

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Alcance	2
2. Antecedentes	4
2.1. Proceso de producción del vino	4
2.1.1. Cosecha	4
2.1.2. Triturado	4
2.1.3. Fermentación	5
2.1.4. Clarificación	5
2.1.5. Embotellado y envejecimiento	5
2.2. Descripción de la helada	5
2.2.1. Tipos de heladas	6
2.2.2. Helada de radiación	6
2.2.3. Perfil de temperatura	7
2.3. Características generales de Vitis vinifera y su cultivo	8
2.3.1. Descripción básica	9
2.3.2. Ciclo de vida anual	9
2.3.3. Entrenamiento y cultivo	12
2.4. Topología de un viñedo	14
2.5. Descripción biológica del daño en la planta y temperatura crítica	16
2.5.1. Daño celular	16
2.5.2. Sensibilidad de la planta	17
2.5.3. Temperatura crítica	17
2.6. Métodos de protección contra heladas de radiación	18
2.6.1. Métodos de protección pasivos	19
2.6.2. Métodos de protección activos	20
2.7. Máquina Tow & Blow	23
2.7.1. Características generales	24
2.7.2. Especificaciones técnicas	25
3. Metodología	28
3.1. Creación del modelo termodinámico	28
3.1.1. Flujo de calor por conducción	29
3.1.2. Radiación térmica de la atmósfera	31
3.1.3. Radiación térmica del suelo	32
3.1.4. Flujo de calor sensible y perfil de temperatura	33
3.1.5. Perfil de presión	33
3.1.6. Balance energético en el viñedo	34
3.2. Selección de la localidad para datos de referencia	41
3.3. Cálculo de flujos de calor y perfiles de temperatura	42
3.3.1. Flujo de calor por conducción	42
3.3.2. Radiación térmica de la atmósfera	43

3.3.3.	Flujo de calor sensible, perfil de temperatura y temperatura del suelo	44
3.3.4.	Perfil de presión	46
3.4.	Diseño computacional de la máquina	47
3.4.1.	Diseño global y simplificaciones	47
3.4.2.	Diseño de las aspas	49
3.4.3.	Vainas guiadoras	51
3.4.4.	Ubicación del motor	53
3.5.	Elaboración del criterio de protección	54
3.6.	Configuración preliminar de las simulaciones	55
3.6.1.	Metodología general	55
3.6.2.	Configuración preliminar simulaciones análisis máquina	56
3.6.3.	Configuración preliminar simulaciones viñedo completo	66
3.7.	Configuración definitiva de las simulaciones	75
3.7.1.	Resultado preliminar simulación análisis máquina	75
3.7.2.	Análisis de sensibilidad de la máquina aislada	78
3.7.3.	Configuración definitiva simulaciones análisis máquina	82
3.7.4.	Resultado preliminar simulación viñedo completo	82
3.7.5.	Análisis de sensibilidad viñedo completo	87
3.7.6.	Validación de la duración para las simulaciones transientes	89
3.7.7.	Configuración definitiva simulaciones viñedo completo	92
4.	Resultados y discusión	94
4.1.	Simulaciones de análisis de la máquina aislada	95
4.1.1.	Velocidad de rotación = 650 rpm	95
4.1.2.	Velocidad de rotación = 700 rpm	95
4.1.3.	Velocidad de rotación = 750 rpm	96
4.1.4.	Velocidad de rotación = 800 rpm	97
4.1.5.	Ajuste polinomial	97
4.2.	Simulación de referencia	98
4.3.	Simulaciones variación de velocidad de rotación de las aspas	100
4.3.1.	Velocidad de rotación = 650 rpm	100
4.3.2.	Velocidad de rotación = 700 rpm	101
4.3.3.	Velocidad de rotación = 750 rpm	102
4.3.4.	Velocidad de rotación = 800 rpm	103
4.3.5.	Ajustes polinomiales	104
4.4.	Simulaciones variación de temperatura del aire a 1,5 m de altura	108
4.4.1.	Temperatura = -3,15 °C	108
4.4.2.	Temperatura = -4,15 °C	109
4.4.3.	Temperatura = -5,15 °C	110
4.4.4.	Temperatura = -6,15 °C	111
4.4.5.	Ajustes polinomiales	112
4.5.	Simulaciones variación de intensidad de la inversión	115
4.5.1.	Intensidad de la inversión = 0,5 °C	115
4.5.2.	Intensidad de la inversión = 2,7 °C	116
4.5.3.	Intensidad de la inversión = 6,1 °C	116
4.5.4.	Intensidad de la inversión = 7,8 °C	117
4.5.5.	Ajustes polinomiales	119
4.6.	Simulaciones variación del ángulo del rotor con respecto al plano horizontal	121

4.6.1.	Ángulo = 1 °	121
4.6.2.	Ángulo = 13 °	122
4.6.3.	Ángulo = 19 °	123
4.6.4.	Ángulo = 25 °	124
4.6.5.	Ajustes polinomiales	125
4.7.	Simulaciones variación de altura de la máquina	127
4.7.1.	Altura = 3 m	127
4.7.2.	Altura = 4,5 m	128
4.7.3.	Altura = 7,5 m	129
4.7.4.	Altura = 8,5 m	130
4.7.5.	Ajustes polinomiales	132
4.8.	Resumen de funciones polinómicas obtenidas	134
5.	Conclusiones y trabajo propuesto	135
5.1.	Conclusiones	135
5.2.	Trabajo propuesto	136
	Bibliografía	137
	Anexo A. Medición de temperaturas de suelo en Viña Matetic	139
	Anexo B. Cálculo del flujo de calor en el suelo mediante Excel	143
	Anexo C. Coordenadas perfil aspa	144
	Anexo D. Detalle mallado utilizado para simulaciones de análisis máquina	148
	Anexo E. Definición de expresiones para alcance máximo y temperatura máxima	152