

# TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	1
TABLA DE CONTENIDOS.....	3
LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE TABLAS.....	10
INTRODUCCIÓN .....	13
Problema .....	14
Objetivos de investigación.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos .....	15
<b>CAPITULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
1. Sostenibilidad y materiales.....	19
1.1 Desarrollo sostenible y el uso eficiente de los recursos .....	19
1.1.1 Ecología industrial para la disminución del impacto ambiental de los procesos productivos .....	20
1.1.2 Economía circular para la valorización de los residuos.....	21
1.1.3 Diseño para el medio ambiente.....	22
1.2 Criterios para diseñar un material de bajo impacto ambiental .....	22
1.2.1 Fuentes de recursos renovables .....	23
1.2.2 Recursos locales.....	23
1.2.3 Bajo impacto en la salud humana.....	23
1.2.4 Durabilidad .....	23
1.2.5 Eficiencia energética.....	23
1.2.6 Reciclaje.....	23
1.2.7 Biodegradabilidad .....	24
2. Carozo de durazno como materia prima.....	25
2.1 Industria frutícola en Chile .....	25
2.1.1 Procesadoras de durazno en conserva.....	27
2.2 El durazno y su carozo .....	27
2.2.1 Durazno ( <i>Prunus persica</i> ) .....	27

2.2.2	Carozo de durazno.....	28
2.3	Carozo de durazno: de residuo a materia prima.....	29
3.	Materiales compuestos basados en residuos lignocelulósicos.....	31
3.1	Materiales compuestos.....	31
3.2	Materiales compuestos basados en residuos lignocelulósicos: tallos y frutos.....	32
3.2.1	Materiales basados en residuos procedentes de tallos de plantas.....	33
3.2.2	Materiales basados en residuos procedentes de frutos.....	36
3.2.3	Materiales basados en carozo de durazno.....	38
3.2.4	Conclusiones de la revisión de referentes.....	39
3.4	Aglutinantes apropiados para refuerzo de partículas de carozo de durazno.....	40
3.4.1	Aglutinantes tradicionales para refuerzo lignocelulósico.....	41
3.4.2	Aglutinantes de bajo impacto ambiental para refuerzo lignocelulósico.....	41
4.	Nuevos materiales y el diseño.....	43
4.1	Valor percibido de un material.....	44
4.2	Diseño para la sostenibilidad.....	44
	<b>CAPITULO 2: MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
1.	Diseño del material compuesto basado en carozo de durazno.....	49
1.2	Definición del aglutinante mediante la fabricación experimental de muestras.....	50
1.1.1	Preparación y análisis de partículas de carozo de durazno.....	51
1.1.2	Fabricación de muestras del material compuesto con distintos aglutinantes.....	53
1.1.3	Evaluación de muestras y selección de aglutinante definitivo.....	57
1.2	Definición de proporción de la mezcla del aglomerado de carozo de durazno.....	58
1.2.1	Procesamiento y caracterización de partículas carozos de durazno.....	59
1.2.2	Fabricación de muestras del material compuesto con dos proporciones de aglutinante.....	61
1.2.3	Evaluación de propiedades fisico-mecánicas.....	64
1.2.3.1	Determinación de la densidad.....	64
1.2.3.2	Determinación del contenido de humedad.....	65
1.2.3.3	Ensayo de absorción de agua e hinchamiento.....	65
1.2.3.4	Ensayo de resistencia a la flexión.....	66
1.2.3.5	Determinación de resistencia a la tracción perpendicular.....	67
1.2.3.6	Ensayo de compresión perpendicular.....	68
2.	Caracterización del material compuesto basado en carozo de durazno.....	69
2.1	Análisis de propiedades fisicomecánicas del aglomerado de carozo.....	70

