

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación.....	1
1.2	Objetivos	1
1.2.1	Objetivo general.....	1
1.2.2	Objetivos específicos	2
1.3	Alcances	2
2	Marco teórico.....	3
2.1	Institucionalidad climática	3
2.1.1	Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC).....	3
2.1.2	Ministerio del Medio Ambiente (MMA)	3
2.1.3	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).....	3
2.2	Gases de efecto invernadero.....	4
2.3	Efecto invernadero	4
2.4	Huella de Carbono.....	5
2.4.1	Cálculo de la HdC	5
2.5	Generación de energía.....	8
2.5.1	Solar fotovoltaica	8
2.5.2	Generación eólica.....	10
2.5.3	Generación térmica	13
2.6	Tarificación eléctrica.....	14
2.6.1	Cálculo de la tarifa AT3.....	15
2.6.2	Cálculo de la tarifa AT4.3.....	16
2.7	Captación.....	17
2.8	Energía geotérmica.....	18
2.8.1	Geotermia de alta entalpía.....	18
2.8.2	Geotermia de baja entalpía.....	21
3	Universidades y Cambio Climático	24
3.1	Proyectos interesantes	24
3.1.1	El caso de la UTEM.....	25
4	Metodología.....	27
5	Los casos de estudio	27
5.1	Antecedentes de la FCFM de la Universidad de Chile	28

5.1.1	Medición de la huella de carbono	28
5.1.2	Su demanda eléctrica	30
5.2	Antecedentes de la Universidad de Magallanes	32
5.2.1	Medición de la huella de carbono	32
5.2.2	Su demanda eléctrica	33
6	Emisiones por alcance 2	35
6.1	El SEN.....	35
6.1.1	Huella de Carbono en el SEN	38
6.2	El SEM	39
6.3	El Recurso renovable.....	41
6.3.1	Laguna Carén	41
6.3.2	Punta Arenas	42
6.4	¿Instalación de ERNC?	44
7	Otros métodos de reducción de emisiones.....	51
7.1	Docencia remota.....	51
7.2	Geotermia	53
7.3	Eficiencia energética	54
7.4	Bonos de carbono	55
7.5	Opción de cambio de tarifa con miras al ahorro monetario	57
8	Caminos a seguir.....	59
8.1	FCFM	59
8.1.1	Opción base.....	59
8.1.2	Opciones de disminución con docencia remota.....	60
8.2	UMAG.....	61
8.2.1	Alcance 2.....	62
8.2.2	Geotermia.....	63
8.2.3	Caso combinado.....	63
8.3	Situación cooperativa	64
8.3.1	Caso base.....	64
8.3.2	Mediante alcance 2.....	65
8.3.3	Mix de propuestas	67
8.4	Tabla de resumen.....	67
9	Análisis y discusión	70
10	Conclusiones.....	72
11	Trabajo futuro	73

