un 3,2% respectivamente, la diferencia de hinchamiento entre ambos es de 0,2%; lejos queda el 5,0% de hinchamiento para el contrachapado con baba reposada 7 días.

Según la Tabla 5.22 para el OSB se repite el caso anterior, la Baba de nopal de 7 días tiene el mayor porcentaje de hinchamiento con un 6,6%. Por otra parte la Baba de nopal de 30 días alcanza un promedio de 4,6% de hinchamiento durante todo el tiempo de envejecimiento, esto es mayor que el 4,1% que obtuvo el barniz marino patrón.

Lo mismo ocurre con el comportamiento del porcentaje de hinchamiento en la madera natural de pino, tal como se observa en la Tabla 5. 23, la Baba de nopal con 7 días de descanso tiene un hinchamiento superior a la baba reposada 30 días y al barniz marino patrón (2,0% Barniz marino \leq 2,3% Baba 30 días \leq 3,3% Baba 7 días). Nuevamente se observa una pequeña diferencia entre el hinchamiento alcanzado por el barniz marino patrón y la Baba de nopal reposada 30 días, esta diferencia corresponde a un 0,3%.

Sí al anterior 0,3%, correspondiente a la madera natural de pino, se le suma el 0,2% de diferencia entre la baba de 30 días y el barniz marino en el contrachapado y el 0,5% del OSB, podemos concluir, que si bien es cierto, ninguna de las dos versiones del barniz propuesto alcanzó el resultado obtenido por el barniz marino en el hinchamiento, la Baba de nopal reposada 30 días puede ser una alternativa para evitar el hinchamiento en tableros ante humedad o agua, No hay duda alguna que el porcentaje de hinchamiento alcanzado por la baba de nopal de 30 días en los tres sustratos de madera analizados, es mayor al del barniz marino patrón, sin embargo la baba de nopal se muestra como una opción, alternativa o complemento al uso del barniz marino; una alternativa más ecológica para la impermeabilización de madera natural o tableros de contrachapado, u OSB.

5.3.4 Determinación de resistencia a la abrasión seca.

Tabla 5. 24 - Cuadro resumen ensayo de Resistencia a la abrasión seca.

METAL	RESISTENCIA A LA ABRASION (lt/ μm)			
	TIEMPO EN MESES	BABA 7 DÍAS	BABA 30 DÍAS	BARNIZ MARINO
0		0,17	0,60	0,45
6		0,14	0,35	0,37
12		0,21	0,37	0,52
18		0,32	0,55	0,51
PROMEDIO		0,21	0,47	0,46

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

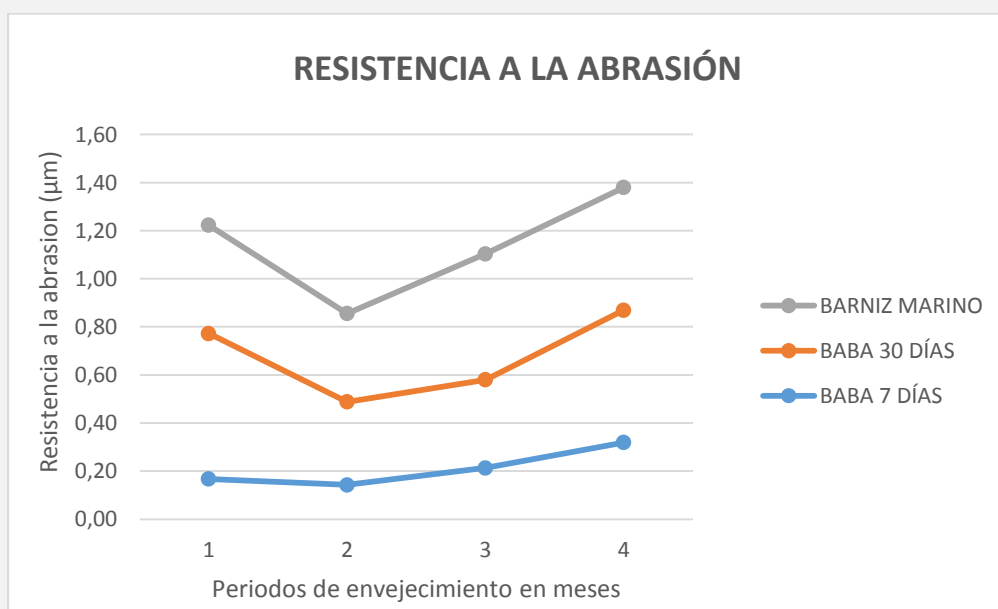


Figura 5. 20 - Ensayo de Resistencia a la abrasión.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Como se puede observar en la Tabla 5.24, la propuesta de barniz con baba 7 días obtuvo una resistencia promedio de 0,21 lt/ μm , menor al barniz marino, con un promedio de 0,46 lt/ μm , durante todo el envejecimiento, la propuesta de baba 30 días alcanzó un promedio de 0,47 lt/ μm , esto es superior a la resistencia del 0,46 lt/ μm , durante todo el envejecimiento, lo que indica que el espesor de la película influye en la resistencia a la abrasión ya que a mayor espesor del barniz propuesto influye en la resistencia, quedando demostrado conjuntamente con los resultados mostrados en la Tabla 5.15, que un espesor de $51 \pm 3,3$ micras es capaz de resistir adecuadamente la degradación producida por la radiación ultravioleta durante un año y medio de envejecimiento, esto en comparación a lo que ocurre con un espesor de $39 \pm 11,9$ micras.

A su vez, el espesor final obtenido al secarse depende de la cantidad de días de descanso de la Baba de nopal depende, correspondiendo un descanso de 30 días para lograr un espesor de $51 \pm 3,3$ micras y un descanso de 7 días para obtener $39,0 \pm 11,9$ micras.

5.3 Análisis de resultados.

En el presente capítulo se muestra y evalúa el comportamiento de los recubrimientos en estudio frente a los distintos ensayos, asignando rangos que califican cada uno de los resultados siendo numerados de 1 a 6, según el Anexo 2,

El rango número 1 es la peor calificación y el número 6 la mejor, esto para los resultados de Absorción, hinchamiento, adherencia y resistencia a la abrasión seca, mientras que en la variación del espesor de la película seca 1 es la mejor calificación y 6 la peor, dichos rangos se observan en la parte interior de los gráficos utilizados.

Para representar de una forma clara el resultado obtenido por el barniz marino y ambas babas para los distintos tiempos de envejecimiento, se utilizan Gráficos Pentagonales o también llamados Gráficos Radiales, donde cada vértice corresponde a uno de los resultados más importantes y significativos para la presente investigación.

5.3.1 Análisis para 0 meses

Tabla 5. 25 - Análisis para 0 meses del barniz marino.

BARNIZ MARINO		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	6
	HINCH.	6
	VAR. ESP.	1
	ABR.	5
	ADH.	6
OSB	ABS.	6
	HINCH.	6
	VAR. ESP.	1
	ABR.	5
	ADH.	6
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	6
	HINCH.	6
	VAR. ESP.	1
	ABR.	5
	ADH.	6

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.21, 5.22 y 5.23 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz marino sin envejecer evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

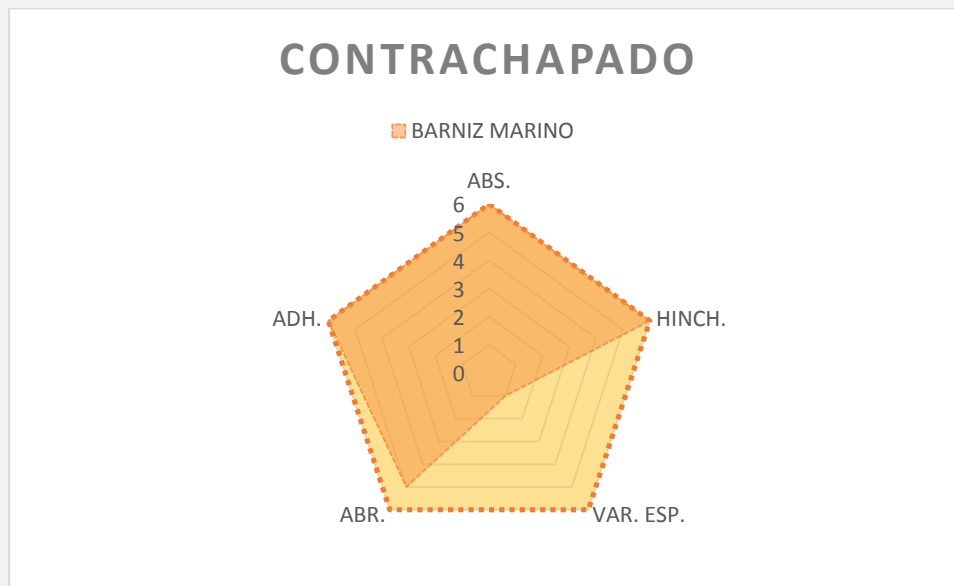


Figura 5. 21 - Análisis para 0 meses del barniz marino sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

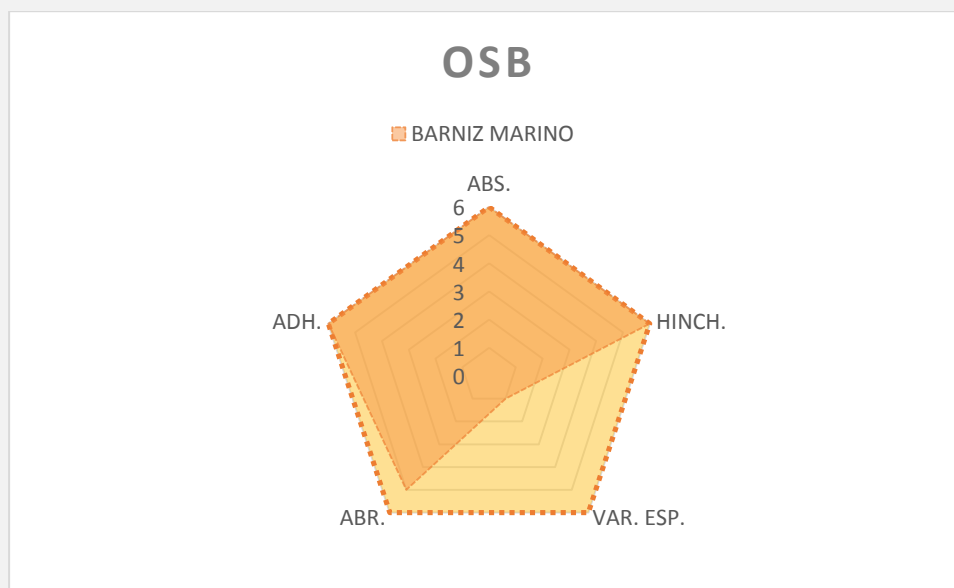


Figura 5. 22 - Análisis para 0 meses del barniz marino sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

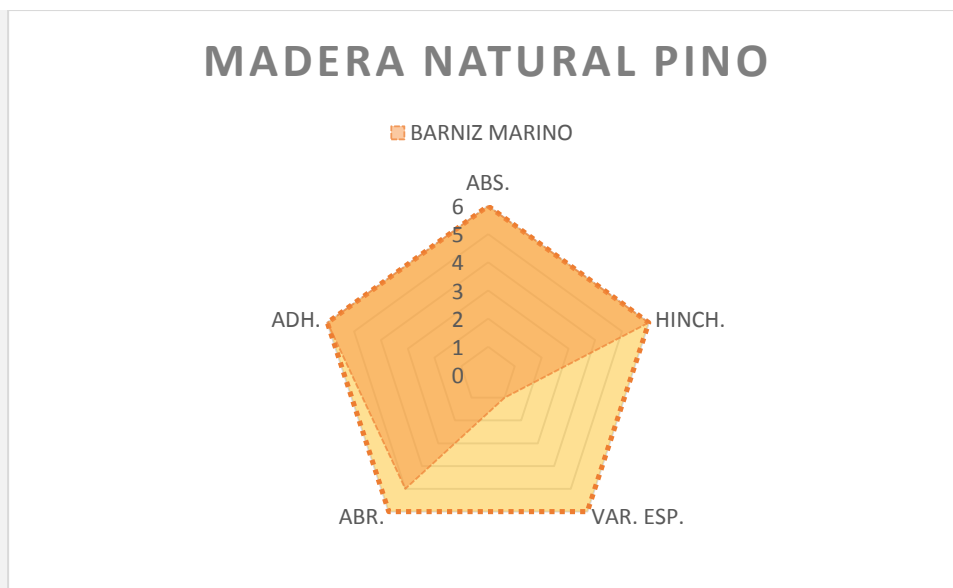


Figura 5. 23 - Análisis para 0 meses del barniz marino sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

En las figuras 5.21, 5.22 y 5.23 se observa que el barniz marino comercial tiene un comportamiento casi ideal en el contrachapado, OSB y en la madera natural de pino, siendo la resistencia a la abrasión seca que si bien es bueno, es el único resultado que no alcanza el comportamiento ideal.

Tabla 5. 26 - Análisis para 0 meses del barniz propuesto baba de nopal reposado 7 días.

BABA 7 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	5
	HINCH.	2
	VAR. ESP.	1
	ABR.	1
	ADH.	5
OSB	ABS.	5
	HINCH.	3
	VAR. ESP.	1
	ABR.	1
	ADH.	5
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	4
	HINCH.	3
	VAR. ESP.	1
	ABR.	1
	ADH.	5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.24, 5.25 y 5.26 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 7 días de reposo sin envejecer evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

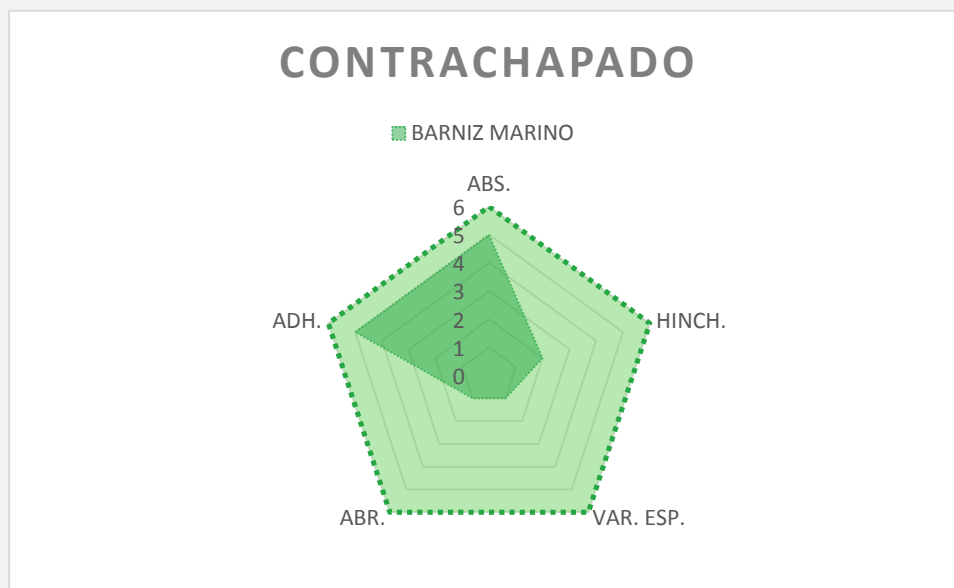


Figura 5. 24 - Análisis para 0 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

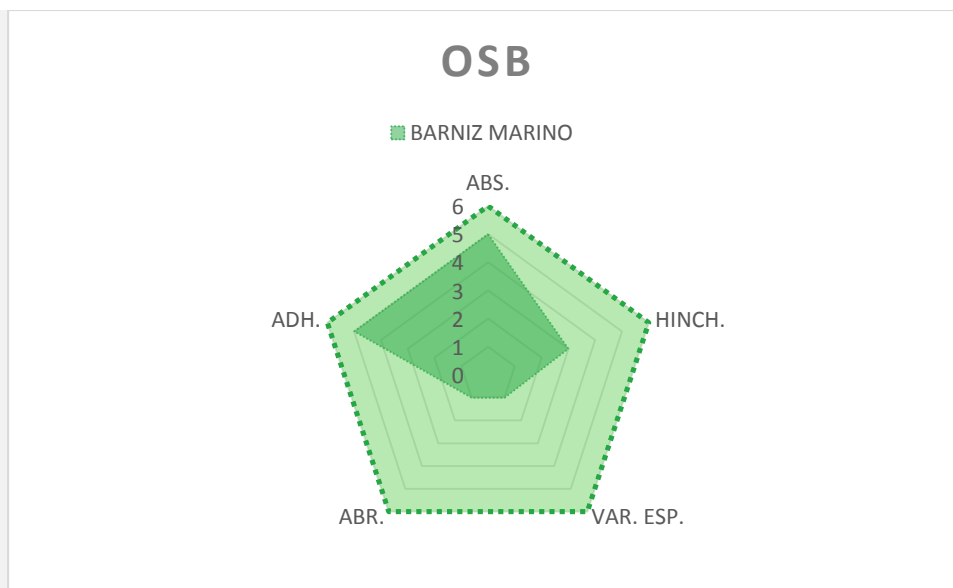


Figura 5. 25 - Análisis para 0 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

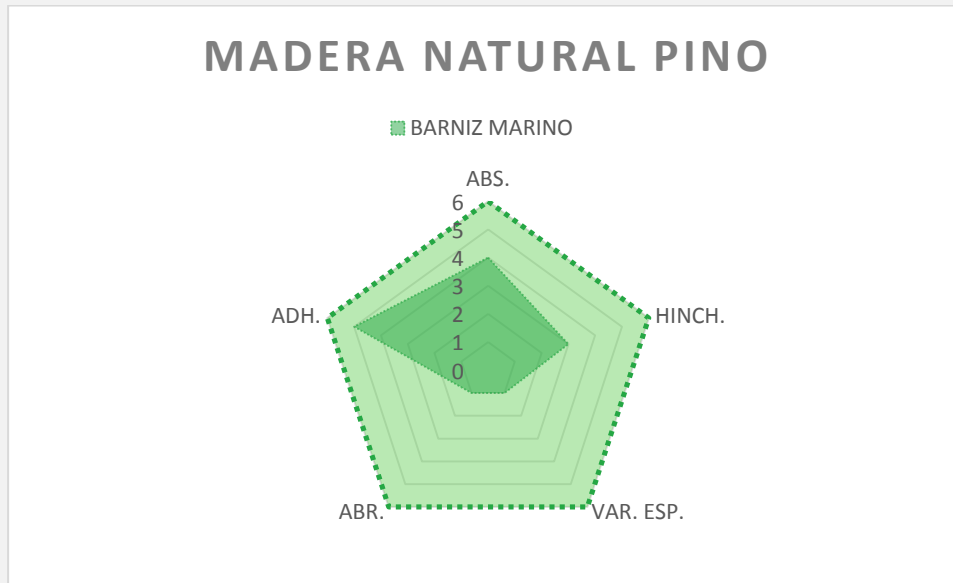


Figura 5. 26 – Análisis para 0 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

En las figuras 5,24, 5,25 y 5,26 se observa que sin envejecer, el barniz propuesto baba 7 días tiene un comportamiento por debajo del barniz marino, se destaca que tiene una buena adherencia, no así en los demás resultados, que se muestran menores que el barniz marino patrón.

Tabla 5. 27 - Análisis para 0 meses del barniz propuesto Baba de nopal reposado 30 días.

