

# TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción .....	1
2	Motivación .....	2
3	Objetivos.....	3
3.1	Objetivo General.....	3
3.2	Objetivos Específicos .....	3
4	Alcance.....	3
5	Metodología.....	4
6	Evolución del consumo de energía en Chile en el período 1991 - 2017.....	7
6.1	Contexto energético nacional .....	7
6.1.1	Sector Comercial, Público y Residencial.....	8
6.2	Cogeneración .....	9
6.3	Identificación de la Oportunidad.....	13
6.3.1	Contexto nacional de localidades aisladas .....	14
6.3.2	Oportunidad concreta: LIPIGAS Y ESCO .....	16
6.4	Reseña de la actualidad de motores alternativos en la cogeneración .....	16
6.4.1	Aprovechamiento de calor .....	17
6.4.2	Clasificación de motores por velocidad.....	19
6.4.3	Tipos de potencia según intensidad de carga .....	20
6.4.4	DESEMPEÑO.....	20
6.4.4.1	Efectos del consumo parcial en motores alternativos .....	21
6.4.4.2	Efectos del medio ambiente en el desempeño de motores alternativos.....	22
6.5	Antecedentes del Proyecto .....	22
6.6	Levantamiento Técnico.....	22
6.7	Descripción del Equipo .....	25
7	Solución Propuesta.....	26
7.1	Funcionamiento y Diagrama de flujo.....	27
8	Criterios de Diseño .....	28
8.1	Circuito de refrigerante .....	28
8.1.1	Definiciones.....	28

8.1.2	Características.....	29
8.1.3	Consideraciones de diseño.....	29
8.1.4	Materialidad de la red .....	29
8.2	Circuito de Gases .....	30
8.2.1	Definiciones.....	30
8.2.2	Características.....	30
8.2.3	Consideraciones de diseño.....	31
8.2.4	Materialidad del ducto de escape .....	31
8.3	Intercambiador de Tubos y Carcasa .....	32
8.3.1	Definición.....	32
8.3.2	Características.....	33
8.3.3	Consideraciones de diseño.....	33
8.3.4	Materialidad .....	34
8.4	Control automático.....	34
9	Método de cálculo del cogenerador .....	35
9.1	Caracterización de la demanda térmica de la piscina de interior.....	35
9.1.1	Pérdidas de calor por la evaporación del agua .....	36
9.1.2	Transferencia de calor por radiación del agua .....	37
9.1.3	Transferencia de calor por convección .....	37
9.1.4	Pérdidas por conducción .....	37
9.1.5	Pérdidas por renovación del agua de la piscina.....	38
9.2	Balance Energético del Grupo Electrónico-Cogeneración .....	38
9.2.1	Refrigeración del motor .....	38
9.2.2	Gases de escape.....	39
9.3	Dimensionamiento del intercambiador de tubo y carcasa .....	40
9.3.1	Coeficiente global de transferencia de calor .....	40
9.3.2	Método de la diferencia media logarítmica de temperatura (LMTD).....	42
9.3.3	Método de la EFECTIVIDAD – NTU .....	42
9.3.4	Cálculo del coeficiente de convección .....	44
9.3.4.1	Flujo interior.....	44
9.3.4.2	Flujo exterior.....	45
9.3.5	Conservación de la sección transversal.....	47
9.4	Simulación computacional del balance energético .....	47

9.4.1	Definición de los parametros para el Balance energético del grupo electrógeno	47
9.4.2	Parámetros del Intercambiador de tubos y carcasa para simulación computacional .....	52
10	Resultados .....	54
10.1	Intercambiador de tubos y carcasa .....	54
10.1.1	Resultado de la simulación .....	54
10.1.2	Diseño del intercambiador .....	57
10.1.3	Balance Térmico del sistema .....	59
10.1.3.1	pérdidas térmicas de la Piscina .....	59
10.1.3.2	Balance térmico del Sistema de Cogeneración.....	59
10.2	Descripción de la solución .....	61
10.2.1	Selección de Componentes .....	61
10.2.1.1	Intercambiador de placas .....	61
10.2.1.2	Válvula de Tres Vías BELIMO .....	62
10.2.1.3	Válvula Cut-Out .....	64
10.2.1.4	Sensores de temperatura .....	65
10.2.1.5	PLC LOGO V8.....	65
10.2.2	Descripción sistemas mecánicos .....	66
10.2.3	Construcción.....	68
10.2.3.1	Preparativos .....	69
10.2.3.2	Montaje en taller .....	72
10.2.3.3	Montaje en terreno .....	74
10.2.3.4	Puesta en marcha .....	76
10.3	pruebas de desempeño .....	80
10.3.1	Desempeño Energético .....	80
10.3.1.1	Resultados .....	81
10.3.1.2	Análisis de resultados.....	94
10.3.2	Evaluación del Desempeño de Componentes .....	95
10.3.2.1	Intercambiador de tubos y carcasa .....	96
10.3.3	Válvulas Cut-Out .....	99
10.4	Mejoras al prototipo .....	100
10.4.1	Antecedentes del proyecto .....	100
10.4.2	Descripción de Mejoras .....	102

10.4.2.1	Circuito de agua .....	102
10.4.2.2	Válvulas Cut-Out .....	103
10.4.2.3	ITC .....	104
11	Evaluación técnica – económica del prototipo .....	106
11.1	Evaluación económica .....	106
11.2	Comparación con costos de capital típicos .....	112
11.3	Evaluación de eficiencia energética .....	113
12	Conclusiones.....	115
	Bibliografía.....	119
	Anexo .....	122
	Anexo A: Technical Data Sheet.....	122
	Generator .....	123
	Engine .....	124
	Installation Data.....	126
	Dimensions.....	126
	Anexo B: Código TEMA para designación de ITC .....	127
	Anexo C: Tabla entalpía gases de combustión.....	128
	Anexo D: Código EES para balances térmicos y simulaciones .....	129
	Anexo E: Especificaciones Técnicas válvula Cut-Out QTP.....	131
	Anexo F: Tarifas de suministro eléctrico.....	132