

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	11
1.1	ESTADO DEL ARTE	12
1.1.1	<i>Zonas Verdes en Santiago de Chile</i>	12
1.1.1.1	Ciruelo de flor (<i>Prunus cerasifera</i>)	12
1.1.1.2	Robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	13
1.1.1.3	Acer (<i>Acer negundo</i>)	13
1.1.1.4	Otras especies de arboles	14
1.1.2	<i>Análisis de diferentes alternativas en el mercado</i>	14
1.1.2.1	Alternativas de mayor capacidad	14
1.1.2.2	Alternativas de menor capacidad	15
1.1.2.3	Otras variantes	16
1.1.3	<i>Análisis de las alternativas</i>	17
1.1.4	<i>Manejo de residuos de poda</i>	18
1.1.4.1	Maquinaria para el triturado de residuos de poda	18
1.1.4.2	Procesos de triturado de residuos de poda	19
1.1.5	<i>Posibles usos del material recolectado</i>	20
1.1.5.1	Introducción al compostaje de materia orgánica	21
1.1.6	<i>Justificación del problema</i>	22
1.1.6.1	Equipos de jardinería y mantenimiento de jardines	22
1.1.6.1.1	Oportunidad de mercado	23
1.1.6.2	Viveros, huertos y generación de compostaje	23
1.1.6.2.1	Oportunidad de mercado	24
1.1.6.3	Empresas agrícolas	24
1.1.6.3.1	Oportunidades de mercado	25
1.1.6.4	Clubes de deporte y recreación	25
1.1.6.4.1	Oportunidades de mercado	26
1.1.6.5	Resumen de la justificación del problema	26
1.1.6.6	Conclusión de los posibles interesados	27
1.2	OBJETIVOS	28
1.2.1	<i>Objetivo General</i>	28
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	28
1.3	ALCANCES Y LIMITACIONES	28
1.4	METODOLOGÍA	29
1.4.1	<i>Investigación y justificación del problema</i>	29
1.4.2	<i>Diseño del prototipo</i>	30
1.4.3	<i>Simulación del funcionamiento</i>	31
1.4.4	<i>Aspectos técnicos</i>	32
1.5	RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS	32
2	RECOLECTOR Y TRITURADOR DE FOLLAJE DESPRENDIDO	34
2.1	MARCO TEÓRICO	34
2.1.1	<i>Principio general del proyecto</i>	34
2.1.1.1	Impulso de una fuerza	34

2.1.1.2	Cantidad de movimiento.....	34
2.1.1.3	Conservación de la cantidad de movimiento.....	35
2.1.2	<i>Clasificación de los turbocompresores (TC)</i>	35
2.1.3	<i>Descripción de un turbocompresor centrífugo</i>	36
2.1.4	<i>Selección del ángulo de salida de los álabes β_2</i>	38
2.1.5	<i>Diseño de turbocompresores radiales</i>	40
2.1.5.1	Selección del número de revoluciones	41
2.1.5.2	Cálculo de dimensiones especiales.....	42
2.1.5.2.1	Criterios previos para la estimación de u_{max} y β_2	42
2.1.5.2.2	Estimación de β_2 , u_2 , y d_1d_2	43
2.1.5.2.3	Triángulos de salida y de entrada del rotor.....	44
2.1.5.2.4	Anchos a la entrada y salida del rotor.....	45
2.1.5.2.5	Diámetro del eje d_e , diámetro del cubo d_c y diámetro de la boca del rotor d_a	46
2.1.5.3	Número y trazado de los alabes.....	46
2.1.6	<i>Principios físicos para el análisis de las simulaciones</i>	47
2.1.6.1	Deformación de los metales	47
2.1.6.2	Ley de Hooke.....	48
2.2	PROPUESTAS DE DISEÑO PARA EL PROTOTIPO	49
2.3	VARIABLES QUE DEFINEN EL DISEÑO	49
2.3.1	<i>Versatilidad</i>	49
2.3.2	<i>Peso</i>	49
2.3.3	<i>Capacidad</i>	50
2.3.4	<i>Precio</i>	51
2.3.5	<i>Ruido</i>	51
2.4	GRADO DE RELEVANCIA DE LAS VARIABLES DE DISEÑO	51
2.5	ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS.....	53
2.6	BOSQUEJO DE DISEÑO	55
2.7	DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES	56
2.7.1	<i>Dimensionamiento del sistema de propulsión</i>	56
2.7.1.1	Opciones de motorización	56
2.7.1.2	Selección del embrague.....	59
2.7.1.3	Dimensionamiento del eje de transmisión.....	61
2.7.2	<i>Dimensionamiento del sistema de succión y triturado</i>	62
2.7.2.1	Diseño del rotor de succión y triturado	62
2.7.2.2	Diseño de la carcasa del rotor.....	69
2.7.2.3	Diseño del tubo de succión.....	71
2.7.2.4	Diseño del control de funcionamiento.....	74
2.7.3	<i>Dimensionamiento del contenedor de almacenamiento</i>	75
2.7.3.1	Posibles distribuidores de bolsas	76
2.7.4	<i>Dimensionamiento de la estructura</i>	77
3	DISEÑO EN SOFTWARE CAD	81
3.1	DISEÑO DEL EJE	81
3.2	DISEÑO DEL ROTOR DE SUCCIÓN Y TRITURADO.....	81