BABA 30 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	6
	HINCH.	5
	VAR. ESP.	1
	ABR.	6
	ADH.	5
OSB	ABS.	5
	HINCH.	6
	VAR. ESP.	1
	ABR.	6
	ADH.	5
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	5
	HINCH.	6
	VAR. ESP.	1
	ABR.	6
	ADH.	5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5,27, 5,28 y 5,29 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 30 días de reposo sin envejecer evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

CONTRACHAPADO

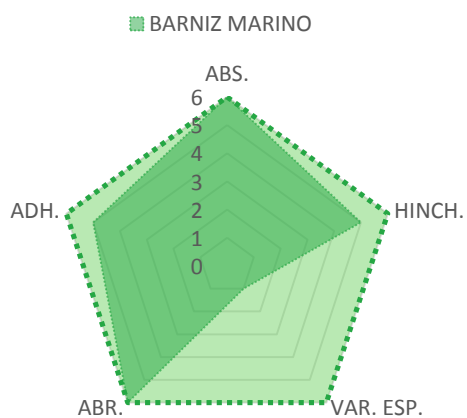


Figura 5. 27 - Análisis para 0 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

OSB

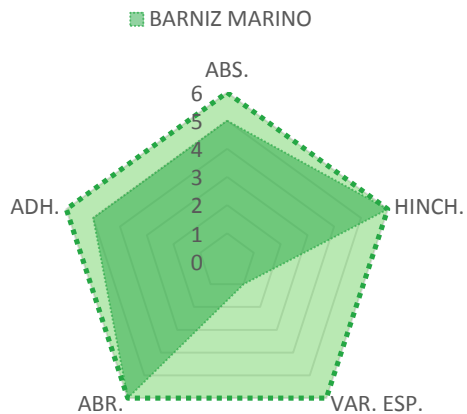


Figura 5. 28 - Análisis para 0 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

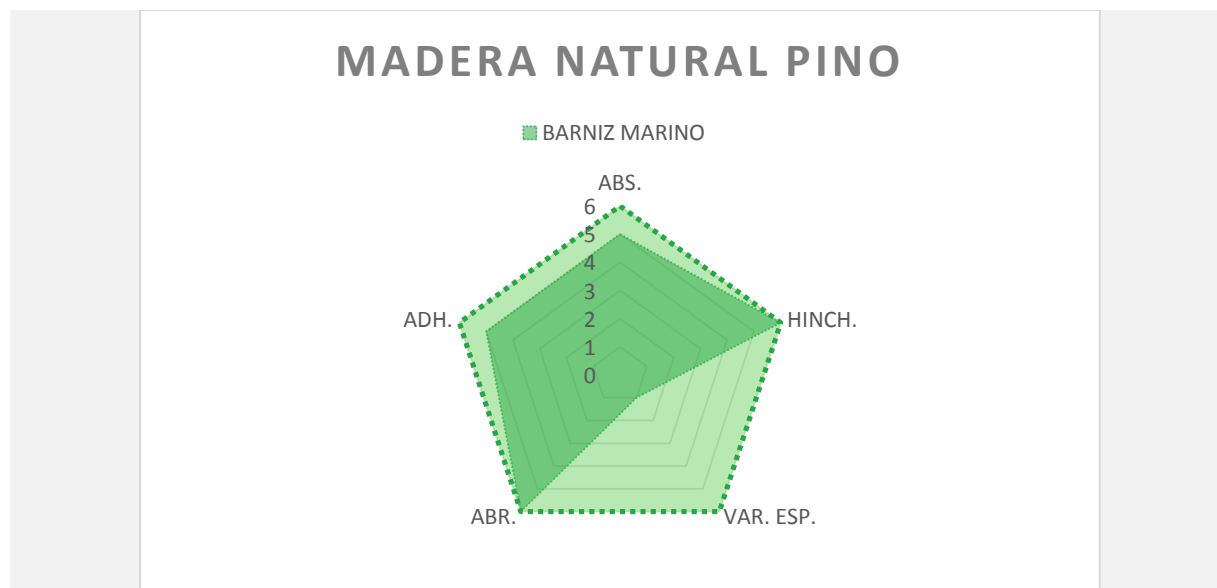


Figura 5. 29 - Análisis para 0 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

En las figuras 5.27, 5.28 y 5.29 se observa que sin envejecimiento el barniz propuesto baba 30 días no alcanza el excelente resultado del barniz marino, pero se destaca una buena adherencia, porcentaje de absorción, porcentaje hinchamiento, buena resistencia a la abrasión y buena variación del espesor.

Para un envejecimiento de 0 meses; se calcula el promedio de resultados obtenidos en las tablas 5.25, 5.26, 5.27 en base a los rangos del ANEXO 2 se desprende el comportamiento de cada uno de los recubrimientos estudiados expresados en los gráficos de cada uno de los sustratos tal como indica la tabla 5.28.

Tabla 5. 28 - Análisis para 0 meses de los distintos tipos de recubrimiento.

MATERIAL	TIPO DE RECUBRIMIENTO		
	BARNIZ MARINO	BARNIZ PROPUESTO BABA 7 DIAS	BARNIZ PROPUESTO BABA 30 DIAS
CONTRACHAPADO	4,8	2,8	4,6
OSB	4,8	3,0	4,6
MADERA NATURAL PINO	4,8	2,8	4,6

Fuente: Elaboración propia derivado del proceso de titulación.

Según la tabla 5.28 se observa que en el periodo inicial de 0 meses, el barniz propuesto Baba de nopal reposado 30 días no alcanza el comportamiento del barniz marino en el contrachapado, en la madera natural de pino ni tampoco en el OSB, sin embargo se destaca el resultado obtenido por la Baba de nopal de 30 días, ya que existe una diferencia

en el promedio de 0,2 respecto al barniz marino, esto sucede en los 3 estratos estudiados. En cambio el barniz propuesto Baba de nopal reposada 7 días presenta un comportamiento menor al barniz marino y a la baba de 30 días, esto ocurre de igual manera en los 3 sustratos de madera.

5.3.2 Análisis para 6 meses

Tabla 5. 29 - Análisis para 6 meses del barniz marino.

BARNIZ MARINO		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	5
	HINCH.	6
	VAR. ESP.	2
	ABR.	4
	ADH.	6
OSB	ABS.	6
	HINCH.	4
	VAR. ESP.	2
	ABR.	4
	ADH.	6
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	5
	HINCH.	5
	VAR. ESP.	2
	ABR.	4
	ADH.	6

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.30, 5.31 y 5.32 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz marino envejecido 6 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

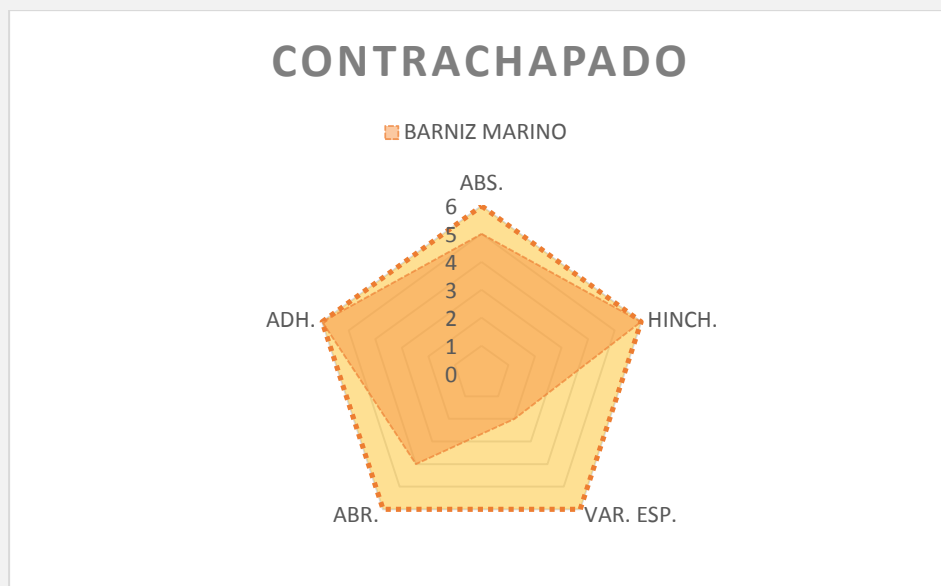


Figura 5. 30 - Análisis para 6 meses del barniz marino sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

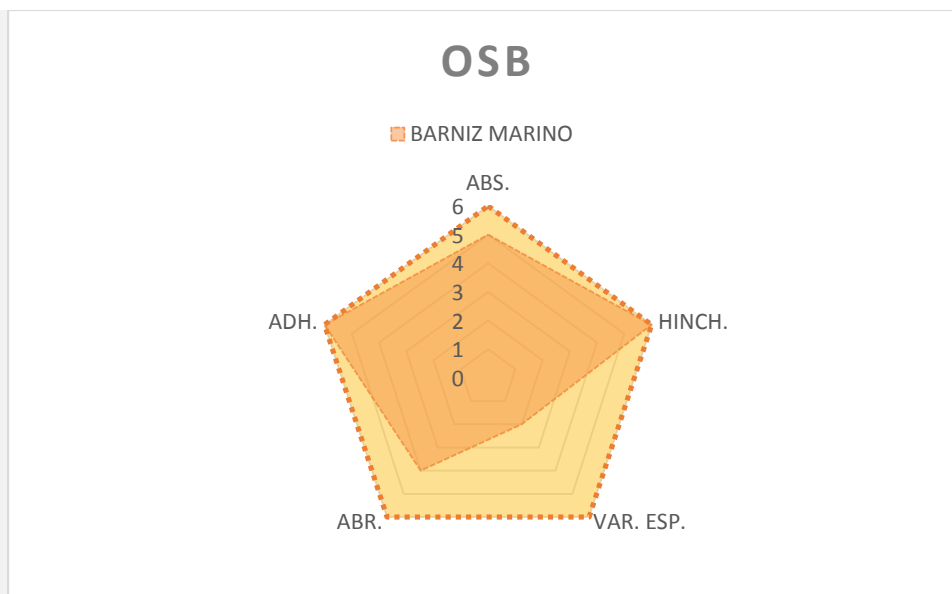


Figura 5. 31 - Análisis para 6 meses del barniz marino sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

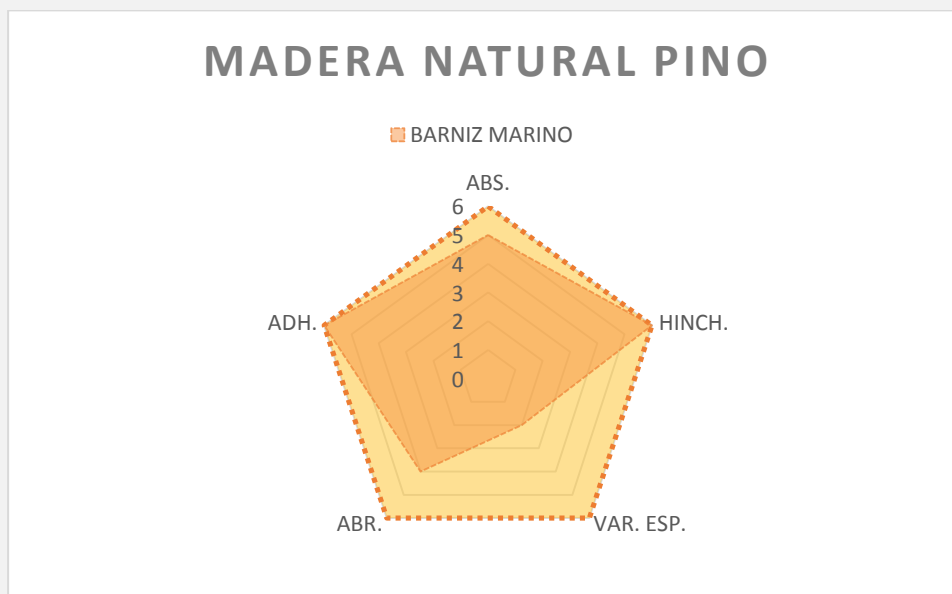


Figura 5. 32 - Análisis para 6 meses del barniz marino sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

De las figuras 5.30, 5.31 y 5.32 se desprende que el barniz marino comercial para 6 meses de envejecimiento ya no tiene el comportamiento casi ideal que tenía cuando no se le aplicó radiación ultravioleta, aun así se considera que tiene un buen comportamiento. Esto ocurre en el contrachapado, OSB y en la madera natural de pino, siendo la resistencia a la

abrasión y la variación de espesor de película los que experimentaron mayor disminución en sus resultados entre un periodo de envejecimiento y el otro.

Tabla 5. 30 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto baba de nopal reposado 7 días.

BABA 7 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	2
	HINCH.	2
	VAR. ESP.	2
	ABR.	1
	ADH.	5
OSB	ABS.	3
	HINCH.	2
	VAR. ESP.	2
	ABR.	1
	ADH.	5
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	3
	HINCH.	1
	VAR. ESP.	2
	ABR.	1
	ADH.	5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.33, 5.34 y 5.35 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 7 días envejecido 6 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

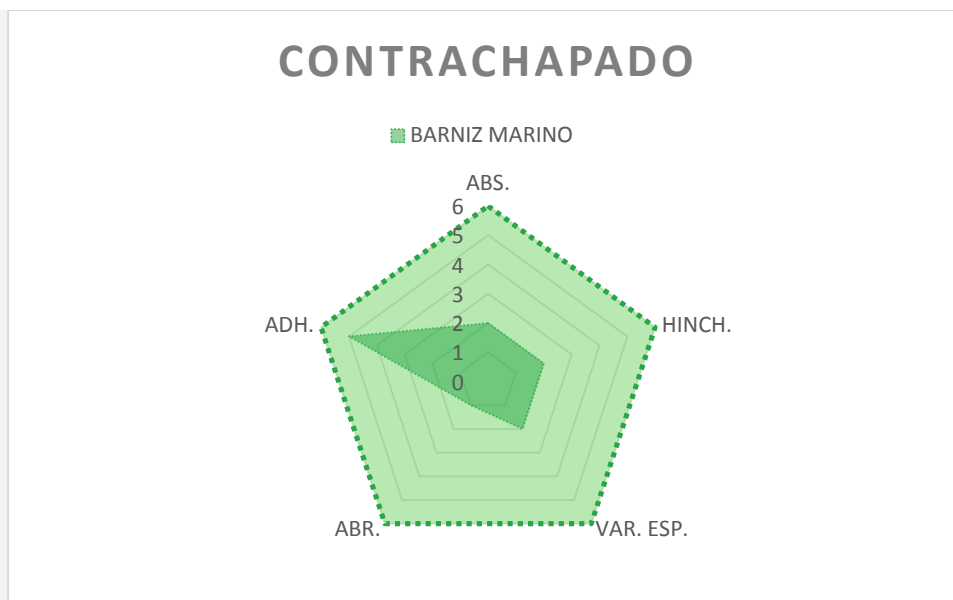


Figura 5. 33 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

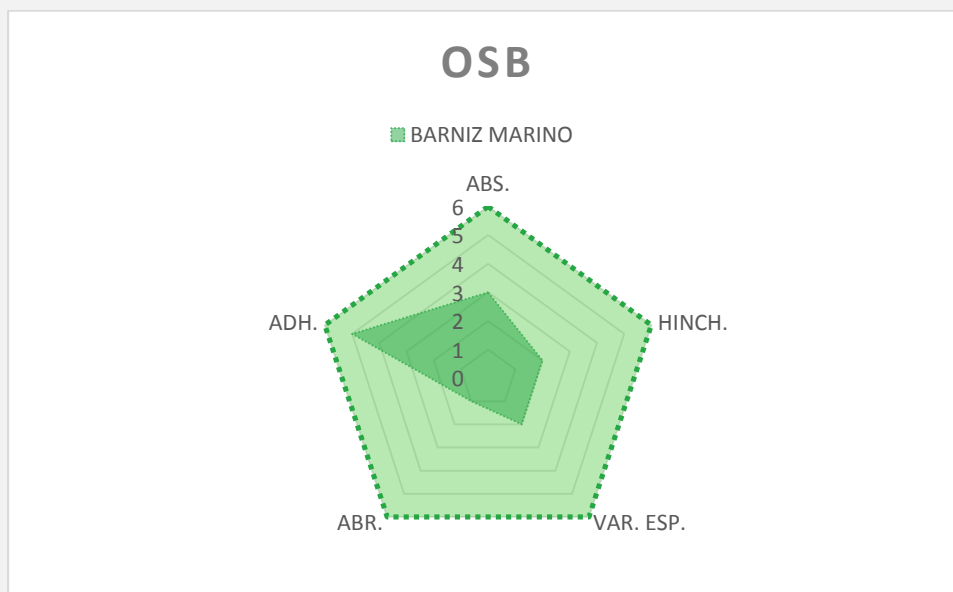


Figura 5. 34 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre OSB.

Figura 5. 1 -: Elaboración propia derivada de esta investigación.

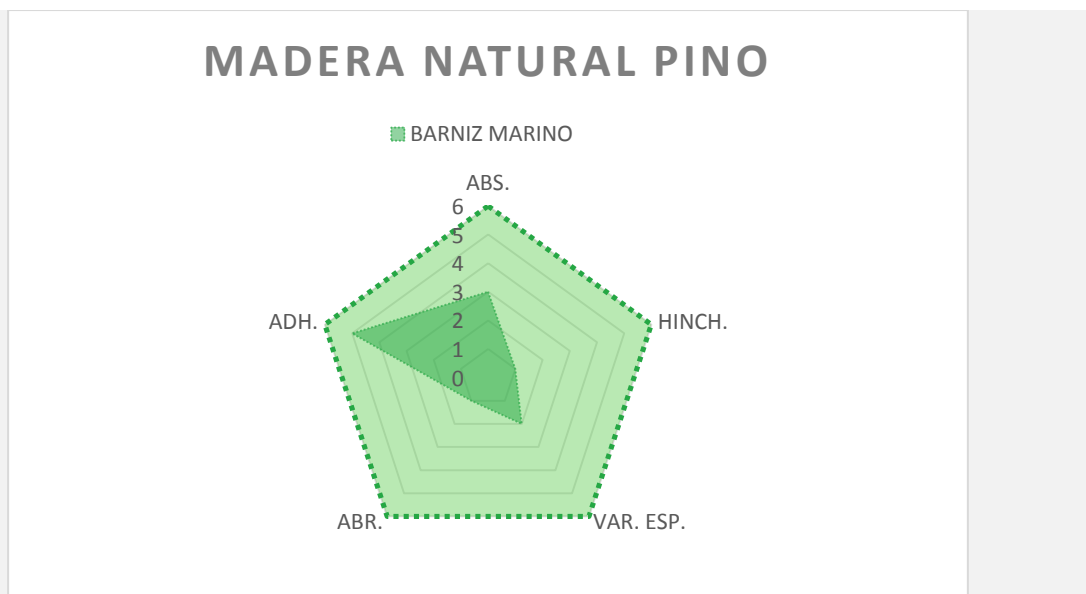


Figura 5. 35 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

De las figuras 5.33, 5.34 y 5.35 se observa que para un periodo de 6 meses de envejecimiento el barniz propuesto baba 7 días tiene un comportamiento por debajo del barniz marino, más bajo que las probetas sin envejecimiento, sin embargo para este periodo se destaca que aún mantiene una buena adherencia, no así en los demás resultados, que se muestran peor que el periodo anterior.

Tabla 5. 31 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto baba de nopal reposado 30 días.