2.1.2	Materiales similares: análisis comparativo de propiedades fisicomecánicas.	70
2.2	Evaluación de resistencia a agentes externos	71
2.2.1	Ensayo de resistencia a las termitas	71
2.2.2	Exposición a rayos UV	74
2.2.3	Exposición a humedad	75
2.3	Evaluación de trabajabilidad	76
2.3.1	Pruebas de mecanizado	76
2.3.2	Prueba de moldeado	80
2.3.3	Prueba de teñido de partículas de carozo	81
2.4	Evaluación de propiedades perceptuales	82
2.4.1	Diferencial Semántico	82
3.	Validación del material: Exploración de aplicaciones	84
3.1	Generación de propuestas de aplicación del aglomerado de carozo	85
3.1.1	Síntesis del material: Mapa mental	85
3.1.2	Generación de propuestas: Lluvia de ideas cuantitativa	85
3.1.3	Evaluación y selección de ideas: matriz de Pugh	86
3.2	Desarrollo y prototipado de propuestas de aplicación	87
3.2.1	Propuesta de macetero y la permeabilidad del material	87
3.2.2	La resistencia del material en un asiento	89
3.2.2	El aglomerado de carozo puede ser traslúcido	94
	<b>CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>99</b>
1.	Diseño del material compuesto basado en carozo de durazno	101
1.1	Definición del aglutinante mediante la fabricación experimental de muestras	101
1.1.1	Densidad de partículas	101
1.2.2	Muestras del material compuesto con distintos aglutinantes	102
1.2.3	Selección de aglutinante	103
1.2	Definición de proporciones de la mezcla	104
1.2.1	Distribución del tamaño de partícula	104
1.2.2	Muestras de material aglomerado de carozo y poliuretano basado en aceite de ricino	105
1.2.3	Propiedades físico-mecánicas y selección de mezcla	107
1.2.3.1	Densidad	108
1.2.3.2	Contenido de humedad	109
1.2.3.3	Absorción de agua e hinchamiento	110

1.2.3.4	Flexión.....	112
1.2.3.5	Cohesión interna (IB).....	114
1.2.3.6	Compresión.....	115
1.2.3.7	Selección de la proporción de la mezcla.....	117
2.	Caracterización del material compuesto.....	118
2.1	Análisis de propiedades físico-mecánicas del aglomerado de carozo.....	118
2.1.1	Análisis comparativo: Materiales similares.....	118
2.2	Resistencia a agentes externos.....	121
2.2.1	Resistencia a termitas subterráneas.....	121
2.2.2	Resistencia a rayos UV.....	123
2.2.3	Resistencia en exposición a tierra húmeda.....	124
2.3	Trabajabilidad.....	125
2.3.1	Mecanizado.....	125
2.3.2	Moldeado.....	127
2.3.3	Teñido del carozo.....	128
2.4	Propiedades perceptuales del material.....	129
2.4	Ficha de caracterización del material diseñado.....	131
3.	Validación del material: Exploración de aplicaciones.....	132
3.1	Selección de propuestas de aplicación del aglomerado de carozo.....	132
3.1.1	Propuestas de aplicación.....	132
3.1.2	Selección de propuestas.....	133
3.2	Presentación de propuestas y prototipado.....	133
3.2.1	Macetero permeable YAFÜN.....	133
3.2.2	Taburete YAFÜN.....	135
3.2.3	Luminaria de interior.....	136
	<b>CONCLUSIONES Y PROYECCIONES.....</b>	<b>138</b>
	<b>LISTA DE REFERENCIAS.....</b>	<b>139</b>

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desarrollo sostenible.....	19
Figura 2: Esquema Economía lineal y Economía circular.....	20
Figura 3: Etapas del ciclo de vida del producto.....	22
Figura 4: Producción anual de duraznos en Chile.....	25
Figura 5: Producción de durazno tipo conservero v/s durazno consumo fresco.....	26
Figura 6: Diagrama de economía circular para la valoración del carozo de durazno.....	30
Figura 7: Envases, paneles y láminas hechos de residuo agrícola.....	33
Figura 8: Paneles Strawave.....	34
Figura 9: paneles Trashell.....	34
Figura 10: Panel Nova Lignum de Ceranex.....	35
Figura 11: Carcasa para celular por Organika Cases, carteras y monederos por Dot Design, packaging para botella de vino por WILDSPIITZE y la silla “europa 2” por OWI.....	35
Figura 12: Cubierta para muebles Nuxite.....	36
Figura 13: Prototipos de material basado en cáscara de nuez.....	36
Figura 14: Muestras de paneles de partículas sostenibles.....	37
Figura 15: Muestra de panel decorativo con carozo de ciruela.....	37
Figura 16: Muestra de compuesto basado en carozo de durazno y polipropileno.....	38
Figura 17: Diagrama de etapa experimental 1.1 de determinación de aglutinante.....	50
Figura 18: Limpieza (a.) y secado (b.) de carozos de durazno.....	51
Figura 19: Molino marca Corona para molido utilizado en molienda de carozos.....	51
Figura 20: a. Tamices de 10 y 14 mesh, b. Proceso de tamizado de carozo molido.....	52
Figura 21: Estufa marca Binder utilizada para secar el carozo particulado.....	52
Figura 22: Aglutinantes alternativos, a. Acetato de polivinilo, b. poliuretano basado en aceite de ricino.....	53
Figura 23: Aglutinantes convencionales, a. Urea formaldehído, b. Melanina urea formaldehído, c. Fenol formaldehído.....	53
Figura 24: Balanza de precisión marca KERN modelo FKB.....	54
Figura 25: Dilución de aglutinante MUF en agua.....	54
Figura 26: Premezclado de poliol e isocianato.....	55
Figura 27: Mezcla de carozo de durazno particulado con aglutinante PVA.....	55
Figura 28: a. Molde con teflón, b. Prensado en estufa.....	56
Figura 29: Muestras desmoldadas.....	57