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 esquema metodológico del GHG Protocol	6
Ilustración 2 curva de generación genérica de un panel fotovoltaico	10
Ilustración 3 ejemplo curva de Shear. Elaboración propia con valores inventados. De esta imagen se debe rescatar la forma que toma la curva y las rotulaciones.	12
Ilustración 4 ejemplo curva de potencia del aerogenerador Enercon E-33 300 kW	13
Ilustración 5 carta de operación de un generador sincrónico	14
Ilustración 6 esquemático de sistema geotermal de alta entalpía.....	16
Ilustración 7 esquemas de generación para plantas de geotermia de alta entalpía.....	20
Ilustración 8 sistema geotérmico de baja entalpía horizontal, disposición de la canalización básica	21
Ilustración 9 sistema geotérmico de baja entalpía horizontal, disposición de la canalización en serie ..	21
Ilustración 10 sistema geotérmico de baja entalpía horizontal, disposición de la canalización en paralelo	22
Ilustración 11 sistema geotérmico de baja entalpía en configuración de canalización vertical abierta.	22
Ilustración 12 sistema geotérmico de baja entalpía en configuración de canalización vertical cerrada.	23
Ilustración 13 metodología a seguir	27
Ilustración 14 repartición de la huella de carbono de la FCFM por alcance, en porcentaje	29
Ilustración 15 repartición de la huella de carbono de la FCFM por fuente, en porcentaje	29
Ilustración 16 gráfico del consumo eléctrico del campus Beauchef y la proyección a futuro.....	31
Ilustración 17 repartición de la huella de carbono de la UMAG por alcance, en porcentaje	33
Ilustración 18 gráfico circular de la capacidad instalada en el SEN, por tecnología	35
Ilustración 19 gráfico de torta con la generación de energía en el SEN, por tecnología	36
Ilustración 20 evolución de la potencia instalada de carbón en el SEN por escenarios, proyección del CEN.....	37
Ilustración 21 comparación de generación de energía, por tecnología ante los escenarios de descarbonización 11.....	38
Ilustración 22 evolución de la huella de carbono en el SEN en un escenario acelerado	39
Ilustración 23 gráfico de torta de la matriz de generación instalada en el SEM.....	40
Ilustración 24 perfil de viento en el terreno donde está emplazado el campus de la UMAG	42
Ilustración 25 perfil de elevación de la rugosidad del terreno, cercanías de la UMAG	43
Ilustración 26 curva de Shear en Punta Arenas.....	44
Ilustración 27 proyección de emisiones por alcance 2 de la FCFM	45
Ilustración 28 curva de generación de la turbina ATB Riva Calzoni	47
Ilustración 29 generación normalizada de energía con altura de buje de 56 metros	48
Ilustración 30 potencia normalizada de generación con altura de buje de 76 metros.....	48
Ilustración 31 disposición de los aeros para un parque en terreno de la UMAG.....	49
Ilustración 32 precios de mercado para bonos de carbono	56
Ilustración 33 evolución de la huella de carbono de la FCFM sin acciones de mitigación	59
Ilustración 34 evolución de la huella de carbono en la FCFM quitando un día de la semana.....	60
Ilustración 35 evolución de la huella de carbono en la FCFM con presencialidad optativa.....	60
Ilustración 36 evolución de la huella de carbono en la FCFM con un día menos en la semana y presencialidad optativa.....	61

Ilustración 37 evolución de la huella de carbono en la UMAG con la instalación de un aerogenerador	62
Ilustración 38 evolución de la huella de carbono en la UMAG con la instalación de 3 aerogeneradores	62
Ilustración 39 evolución de la huella de carbono en la UMAG con geotermia	63
Ilustración 40 evolución de la huella de carbono en la UMAG con geotermia y generación eólica	64
Ilustración 41 evolución de la huella de carbono conjunta, caso base.....	65
Ilustración 42 evolución de la huella de carbono conjunta con generación eólica	66
Ilustración 43 posiciones de los aeros en un parque de 2,5 MW	66
Ilustración 44 evolución de la huella de carbono conjunta considerando todas las propuestas.....	68

Índice de Tablas

Tabla 1 cargos por energía y potencia a las tarifas de cliente regulado.....	25
Tabla 2 desglose de los alcances en que se midió la huella de carbono de la FCFM en 2019	28
Tabla 3 desglose de los alcances en la medición de la huella de carbono de la FCFM.....	30
Tabla 4 consumo de electricidad de cada unidad administrativa dependiente de la FCFM y su porcentaje relativo	30
Tabla 5 consumo histórico de electricidad del campus Beauchef	31
Tabla 6 emisiones por alcance en el último reporte de huella de GEI UMag.....	32
Tabla 7 principales aportes ala huella de carbono de la UMAG, por alcance	33
Tabla 8 demanda eléctrica en la UMAG, calculada.....	34
Tabla 9 cantidades de potencia instalada por tecnología en el SEN	36
Tabla 10 cantidades de energía generada en el SEN, por tecnología	36
Tabla 11 capacidad instalada por tecnología en el SEM	40
Tabla 12 radiación recibida en el terreno de Laguna Carén	41
Tabla 13 potencia instalada necesaria de un parque solar para compensar la huella de la FCFM	45
Tabla 14 energía necesaria para compensar la huella de la UMAG	46
Tabla 15 datos del aerogenerador escogido para modelar compensaciones de alcance 2 de la UMAG	46
Tabla 16 valores esperados de generación y factor de planta para la instalación eólica	48
Tabla 17 reducción de emisiones por movilización de la comunidad con docencia remota en la FCFM	52
Tabla 18 composición del gas natural.....	53
Tabla 19 precio de las emisiones, en bonos de carbono; por alcance y total.....	52
Tabla 20 comparación enter los pagos con distintas tarifas - UMAG	53
Tabla 21 resumen de planes en miras a la carbono neutralidad.....	68