BABA 30 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	4
	HINCH.	5
	VAR. ESP.	3
	ABR.	3
	ADH.	4
OSB	ABS.	4
	HINCH.	4
	VAR. ESP.	3
	ABR.	3
	ADH.	4
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	5
	HINCH.	5
	VAR. ESP.	3
	ABR.	3
	ADH.	4

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.36, 5.37 y 5.38 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 30 días envejecido 6 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

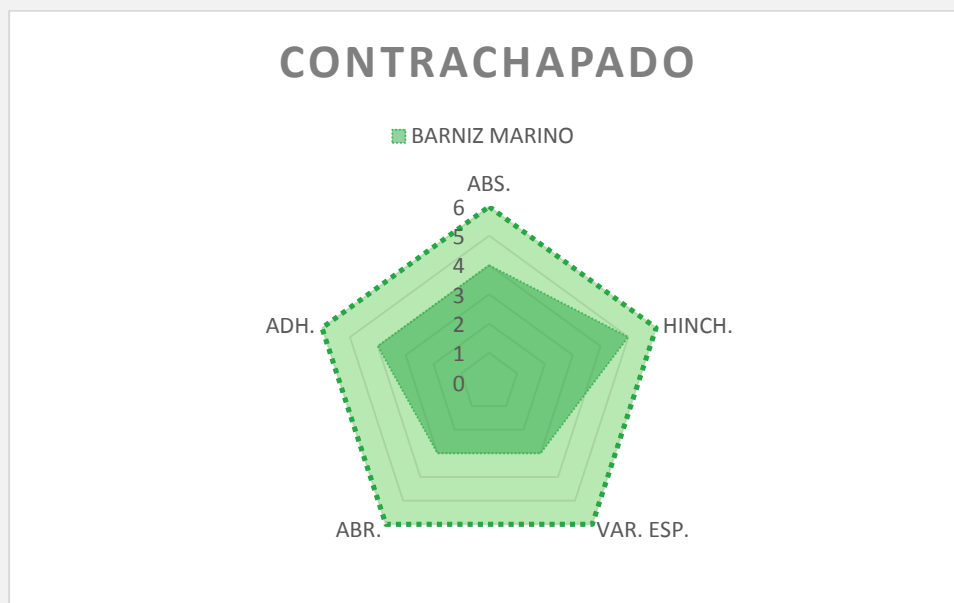


Figura 5. 36 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

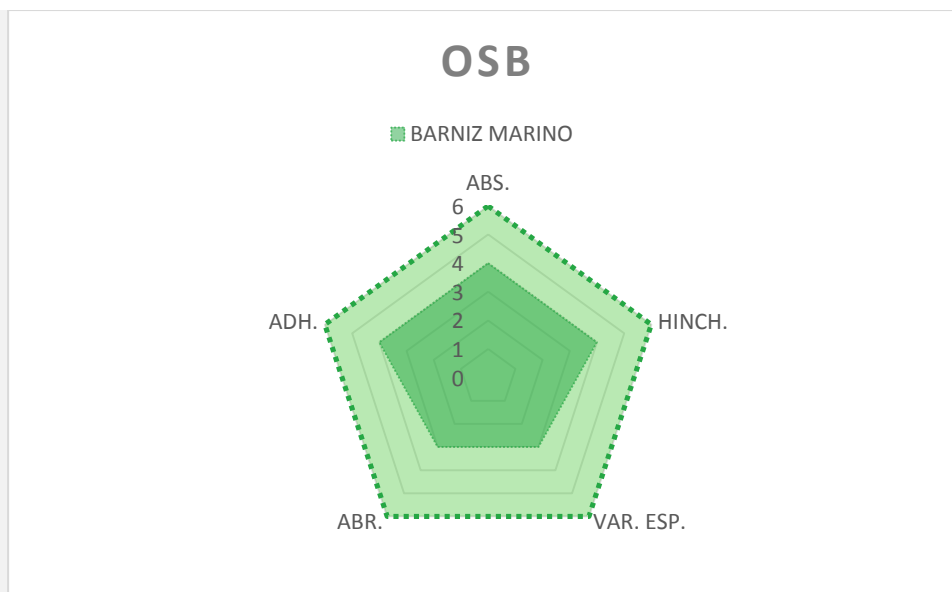


Figura 5. 37 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

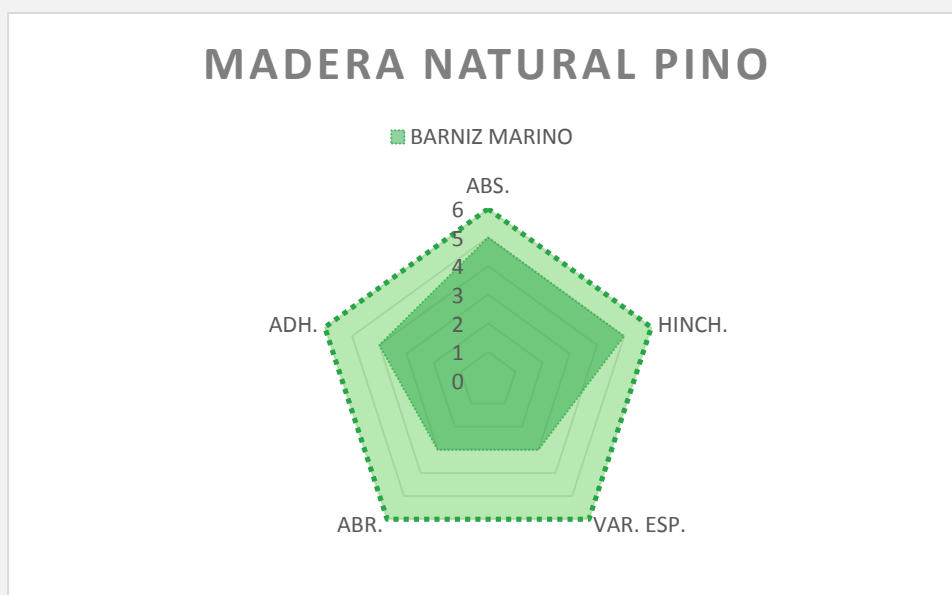


Figura 5. 38 - Análisis para 6 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

De las figuras 5.36, 5.37 y 5.38 se observa que para un envejecimiento de 6 meses el barniz propuesto baba 30 días no alcanza el resultado del barniz marino, pero se destaca que conserva un buen porcentaje de absorción e hinchamiento (casi el ideal) a pesar del

envejecimiento al que fue sometido. Por otra parte la adherencia, la resistencia a la abrasión y la variación del espesor, muestran una baja en su comportamiento.

Para un envejecimiento de 6 meses; calculando el promedio de resultados obtenidos en las tablas 5.29, 5.30, 5.31 en base a los rangos del ANEXO 2 se desprende la tabla 5.32, donde se observa el comportamiento de cada uno de los recubrimientos estudiados expresados en los gráficos de cada uno de los sustratos de madera utilizados.

Tabla 5. 32 - Análisis para 6 meses de los distintos tipos de recubrimiento.

MATERIAL	TIPO DE RECUBRIMIENTO		
	BARNIZ MARINO	BARNIZ PROPUESTO BABA 7 DIAS	BARNIZ PROPUESTO BABA 30 DIAS
CONTRACHAPADO	4,6	2,4	3,8
OSB	4,4	2,6	3,6
MADERA NATURAL DE PINO	4,4	2,4	4,0

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

Según la tabla 5.32 se observa para un periodo de 6 meses expuesto a la radiación ultravioleta, el barniz propuesto baba de nopal reposada 30 días de igual forma que en los 0 meses, presenta un comportamiento inferior al barniz marino en el contrachapado, en la madera natural de pino y en el OSB, pero a diferencia del periodo anterior los resultados no son semejantes, ni en el OSB ni en el contrachapado, destaca el comportamiento de la baba de 30 días para el contrachapado con un promedio de 4,0, esto es cercano al 4,4 de promedio que alcanzo el barniz marino. En cambio el barniz propuesto baba de nopal reposada 7 días presenta un comportamiento inferior al barniz marino, esto ocurre de igual manera en los tres sustratos de madera.

5.3.3 Análisis para 12 meses

Tabla 5. 33 - Análisis para 12 meses del barniz marino.

BARNIZ MARINO		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	4
	HINCH.	5
	VAR. ESP.	1
	ABR.	5
	ADH.	5
OSB	ABS.	5
	HINCH.	4
	VAR. ESP.	1
	ABR.	5
	ADH.	5
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	6
	HINCH.	6
	VAR. ESP.	1
	ABR.	5
	ADH.	5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.39, 5.40 y 5.39 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz marino envejecido 12 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

CONTRACHAPADO

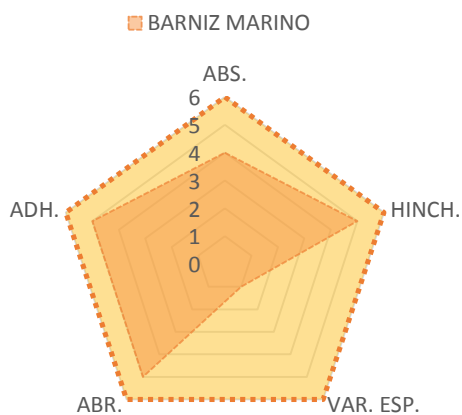


Figura 5. 39 - Análisis para 12 meses del barniz marino sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

OSB

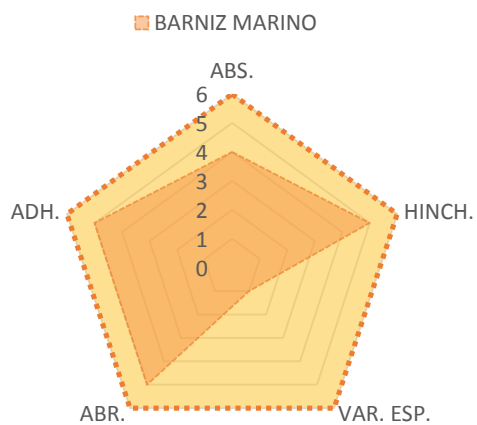


Figura 5. 40 - Análisis para 6 meses del barniz marino sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

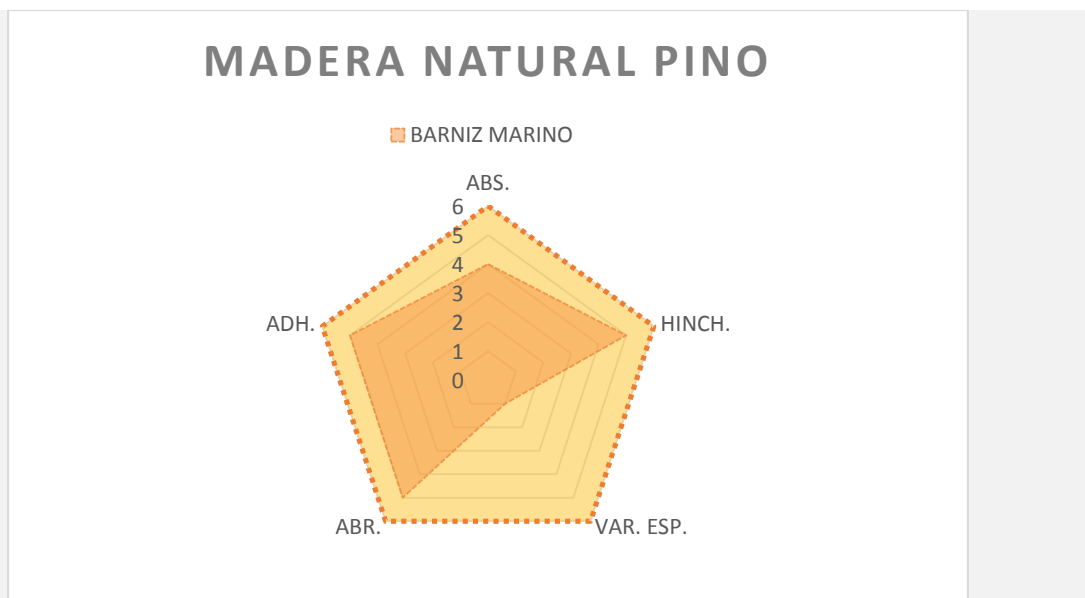


Figura 5. 41 - Análisis para 12 meses del barniz marino sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

De las figuras 5.39, 5.40 y 5.41 se desprende que el barniz marino comercial para 12 meses de envejecimiento tiene un comportamiento menor que en los 6 meses de envejecimiento siendo el porcentaje de absorción, en adherencia y en porcentaje de hinchamiento los que experimentaron mayor disminución en sus resultados, sin embargo la resistencia a la abrasión tiene un mejor comportamiento que el periodo de envejecimiento anterior. Esto ocurre en el contrachapado, OSB y en la madera natural de pino, siendo la resistencia a la abrasión y la variación de espesor de película.

Tabla 5. 34 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto baba de nopal reposado 7 días.

BABA 7 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	1
	HINCH.	1
	VAR. ESP.	4
	ABR.	1
	ADH.	5
OSB	ABS.	2
	HINCH.	1
	VAR. ESP.	4
	ABR.	1
	ADH.	5
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	2
	HINCH.	1
	VAR. ESP.	4
	ABR.	1
	ADH.	5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.42, 5.43 y 5.44 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 7 días envejecido 12 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

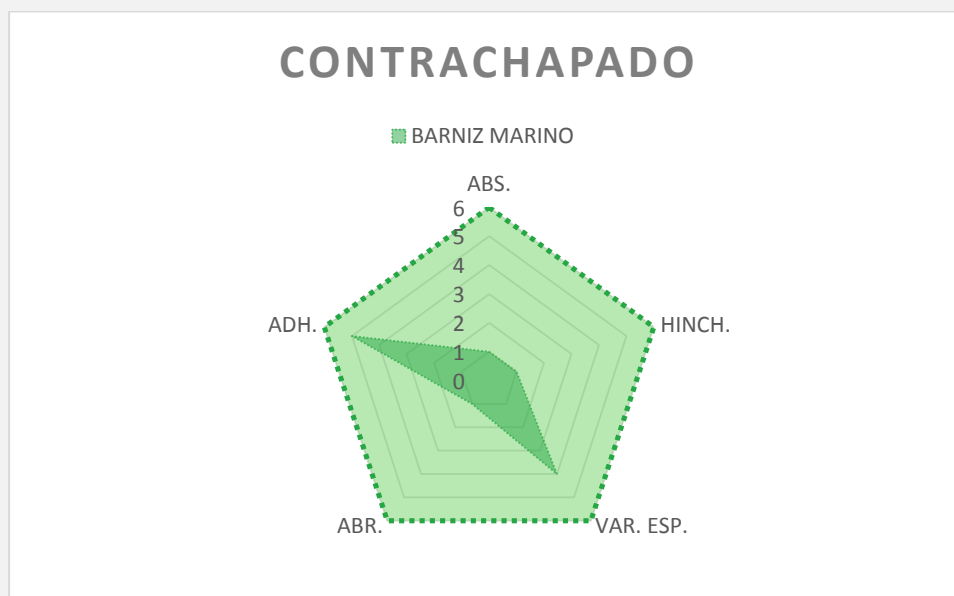


Figura 5. 42 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

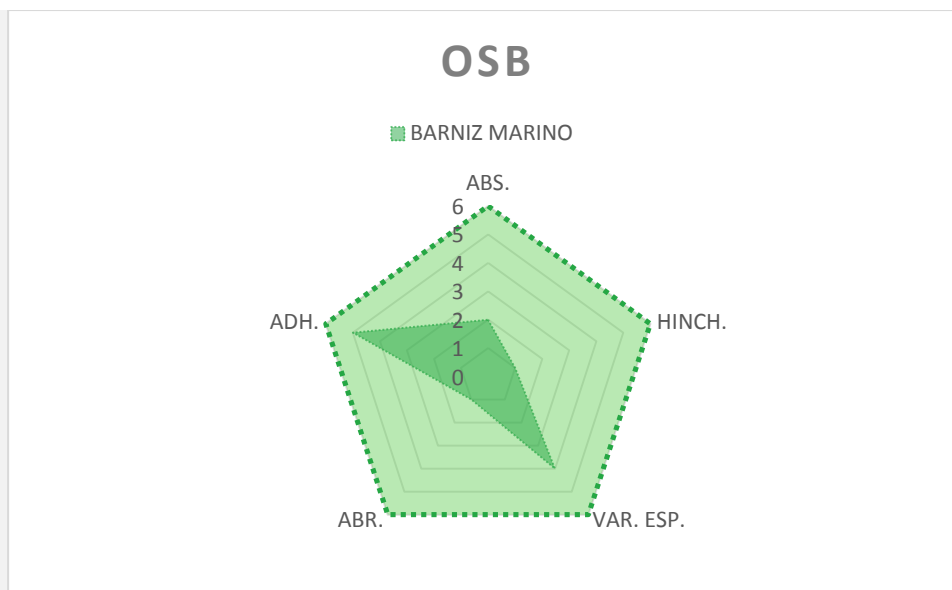


Figura 5. 43 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

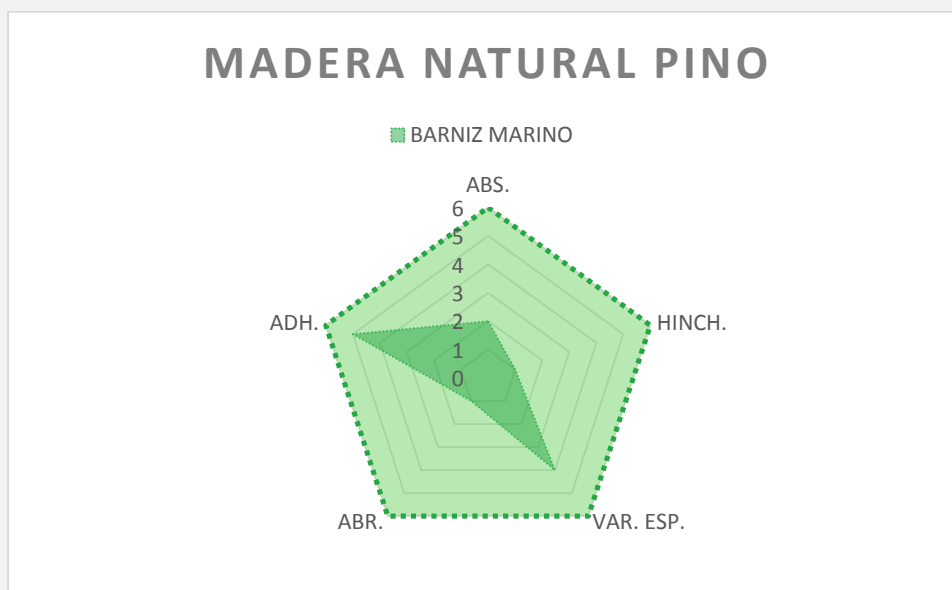


Figura 5. 44 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

De las figuras 5.42, 5.43 y 5.44 se observa que para un periodo de 12 meses de envejecimiento el barniz propuesto baba 7 días una vez más tiene un comportamiento por debajo del barniz marino, y menor que el periodo de 6 meses de envejecimiento, sin embargo para este periodo se destaca que aún mantiene una buena adherencia, no así en los demás resultados, que se muestran peor que el periodo de envejecimiento anterior.

Tabla 5. 35 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto baba de nopal reposado 30 días.

BABA 30 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	2
	HINCH.	4
	VAR. ESP.	4
	ABR.	4
	ADH.	5
OSB	ABS.	3
	HINCH.	3
	VAR. ESP.	4
	ABR.	4
	ADH.	5
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	4
	HINCH.	5
	VAR. ESP.	4
	ABR.	4
	ADH.	5

Fuente: Elaboración propia derivado del proceso de titulación.

A continuación las figuras 5,45, 5,46 y 5,47 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 30 días envejecido 12 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.



Figura 5. 45 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.



Figura 5. 46 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

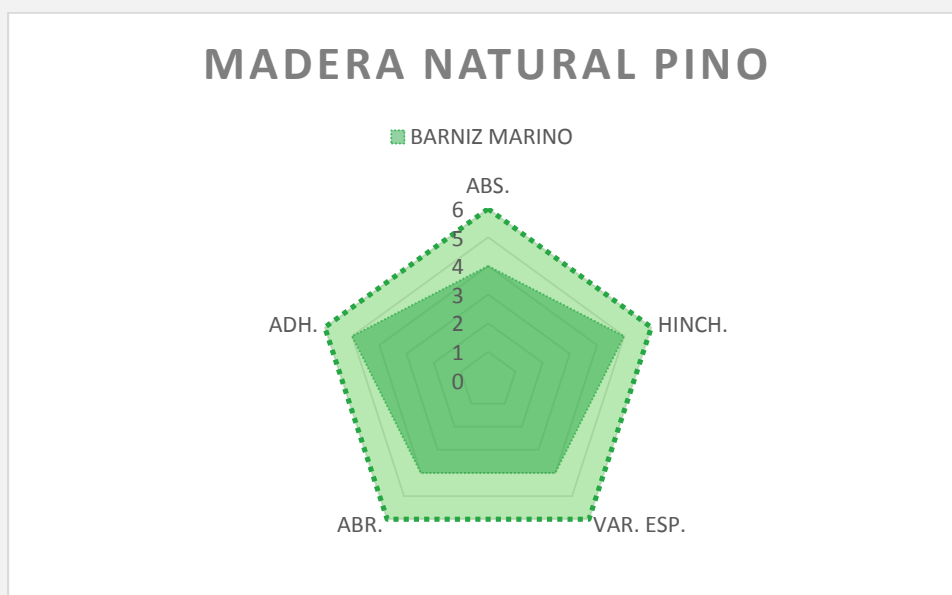


Figura 5. 47 - Análisis para 12 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

De las figuras 5.45, 5.46 y 5.47 se observa que para un envejecimiento de 12 meses el barniz propuesto Baba 30 días no alcanza el resultado del barniz marino para todos los sustratos de madera, pero se destaca la adherencia, que es mayor al periodo de 6 meses,

además se conserva un buen resultado en porcentaje de hinchamiento (casi el ideal) a pesar del envejecimiento al que fueron sometidos los sustratos. Por otra parte el porcentaje de absorción, la resistencia a la abrasión y la variación del espesor, muestran una baja en sus resultados.