Figura 30: Diagrama etapa experimental 1.2 de determinación de la proporción de la mezcla.....	58
Figura 31: Molino de cuchillos Ming Lee modelo ML-SC.....	59
Figura 32: Tamices de 10, 40, 60, y 100 mesh.....	59
Figura 33: a. Estufa marca Binder, b. Bandeja con carozo particulado.....	60
Figura 34: termobalanza marca Precisa modelo XM 60.....	60
Figura 35: a. Pesaje de isocianato, b. Mezcla carozo y poliuretano.....	62
Figura 36: Placa aluminio con teflón y marco metálico con mezcla pre prensada.....	62
Figura 37: Montaje de muestra en prensa hidráulica marca Dumont modelo 250T.....	63
Figura 38: Sierra radial de banco marca DeWALT de 2800 RPM.....	63
Figura 39: Probetas clasificadas para ensayos físico-mecánicos.....	63
Figura 40: Estufa marca Binder empleada en ensayo de determinación de humedad.....	65
Figura 41: Probetas sumergidas en agua durante 24 horas.....	65
Figura 42: Probeta en ensayo de flexión.....	66
Figura 43: a. Probeta ensamblada, b. Probeta fracturada.....	67
Figura 44: Máquina de ensayo universal Instron ejecutando ensayo de tracción.....	67
Figura 45: a. Ensayo de compresión, b. Probeta en compresión.....	68
Figura 46: Pantalla de selección de CES EduPack.....	70
Figura 47: Termitas <i>reticulitermes flavipes kollari</i> . a. Colonia de termitas, b. Obrero, c. Soldado, d. Ninfa.....	71
Figura 48: Autoclave marca Baird & Tatlock para esterilizar frascos con arena de cuarzo.....	71
Figura 49: Preparación ensayo termitas.....	72
Figura 50: Muestras expuestas a rayos UV.....	74
Figura 51: Probetas sobre tierra húmeda.....	75
Figura 52: a. Sierra ingletadora marca Makita, b. Disco de corte.....	77
Figura 53: Probetas cortadas con sierra huincha e ingletadora.....	77
Figura 54: Sierra de huincha marca Itaka.....	77
Figura 55: Probetas de perforado.....	78
Figura 56: a. Perforado con taladro pedestal marca BMI, b. Broca para madera N°7.....	78
Figura 57: Probetas B y C prueba de lijado.....	79
Figura 58: Molde media esfera.....	80
Figura 59: Molde doble curvatura.....	80
Figura 60: Proceso de pigmentación de partículas de carozo de durazno.....	81
Figura 61: Diferencial Semántico.....	82
Figura 62: Pre-proceso de diseño.....	85

Figura 63: Demostración de permeabilidad al agua del aglomerado de carozo de durazno. ....	87
Figura 64: Molde maceta y su despiece. ....	88
Figura 65: Desmoldaje de la pieza macetero. ....	88
Figura 66: Génesis formal Taburete 1. ....	89
Figura 67: Génesis formal Taburete 2. ....	90
Figura 68: Génesis formal Taburete 3. ....	90
Figura 69: Modelo y medidas superficie del taburete. ....	91
Figura 70: Génesis formal final Taburete. ....	91
Figura 71: Modelo 3D del molde asiento taburete. ....	92
Figura 72: Molde fabricado con router CNC. ....	92
Figura 73: Proceso de moldeo de asiento de aglomerado de carozo de durazno. ....	93
Figura 74: Desmolde de asiento taburete. ....	93
Figura 75: Probeta lámina curvada en cilindro. ....	94
Figura 76: Génesis formal luminaria de interior 1. ....	95
Figura 77: Génesis formal luminaria interior 2. ....	96
Figura 78: Modelo 3D luminaria sobre mesa. ....	97
Figura 79: Molde de base de luminaria. ....	97
Figura 80: Partículas de carozo de 10-40 mesh y 12-14 mesh. ....	101
Figura 81: Muestras fabricadas con distintos aglutinantes. ....	102
Figura 82: Distribución del tamaño de partículas de 100 g de carozo de durazno triturado en molino industrial Ming Lee. ....	104
Figura 83: Muestras obtenidas del proceso de prensado en prensa de platos calientes Dumont. ....	106
Figura 84: Gráfico densidad de muestras A, B y M con desviación estándar. ....	108
Figura 85: Contenido de humedad en base seca con desviación estándar. ....	109
Figura 86: Gráfico de hinchamiento. ....	111
Figura 87: Gráfico de absorción de agua. ....	111
Figura 88: Gráfico MOR en flexión con desviación estándar. ....	113
Figura 89: Gráfico MOE en flexión con desviación estándar. ....	113
Figura 90: Gráfico de Esfuerzo de fluencia en flexión con desviación estándar. ....	113
Figura 91: Gráfico de resistencia a la tracción con desviación estándar. ....	114
Figura 92: Gráfico resistencia a la compresión (MOR) con desviación estándar. ....	116
Figura 93: Gráfico de esfuerzo de fluencia en compresión con desviación estándar. ....	116
Figura 94: Gráfico módulo de elasticidad en compresión con desviación estándar. ....	116
Figura 95: Materiales similares al aglomerado de carozo de durazno respecto del universo de materiales. ....	120