3.3	DISEÑO DE LA CAPSULA DEL ROTOR	82
3.4	ENSAMBLE DEL ROTOR DE SUCCIÓN	83
3.5	DISEÑO DE LA MANGUERA DE SUCCIÓN	84
3.6	DISEÑO DE LAS BASES PARA EL CONTENEDOR DE ALMACENAMIENTO	84
3.7	DISEÑO DE LA BASE PRINCIPAL	86
3.8	ENSAMBLE TOTAL	87
4	SIMULACIÓN.....	88
4.1	SIMULACIÓN MECÁNICA DEL SISTEMA DE SUCCIÓN Y TRITURADO	91
4.1.1	<i>Parámetros iniciales de simulación</i>	91
4.1.2	<i>Resultados de la simulación</i>	92
4.1.3	<i>Análisis de los resultados</i>	94
4.2	SIMULACIÓN CFD DEL SISTEMA DE SUCCIÓN Y TRITURADO	96
4.2.1	<i>Parámetros iniciales de simulación</i>	96
4.2.2	<i>Resultados y análisis de la simulación</i>	97
4.2.3	<i>Conclusión de la simulación CFD</i>	99
4.3	SIMULACIÓN DE ESFUERZOS MECÁNICOS DE LA BASE DEL PROTOTIPO	99
4.3.1	<i>Parámetros iniciales de simulación</i>	99
4.3.2	<i>Resultados de la simulación</i>	100
4.3.3	<i>Análisis de los resultados</i>	101
5	MANUAL DEL FABRICANTE	103
5.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROTOTIPO	103
5.2	GUÍA DE USO DEL PROTOTIPO	103
5.3	MANTENIMIENTO TÉCNICO	104
6	CONCLUSIONES	105
6.1	CONCLUSIONES GENERALES	105
6.2	TRABAJOS FUTUROS	106
7	BIBLIOGRAFÍA	108
8	ANEXOS	111
8.1	ALTERNATIVAS DEL MERCADO.....	111
8.1.1	<i>Alternativas de mayor capacidad</i>	111
8.1.2	<i>Alternativas de menor capacidad</i>	112
8.1.3	<i>Otras alternativas</i>	114
8.1.4	<i>Maquinaria para el triturado de residuos de poda</i>	115
8.2	ENCUESTAS A POSIBLES INTERESADOS	116
8.3	PROPUESTAS DE DISEÑO PARA EL PROTOTIPO	117
8.3.1	<i>Primera propuesta</i>	117
8.3.2	<i>Segunda propuesta</i>	118
8.3.3	<i>Tercera propuesta</i>	119
8.3.4	<i>Cuarta propuesta</i>	119
8.4	BOSQUEJO DE DISEÑO	119
8.5	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN.....	122