Para un envejecimiento de 18 meses; calculando el promedio de resultados obtenidos en las tablas 5.33, 5.34, 5.35 en base a los rangos del ANEXO 2 se desprende el comportamiento de cada uno de los recubrimientos estudiados expresados en los gráficos de cada uno de los sustratos.

Tabla 5. 36 - Análisis para 12 meses de los distintos tipos de recubrimiento.

MATERIAL	TIPO DE RECUBRIMIENTO		
	BARNIZ MARINO	BARNIZ PROPUESTO BABA 7 DIAS	BARNIZ PROPUESTO BABA 30 DIAS
CONTRACHAPADO	4,0	2,4	3,8
OSB	4,0	2,6	3,8
MADERA NATURAL PINO	4,6	2,6	4,4

Fuente: Elaboración propia derivado del proceso de titulación.

En la tabla 5.36 se observa que después de un periodo de 12 meses expuesto a la radiación UV el barniz propuesto baba de nopal reposada 30 días alcanza un resultado menor al del barniz marino en el contrachapado y en el OSB, pero destaca su comportamiento en la madera natural de pino, ya que si bien obtiene un resultado inferior al del barniz marino con un promedio de 4,4, es semejante al 4,6 alcanzado por el barniz marino. En cambio el barniz propuesto baba de nopal reposada 7 días presenta un comportamiento inferior al barniz marino y a la versión baba de nopal de 30 días, esto ocurre de igual manera en los tres sustratos de madera.

5.3.4 Análisis para 18 meses

Tabla 5. 37 - Análisis para 18 meses del barniz marino.

BARNIZ MARINO		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	4
	HINCH.	3
	VAR. ESP.	2
	ABR.	5
	ADH.	4
OSB	ABS.	3
	HINCH.	3
	VAR. ESP.	2
	ABR.	5
	ADH.	4
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	5
	HINCH.	3
	VAR. ESP.	2
	ABR.	5
	ADH.	4

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.48, 5.49 y 5.50 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz marino envejecido 18 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

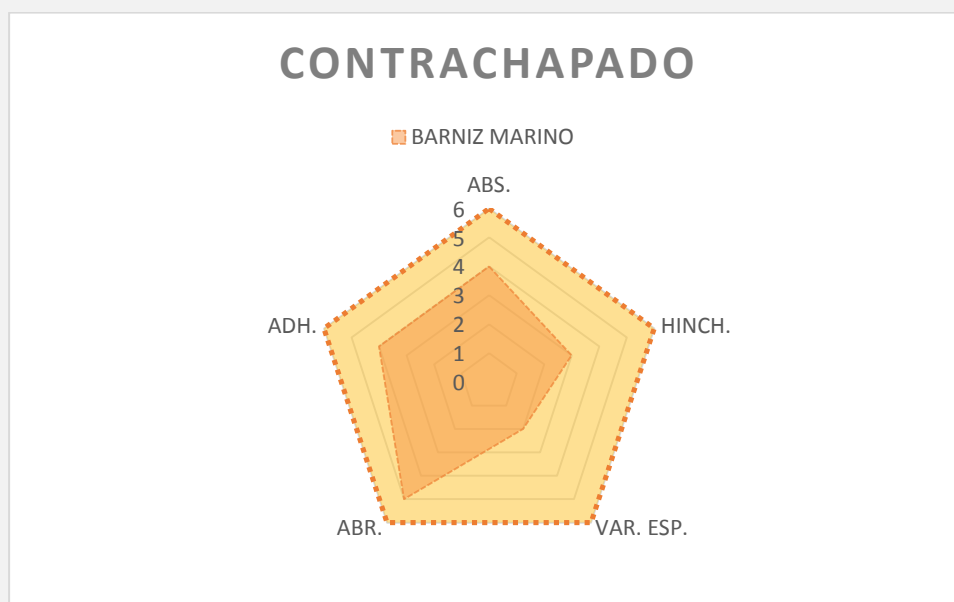


Figura 5. 48 - Análisis para 18 meses del barniz marino sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

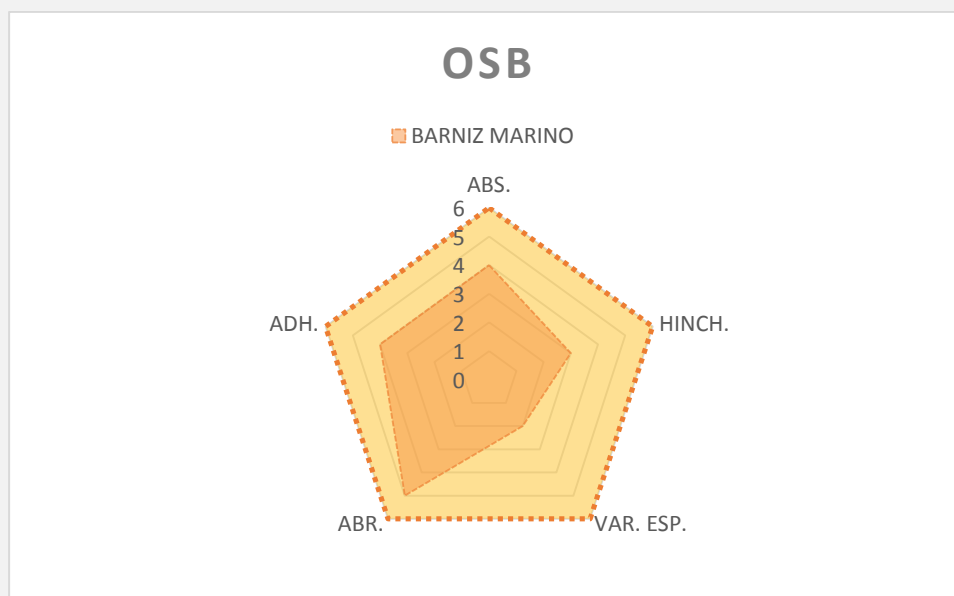


Figura 5. 49 - Análisis para 18 meses del barniz marino sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

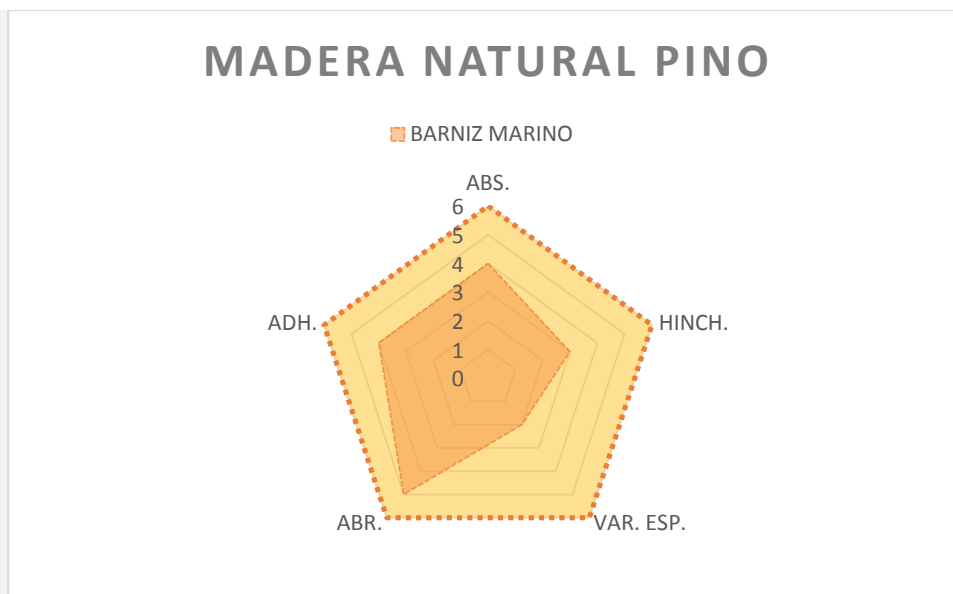


Figura 5. 50 - Análisis para 18 meses del barniz marino sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

En las figuras 5.48, 5.49 y 5.50 se observa que el barniz marino comercial para 18 meses de envejecimiento tiene un comportamiento menor que en los 12 meses de envejecimiento. Esto ocurre en el contrachapado, OSB y en la madera natural de pino, siendo el porcentaje de absorción e hinchamiento, la adherencia, y la variación de espesor de película los resultados más perjudicados con la radiación ultravioleta en comparación al periodo de envejecimiento anterior. Se destaca que aunque paso 1 año y medio de envejecimiento el barniz marino muestra una buena resistencia a la abrasión seca.

Tabla 5. 38 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto baba de nopal reposado 7 días.

BABA 7 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	1
	HINCH.	2
	VAR. ESP.	3
	ABR.	3
	ADH.	5
OSB	ABS.	1
	HINCH.	1
	VAR. ESP.	2
	ABR.	3
	ADH.	5
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	1
	HINCH.	1
	VAR. ESP.	2
	ABR.	3
	ADH.	5

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5.51, 5.52 y 5.53 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 7 días envejecido 18 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

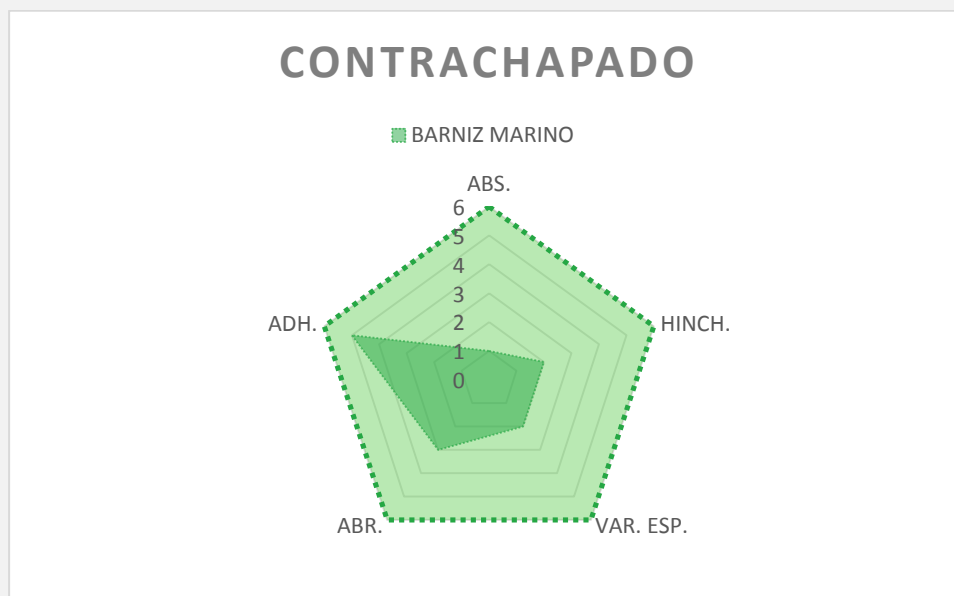


Figura 5. 51 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

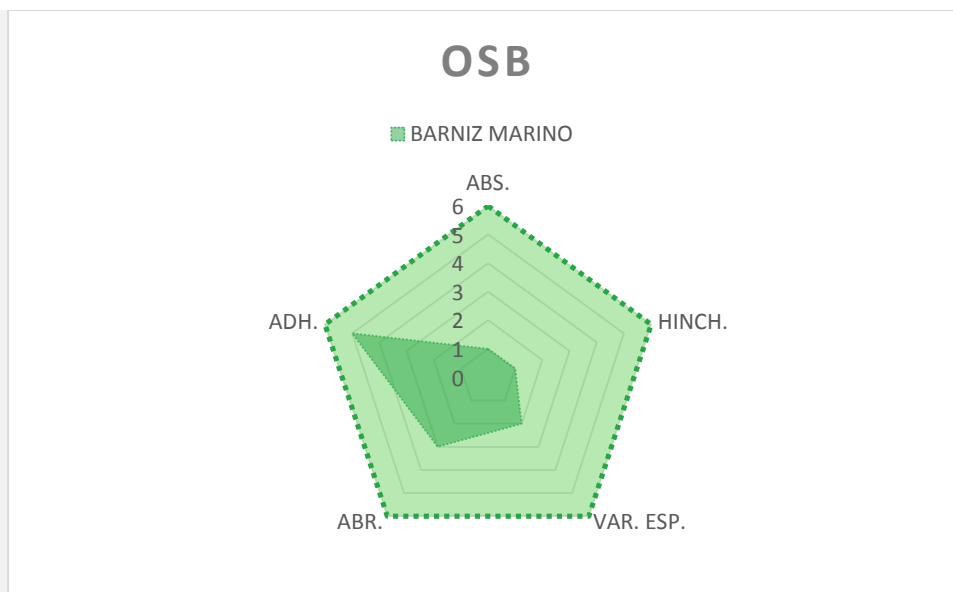


Figura 5. 52 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre OSB

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

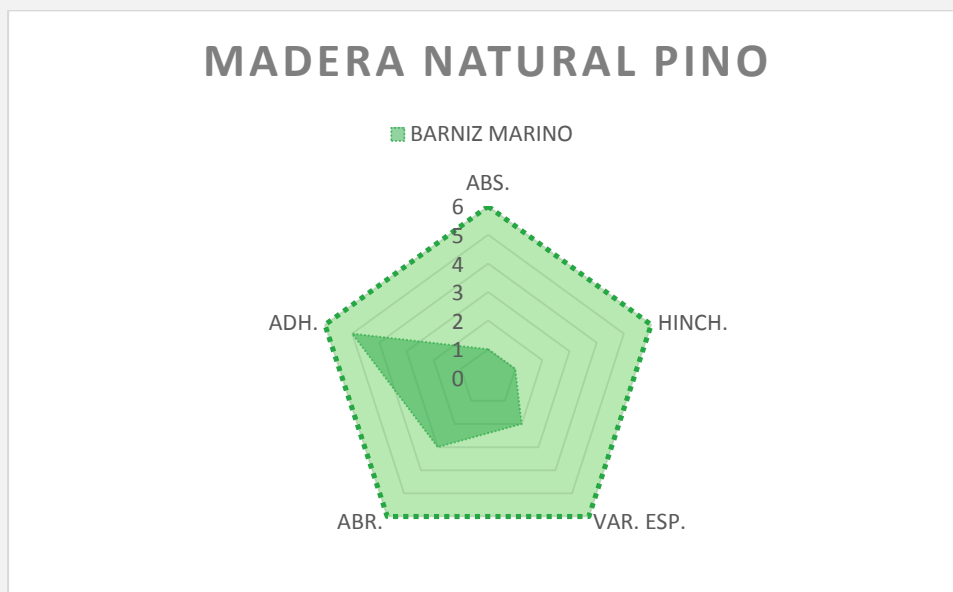


Figura 5. 53 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto reposado 7 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

De las figuras 5.51, 5.52 y 5.53 se observa que para un periodo de 18 meses de envejecimiento el barniz propuesto baba 7 días una vez más tiene un comportamiento por debajo del barniz marino, y menor que el periodo de 6 meses de envejecimiento, sin

embargo para este periodo se destaca que mantiene una buena adherencia a pesar de pasar un año y medio bajo la radiación ultravioleta, no así en los demás resultados, que se muestran peor que el periodo de envejecimiento anterior. Esto ocurre para los 3 sustratos de madera estudiados.

Tabla 5. 39 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto baba de nopal reposado 30 días.

BABA 30 DÍAS		
MATERIAL	ENSAYO	CALIFICACION
CONTRACHAPADO	ABS.	2
	HINCH.	4
	VAR. ESP.	1
	ABR.	6
	ADH.	4
OSB	ABS.	1
	HINCH.	2
	VAR. ESP.	1
	ABR.	6
	ADH.	4
MADERA NATURAL DE PINO	ABS.	3
	HINCH.	2
	VAR. ESP.	1
	ABR.	6
	ADH.	4

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

A continuación las figuras 5,54, 5,55 y 5,56 muestran los gráficos radiales correspondientes a los resultados del barniz propuesto de 7 días envejecido 18 meses evaluado en los distintos sustratos de madera utilizados.

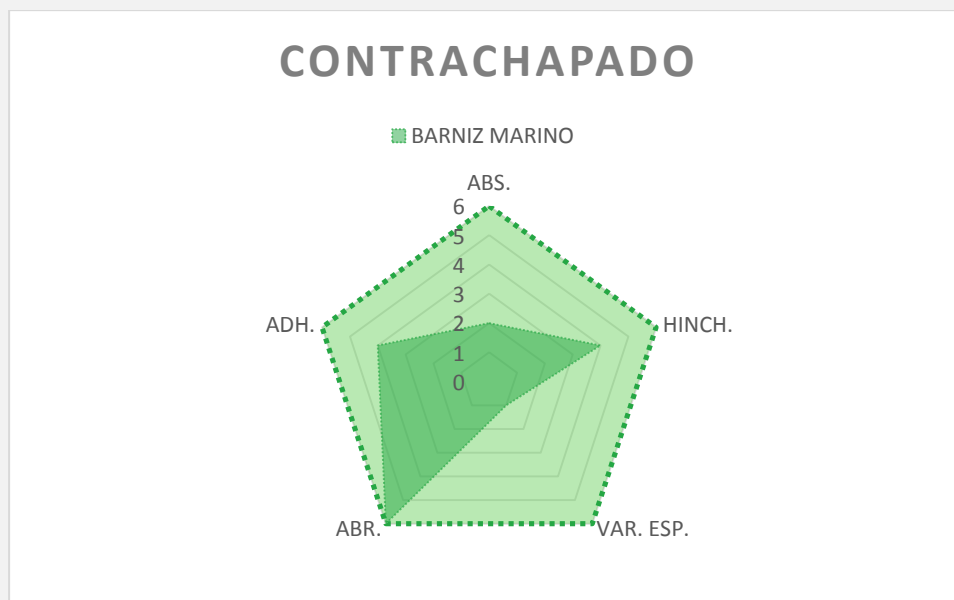


Figura 5. 54 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre contrachapado.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

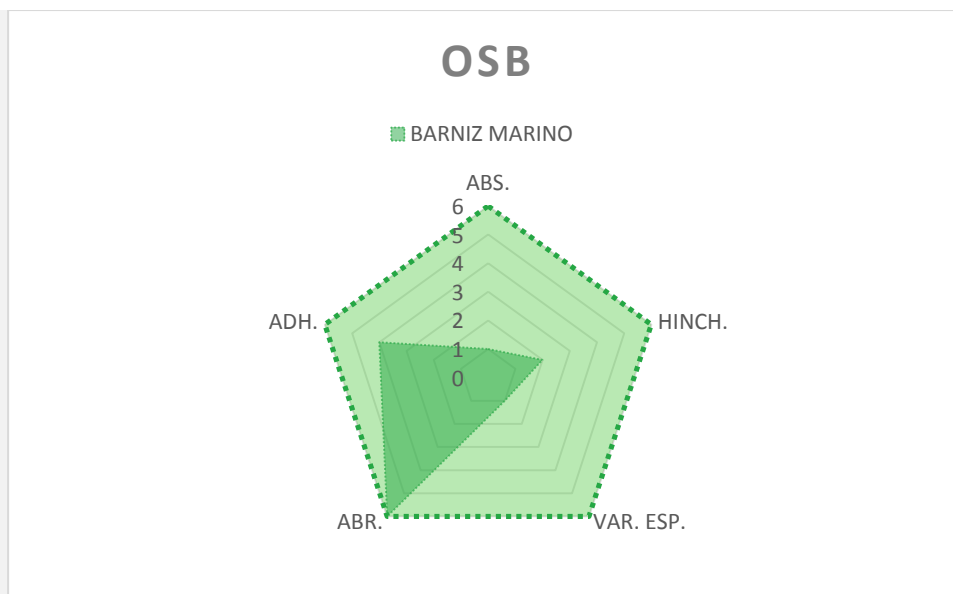


Figura 5. 55 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre OSB.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

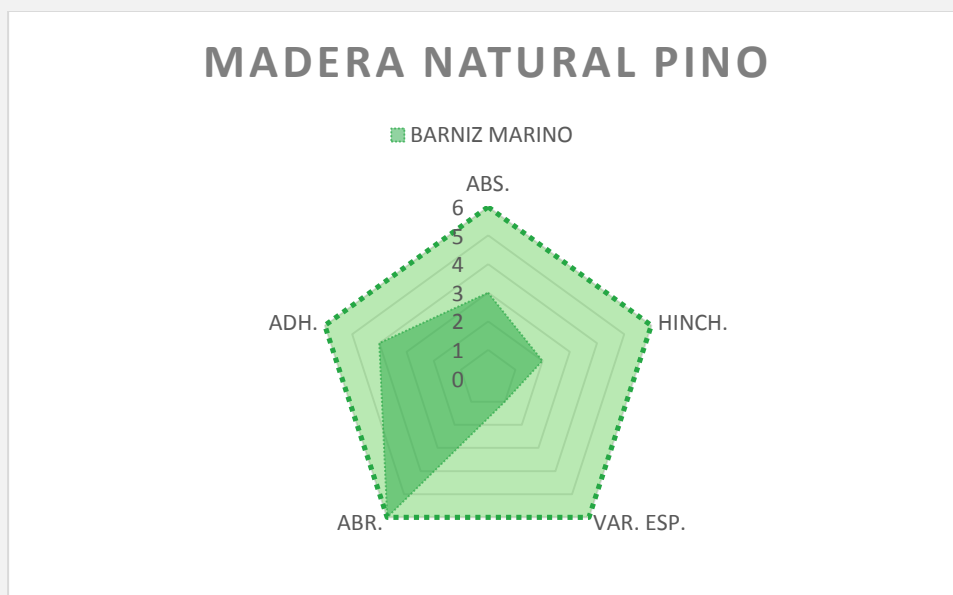


Figura 5. 56 - Análisis para 18 meses del barniz propuesto reposado 30 días sobre madera natural de pino.