Figura 96: Muestras al término de ensayo con termitas.....	121
Figura 97: Gráfico de pérdida de peso en probetas.....	122
Figura 98: Probetas expuestas al sol en la intemperie.....	123
Figura 99: Probetas colocadas sobre tierra húmeda.....	124
Figura 100: Resultados proceso de moldeado. a. Doble curvatura, b. Semiesfera.....	127
Figura 101: Partículas de carozo teñidas.....	128
Figura 102: Gráfico de resultados Diferencial Semántico - Totales.....	129
Figura 103: Gráfico resultados Diferencial Semántico por Grupo.....	130
Figura 104: Propuestas de aplicación por categorías.....	132
Figura 105: Macetero permeable YAFÜN.....	134
Figura 106: Taburete YAFÜN.....	135
Figura 107: Luminaria interior YAFÜN.....	136

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Resumen métodos de investigación.....	16
Tabla 2: Resumen de criterios de diseño de un material de bajo impacto ambiental.....	24
Tabla 3: Producción anual de duraznos en Chile por región.....	26
Tabla 4: Composición elemental carozo de durazno y pino radiata.....	28
Tabla 5: Composición química del carozo de durazno y el pino radiata.....	28
Tabla 6: Resumen de materiales basados en residuos lignocelulósicos: del tallo y fruto.....	39
Tabla 7: Comparación de aglomerantes alternativos seleccionados para la etapa experimental con la Urea formaldehído.....	42
Tabla 8: Pautas de diseño para mejorar la vida útil de los materiales.....	45
Tabla 9: Métodos etapa 1.....	49
Tabla 10: Proporciones de aglutinante y carozos de durazno.....	54
Tabla 11: Resumen de formulación de mezclas.....	61
Tabla 12: Muestras sometidas a ensayos fisico-mecánicos.....	64
Tabla 13: Métodos etapa 2.....	69
Tabla 14: Escala de evaluación según nivel de ataque de termitas.....	73
Tabla 15: Calificación de defectos en mecanizado.....	76



Tabla 16: Método etapa 3 .....	84
Tabla 17: Forma matriz de Pugh.....	86
Tabla 18: Resultados de densidad de partículas de carozo.....	101
Tabla 19: Comparación de muestras con distintos aglutinantes.....	103
Tabla 20: Distribución del tamaño de partículas de 100 g de carozo.....	104
Tabla 21: Muestras con 5% y 10% de aglutinante poliuretano.....	105
Tabla 22: Resumen resultados propiedades fisico-mecánicas.....	107
Tabla 23: Resultados ensayo de determinación de densidad.....	108
Tabla 24: Resultados de contenido de humedad en base seca.....	109
Tabla 25: Resultados de absorción de agua e hinchamiento.....	110
Tabla 26: Resultados ensayo de flexión.....	112
Tabla 27: Resultado ensayo cohesión interna (IB).....	114
Tabla 28: Resultados ensayo de compresión.....	115
Tabla 29: Comparación de muestras A y B y selección.....	117
Tabla 31: Materiales con propiedades fisico-mecánicas similares al aglomerado de carozo de durazno.....	119
Tabla 32: Resultados ensayo de resistencia a las termitas.....	122
Tabla 33: Resultados pruebas de corte.....	125
Tabla 34: Resultados prueba de lijado.....	126
Tabla 35: Resultados prueba de perforado.....	126
Tabla 36: Ficha de caracterización del material diseñado.....	131