

## Tabla de Contenido

1.	Introducción .....	1
1.1	Antecedentes del proyecto .....	1
1.1.1	Contexto General .....	1
1.1.2	Empresa .....	2
1.2	Objetivos .....	2
1.2.1	Objetivo general .....	2
1.2.2	Objetivos específicos .....	2
1.3	Metodología .....	3
2.	Marco teórico .....	4
2.1	Cemento .....	4
2.1.1	Definición y componentes .....	4
2.1.2	Tipos de cementos en Chile .....	4
2.1.3	Proceso productivo .....	5
2.1.4	Características y sus propiedades .....	6
2.1.5	Usos .....	8
2.2	Clínker .....	9
2.2.1	Preparación de la mezcla cruda .....	9
2.2.2	Propiedades de las fases principales .....	10
2.2.3	Reacciones de clinkerización y formación de las fases principales .....	12
2.2.4	Enfriamiento .....	15
2.2.5	Fases minoritarias .....	17
2.2.6	Hidratación .....	18
2.3	Horno rotatorio .....	22
2.3.1	Definición y componentes principales .....	22
2.3.2	Tiempo de residencia .....	24
2.3.3	Combustión .....	24
2.3.4	Horno rotatorio piloto de IDIEM .....	27
3.	Procedimiento experimental .....	29
3.1	Horno rotatorio piloto .....	29
3.1.1	Tiempo de residencia .....	29
3.1.2	Flujo de alimentación .....	31
3.1.3	Perfil de temperatura exterior .....	31

3.1.4	Relación temperatura material-flujos .....	33
3.1.5	Obtención de clínker.....	34
3.2	Análisis de laboratorio .....	34
3.2.1	Crudo de cemento .....	34
3.2.2	Clínker .....	35
3.2.3	Cemento.....	36
4.	Variables operacionales del horno rotatorio .....	37
4.1.1	Tiempo de residencia .....	37
4.1.2	Flujo de alimentación.....	39
4.1.3	Perfil de temperatura externo .....	40
4.1.4	Relación temperatura material-flujos .....	43
4.1.5	Obtención de clínker.....	45
5.	Clínker del horno rotatorio experimental y un clínker comercial. ....	47
5.1	Crudo de clínker.....	47
5.1.1	Ley de Bogue .....	47
5.2	Clínker .....	47
5.2.1	Cal libre .....	47
5.2.2	Microscopia óptica.....	48
5.3	Cemento .....	52
5.3.1	Peso y superficie específica.....	52
5.3.2	Ensayo de flexión y compresión de morteros .....	53
6.	Mejoras de operación propuestas para el horno rotatorio .....	55
6.1	Sistema de alimentación .....	55
6.2	Flujo de gas .....	55
6.3	Flujo de aire .....	56
7.	Conclusiones .....	58
8.	Bibliografía.....	59
9.	Anexos.....	63
9.1	Módulos de clínker .....	63
9.2	Relación Frecuencia-RPM .....	64
9.3	Relación aire-combustible .....	65
9.4	Relación válvula-flujo de gas.....	67
9.5	Relación frecuencia-flujo de aire .....	68
9.6	Metodología .....	69

9.6.1	Clínker .....	69
9.6.2	Cemento .....	71
9.7	Tabla de conversión termocupla Tipo K .....	76
9.8	Memoria de calculo .....	76
9.8.1	Tiempo de residencia .....	76
9.8.2	Perfil de temperatura externo .....	79