Fuente: Elaboración propia derivada de esta investigación.

En las figuras 5.54, 5.55 y 5.56 se observa que para un envejecimiento de 18 meses el barniz propuesto Baba 30 días no alcanza el resultado del barniz marino para todos los sustratos de madera estudiados, pero se destaca la resistencia a la abrasión seca ya que

alcanza el rango 6 que es valor máximo, esto a pesar de tener un año y medio de envejecimiento, se destaca ya que es mayor al periodo de 12 meses. Por otra parte el porcentaje de absorción e hinchamiento, la adherencia y la variación del espesor, muestran una baja en sus resultados.

Para un envejecimiento de 18 meses; calculando el promedio de resultados obtenidos en las tablas 5.37, 5.38, 5.39 en base a los rangos del ANEXO 2 se desprende el comportamiento de cada uno de los recubrimientos estudiados expresados en los gráficos de cada uno de los sustratos de madera utilizados.

Tabla 5. 40 - Análisis para 18 meses de los distintos tipos de recubrimiento.

MATERIAL	TIPO DE RECUBRIMIENTO		
	BARNIZ MARINO	BARNIZ PROPUESTO BABA 7 DIAS	BARNIZ PROPUESTO BABA 30 DIAS
CONTRACHAPADO	3,6	2,8	3,4
OSB	3,4	2,4	2,8
MADERA NATURAL PINO	3,8	2,4	3,2

Fuente: Elaboración propia derivado del proceso de titulación.

En la tabla 5.40 se observa que en el periodo de 18 meses de envejecimiento UV, el barniz propuesto baba de nopal 30 días no alcanza el comportamiento del barniz marino en el contrachapado, en la madera natural de pino y en el OSB, sin embargo se destaca el resultado obtenido en el contrachapado ya que alcanza un promedio 3,4, cercano al 3,6 obtenido por el barniz marino. Esta diferencia de promedios una vez más uno de los mejores resultados en esta investigación.

Para cada periodo de envejecimiento se puede concluir lo siguiente:

El barniz propuesto baba de nopal reposada 7 días presenta un comportamiento menor en comparación al barniz marino en todos los periodos de envejecimiento a lo largo de 1 año y medio, y en todos los sustratos de madera estudiados.

La Tabla 5.28 muestra que en el periodo inicial sin envejecimiento el barniz propuesto baba de nopal 30 días presenta un comportamiento inferior al barniz marino en todos los sustratos, pero cercano al barniz marino en el contrachapado con un 4,6 de promedio para la baba de 30 días y un 4,8 de promedio para el barniz marino, acá se puede observar uno de los mejores resultados en esta investigación, ya que si bien no alcanza el comportamiento del barniz marino, tiene una diferencia de 0,2 de promedio por debajo del barniz marino.

En la Tabla 5.32 el periodo siguiente de 6 meses el barniz propuesto baba de nopal 30 días muestra un comportamiento más bajo que en los 0 meses de envejecimiento.

Si observamos la Tabla 5.36, en el periodo de 12 meses de envejecimiento el barniz propuesto baba de nopal 30 días presenta nuevamente uno de los mejores resultados en esta investigación, ya que si bien no alcanza el comportamiento del barniz marino, tiene nuevamente una leve diferencia de 0,2 de promedio por debajo del barniz marino, la baba de 30 días alcanza un promedio de 4,4 y el barniz marino un 4,6 en la madera natural de pino,

mientras que en el contrachapado y en el OSB la baba de 30 días obtiene un promedio de 3,8 y el barniz marino un promedio de 4,0.

Por otra parte el barniz propuesto baba de nopal 7 días de reposo presenta un comportamiento inferior al barniz marino y al barniz propuesto de 30 días, esto ocurre durante todo el envejecimiento, no superando ni alcanzando a estos últimos en ningún material de sustrato.

6. Conclusiones Y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

Al finalizar esta investigación se puede llegar a la conclusión que la propuesta de barniz de baba de nopal no alcanza los resultados obtenidos por el barniz patrón, no obstante, es aplicable a tableros y madera natural de pino. La anterior afirmación se basa en los resultados obtenidos en la etapa de experimentación de la investigación y que se presenta en el capítulo 5.

Según la Tabla 5.18 correspondiente a la absorción del contrachapado comparando ambas propuestas de barniz se observa que la Baba de nopal con 30 días de reposo tuvo un promedio de absorción de 19,3%, durante todo el envejecimiento (1 año y medio), esto es un valor inferior al barniz propuesto en su versión de 7 días de reposo el cual alcanza un promedio de absorción de 27,1 %. Sin embargo los porcentajes de absorción de ambas versiones del barniz propuesto son mayores en comparación al barniz marino patrón, el cual alcanzó un 12,8% de absorción promedio, durante el año y medio de envejecimiento para el contrachapado (12,8% Barniz marino \leq 19,3 % Baba 30 días \leq 27,1% Baba 7 días). Esto quiere decir que en el contrachapado, ambas versiones del barniz propuesto absorben mayor cantidad de agua en comparación al barniz marino durante todo el envejecimiento.

De igual manera que en el contrachapado, en la Tabla 5.19 y 5.20 se observa que ambas propuestas de baba de nopal no alcanzan los resultados obtenidos por el barniz marino patrón en el OSB (4,5% Barniz marino \leq 7,1 % Baba 30 días \leq 8,2% Baba 7 días) Y en la madera natural de pino (8,2% Barniz marino \leq 10,8 % Baba 30 días \leq 16,1% Baba 7 días).

De estos resultados se desprende que el porcentaje de absorción de agua para la Baba de nopal tiene directa relación con su tiempo de descanso al aire libre, esto aplica para todos los sustratos de maderas estudiados, ya que a más días de reposo, menor fue la absorción de agua. Además se agrega que la baba de nopal en sus dos versiones, no alcanzó la absorción obtenida por el barniz marino patrón, esto aplica para todos los sustratos de madera analizados.

En el porcentaje de hinchamiento los resultados en general son semejantes, el barniz marino patrón es el que alcanza el menor porcentaje de hinchamiento de agua durante todo el tiempo de envejecimiento, esto ocurre para todos los sustratos de madera estudiados. Sin embargo si prestamos atención a la Tabla 5.21 la Baba de nopal con 30 días de reposo y al barniz marino estos alcanzan en el contrachapado un 3,0% y un 3,2% respectivamente, la diferencia de hinchamiento entre ambos es de 0,2%; lejos queda el 5,0% de hinchamiento para el contrachapado con baba reposada 7 días.

Según la Tabla 5.22 para el OSB se repite el caso anterior, la Baba de nopal de 7 días tiene el mayor porcentaje de hinchamiento con un 6,6%. Por otra parte la Baba de nopal de 30 días alcanza un promedio de 4,6% de hinchamiento durante todo el tiempo de envejecimiento, esto es mayor que el 4,1% que obtuvo el barniz marino patrón.

Lo mismo ocurre con el comportamiento del porcentaje de hinchamiento en la madera natural de pino, tal como se observa en la Tabla 5. 23, la Baba de nopal con 7 días de descanso tiene un hinchamiento superior a la baba reposada 30 días y al barniz marino patrón (2,0% Barniz marino \leq 2,3% Baba 30 días \leq 3,3% Baba 7 días). Nuevamente se observa una pequeña diferencia entre el hinchamiento alcanzado por el barniz marino patrón y la Baba de nopal reposada 30 días, esta diferencia corresponde a un 0,3%.

Sí al anterior 0,3%, correspondiente a la madera natural de pino, se le suma el 0,2% de diferencia entre la baba de 30 días y el barniz marino en el contrachapado y el 0,5% del OSB. En consecuencia de lo anterior se puede concluir que la Baba de nopal de 30 días puede ser una alternativa para disminuir el hinchamiento en tableros ante la presencia de humedad o agua.

Se destacan los resultados obtenidos con ambas propuestas de baba de nopal en el tiempo de secado, adherencia ya que presentan un comportamiento superior al barniz marino, y el barniz propuesto Baba 30 días en resistencia a la abrasión seca ya que presenta un comportamiento parejo con el barniz marino.

En el tiempo de secado, si se observa la tabla 5. 9 y 5.10 por un lado tenemos la baba de nopal de 30 días tiene un tiempo de secado al tacto de 14 minutos en metal y 11 minutos en la madera, además tenemos al barniz propuesto reposado 7 días que demora 12 minutos su secado al tacto en metal y 9 minutos en madera, esto es superior a las 5 horas en promedio en que seca al tacto el barniz marino; esto se debe al menor espesor de la 1° mano de la misma, de 10,5 μm , en comparación al espesor de la baba reposada 30 días, de 20,0 μm tal como muestra la tabla 5.11 y 5.12 respectivamente. Los tipos de secado se definen en el capítulo 3.4.1.3.

En Adherencia si se consulta la tabla 5.17, el barniz propuesto Baba de nopal de 7 días presenta una adherencia adecuada, obteniendo clasificación 1 durante todos los envejecimientos y barniz propuesto Baba de Nopal 30 días alcanza la clasificación 1 en los 0 y 12 meses de envejecimiento y clasificación 2 en los 6 y 18 en todos los envejecimientos, por lo tanto es ambos son aceptable por la norma ya que esta exige una clasificación 2. Por otra parte el barniz marino presenta buen comportamiento durante el envejecimiento, obteniendo clasificación 0 hasta el 6° mes, clasificación 1 en el 12° mes y clasificación 2 en el 18° mes de envejecimiento. Si bien el envejecimiento no presenta efecto significativo en el barniz propuesto, este si presenta un efecto en el barniz marino, demostrando que la radiación ultravioleta influye en la pérdida de adherencia de la muestra patrón desde 6° al 18° mes.

Tal como se observa en la tabla 5.24, en resistencia a la abrasión seca se destaca la propuesta de baba 30 días alcanzó un promedio de todos los periodos de envejecimiento de 0,47 $\text{lt}/\mu\text{m}$, esto es superior a la resistencia del 0,46 $\text{lt}/\mu\text{m}$ del barniz marino. No así la baba de 7 días de reposo que alcanza un resultado menor con un 0.21 $\text{lt}/\mu\text{m}$ de promedio para todos los periodos de envejecimiento.

Además, como se indica en el ensayo de abrasión, se comprueba que a mayor espesor del barniz propuesto mayor es su resistencia a la abrasión, ya que un espesor de $51,0 \pm 3,3 \mu\text{m}$ es capaz de resistir adecuadamente el doble de degradación producida por la radiación ultravioleta durante un año y medio de envejecimiento en comparación a lo que ocurre con un espesor de $39,0 \pm 11,9 \mu\text{m}$ correspondiente a la baba de 7 días.

A su vez la cantidad de días de descanso de la propuesta de Baba de Nopal depende el espesor final obtenido al secarse, correspondiendo un descanso de 30 días para lograr un espesor de $51,0 \pm 3,3 \mu\text{m}$ y un descanso de 7 días para obtener $39,0 \pm 11,9 \mu\text{m}$.

Como se menciona en el análisis de resultados del ensayo de absorción, en relación a las propuestas de barniz con 7 y 30 días de reposo, se comprueba que depende de la cantidad de días al aire libre su capacidad de recubrimiento como barniz, ya que en absorción e hinchamiento, para los 3 tipos de sustratos utilizados, siempre se obtiene un mejor comportamiento para la baba de 30 días que para la baba de 7 días.

En relación a la baba de nopal de 7 días, esta se presenta como insuficiente para ser usada como protector superficial de la madera, debido a un comportamiento inferior al barniz marino en rendimiento, resistencia a la abrasión, variabilidad de espesor de película seca, adherencia y absorción e hinchamiento.

De ambas propuestas evaluadas, se puede concluir que a mayor cantidad de días descansando al aire libre se obtienen mejores resultados en densidad, mayor viscosidad, menor variación del espesor de película seca, mayor resistencia a la abrasión, menor porcentaje de absorción e hinchamiento.

En cambio a menor cantidad de días de reposo, la baba obtiene menor densidad, menor viscosidad, mayor variación del espesor de película seca, menor resistencia a la abrasión, y mayor porcentaje de absorción e hinchamiento.

En el ensayo de porcentaje de absorción e hinchamiento, que viene a ser el más representativo del comportamiento de los barnices en los distintos sustratos de madera estudiados; no hay duda alguna que en la presente investigación la baba de nopal de 30 días en los tres sustratos de madera analizados obtiene menores resultados que el barniz marino patrón, sin embargo la Baba de nopal reposada 30 días se muestra como una opción, alternativa o complemento al uso del barniz marino; una alternativa más ecológica para la proteger la madera natural de pino o un tablero de contrachapado u OSB. Esto a raíz de los resultados obtenidos en el capítulo 5.

Además Se logra determina una combinación entre la receta existente en bibliografía, con dosis determinadas de agua por cada kilo de nopales, con la añadidura de los días extras (21 días) que se deja reposar la baba de Nopal para conseguir una buena formación de película.

Cabe señalar que se cumplen los objetivos de la investigación:

- Se evalúan las propiedades físicas del barniz propuesto Baba de nopal como barniz en tableros de OSB y contrachapado y madera natural de pino. Esto se realiza para sus versiones de 7 y 30 días de reposo al aire libre (densidad, viscosidad, tiempo de secado, rendimiento y estabilidad). Los resultados se presentan en el capítulo 5.1
-
- Se evalúan las propiedades físicas del barniz propuesto Baba de nopal como barniz en tableros de OSB y contrachapado y madera natural de pino. Esto se realiza en cuanto a las normas chilenas referentes a pinturas.

6.2 Recomendaciones

En primer lugar se recomienda dejar descansar las pencas de nopal en un lugar abierto, esto porque al pasar los días de reposo va tomando un fuerte olor apestoso. Además se debe considerar una inspección visual entre 3 a 5 días ya que al tratarse de una disolución natural en descomposición, genera microorganismos, por ejemplo hongos. Además se recomienda no dejar reposar más de 30 días la baba ya que en este día el olor se torna insoportable y está completamente cubierta de hongos.

Otra recomendación es que la baba de nopal podría ir incluida en los tableros desde antes de su venta, esta sugerencia se debe a que las probetas fueron sumergidas en la baba de nopal, no fueron pintadas sobre una cara, trabajo que no sería posible si el tablero esta ya instalado.

6.3 Recomendaciones de futuras investigaciones

Se recomienda estudiar la baba de nopal en otros materiales de construcción, por ejemplo como aditivo al hormigón en su etapa de dosificación y mezcla y compararlo con una muestra patrón de hormigón sin baba de nopal.

Además se propone incorporar algún aglomerante o pigmento a la Baba de nopal, evaluando el efecto de los rayos ultravioleta con y sin estos aditivos, y a su vez ensayar la propuesta de barniz sobre otros sustratos de madera.

7. Bibliografía

- ACEVEDO, A.A (2012) Efecto de las grietas de rebobinado en chapas de Eucalyptus nitens para la fabricación de tableros contrachapados. Facultad de Ingeniería. Universidad del Bio Bio. Concepción. Chile.
- AGUILAR, J. Y HERNANDEZ, C. (2016). Propuesta de un prototipo semiautomático para la elaboración de una pintura ecológica a base de baba de nopal. Instituto politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Ciudad de México. México junio 2016.
- ALONSO, J.V. (2013) Pinturas, barnices y afines: Composición, formulación y caracterización. Ingenieros Industriales (Laboratorio QUÍMICA I) Universidad Politécnica de Madrid. Madrid 2013
- ALTAMIRANO, (2009). Daños Que provoca el dióxido de carbono en las pinturas de exterior. Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 2009.
- ANGEL, R. (2017). Factores climáticos que deterioran la madera. Infomaderas digital [en línea]. Marzo 2017 [Fecha de Consulta: 17 de diciembre de 2017]. Disponible en:
- BLAND, D. (1985). "The composition and Analysis of eucalyptus wood". Revista Appita, Vol. 38, N°4, p.291-294. 1985.
- BLOUNT MARTIN, Estefanía. Disolventes orgánicos. Revista Daphnia. Marzo 1998. [Fecha de consulta: 5 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.daphnia.es/revista/12/articulo/425/Disolventes-organicos>
- BORRÁS, Xavier. Breve historia de la madera como material de construcción. Tecnología y equipamiento para la industria de la madera N° 37. Octubre 2010, disponible en: <http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html>
- BRAVO, H. (1978). Las cactáceas de México. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 1978
- BricoyDeco. (2014). 5 pinturas ecológicas que puedes hacer en casa. Bricoydeco [en línea]. 16 de mayo de 2014. [fecha de consulta: 27 diciembre 2017]. Disponible en: <https://www.bricoydeco.com/5-pinturas-ecologicas-caseras/>
- CALVO, J.C. (2009) Pinturas y recubrimientos Introducción a su tecnología. Asociación Española de técnicos en pinturas y afines. Madrid 2009.
- CARCAMO, P. (2013). Proposición de un impermeabilizante de poliestireno expandido reciclado aplicado a tableros de madera. Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor. 22 de mayo, 2013.
- Carmona (2005). Eficacia de preservantes en madera Pinus Radiata D. Don frente al ataque de termitas subterránea (reticulitermes hesperus). Maderas, Cienc.tecnol. v.7 n.1 Concepción Chile 2005.
- CASTILLO, S. y ESTRADA, L. (2013) Obtención de harina de nopal y formulación de alfajores de alto contenido en fibra. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias de la Salud. Marzo 2013
- CONDEMARIN, G. (2000). Mantenimiento de cubiertas e impermeabilización de los establecimientos educacionales. Ministerio de Educación. División de Planificación y Presupuesto. Santiago. Chile. Septiembre 2000.

