

INDICE

Resumen	iii	
Índice	iv	
Índice de figuras	v	
Índice de ecuaciones	vii	
Capitulo 1	Introducción	1
1.	Introducción	2
1.1	Antecedentes y motivación.	2
1.2	Descripción del problema.	2
1.3	Solución propuesta.	3
1.4	Objetivo y alcances del proyecto.	3
1.4.1	Objetivo.	3
1.4.2	Alcances del proyecto.	3
1.5	Metodologías y herramientas utilizadas	4
1.6	Resultado esperado.	4
1.7	Organización del documento.	4
Capitulo 2	Descripción de la problemática a abordar.	6
2.	Descripción de la problemática a abordar.	7
2.1.1	Antecedentes de la empresa INDURA.	7
2.1.2	Antecedentes de la planta de electrodos.	7
2.2	Descripción del proceso de fabricación de electrodos.	8
2.3	Descripción del horno Heco.	13
2.3	Descripción de la operación actual del horno Heco.	14
Capitulo 3	Mejoramiento de la operación del horno y descripción de equipos utilizados para las mediciones.	18
3.	Mejoramiento.	19
3.1	Mejoramiento de sistemas eléctricos.	19
3.1.1	Creación de diagrama de conexionado y diagrama de alambrado y disposición general de los calefactores eléctricos.	19
3.1.2	Creación de un sistema de detección de fallas de los calefactores eléctricos en base Excel.	21
3.2	Mejoramiento de sistemas mecánicos.	24
3.2.1	Sistema de extracción de gases.	24

3.2.2	Aumento de la velocidad de giro del ventilador.	28
3.2.3	Disminución de la masa de acero en el interior de horno.	28
3.3	Descripción de equipos de medición utilizados para el mejoramiento del horno Heco.	28
3.3.1	Descripción de equipo multimedida marca Elnet.	28
3.3.2	Descripción de equipo portátil para medir temperatura en el interior del horno Heco.	29
Capitulo 4	Pruebas realizadas en el horno Heco N° 3 y resultados alcanzados.	33
4.	Pruebas realizadas.	34
4.1	Prueba N° 1.	36
4.2	Prueba N° 2.	38
4.3	Resultados alcanzados y discusiones.	40
	Conclusiones	42
	Bibliografía	43
	Anexos	44
	A	44

Índice de figuras

2.1	Vista aérea de la planta INDURA Cerrillos.	8
2.2	Diagrama de flujo del proceso de fabricación electrodos.	8
2.3	Vista laboratorio planta INDURA Cerrillos.	9
2.4	Vista proceso de dosificación en la planta INDURA Cerrillos.	10
2.5	Vista de mezclador planta INDURA Cerrillos.	10
2.6	Vista de proceso de trefilado en la planta INDURA Cerrillos.	11
2.7	Vista proceso de prensado planta INDURA Cerrillos.	12
2.8	Vista proceso de presecado planta INDURA Cerrillos.	12
2.9	Vista de un horno Heco de secado planta INDURA Cerrillos.	13
2.10	Vista hornos Heco planta INDURA Cerrillos.	14
2.11	Disposición de termoalambres dentro del horno Heco.	15
2.12	Asignación de nombres a termoalambres.	16
2.13	Comportamiento térmico dentro de horno Heco N°3.	16
2.14	Asignación de color a cada termoalambre.	17

3.1	Vista diagrama elemental de alambrado y disposición general.	20
3.2	Esquema conceptual del procedimiento de detección de fallas en calefactores.	21
3.3	Interfaz de usuario del software de detección de fallas.	22
3.4	Visualización del algoritmo que permite determinar el número de calefactores quemados.	23
3.5	Vista pizarra de control.	24
3.6	Vista sistema de extracción forzada.	25
3.7	Vista protector de ventilador centrífugo.	26
3.8	Vista superior de dos campanas de extracción instalada en un protector de ventilador centrífugo.	26
3.9	Vista inferior de dos campanas de extracción instalada en un protector de ventilador centrífugo.	27
3.10	Vista de conexión a una chimenea de escape de dos campanas de extracción.	27
3.11	Vista de Equipo multimedida marca Elnet.	29
3.12	Vista de modulo marca DGH.	29
3.13	Vista de un termoalambre instalado en el interior de una carga de electrodos 7018 RH.	30
3.14	Vista de programa computacional.	31
3.15	Vista de equipo portátil para medir temperatura.	31
3.16	Vista de ingreso de termoalambres en el horno Heco N° 3.	32
4.1	Disposición de termoalambres dentro del horno Heco.	34
4.2	Asignación de nombres a termoalambres.	35
4.3	Croquis del horno Heco.	35
4.4	Croquis de termoalambres en el modulo.	36
4.5	Comportamiento de la temperatura en la prueba N° 1 del horno Heco N°3.	37
4.6	Asignación de color a cada termoalambre.	37
4.7	Comportamiento de la intensidad de corriente en la prueba N° 1 en horno Heco N°3.	38
4.8	Comportamiento de la temperatura en la prueba N°2 del horno Heco N°3.	39
4.9	Asignación de color a cada termoalambre.	39

4.10	Comportamiento de la intensidad de corriente en la prueba N° 1 en horno Heco N° 3.	40
4.11	Comparación horno Heco N° 3 antes y después de los cambios.	41
A.1	Esquema del mecanismo de transferencia de calor por conducción	47
A.2	Esquema del mecanismo de transferencia de calor por convección	48

Índice de ecuaciones

A.1	Ley de Fourier	47
A.2	Ley de enfriamiento de Newton	48
A.3	Ley de Stefan-Boltzmann	49
A.4	Ley de Stefan-Boltzmann con emisividad	49
A.5	Ley de Kirchhoff	49
A.6	Ley de Fick	50
A.7	Ley de difusión convectiva	51
A.8	Analogía de Chilton-Colburn	52
A.9	Flujo de masa según la analogía de Chilton-Colburn	52