8.6	DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE TRANSMISIÓN	124
8.7	ANILLOS SEEGER PARA EJES	128
8.8	FICHA TÉCNICA STIHL SH86 C-E	129
8.9	MEMORIA DE CÁLCULO DEL ROTOR DE SUCCIÓN Y TRITURADO	129
8.10	PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL AIRE A BAJA PRESIÓN	145
8.11	TABLA DE RODAMIENTOS	146
8.12	CÁLCULO DE AGUJEROS DE LA BASE DEL MOTOR.....	147
8.13	INFORMACIÓN TÉCNICA Y DE USO DEL PROTOTIPO.....	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Corte meridional de un TC a) radial b) diagonal c) axial. 36

Figura 2. Tipos de rodetes: a) abierto; b) semiabierto de simple aspiración; c) semiabierto de doble aspiración; d) cerrado..... 36

Figura 3. Rotor de un TC con alabes: a) curvados hacia atrás; b) curvados hacia adelante; c) de salida radial, con el triángulo de velocidad de salida en cada caso. 37

Figura 4. TC radial de álabes curvados hacia atrás: a) corte transversal; b) corte meridional. 38

Figura 5. Valores máximos y mínimos del ángulo β_2 39

Figura 6. Dimensiones principales de un rodetes de TC radial: a) corte meridional; b) corte transversal. 41

Figura 7. Diagrama de Eckert para la estimación de las dimensiones principales de un TC radial. 43

Figura 8. Número de álabes z de un TC radial en función del ángulo medio de los álabes. 47

Figura 9. Tipos de deformación en un metal. 48

Figura 10. Boceto del prototipo vista 1. 55

Figura 11. Motor Honda GX 50. 59

Figura 12. Despiece de la campana del embrague de la desbrozadora UMK435. 60

Figura 13. Diagrama de las medidas de un rotor. 67

Figura 14. Medidas para el cálculo de la geometría de la carcasa del rotor. 70

Figura 15. Triángulo de inclinación de la manguera de succión. 73

Figura 16. Despiece del manillar y comando del acelerador del motor. 74

Figura 17. Medidas del motor Honda GX50 desde la vista frontal. 78

Figura 18. Medidas del motor Honda GX50 desde la vista lateral. 79

Figura 19. Straps de la sopladora de hojas RedMax EBZ7500. 80

Figura 20. Diseño 3D del eje de torsión. 81

Figura 21. Ensamble del rotor de succión y triturado. 82

Figura 22. Cápsula del rotor de succión. 83

Figura 23. Tapa de la cápsula del rotor. 83

Figura 24. Ensamble del rotor de succión y de la cápsula. 84

Figura 25. Ensamble de la manguera de succión. 84

Figura 26. Argolla que sostiene el contenedor de almacenamiento. 85

Figura 27. Enganche del contenedor de almacenamiento a la salida de la carcasa del rotor. 85

Figura 28. Base inferior del prototipo. 86

Figura 29. Estructura de la base del prototipo. 86

Figura 30. Perspectiva lateral del ensamble total del prototipo. 87

Figura 31. Gráfico de las curvas de deformación de distintos materiales. 91

Figura 32. Parámetros de la simulación de esfuerzos y deformación del rotor de succión. 92

Figura 33. Deformación resultante de la simulación utilizando acero 1020. 92

Figura 34. Deformación resultante de la simulación utilizando aluminio 2024. 93

Figura 35. Esfuerzo normal resultante de la simulación utilizando acero 1020. 93

Figura 36. Esfuerzo normal resultante de la simulación utilizando aluminio 2024. 94

Figura 37. Relación de deformación y esfuerzo normal para la simulación del rotor de succión y triturado utilizando acero 1020. 94