- COSTA, R. y HERNANDEZ, T. Consumo de agua de ovinos alimentados con diferentes niveles de nopal (*Opuntia ficus indica*) en Brasil. Departamento de Genética. Universidad de Córdoba. España. 2010
- CRUZ & GONZÁLEZ (2013) Elaboración de pinturas ecológicas ECOART. Diciembre 2013
- DIAZ, L. (2003). Resumen de los trabajos de grado desarrollados en Ingeniería en Procesos durante el año 2003. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad EAFIT. Medellín, junio de 2004.
- DIÈGUEZ, J. (1997). Acabado de la madera: Mecanismos de envejecimiento y temperatura de transición vítrea de los recubrimientos. Revista AITIM, Boletín de Información técnica N°188 – Jul/ago., 1997.
- ESTRADA, Ana. (2017) - En Milpa Alta ahora producen electricidad con nopales. Milenio[En línea]. 21 junio 2017, [fecha de consulta: 13 de enero de 2018]. Disponible en:http://www.milenio.com/df/milpa_alta-nopal-biodigestor-energia_electrica-biogas-suema-ciudad_de_mexico-df_0_977902458.html
- FERNANDEZ, C. (2001). La Madera: Composición, Alteraciones y Restauración. Boletín del Museo de las Villas Pasiegas N° 25. Asociación de Estudios Pasiegos. Asociación de Estudios Pasiegos. Santander. España (2001).
- FLORES, C. y AGUIRRE, R. El Nopal como forraje. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. México 1992.
- FLORES, R; BORJA, A; ZAMUDIO, F; FUENTES, M; GONZALEZ, E. (2001). Determinación a través de pruebas aceleradas de la vida útil del acabado para exteriores en madera de encino y pino. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, ano/vol. 7, numero 001. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- GARAY, R. (2007). Impregnante tipo Lasur para la protección superficial de madera tableros. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 2007.
- GARAY, R. (2009). Efectos de dos Protectores Superficiales en las Propiedades de Tableros de madera después de un año de exposición a la intemperie. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestal, Departamento Ingeniería de la Madera. 2009.
- GARCIA, E (2009). Estimación de la diversidad genética del Nopal, usando marcadores moleculares tipo AFLP. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Julio – Diciembre 2009
- GARCIA, J. (2015). Uso de los materiales sustentables y su impacto en las construcciones de los nuevos desarrollos comerciales en Monterrey. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Arquitectura. Nuevo León. México. Julio 2015
- GARRIDO, M. (2015). Agentes de degradación de la madera y tratamientos de prevención. Revista Publicaciones Didácticas Digital [En línea] N°56. Marzo 2015 [Fecha de consulta 3 de enero de 2017] disponible en: <http://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/056019/articulo-pdf>
- GAVIOLA, S. Dermatitis profesional por resina epoxi. Presentación de un caso clínico. Revista argentina de dermatología. Junio 2008. [Fecha de Consulta: 15 de diciembre 2017].
Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2008000200003

- GIMENO, Alberto. Principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas. Ergomix. 4 de mayo de 2002. Disponible en: <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/principales-factores-condicionantes-desarrollo-t26065.htm>
- GUIRON, A. Y RAMIREZ, F. (2016). Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad Tecnológica, Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. 2016
<http://infomaderas.com/2013/03/05/factores-climaticos-que-deterioran-la-madera/>
- LANCHAS, A. (2014). Agentes Atmosféricos degradantes de la Madera. Protecma digital [En línea]. Junio 2014 [Fecha de Consulta: 17 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://protecciondelamadera.com/agentes-atmosfericos-degradantes-de-la-madera-agentes-y-mecanismos-abioticos/>
- LAVORATO, M. (2016). La radiación ultravioleta y su efecto en la población. Equipo de Estudios en Clima, Ambiente y Sociedad. Pontificia Universidad Católica Argentina.
- LONGO, J. (2010). Problemas de la madera con la humedad. Republica digital [en línea]. Junio 2010 [Fecha de Consulta: 17 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://vivirhogar.republica.com/carpinteria/problemas-de-la-madera-con-la-humedad.html>
- MANZANERO, J. (2013) Pinturas ecológicas. Mimbrea digital [en línea]. Septiembre 2013 [Fecha de Consulta: 17 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.mimbrea.com/pinturas-ecologicas/>
- MARTINEZ, M. (2015). Hongos degradadores de madera. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. Programa Paraguayo para el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Paraguay. 2015.
- MARTINEZ, M. 4 recetas para crear pinturas caseras y naturales para el hogar. Upsocl digital [en línea]. 21 de diciembre 2015. [Fecha de consulta : 17 diciembre 2017] disponible en: <http://www.upsocl.com/creatividad/4-recetas-para-crear-pinturas-caseras-y-naturales-para-el-hogar/>
- MEDINA, M. y TIRADO, G. Digestibilidad in situ de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. Instituto Tecnológico El Aguascalientes, México. Julio 2006
- MIGNONE, H. (2014). Pinturas impermeabilizantes: para detener la humedad. Diario la voz [en línea]. 30 de agosto de 2014. [Fecha consulta 19 de diciembre de 2017] disponible en <http://www.lavoz.com.ar/casa-diseno/pinturas-impermeabilizantes-para-detener-la-humedad>
- MITSUI, K. TAKADA, H. SUGIYAMA, M. HASEGAWA, R. (2001). Cambios en las propiedades de la madera irradiada con luz con tratamiento térmico. Parte 1. Efecto de las condiciones de tratamiento en el cambio de color. Revista Holzforschung, Volume 55 (6).
- NASI, A. (1998). Sistema para el control de calidad de la Madera más utilizada en la edificación Pino Radiata. Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor, Universidad de Valparaíso, Chile.
- NAVARRO, T. (2007). Efecto del Lijado sobre madera de Pinus radiata D. Don en los niveles de consumo de barnices. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

- NOBEL, P.S. (1999). Biología ambiental. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Roma. Italia 1999.
- OISS. (2010). LOS RIESGOS ASOCIADOS AL MANEJO DE PINTURAS. México 2010.
- PAZ, J. (2015). Construcción y estructura náutica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile, 2015.
- PIMIENTA, E. (1990). El nopal tunero. Departamento de Investigación Científica y Superación Académica de la Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 1990.
- PRESA, J. (2015). Estructura, composición y clasificación de la madera. Albura cedria, Barcelona, España. 2015. Disponible en: <http://blog.cedria.es/wp-content/uploads/2015/04/ALBURAN1ESTRUCTURACOMPOSICIONYCLASIFICACION-DE-LA-MADERA.pdf>
- SACRISTAN, R. (2004). Toxicología de los Materiales Pictóricos. Departamento de Pintura-Restauración. Facultad de Bellas Artes. Universidad Complutense de Madrid. Madrid Octubre 2004.
- SANCHEZ, A. (2017). La madera de alerce y su uso en exterior, ¿es una madera durable? Madera [en línea]. 17 julio 2017. [Fecha de Consulta: 19 de diciembre de 2017]. Disponible
- SIERRA, Andrés. Una relación curativa de las propiedades del nopal segunda entrega. 1 de marzo de 2014. [fecha de consulta: 6 de diciembre 2017] disponible en: <http://ecoosfera.com/2014/01/una-relacion-de-las-propiedades-curativas-del-nopal-segunda-entrega/>
- TRISCHLER & PARTNER. (2004) ¿Que pintamos nosotros? La pintura de pared. Revista Options, Septiembre-Noviembre 2004 [Fecha de consulta: 5 de diciembre de 2017] disponible en: <http://www.cprac.org/consumpediamed/sites/all/documents/Opciones13castellanoPinturas.pdf>
- VIGNOTE, S Y MARTINEZ, I. (2006). Tecnología de la madera (3ª Ed). Madrid, España. 2006.
- ZAPATA, C.A. (2005) Efecto de la mezcla de Pinus radiata y especies nativas sobre la expansión lineal en tableros OSB. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia - Chile.

ANEXOS

Anexo 1 Tablas de datos

Ensayo de Absorción Contrachapado:

CODIGO DE MUESTRA	TIPO DE MATERIAL	TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE ENVEJECIMIENTO	N° DE MUESTRA	MASA ANTES DE INMERSION m1 (gr)	MASA DESPUES DE INMERSION m2 (gr)	ESPESOR ANTES DE LA INMERSION e1 (mm)					ESPESOR DESPUES DE INMERSION e2 (mm)					ABSORCION m2 - m1 (gr)	HINCHAMIENTO e2 - e1 (mm)					ABSORCION (%)	HINCHAMIENTO (%)	PROMEDIO ABSORCION (%)	PROMEDIO HINCHAMIENTO (%)		
							e1 - 1	e1 - 2	e1 - 3	e1 - 4	$\bar{e}1$	e2 - 1	e2 - 2	e2 - 3	e2 - 4	$\bar{e}2$		h - 1	h - 2	h - 3	h - 4	\bar{h}						
B+ 0 N°1	CONTRACHAPADO	BABA NOPAL 30 DIAS	0 MESES	1	49,8	52,6	9,5	9,3	9,6	9,4	9,5	9,9	9,4	9,8	9,6	9,7	2,9	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	5,8	2,3	6,3	2,8		
B+ 0 N°2				2	50,9	53,1	9,6	9,5	9,8	9,6	9,6	9,8	9,7	9,9	9,7	9,8	2,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	4,3	1,8				
B+ 0 N°3				3	48,6	52,9	9,3	9,2	9,4	9,3	9,3	9,8	9,4	9,7	9,8	9,7	4,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,4	8,8	4,3				
B- 0 N°1		BABA NOPAL 7 DIAS		0 MESES	1	41,6	47,9	9,4	9,7	9,5	9,6	9,6	9,8	10,1	9,8	10,1	9,9	6,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	15,0	3,9	13,2	4,6	
B- 0 N°2					2	42,9	49,2	9,6	9,8	9,7	9,8	9,7	9,9	10,2	10,1	10,2	10,1	6,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	14,7	3,8			
B- 0 N°3					3	43,2	47,4	9,3	9,5	9,4	9,5	9,4	9,7	10,0	10,1	10,2	10,0	4,3	0,4	0,5	0,7	0,7	0,6	9,9	6,2			
BM 0 N°1		BARNIZ MARINO			0 MESES	1	54,8	57,9	9,3	9,4	9,3	9,3	9,3	9,6	9,4	9,6	9,5	9,5	3,1	0,3	0,0	0,3	0,2	0,2	5,7	2,3	5,7	2,1
BM 0 N°2						2	51,1	54,0	9,2	9,3	9,4	9,5	9,4	9,4	9,4	9,6	9,5	9,5	2,9	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	5,7	1,4		
BM 0 N°3						3	55,7	58,9	9,5	9,5	9,5	9,7	9,5	9,7	9,7	9,9	9,9	9,8	3,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	5,7	2,7		
B+ 6 N°1		BABA NOPAL 30 DIAS	6 MESES			1	49,3	58,5	9,8	9,5	9,4	9,7	9,6	10,2	9,6	9,7	9,8	9,8	9,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	18,6	2,3	19,2	3,1
B+ 6 N°2						2	50,4	59,0	9,9	9,7	9,6	9,8	9,8	10,2	10,0	9,8	9,9	10,0	8,5	0,3	0,4	0,3	0,1	0,3	16,9	2,6		
B+ 6 N°3						3	48,2	58,8	9,6	9,4	9,4	9,5	9,5	10,1	9,6	9,9	10,1	9,9	10,6	0,5	0,3	0,5	0,5	0,4	22,0	4,5		
B- 0 N°1		BABA NOPAL 7 DIAS		6 MESES		1	41,3	53,2	9,7	9,6	9,4	9,5	9,5	10,0	9,9	9,7	10,0	9,9	11,9	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	28,9	3,9	26,9	4,9
B- 0 N°2						2	42,5	54,6	9,8	9,7	9,6	9,7	9,7	10,1	10,1	10,0	10,1	10,1	12,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	28,6	4,0		
B- 0 N°3						3	42,8	52,7	9,5	9,4	9,3	9,4	9,4	9,9	10,2	10,0	10,1	10,0	9,9	0,4	0,8	0,7	0,7	0,6	23,2	6,8		

BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	45,4	50,2	9,7	9,6	9,7	9,6	9,7	9,8	9,8	9,8	9,9	9,8	4,8	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	10,5	1,7	11,0	2,4			
BM 0 N°2			2	46,7	51,7	9,9	9,8	9,8	9,8	9,8	9,9	10,2	10,1	10,0	10,1	5,0	0,0	0,4	0,4	0,2	0,3	10,7	2,7					
BM 0 N°3			3	44,5	49,7	9,6	9,5	9,6	9,5	9,5	9,7	9,8	9,9	9,8	9,8	5,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	11,7	2,9					
B+ 0 N°1	CONTRACHAPADO	BABA NOPAL 30 DIAS	12 MESES	1	48,9	60,9	9,3	9,6	9,4	9,5	9,4	9,8	9,7	9,6	9,6	9,7	12,0	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	24,6	2,3	25,3	3,4		
B+ 0 N°2				2	50,0	61,4	9,5	9,7	9,6	9,6	9,6	9,9	10,1	9,8	9,7	9,9	11,4	0,4	0,4	0,3	0,1	0,3	22,9	3,0				
B+ 0 N°3				3	47,8	61,3	9,2	9,4	9,3	9,3	9,3	9,8	9,7	9,7	9,8	9,8	13,5	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	28,2	5,0				
B- 0 N°1		BABA NOPAL 7 DIAS		12 MESES	1	40,9	55,4	9,5	9,7	9,5	9,4	9,5	9,8	10,1	9,8	9,9	9,9	14,5	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	35,5	3,9	33,4	5,6	
B- 0 N°2					2	42,1	56,9	9,6	9,8	9,7	9,6	9,7	10,2	10,2	10,1	10,0	10,1	14,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	35,2	4,8			
B- 0 N°3					3	42,4	54,9	9,3	9,5	9,4	9,3	9,4	10,1	10,3	10,1	10,0	10,1	12,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	29,5	8,0			
BM 0 N°1		BARNIZ MARINO			12 MESES	1	45,0	52,3	9,5	9,5	9,7	9,7	9,6	9,8	10,0	10,1	10,0	10,0	7,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	16,1	4,0	16,6	3,2
BM 0 N°2						2	46,2	53,8	9,7	9,5	9,5	9,5	9,5	9,7	10,2	9,6	9,6	9,8	7,6	0,0	0,8	0,1	0,1	0,2	16,3	2,5		
BM 0 N°3						3	44,1	51,8	9,4	9,7	9,4	9,4	9,5	9,6	9,9	9,7	9,7	9,8	7,7	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	17,4	3,1		
B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	18 MESES	1			48,3	60,8	9,3	9,3	9,3	9,4	9,3	9,6	9,8	9,7	9,7	9,7	12,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	25,9	4,0	26,5	3,6	
B+ 0 N°2			2			49,4	61,3	9,4	9,4	9,5	9,6	9,5	9,8	9,7	9,8	9,9	9,8	11,9	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	24,1	3,3			
B+ 0 N°3			3			47,2	61,2	9,1	9,1	9,2	9,3	9,2	9,5	9,4	9,5	9,6	9,5	13,9	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	29,5	3,4			
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		18 MESES	1		40,4	55,3	9,3	9,3	9,3	9,4	9,3	9,6	9,6	9,6	9,9	9,7	14,9	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	36,9	3,7	34,7	4,7	
B- 0 N°2				2		41,6	56,8	9,4	9,4	9,4	9,6	9,5	10,0	9,8	9,8	10,0	9,9	15,2	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	36,5	4,9			
B- 0 N°3				3		41,9	54,8	9,1	9,1	9,1	9,3	9,2	9,7	9,6	9,6	9,7	9,7	12,9	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	30,8	5,5			
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO			18 MESES	1	44,5	52,2	9,3	9,4	9,3	9,3	9,3	9,7	9,6	9,6	9,7	9,7	7,7	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	17,3	3,7	17,8	4,4	
BM 0 N°2					2	45,7	53,7	9,5	9,6	9,5	9,5	9,5	10,0	9,9	9,8	9,9	9,9	8,0	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	17,5	4,3			
BM 0 N°3					3	43,6	51,7	9,2	9,3	9,2	9,2	9,2	9,7	9,6	9,7	9,6	9,7	8,1	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5	18,6	5,2			

Ensayo de Absorción OSB:

B+ 0 N°1	OSB	BABA NOPAL 30 DIAS	0 MESES	1	70,5	74,0	9,5	9,8	9,7	9,3	9,5	9,6	9,9	9,8	9,4	9,7	3,5	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	4,9	1,2	4,0	2,8				
B+ 0 N°2				2	73,7	76,1	9,6	9,6	9,9	9,4	9,6	10,0	9,7	10,0	9,8	9,8	2,4	0,4	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2	3,2			2,4			
B+ 0 N°3				3	74,5	77,5	9,3	9,6	9,6	9,1	9,4	9,8	10,1	10,0	9,5	9,8	3,0	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	4,0			4,7			
B- 0 N°1		BABA NOPAL 7 DIAS		6 MESES	1	72,6	76,3	9,7	9,8	9,4	9,4	9,6	10,1	10,3	10,4	10,2	10,3	3,7	0,4	0,6	1,0	0,8	0,7	5,0	7,2	5,3	5,7			
B- 0 N°2					2	70,4	74,1	9,8	9,9	9,6	9,6	9,7	10,3	10,4	10,0	10,3	10,2	3,7	0,5	0,5	0,4	0,7	0,5	5,3	5,2					
B- 0 N°3					3	72,2	76,2	9,5	9,6	9,3	9,3	9,4	10,0	10,1	9,7	9,7	9,9	4,0	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	5,5	4,7					
BM 0 N°1		BARNIZ MARINO			12 MESES	1	72,0	73,5	9,3	9,6	9,4	9,5	9,4	9,5	9,7	9,5	9,6	9,6	1,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	2,1	1,3	2,1	2,0		
BM 0 N°2						2	72,9	74,0	9,5	9,7	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7	9,6	9,8	9,7	1,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	1,5	1,3				
BM 0 N°3						3	69,7	71,6	9,2	9,4	9,3	9,3	9,3	9,6	9,7	9,6	9,7	9,6	1,9	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	2,7	3,6				
B+ 6 N°1		BABA NOPAL 30 DIAS				6 MESES	1	70,3	74,4	9,7	9,9	9,7	10,0	9,8	10,2	10,3	10,3	10,4	10,3	4,1	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	5,8	5,1	6,3	4,7	
B+ 6 N°2							2	73,5	78,6	9,8	10,0	9,9	10,1	10,0	10,3	10,5	10,3	10,4	10,4	5,1	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	6,9	4,1			
B+ 6 N°3							3	74,3	78,8	9,5	9,7	9,6	9,8	9,7	10,0	10,2	10,1	10,2	10,1	4,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	6,1	4,9			
B- 0 N°1		BABA NOPAL 7 DIAS					6 MESES	1	72,4	78,5	9,4	9,7	9,3	9,5	9,5	9,8	10,4	10,3	10,3	10,2	6,1	0,4	0,7	1,0	0,8	0,7	8,4	7,7	7,6	5,9
B- 0 N°2								2	70,1	75,2	9,6	9,8	9,5	9,7	9,6	10,1	10,3	9,9	10,4	10,1	5,1	0,5	0,5	0,4	0,7	0,5	7,3	5,2		
B- 0 N°3								3	72,0	77,1	9,3	9,5	9,2	9,4	9,3	9,7	10,0	9,6	9,8	9,8	5,1	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	7,1	4,8		
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO	12 MESES	1					71,8	74,3	9,4	9,6	9,7	9,5	9,5	9,9	9,8	10,2	9,9	9,9	2,5	0,5	0,2	0,4	0,4	0,4	3,5	4,0	3,3	4,2	
BM 0 N°2			2					72,7	75,0	9,5	9,7	9,9	9,6	9,7	10,0	10,1	10,2	10,3	10,1	2,3	0,5	0,4	0,3	0,7	0,5	3,2	4,7			
BM 0 N°3			3					69,5	71,8	9,2	9,4	9,6	9,3	9,4	9,5	10,0	10,0	9,6	9,8	2,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	3,3	3,9			
B+ 0 N°1	OSB		BABA NOPAL 30 DIAS	12 MESES				1	70,1	76,6	9,4	9,7	9,4	9,4	9,5	9,9	10,1	10,0	10,1	10,0	6,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	9,3	5,9	7,5	5,1
B+ 0 N°2								2	73,3	77,8	9,6	9,8	9,5	9,6	9,6	10,0	10,1	9,9	10,3	10,1	4,5	0,5	0,3	0,4	0,7	0,5	6,2	4,8		
B+ 0 N°3								3	74,1	79,3	9,3	9,5	9,2	9,3	9,3	9,7	10,0	9,6	9,7	9,7	5,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	7,0	4,6		
B- 0 N°1			BABA NOPAL 7 DIAS		12 MESES			1	72,2	77,8	9,7	9,4	9,8	9,6	9,7	10,4	10,1	10,8	10,4	10,4	5,6	0,6	0,7	1,0	0,8	0,8	7,8	8,2	8,5	7,1
B- 0 N°2								2	69,9	75,8	9,9	9,6	10,0	9,8	9,8	10,4	10,3	10,6	10,5	10,5	5,9	0,5	0,8	0,7	0,7	0,7	8,4	6,7		
B- 0 N°3								3	71,8	78,5	9,6	9,3	9,7	9,5	9,5	10,1	10,3	10,1	10,0	10,1	6,7	0,5	1,1	0,4	0,5	0,6	9,3	6,3		
BM 0 N°1			BARNIZ MARINO			12 MESES		1	71,6	75,0	9,6	9,5	9,7	9,5	9,6	10,1	9,7	10,2	9,9	10,0	3,4	0,5	0,2	0,4	0,4	0,4	4,8	4,0	4,7	4,7
BM 0 N°2								2	72,5	75,8	9,7	9,6	9,9	9,7	9,7	10,2	10,1	10,3	10,3	10,2	3,3	0,5	0,4	0,4	0,7	0,5	4,6	5,2		
BM 0 N°3								3	69,3	72,6	9,4	9,3	9,6	9,4	9,4	9,9	9,8	10,0	9,8	9,9	3,2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	4,6	4,9		

