

## **Índice.**

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice.....	iv
Resumen.....	xii
Abstract.....	xii
Nomenclatura.....	xiii
CAPITULO 1.....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
1.- Introducción.....	12
1.1.- Antecedentes y Motivación.....	12
1.2.- Definición del problema.....	13
1.3.- Solución Propuesta.....	13
1.4.- Objetivos.....	14
1.4.1.- Objetivo General.....	14
1.4.2.- Objetivos Específicos.....	14
1.5.- Alcances.....	14
1.6.- Alternativas metodológicas de solución.....	14
1.7.- Resultados esperados.....	15
CAPITULO 2.....	16
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
2.- Descripción del Problema.....	17
2.1.- Antecedentes de la Empresa “Maderas Galarce Ltda”.....	17
2.2.- Situación Actual de la Cámara de Secado de Madera.....	19
2.3.- Antecedentes de la cámara de secado de Maderas.....	20
2.3.1.- Paredes de la cámara de secado.....	20
2.3.2.- Tuberías de distribución de aire de la cámara de secado.....	22
2.3.3.- Chimeneas y escotillas de la cámara de secado.....	26
2.3.4.- Caldera doble cámara y ventiladores centrífugos de la cámara de secado.....	27
CAPITULO 3.....	29
FUNDAMENTOS TEÓRICO-TÉCNICOS DEL PROCESO DE SECADO DE MADERA.....	29
3.- Fundamentos del proceso de secado de madera.....	30
3.1.- Procesos de secado de madera.....	30
3.1.1.- Secado al aire libre.....	30

3.1.2.- Secado artificial.....	31
3.1.2.1.- Factores que afectan la velocidad de secado.....	32
3.1.2.2.- Secado de tipo convencional (Temperatura de trabajo menor a 100°C). ....	33
3.1.2.3.- Secado de compartimiento. ....	33
3.1.2.4.- Secado progresivo con circulación transversal de aire. ....	33
3.1.2.5.- Secado progresivo con circulación longitudinal de aire.....	34
3.1.2.6.- Secado de alta Temperatura (Temperatura de trabajo mayor a 100°C). ....	34
3.1.2.7.- Secado por radiofrecuencia. ....	35
3.1.2.9.- Secado solar de madera. ....	36
3.1.2.10.- Secado de madera computacional. ....	36
3.2.- Propiedades de la madera. ....	37
3.2.1.- Densidad.....	37
3.2.2.- Contenido de Humedad.....	38
3.2.3.- Contracciones y expansiones de la madera.....	38
3.2.4.- Propiedades Mecánicas. ....	38
3.2.5.- Incidencia del proceso de secado en la madera.....	39
3.3.- Fundamentos de Termodinámica aplicados al secado.....	40
3.4.- Fundamentos de Transferencia de calor aplicados al secado. ....	42
3.5.- Fundamentos de transferencia de masa aplicados al proceso de secado. ....	46
CAPITULO 4.....	49
DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CÁMARA DE SECADO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS MEDICIONES. ....	49
4.1.- Descripción.....	50
4.2.- Parámetros de diseño. ....	50
4.2.- Descripción de los instrumentos utilizados para las mediciones.....	50
4.2.1.- Mediciones obtenidas.....	55
4.3.- Metodología de cálculo. ....	55
4.3.1.- Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio exterior de la cámara de secado de madera. ....	56
4.3.2.- Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio interior de la cámara de secado de madera. ....	59
4.3.3.- Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio interior de tubería de salida de la caldera de la cámara de secado de madera. ....	62
4.3.4.- Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio exterior de tubería de salida de la caldera de la cámara de secado de madera. ....	64
4.3.5.- Cálculo de cargas térmicas. ....	65
4.3.5.1.- Cálculo de carga térmica por muros.....	65

4.3.5.2.- Cálculo de carga térmica en puertas.....	70
4.3.5.3.- Cálculo de carga térmica en escotillas.....	72
4.3.5.4.- Cálculo de carga térmica del piso.....	73
4.3.5.5.- Cálculo de carga térmica del techo.....	75
4.3.5.6.- Cálculo de carga térmica solar.....	76
4.3.5.7.- Cálculo de carga térmica asociada al rendimiento de equipos eléctricos y mecánicos.....	78
4.3.5.8.- Cálculo de carga térmica asociada a la ganancia por iluminación.....	78
4.3.5.9.- Cálculo de carga térmica asociada a la ganancia metabólica.....	79
4.3.5.10.- Cálculo de carga térmica por infiltraciones.....	80
4.3.5.11.- Cálculo de carga térmica por ventilación.....	84
4.3.5.12.- Cuadro final. Resumen de cargas térmicas.....	88
4.3.6.- Flujo de calor en las tuberías salida de la caldera. Sin aislación.....	88
4.3.6.1.-Evaluación del flujo de calor, sin aislación:.....	89
4.3.6.2.- Resumen de evaluación de cargas en tuberías de aire a la salida de la caldera.....	91
CAPITULO 5.....	92
DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO.....	92
5.1.- Descripción.....	93
5.1.1.- Intervenciones realizadas.....	93
5.2.- Evaluación de cargas térmicas.....	94
5.3.- Flujo de calor en las tuberías salida de la caldera. Con aislación.....	94
5.3.1.- Evaluación del flujo de calor, con una capa de aislación:.....	95
5.3.2.- Evaluación del Radio crítico de aislación:.....	97
5.3.3.- Resumen de evaluación de cargas en tuberías de aire a la salida de la caldera. Con aislación.....	98
5.4.- Costeo.....	99
CAPITULO 6.....	101
DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	101
6.1.- Resultados obtenidos.....	102
6.2.- Discusión de Resultados obtenidos.....	103
Conclusiones.....	105
Referencias.....	107
ANEXOS.....	108
ANEXO A. Memoria de cálculo. Situación actual de la cámara de secado.....	109
Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio exterior de la cámara.....	109
Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio interior de la cámara.....	111

Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio interior de tubería de salida de la caldera de la cámara de secado de madera. ....	113
Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio exterior de tubería de salida de la caldera de la cámara de secado de madera. ....	116
Evaluación del número de infiltraciones para evaluación de carga térmica por ventilación, según Norma ASHRAE.....	118
Flujo de calor a través de la tubería, sin aislación. ....	120
Evaluación de cargas térmicas de la cámara de secado. ....	122
ANEXO B. Memoria de cálculo. Situación con Anteproyecto para la cámara de secado. ....	137
Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio exterior de la cámara. ....	137
Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio interior de la cámara. ....	139
Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio interior de tubería de salida de la caldera de la cámara de secado de madera. ....	141
Cálculo del coeficiente pelicular convectivo medio exterior de tubería de salida de la caldera de la cámara de secado de madera. ....	144
Evaluación del número de infiltraciones para evaluación de carga térmica por ventilación, según Norma ASHRAE.....	146
Flujo de calor en las tuberías salida de la caldera. Con aislación. ....	148
Evaluación del flujo de calor, con una capa de aislación: .....	149
Evaluación del flujo de calor, con dos capas de aislación:.....	149
Evaluación del flujo de calor, con tres capas de aislación: .....	150
Evaluación de cargas térmicas de la cámara de secado. ....	151
ANEXO C. Datos obtenidos de estación meteorológica Quelentaro.....	167
ANEXO D. Cálculo de la obtención de la temperatura de la tierra para la cámara de secado.....	168
ANEXO E. Características técnicas de materiales del proyecto. ....	169
ANEXO F. Detalle de instalaciones de similares características visitadas dentro de la región. ....	175