Figura 38. Relación de deformación y esfuerzo normal para la simulación del rotor de succión y triturado utilizando aluminio 2024.	95
Figura 39. Modelo negativo del ensamble del rotor y la carcasa.	97
Figura 40. Streamline de la velocidad de la simulación CFD del rotor de succión.	98
Figura 41. Plano de velocidad del rotor y la carcasa.	98
Figura 42. Parámetros de la simulación de esfuerzos de la estructura principal.	100
Figura 43. Resultado de la simulación de deformación de la estructura principal.	100
Figura 44. Resultados de la simulación de esfuerzo normal de la estructura principal.	101
Figura 45. Relación de deformación y esfuerzo normal para la simulación de la estructura principal utilizando acero 1020.	101
Figura 46. Primera propuesta para el diseño del prototipo.	118
Figura 47. Segunda propuesta para el diseño del prototipo.	118
Figura 48. Tercera propuesta para el diseño del prototipo.	119
Figura 49. Cuarta propuesta para el diseño del prototipo.	119
Figura 50. Motor en posición frontal.	120
Figura 51. Motor en posición posterior.	121
Figura 52. Motor en posición lateral.	121
Figura 53. Geometría y medidas de las guías del eje de transmisión.	126
Figura 54. Dimensiones para la utilización de un anillo seeger.	126
Figura 55. Tabla de medidas para anillos seeger.	128
Figura 56. Ficha técnica de la sopladora-aspiradora Stihl HC86 C-E.	129
Figura 57. Cálculo gráfico de variables por medio del diagrama de Eckert.	130
Figura 58. Triángulo de velocidad en la entrada del rotor.	134
Figura 59. Triángulo de velocidades a la salida de los alabes.	135
Figura 60. Gráfica para el cálculo del factor de deslizamiento.	136
Figura 61. Número óptimo de alabes en función del ángulo medio.	138
Figura 62. Propiedades termodinámicas del aire a baja presión.	145
Figura 63. Medidas de los rodamientos.	146
Figura 64. Aproximación de la medida entre agujeros del motor utilizando Geogebra.	147
Figura 65. Aproximación de la medida desde los agujeros de la izquierda del motor hasta el extremo del embrague.	148

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Dispositivos de mayor capacidad disponibles en el mercado (minimizado).	15
Tabla 2: Dispositivos de menor capacidad disponibles en el mercado (minimizado).	15
Tabla 3: Otros dispositivos disponibles en el mercado.	17
Tabla 4. Comparación de beneficios y perjuicios de las opciones de mayor capacidad.	17
Tabla 5. Maquinaria disponible para el triturado de residuos de poda (minimizado).	19
Tabla 6. Relación del ángulo β_2 y del coeficiente ψ . [10]	44
Tabla 7. Requerimientos para evaluar el grado de relevancia de las variables de diseño.	51
Tabla 8. Análisis de las propuestas y sus calificaciones en cada variable.....	54
Tabla 9. Opciones de motorización para el prototipo (minimizado).	56
Tabla 10. Comparación de las diferentes opciones de motorización.	57
Tabla 11. Elementos que componen la campana del embrague de la desbrozadora UMK435.....	60
Tabla 12. Condiciones de las constantes para el funcionamiento del rotor.....	65
Tabla 13. Elementos que componen el control del motor de la desbrozadora UMK435.....	75
Tabla 14. Posibles distribuidores de bolsas de almacenamiento.	77
Tabla 15. Volumen de cada pieza del prototipo	89
Tabla 16. Datos de densidad y módulo de elasticidad de los materiales de simulación.	90
Tabla 17. Dispositivos de mayor capacidad disponibles en el mercado.	111
Tabla 18. Dispositivos de menor capacidad disponibles en el mercado.	112
Tabla 19: Otros dispositivos disponibles en el mercado.	114
Tabla 20. Maquinaria disponible para el triturado de residuos de poda.....	115
Tabla 21. Opciones de motorización para el prototipo.....	122