B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	18 MESES	1	73,5	82,2	9,6	9,3	9,6	9,5	9,5	10,1	9,7	10,2	10,2	10,0	8,7	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	11,9	5,9	10,4	5,7
B+ 0 N°2			2	75,3	82,1	9,7	9,4	9,7	9,7	9,6	10,3	10,0	10,2	10,3	10,2	6,8	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	9,0	6,2		
B+ 0 N°3			3	71,6	79,1	9,4	9,1	9,4	9,4	9,3	9,9	9,6	9,9	9,7	9,8	7,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	10,4	5,0		
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		1	71,8	79,6	9,6	9,6	9,3	9,4	9,5	10,2	10,3	10,3	10,2	10,2	7,9	0,6	0,7	1,0	0,8	0,8	11,0	8,4	11,6	7,6
B- 0 N°2			2	72,7	80,7	9,7	9,7	9,4	9,6	9,6	10,3	10,4	10,2	10,2	10,3	8,1	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7	11,1	7,0		
B- 0 N°3			3	70,7	79,6	9,4	9,4	9,1	9,3	9,3	10,2	10,1	9,9	9,9	10,0	9,0	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	12,7	7,6		
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	69,4	75,0	9,6	9,4	9,6	9,4	9,5	10,1	9,6	10,3	9,8	9,9	5,6	0,5	0,2	0,7	0,4	0,5	8,1	4,8	7,9	5,4
BM 0 N°2			2	68,5	74,1	9,7	9,5	9,7	9,6	9,6	10,3	10,2	10,4	10,2	10,3	5,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	8,1	6,7		
BM 0 N°3			3	70,9	76,2	9,4	9,2	9,4	9,3	9,3	9,8	9,8	9,9	9,6	9,8	5,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	7,5	4,7		

Ensayo de Absorción madera natural de pino:

B+ 0 N°1	MADERA NATURAL	BABA NOPAL 30 DIAS	0 MESES	1	122,0	131,1	19,4	19,7	19,5	19,4	19,5	19,8	20,1	19,7	19,8	19,9	9,1	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	7,4	2,0	8,0	1,8																				
B+ 0 N°2				2	123,4	134,2	19,6	19,8	19,6	19,5	19,6	19,8	20,2	19,8	19,7	19,9	10,8	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	8,8	1,3																						
B+ 0 N°3				3	122,3	131,8	19,3	19,5	19,3	19,2	19,3	19,8	19,9	19,7	19,7	19,8	9,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	7,7	2,2																						
B- 0 N°1		BABA NOPAL 7 DIAS		125,1	141,7	19,3	19,4	19,5	19,5	19,4	20,0	20,2	20,1	20,1	20,1	16,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	13,2	3,5	12,9	3,0																					
B- 0 N°2																										2	124,4	137,5	19,5	19,6	19,7	19,6	19,6	19,7	20,1	20,0	19,9	19,9	13,1	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	10,5	1,7
B- 0 N°3																										3	122,2	140,4	19,2	19,3	19,4	19,3	19,3	20,0	20,1	20,1	19,8	20,0	18,2	0,8	0,8	0,7	0,5	0,7	14,9	3,7
BM 0 N°1		BARNIZ MARINO		123,9	133,2	19,6	19,4	19,6	19,3	19,5	20,0	19,6	19,9	19,8	19,8	9,3	0,4	0,1	0,4	0,4	0,3	7,5	1,7	7,7	1,6																					
BM 0 N°2																										2	123,4	134,1	19,8	19,6	19,7	19,5	19,6	19,9	19,8	20,1	19,7	19,9	10,7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	8,6	1,3
BM 0 N°3																										3	125,7	134,5	19,5	19,3	19,4	19,2	19,3	19,7	19,8	19,8	19,6	19,7	8,8	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	7,0	1,9
B+ 6 N°1		MADERA NATURAL		BABA NOPAL 30 DIAS	6 MESES	1	121,7	132,2	19,5	19,7	19,5	19,5	19,6	19,9	20,2	19,8	20,0	20,0	10,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	8,7	2,0	9,8	2,1																		
B+ 6 N°2						2	124,0	136,1	19,6	19,9	19,7	19,7	19,7	20,0	20,2	19,9	20,1	20,0	12,1	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	9,8	1,6																				
B+ 6 N°3						3	122,0	135,3	19,3	19,6	19,4	19,4	19,4	19,9	20,0	19,9	20,1	20,0	13,3	0,6	0,4	0,5	0,7	0,5	10,9	2,8																				
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		124,8	143,6		19,4	19,3	19,3	19,4	19,3	20,1	20,1	20,1	20,2	20,1	18,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	15,1	4,1	14,8	3,7																					
B- 0 N°2																										2	124,1	145,0	19,6	19,4	19,5	19,5	19,5	20,1	20,0	20,1	20,1	20,9	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	16,9	2,9	
B- 0 N°3																										3	121,8	137,1	19,3	19,1	19,2	19,2	19,2	20,1	19,9	19,9	20,0	20,0	15,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	12,6	4,2
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		123,6	133,4		19,4	19,6	19,5	19,4	19,5	19,8	19,8	19,9	19,9	19,8	9,8	0,4	0,1	0,4	0,4	0,3	8,0	1,7	10,3	2,1																					
BM 0 N°2																										2	123,1	137,2	19,6	19,8	19,7	19,6	19,7	19,9	20,0	20,0	20,0	14,1	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	11,5	1,6	
BM 0 N°3																										3	125,3	139,6	19,3	19,5	19,4	19,3	19,4	19,9	20,2	19,8	19,9	19,9	14,3	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	11,4	2,9
B+ 0 N°1	MADERA NATURAL		BABA NOPAL 30 DIAS	12 MESES		1	121,3	135,3	19,6	19,9	19,7	19,7	19,7	20,0	20,3	19,9	20,2	20,1	14,0	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	11,5	2,0	11,0	1,9																		
B+ 0 N°2						2	123,6	136,6	19,8	20,0	19,8	19,8	19,9	19,9	20,4	20,0	20,3	20,1	13,0	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	10,5	1,3																				
B+ 0 N°3						3	121,6	134,9	19,5	19,7	19,5	19,5	19,6	20,1	20,1	20,0	20,1	20,1	13,3	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	11,0	2,5																				
B- 0 N°1		BABA NOPAL 7 DIAS	124,4		144,8	19,6	19,5	19,5	19,6	19,5	20,0	19,9	19,9	20,0	19,9	20,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,4	16,4	2,1	16,8	3,5																					
B- 0 N°2																										2	123,7	148,0	19,8	19,6	19,6	19,7	19,7	20,2	20,1	20,1	20,2	20,1	24,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	19,6	2,3
B- 0 N°3																										3	121,6	139,1	19,5	19,3	19,3	19,4	19,4	20,0	19,9	19,9	19,9	19,9	17,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	14,4	2,8
BM 0 N°1		BARNIZ MARINO	123,2		129,5	19,4	19,6	19,4	19,4	19,4	19,7	19,7	19,8	19,8	19,8	6,3	0,4	0,1	0,4	0,4	0,3	5,1	1,7	5,5	1,3																					
BM 0 N°2																										2	122,7	130,4	19,5	19,7	19,6	19,5	19,6	19,8	19,8	19,9	19,9	19,8	7,7	0,3	0,0	0,3	0,3	0,2	6,3	1,2
BM 0 N°3																										3	124,9	131,1	19,2	19,4	19,3	19,2	19,3	19,4	19,5	19,5	19,6	19,5	6,2	0,2	0,0	0,2	0,3	0,2	5,0	0,9

B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	18 MESES	1	122,1	140,0	19,4	19,6	19,4	19,5	19,5	19,6	19,8	19,5	19,7	19,6	17,9	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	14,6	0,7	14,2	3,3
B+ 0 N°2			2	121,2	138,1	19,6	19,8	19,6	19,6	19,6	20,3	20,4	20,1	20,4	20,3	16,9	0,8	0,7	0,5	0,8	0,7	13,9	3,5		
B+ 0 N°3			3	123,1	140,3	19,3	19,5	19,3	19,3	19,3	20,5	20,5	20,2	20,5	20,4	17,2	1,3	1,0	0,9	1,2	1,1	14,0	5,7		
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		1	124,8	149,4	19,3	19,1	19,2	19,1	19,2	19,4	19,3	19,3	19,3	19,4	24,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	19,7	0,9	19,9	3,9
B- 0 N°2			2	125,9	154,5	19,5	19,3	19,4	19,3	19,3	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	28,6	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	22,7	3,8		
B- 0 N°3			3	123,9	145,4	19,2	19,0	19,1	19,0	19,0	20,4	20,3	20,3	20,3	20,3	21,5	1,2	1,4	1,3	1,4	1,3	17,4	6,9		
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	126,1	137,1	19,4	19,6	19,5	19,4	19,5	19,8	19,7	19,8	19,9	19,8	11,0	0,4	0,1	0,4	0,4	0,3	8,7	1,7	9,2	2,9
BM 0 N°2			2	125,1	138,3	19,6	19,7	19,6	19,6	19,6	20,2	20,1	20,2	20,3	20,2	13,2	0,6	0,4	0,6	0,7	0,6	10,6	2,9		
BM 0 N°3			3	126,1	136,7	19,3	19,4	19,3	19,3	19,3	20,1	20,1	20,2	20,2	20,1	10,6	0,8	0,6	0,9	0,9	0,8	8,4	4,2		

Ensayo de Espesor película seca:

CODIGO DE MUESTRA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE ENVEJECIMIENTO	N° DE MUESTRA	ESPESOR ANTES DEL RECUBRIENTO (µm)						ESPESOR DESPUES DEL RECUBRIENTO (µm)						DIFERENCIA e2 - e1 (µm)				PROMEDIO DIFERENCIA (µm)	VARIACION (%) ENTRE e1 y e2	PROMEDIO VARIACION (%)			
				e1 - 1	e1 - 2	e1 - 3	e1 - 4	ē1	Promedio e1	e2 - 1	e2 - 2	e2 - 3	e2 - 4	ē2			e - 1	e - 2	e - 3				e - 4		
B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	0 MESES	1	43	66	47	35	48	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
B+ 0 N°2			2	58	81	62	50	63		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		0	0
B+ 0 N°3			3	28	51	32	20	33		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		0	0
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		1	34	43	51	46	44	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
B- 0 N°2			2	49	58	66	61	58		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		0	0
B- 0 N°3			3	19	28	36	31	29		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		0	0
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	60	44	56	34	49	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
BM 0 N°2			2	75	59	71	49	63		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		0	0
BM 0 N°3			3	45	29	41	19	34		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0		0	0
B+ 6 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	6 MESES	1	49	73	53	54	57	53	51	81	55	55	61	55	2	8	2	1	3	3	4	5,0		
B+ 6 N°2			2	52	60	68	52	58		54	67	70	53	59		2	7	2	1	3		3		3	
B+ 6 N°3			3	34	58	38	39	42		37	65	40	40	45		3	7	2	1	3		8		8	
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		1	42	26	30	37	34	34	44	30	32	38	36	36	2	4	2	1	2	2	5	5,9		
B- 0 N°2			2	57	41	45	52	49		59	46	47	53	51		2	5	2	1	2		2		4	
B- 0 N°3			3	27	11	15	22	19		30	13	17	23	21		3	2	2	1	2		9		9	
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	68	64	71	56	65	59	73	71	73	57	69	62	5	7	2	1	4	4	7	5,8		
BM 0 N°2			2	59	79	65	59	65		62	88	67	61	69		3	9	2	2	4		4		4	
BM 0 N°3			3	69	49	35	29	46		73	55	37	30	49		4	6	2	1	3		6		6	

B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	12 MESES	1	61	45	49	56	53	54	67	56	70	71	66	65	2	6	2	1	3	3	3,7			
B+ 0 N°2			2	76	60	64	71	68		77	59	73	73	71		2	6	2	1	3			3	3	
B+ 0 N°3			3	46	45	34	41	42		52	68	56	56	58		3	7	2	1	3			5		
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		12 MESES	1	59	58	44	38	50	52	63	51	51	57	56	56	2	5	2	1	3	3	3,2		
B- 0 N°2				2	53	73	59	53	60		78	67	66	72	69		2	7	2	1	3			3	2
B- 0 N°3				3	63	43	62	23	48		49	50	36	42	44		2	5	2	1	3			5	
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO			12 MESES	1	65	50	69	70	63	62	62	65	46	39	53	56	3	7	2	1	3	3	4,2	
BM 0 N°2					2	75	53	71	72	68		55	81	61	55	63		2	8	2	2	3			4
BM 0 N°3					3	50	61	54	55	55		66	48	64	24	51		3	5	2	1	3			4
B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	18 MESES			1	40	60	44	48	48	48	42	67	46	49	51	51	2	7	2	1	3	3	5,7	
B+ 0 N°2					2	55	75	59	63	63		57	83	61	64	66		2	8	2	1	3			4
B+ 0 N°3					3	25	45	29	33	33		27	50	31	34	36		2	5	2	1	3			8
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS		18 MESES		1	30	13	20	10	18	25	33	15	22	11	20	27	3	2	2	1	2	2	7,8	
B- 0 N°2					2	45	28	35	25	33		47	32	37	26	35		2	4	2	1	2			4
B- 0 N°3					3	15	32	25	22	24		17	36	27	23	26		2	4	2	1	2			11
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO			18 MESES	1	69	63	70	61	66	53	72	70	72	62	69	56	3	7	2	1	3	3	4,6	
BM 0 N°2					2	57	74	60	57	62		59	82	62	59	65		2	8	2	2	3			4
BM 0 N°3					3	27	44	30	27	32		29	49	32	28	35		2	5	2	1	3			7

Ensayo de resistencia a la abrasión:

CODIGO MUESTRA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE ENVEJECIMIENTO	N° DE MUESTRA	ESPESOR RECUBRIMIENTO (μm)			VOLUMEN ARENA (lt)			RESISTENCIA A LA ABRASIÓN ($\text{lt}/\mu\text{m}$)				PROMEDIO RESISTENCIA A LAS ABRASION ($\text{lt}/\mu\text{m}$)
				área 1	área 2	área 3	vol. área 1	vol. área 2	vol. Área 3	RA área 1	RA área 2	RA área 3	$\bar{R}A$	
B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	0 MESES	1	74	68	54	88,0	30,0	30,0	1,19	0,44	0,56	0,73	0,60
B+ 0 N°2			2	61	74	38	30,0	30,0	30,0	0,49	0,41	0,79	0,56	
B+ 0 N°3			3	28	21	24	21,0	12,0	6,0	0,75	0,57	0,25	0,52	
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7DIAS		1	28	18	21	2,0	2,0	2,0	0,07	0,11	0,10	0,09	0,17
B- 0 N°2			2	28	21	14	2,2	2,8	2,0	0,08	0,13	0,14	0,12	
B- 0 N°3			3	21	14	11	6,4	5,4	2,0	0,30	0,39	0,18	0,29	
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	27	20	23	13,0	9,0	6,0	0,48	0,45	0,26	0,40	0,45
BM 0 N°2			2	17	10	10	6,0	4,2	7,0	0,35	0,42	0,70	0,49	
BM 0 N°3			3	10	13	20	6,2	4,2	9,0	0,62	0,32	0,45	0,46	
B+ 6 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	6 MESES	1	86	86	112	30,0	30,0	30,0	0,35	0,35	0,27	0,32	0,35
B+ 6 N°2			2	69	109	109	30,0	30,0	30,0	0,43	0,28	0,28	0,33	
B+ 6 N°3			3	79	72	83	30,0	30,0	30,0	0,38	0,42	0,36	0,39	
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7DIAS		1	29	36	46	1,0	4,0	2,0	0,03	0,11	0,04	0,06	0,14
B- 0 N°2			2	22	22	20	10,0	6,0	1,0	0,45	0,27	0,05	0,26	
B- 0 N°3			3	33	27	27	2,0	6,0	1,0	0,06	0,22	0,04	0,11	
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	31	22	25	11,3	7,8	6,0	0,36	0,35	0,24	0,32	0,37
BM 0 N°2			2	19	12	12	6,0	4,2	6,8	0,32	0,35	0,57	0,41	
BM 0 N°3			3	12	15	22	6,2	4,2	7,0	0,52	0,28	0,32	0,37	
B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	12 MESES	1	77	63	77	30,0	30,0	30,0	0,39	0,48	0,39	0,42	0,37
B+ 0 N°2			2	97	77	83	30,0	30,0	30,0	0,31	0,39	0,36	0,35	
B+ 0 N°3			3	113	80	87	30,0	30,0	30,0	0,27	0,38	0,34	0,33	
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7DIAS		1	20	17	37	2,0	1,0	8,0	0,10	0,06	0,22	0,13	0,21
B- 0 N°2			2	17	10	20	6,0	2,0	5,0	0,35	0,20	0,25	0,27	
B- 0 N°3			3	23	13	17	2,0	7,0	2,0	0,09	0,54	0,12	0,25	

BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	20	30	23	30,0	12,0	12,0	1,50	0,40	0,52	0,81	0,52
BM 0 N°2			2	20	30	13	6,0	15,0	9,0	0,30	0,50	0,69	0,50	
BM 0 N°3			3	27	37	27	9,0	9,0	6,0	0,33	0,24	0,22	0,27	
B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	18 MESES	1	80	77	67	24,0	30,0	22,0	0,30	0,39	0,33	0,34	0,55
B+ 0 N°2			2	63	50	50	27,0	30,0	23,0	0,43	0,60	0,46	0,50	
B+ 0 N°3			3	37	33	36	26,0	30,0	30,0	0,70	0,91	0,83	0,82	
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7DIAS	18 MESES	1	20	23	17	1,0	5,0	1,0	0,05	0,22	0,06	0,11	0,32
B- 0 N°2			2	30	23	20	8,0	18,0	2,0	0,27	0,78	0,10	0,38	
B- 0 N°3			3	17	20	27	6,0	12,0	12,0	0,35	0,60	0,44	0,47	
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO	18 MESES	1	17	20	10	6,0	15,0	9,0	0,35	0,75	0,90	0,67	0,51
BM 0 N°2			2	63	70	83	30,0	12,0	12,0	0,48	0,17	0,14	0,26	
BM 0 N°3			3	10	30	10	9,0	9,0	6,0	0,90	0,30	0,60	0,60	

Ensayo de adherencia:

CODIGO MUESTRA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE ENVEJECIMIENTO	N° DE MUESTRA	ESPESOR RECUBRIMIENTO (μm)			GRADOS DE ADHERENCIA				PROMEDIOS GRADOS DE ADHERENCIA
				área 1	área 2	área 3	área 1	área 2	área 3	PROMEDIO	
B- 0 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS	0 MESES	1	24	14	27	2	1	1	1	1
B- 0 N°2			2	25	29	32	2	2	1	2	
B- 0 N°3			3	24	21	18	1	2	1	1	
B+ 0 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS		1	71	73	93	2	1	2	2	2
B+ 0 N°2			2	83	80	57	1	2	1	1	
B+ 0 N°3			3	78	56	57	2	2	1	2	
BM 0 N°1	BARNIZ MARINO		1	27	27	33	0	0	0	0	0
BM 0 N°2			2	20	30	20	0	1	0	0	
BM 0 N°3			3	30	30	20	1	0	0	0	
B- 6 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS	6 MESES	1	10	13	13	2	2	1	2	1
B- 6 N°2			2	13	17	13	1	2	2	2	
B- 6 N°3			3	17	33	13	1	1	1	1	
B+ 6 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS		1	73	68	68	2	1	2	2	2
B+ 6 N°2			2	44	61	49	1	2	2	2	
B+ 6 N°3			3	60	80	75	2	1	1	1	
BM 6 N°1	BARNIZ MARINO		1	27	28	22	0	0	1	0	0
BM 6 N°2			2	23	13	17	0	1	0	0	
BM 6 N°3			3	20	24	18	0	0	0	0	
B- 12 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS	12 MESES	1	29	32	32	2	1	2	2	1
B- 12 N°2			2	32	36	32	1	1	1	1	
B- 12 N°3			3	36	52	32	1	2	1	1	
B+ 12 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS		1	68	63	63	2	2	1	2	2
B+ 12 N°2			2	39	56	44	1	2	2	2	
B+ 12 N°3			3	55	75	70	2	1	1	1	

BM 12 N°1	BARNIZ MARINO		1	33	33	27	0	0	1	0	0
BM 12 N°2			2	33	43	37	0	1	0	0	
BM 12 N°3			3	40	20	30	0	1	0	0	
B- 18 N°1	BABA NOPAL 7 DIAS	18 MESES	1	48	51	51	1	1	1	1	1
B- 18 N°2			2	51	55	51	1	1	2	1	
B- 18 N°3			3	55	71	51	2	1	1	1	
B+ 18 N°1	BABA NOPAL 30 DIAS	18 MESES	1	63	58	58	2	1	2	2	2
B+ 18 N°2			2	34	51	39	2	2	1	2	
B+ 18 N°3			3	50	70	65	1	2	1	1	
BM 18 N°1	BARNIZ MARINO	18 MESES	1	36	46	40	0	0	1	0	0
BM 18 N°2			2	43	23	33	0	0	0	0	
BM 18 N°3			3	51	54	54	0	1	0	0	

Anexo 2 – Rangos de calificación para el análisis de resultados.

Rangos de absorción:

ABSORCIÓN CONTRACHAPADO		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	5,7	10,5
5	10,6	14,4
4	15,3	20,2
3	20,3	25,0
2	25,1	29,8
1	29,9	34,7

ABSORCIÓN OSB		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	2,1	3,6
5	3,7	5,2
4	5,3	6,8
3	6,9	8,4
2	8,5	10,0
1	10,1	11,5

ABSORCIÓN MADERA NATURAL DE PINO		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	5,5	7,9
5	8,0	10,4
4	10,5	12,9
3	13,0	15,3
2	15,4	17,8
1	17,9	19,9

Rangos de hinchamiento:

HINCHAMIENTO CONTRACHAPADO		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	2,1	2,6
5	2,7	3,2
4	3,3	3,8
3	3,9	4,4
2	4,5	5,0
1	5,1	5,6

HINCHAMIENTO OSB		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	1,9	2,8
5	2,9	3,8
4	3,9	4,7
3	4,8	5,7
2	5,8	6,6
1	6,8	7,6

HINCHAMIENTO MADERA NATURAL DE PINO		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	1,3	1,7
5	1,8	2,1
4	2,2	2,6
3	2,7	3,0
2	3,1	3,4
1	3,5	3,9

Rangos de variación espesor película seca:

RANGOS VARIACION ESPESOR PELICULA SECA		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	0,0	1,2
5	1,3	2,5
4	2,6	3,8
3	3,9	5,2
2	5,3	6,5
1	6,6	7,8

Rangos de resistencia a la abrasión:

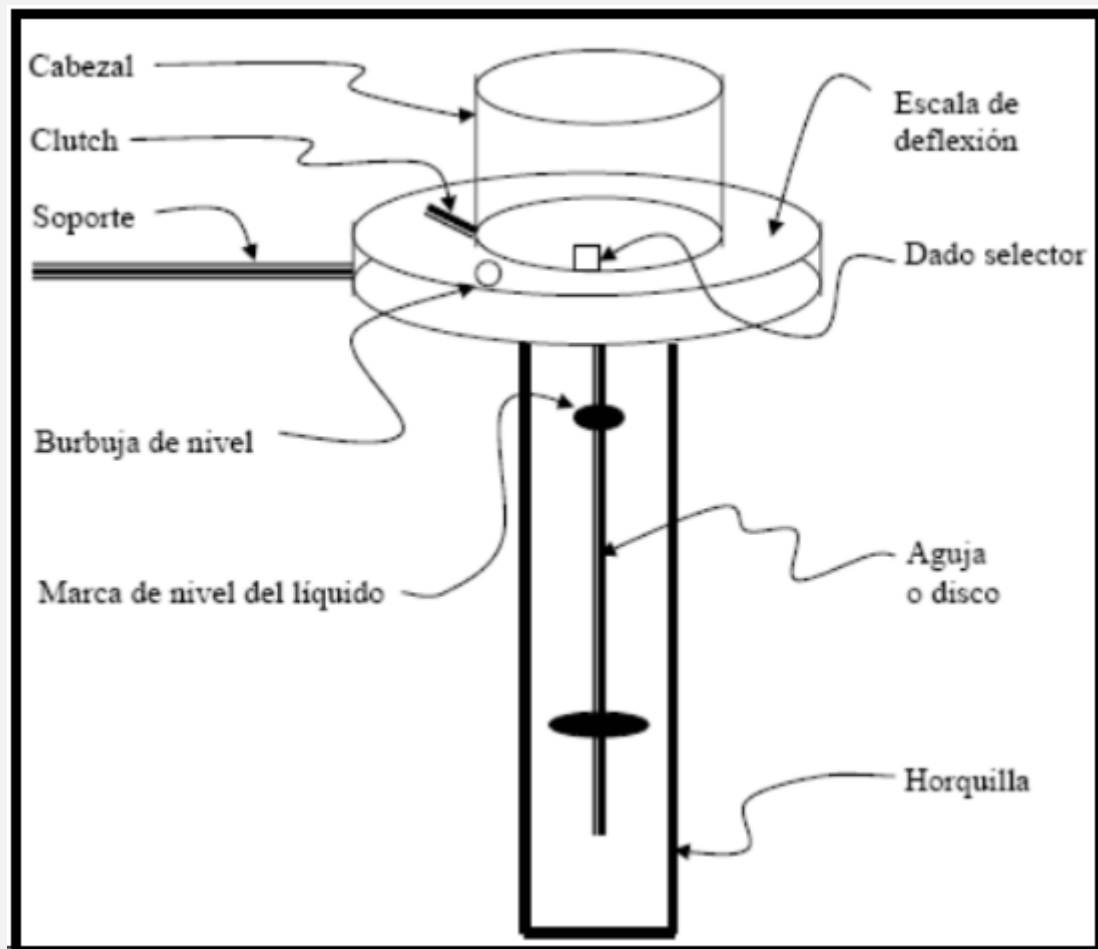
RANGOS RESISTENCIA A LA ABRASIÓN		
CALIFICACIÓN	DESDE %	HASTA %
6	0,60	0,53
5	0,52	0,45
4	0,44	0,37
3	0,36	0,30
2	0,29	0,22
1	0,21	0,14

Calificación de los grados de adherencia:

RANGO ADHERENCIA	
CALIFICACIÓN	GRADO DE ADHERENCIA
6	0
5	1
4	2
3	3
2	4
1	5

Anexo 3 – Detalle equipo y calculo viscosidad.

Detalle del viscosímetro BROOKFIELD LVDV:



Anexo 4 – Instructivo uso viscosímetro Brookfield LVDV-II

	<p>INSTRUCTIVO USO VISCOSÍMETRO DIGITAL BROOKFIELD LVDV-II LABORATORIO DE PROCESOS ESCUELA DE ALIMENTOS PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO</p>
---	--

PROCEDIMIENTO.

1. Nivelar el viscosímetro con las patas ajustables del soporte, verificar el nivel con la burbuja que se encuentra en la parte superior del equipo y conectar a la red eléctrica.
2. Retirar cualquier aguja que esté instalada previamente.

Nota 1: Al retirar o instalar un aguja se debe sujetar el eje rotacional del viscosímetro con una mano y con la otra retirar o instalar la aguja. Con esto se evitará descalibrar el equipo.

Nota 2: Siempre se debe utilizar el pie de guarda (Guard Leg) para realizar las mediciones, esta pieza asegura que en el caso de trabajar con suspensiones, las partículas no interfieran en la medición.

3. Encender la unidad, aparecerá en pantalla un mensaje, indicando retirar cualquier aguja que esté instalada previamente, presione cualquier tecla. El eje del motor comenzará a girar. En este momento el microprocesador está reconociendo “Cero esfuerzo de giro”. El procedimiento termina automáticamente después de unos segundos.
4. Esperar que la pantalla le indique que puede instalar alguna aguja, presionar ENTER, presionar cualquier tecla del panel y la pantalla mostrará las funciones normales de trabajo; viscosidad en unidades de Cp ó mPa; % de torque; Temperatura en °C o °F y la velocidad en rpm.
5. Instalar la aguja elegida en el eje del rotor. Note que tiene hilo izquierdo, sumergir primero la aguja en el fluido a analizar y luego atomillar al eje del rotor, para evitar la formación de burbujas bajo el plato de la misma (esto es principalmente para las agujas del modelo RV).



INSTRUCTIVO USO VISCOSÍMETRO DIGITAL BROOKFIELD LVDV-II
LABORATORIO DE PROCESOS
ESCUELA DE ALIMENTOS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

6. Para iniciar algún ensayo, recuerde mantener controlada la temperatura de la solución a medir y elegir la combinación **aguja/velocidad** adecuada de manera tal de obtener un valor de medición dentro del rango de lectura. Para ello si no cuenta con antecedente alguno acerca de la viscosidad de la muestra, elija del juego de agujas, la aguja de valor medio, programe un valor bajo de velocidad (1 a 20 rpm) e inicie la medición. Note que si aparece el mensaje "EEE" en pantalla, la viscosidad de la muestra excede las condiciones de aguja/velocidad elegidas, en consecuencia elija una velocidad aún menor a la programada anteriormente hasta que obtenga lectura en pantalla. Si esto no da resultado, elija una aguja de menor superficie hasta obtener algún valor.

RECOMENDACIONES GENERALES

Tipificación del Fluido: Es altamente recomendable tipificar el fluido que se está midiendo para predecir su comportamiento y saber ¿cuándo y cómo medirlos? Para ello se debe entender que los fluidos se pueden agrupar en 2 clases. Newtonianos y No-Newtonianos. Los Newtonianos son todos aquellos cuya viscosidad no se ve influenciada o no cambia notoriamente con los cambios de velocidad aplicados en la medición. Estos fluidos son los menos y corresponden generalmente a aceites, agua y siliconas. Los fluidos No-Newtonianos son todos los otros y se pueden agrupar en Fluidos "dependientes del Tiempo de medición" y "dependientes de la fuerza aplicada".

El % de torque: Es el índice de reproducibilidad de la medición. Para ensayos de



INSTRUCTIVO USO VISCOSÍMETRO DIGITAL BROOKFIELD LVDV-II
LABORATORIO DE PROCESOS
ESCUELA DE ALIMENTOS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

mediciones de desarrollo de productos, el fabricante aconseja que el torque esté entre el 50 al 100%.

Temperatura: La viscosidad varía con la temperatura, por lo que un control preciso de la temperatura de medición es imprescindible para que esta variable de medición NO afecte sus resultados.

Tamaño de Contenedor: Recuerde que el viscosímetro mide el esfuerzo de giro de la aguja sumergida en su fluido desde el borde externo de la aguja hasta el borde interno del contenedor, por lo que se aconseja definir esta distancia para mejorar la reproducibilidad de sus resultados.

Anexo 5 – Códigos y Spin del modelo viscosímetro Brookfield LVDV-II

SPINDLE	ENTRY CODE	SMC	SRC
RV1	01	1	0
RV2	02	4	0
RV3	03	10	0
RV4	04	20	0
RV5	05	40	0
RV6	06	100	0
RV7	07	400	0
HA1	01	1	0
HA2	02	4	0
HA3	03	10	0
HA4	04	20	0
HA5	05	40	0
HA6	06	100	0
HA7	07	400	0
HB1	01	1	0
HB2	02	4	0
HB3	03	10	0
HB4	04	20	0
HB5	05	40	0
HB6	06	100	0
HB7	07	400	0
LV1	61	6.4	0
LV2	62	32	0
LV3	63	128	0
LV4	64	640	0
LV5	65	1280	0
Spiral	70	105	0.677
T-A	91	20	0
T-B	92	40	0
T-C	93	100	0
T-D	94	200	0
T-E	95	500	0
T-F	96	1000	0
ULA	00	0.64	1.223
DIN-81	81	3.7	1.29
DIN-82	82	3.75	1.29
DIN-83	83	12.09	1.29
DIN-85	85	1.22	1.29
DIN-86	86	3.65	1.29
DIN-87	87	12.13	1.29

Anexo 6 – Humedad relativa y temperatura.

Registro de la humedad relativa y temperatura durante el envejecimiento

6 meses

ESPESOR Y ABRASION / ADHERENCIA		
TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)
0:00	60	21
0:30	59	22
1:00	61	22
1:30	60	22
2:00	59	22
2:30	60	23
3:00	60	23
3:30	61	23

ABSORCIÓN					
1° GRUPO			2° GRUPO		
TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)	TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)
0:00	72	20	0:00	60	20
0:30	70	20	0:30	59	20
1:00	72	21	1:00	60	21
1:30	71	22	1:30	60	20
2:00	70	21	2:00	59	20
2:30	70	20	2:30	60	22
3:00	70	20	3:00	60	22
3:30	71	21	3:30	61	21

12 meses

ESPESOR Y ABRASION / ADHERENCIA		
TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)
0:00	66	21
0:30	66	22
1:00	67	22
1:30	66	22
2:00	67	22
2:30	66	21
3:00	66	21
3:30	66	21
4:00	66	22
4:30	67	21

ABSORCIÓN					
1° GRUPO			2° GRUPO		
TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)	TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)
0:00	66	21	0:00	63	21
0:30	66	21	0:30	64	20
1:00	66	20	1:00	64	21
1:30	64	21	1:30	64	20
2:00	65	21	2:00	63	20
2:30	64	21	2:30	64	21
3:00	64	20	3:00	64	22
3:30	66	21	3:30	65	21
4:00	64	21	4:00	65	21
4:30	64	21	4:30	65	21

18 meses

ESPESOR Y ABRASION / ADHERENCIA		
TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)
0:00	56	21
0:30	56	22
1:00	56	22
1:30	57	22
2:00	58	22
2:30	58	23
3:00	58	23
3:30	57	23
4:00	56	22
4:30	57	21
5:00	57	21
5:30	57	21
6:00	57	22
6:30	58	21
7:00	58	21
7:30	58	21

ABSORCIÓN					
1° GRUPO			2° GRUPO		
TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)	TIEMPO (hr: min)	HR (%)	T° (°C)
0:00	74	20	0:00	60	20
0:30	76	20	0:30	59	20
1:00	76	21	1:00	60	21
1:30	76	22	1:30	60	20
2:00	74	21	2:00	59	20
2:30	74	20	2:30	60	22
3:00	74	20	3:00	60	22
3:30	73	21	3:30	61	21
4:00	73	17	4:00	60	20
4:30	74	17	4:30	59	20
5:00	73	18	5:00	60	21
5:30	74	18	5:30	60	20
6:00	74	18	6:00	59	20
6:30	74	19	6:30	60	22
7:00	73	20	7:00	60	22
7:30	73	20	7:30	61	21

Anexo 7 – Herramienta de corte en ensayo de adherencia y tabla de clasificación según NCh 2220 Of92

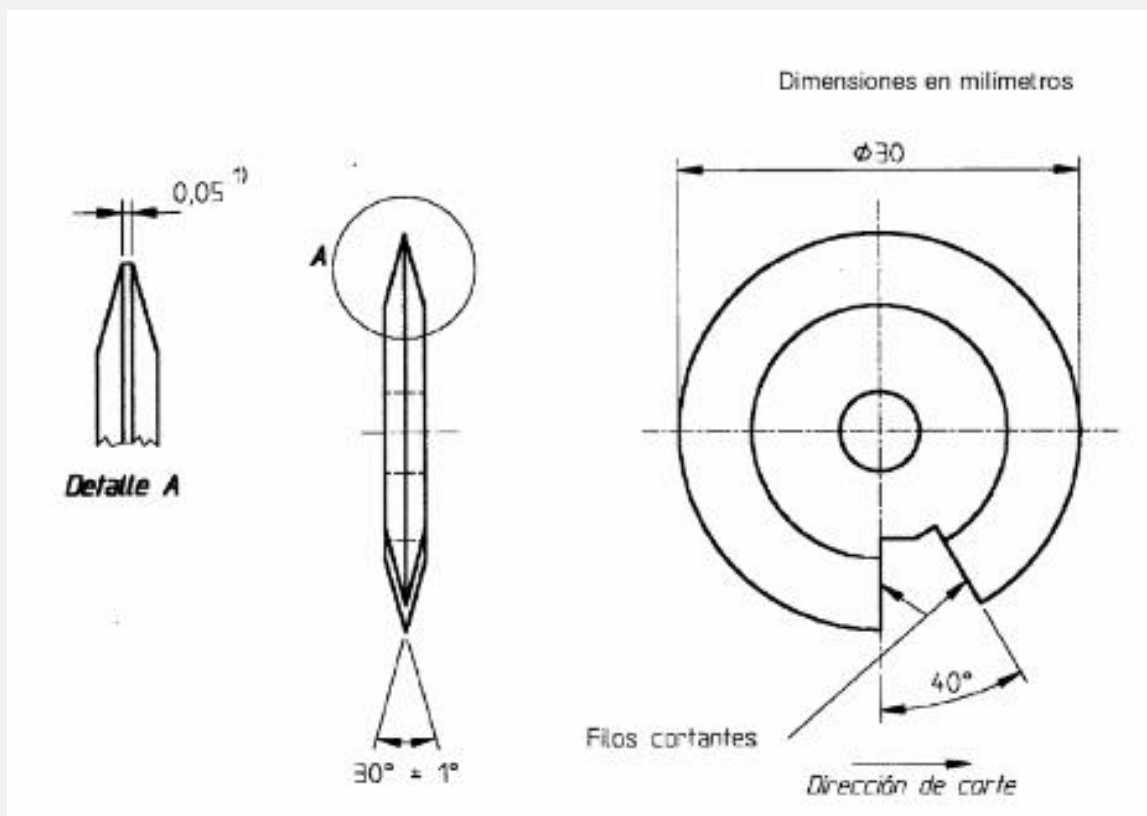
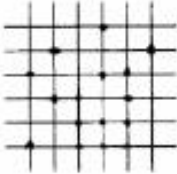
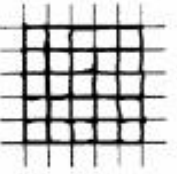
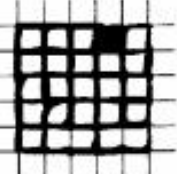
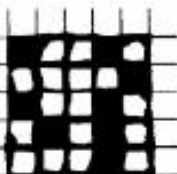


Tabla de clasificación de los resultados del ensayo

Clasificación	Descripción	Apariencia de la superficie cuadriculada en la cual se produce un descascarillamiento (ejemplo para seis incisiones paralelas)
0	Los bordes de las incisiones son completamente lisos; ninguno de los cuadrados de la red se ha despegado.	
1	Desprendimiento de pequeñas escamas del revestimiento en las intersecciones de las incisiones que afecta aproximadamente el 5% de la parte cuadriculada.	
2	El revestimiento se ha desprendido en los bordes y/o en las intersecciones de las incisiones y afecta claramente más del 5% hasta aproximadamente el 15% de la parte cuadriculada.	
3	El revestimiento se ha desprendido en parte o totalmente a lo largo del borde de las incisiones, como largas cintas y/o en diversas partes del cuadrículado, y afecta claramente más del 15% hasta aproximadamente el 35% de la parte cuadriculada.	
4	El revestimiento se ha desprendido a lo largo del borde de las incisiones como largas cintas y/o se han desprendido algunos cuadrados parcial o totalmente, y afecta claramente más de 35% hasta aproximadamente el 65% de la parte cuadriculada.	
5	Cualquier grado de descascarillamiento que no pueda ser clasificado según la clasificación 4.	

Anexo 8 – Aparato de abrasión según NCh 1008 of89

Dimensiones en centímetros

