

INDICE GENERAL

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes y motivación.....	2
1.2 Descripción del problema.....	2
1.3 Solución propuesta.....	3
1.4 Objetivos y alcances del proyecto.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Alcances.....	4
1.6 Metodología y herramientas utilizadas.....	4
1.7 Resultado esperado.....	5
CAPITULO 2. ASPECTOS TEÓRICOS.....	6
2.1 Antecedentes generales del lugar de aplicación.....	7
2.2 Introducción a las energías renovables.....	7
2.3 Energía solar.....	8
2.3.1 Radiación solar.....	8
2.3.1.1 Tipos de radiación solar.....	9
2.3.1.2 Instrumentos para la medición de radiación solar.....	9
2.4 Energía solar fotovoltaica.....	11
2.4.1 Generalidades sobre energía solar fotovoltaica.....	11
2.4.1.1 Principales componentes de un sistema solar fotovoltaico.....	11

2.4.1.1.1	Paneles fotovoltaicos	12
2.4.1.1.1.1	Celdas de silicio monocristalino.	12
2.4.1.1.1.2	Celdas de silicio policristalino.	13
2.4.1.1.1.3	Efectos de la temperatura en la celda.	14
2.4.1.1.2	Reguladores de carga.	16
2.4.1.1.3	Inversores DC/AC.	17
2.4.1.1.4	Baterías solares.	18
2.4.2	Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.	19
2.4.2.1	Sistemas autónomos.	19
2.4.2.2	Sistemas conectados a la red eléctrica.	20
2.4.3	Impacto ambiental de la energía solar fotovoltaica.	21
2.5	Normas que aplican a sistemas de energía solar fotovoltaica.	21
2.6	Tarifas en suministros eléctricos.	22
2.6.1	Cargo por consumo adicional en invierno en Tarifa BT-1.	23
2.7	Evaluación de proyectos.	24
2.7.1	Generalidades sobre evaluación de proyectos.	24
2.7.2	Análisis de flujo de efectivo.	24
2.7.3	Métodos para evaluar proyectos de inversión.	25
2.7.3.1	CAUE (Costo anual equivalente).	25
2.7.3.2	VAN (Valor actual neto).	25
2.7.3.3	TIR (Tasa interna de retorno).	26

2.7.3.4	PRI (Periodo de recuperación de la inversión).	26
CAPITULO 3.	DESARROLLO DEL TEMA.	27
3.1	Clima y análisis de radiación solar en la zona de Curicó, séptima región.	28
3.1.1	El clima en la ciudad de Curicó.	28
3.1.2	Radiación solar en la zona de Curicó.	29
3.2	Requerimientos energéticos de la parcela.	33
3.2.1	Consumos mensuales de electricidad.	33
3.2.2	Consumo de los artefactos eléctricos.	35
3.3	Descripción y dimensionado de la instalación fotovoltaica autónoma.	37
3.3.1	Metodología de dimensionamiento Amper-Hora.	38
3.3.2	Determinación del consumo real diario a reemplazar.	39
3.4	Dimensionamiento de un sistema aislado de la red eléctrica.	40
3.4.1	Cálculo de la radiación solar disponible.	40
3.4.2	Cálculo de la capacidad del sistema de baterías y dimensionamiento.	41
3.4.3	Cálculo del generador fotovoltaico y dimensionamiento.	43
3.4.4	Selección del regulador de carga.	44
3.4.5	Selección del inversor DC/AC.	46
3.4.6	Estimación inversión total en los principales componentes del sistema aislado.	47
3.5	Dimensionamiento y análisis de costos para sistema aislado parcialmente.	47
3.5.1	Determinación de los consumos y potencia a dimensionar.	48
3.5.2	Cálculo de la radiación solar disponible.	48

3.5.3	Cálculo del sistema de las baterías.....	49
3.5.4	Cálculo del sistema de paneles solares.....	50
3.5.5	Análisis de costo de los reguladores de carga.....	51
3.5.6	Cálculo del sistema de inversores.....	52
3.5.7	Análisis costos de soportes para paneles solares.....	52
3.5.8	Análisis de costos de energía.....	53
3.5.9	Costos por mantenimiento de la instalación solar.....	56
CAPITULO 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		57
4.1	Parámetros para la evaluación económica.....	58
4.2	Costos relacionados a inversión inicial.....	60
4.3	Análisis indicadores de evaluación de proyecto.....	61
4.4	Análisis de sensibilidad.....	62
4.4.1	Análisis escenario “Probable”.....	66
4.4.2	Análisis escenario “Optimista”.....	66
4.4.3	Resultados de la evaluación de proyecto.....	67
CONCLUSIONES.....		68
BIBLIOGRAFIA.....		71
ANEXOS.....		73
A.	Tablas de radiación solar, KIPUS.....	74
B.	Tabla de radiación solar Armerillo.....	77
C.	Datos sobre consumos eléctricos, Cooperativa Eléctrica Curicó Ltda.....	78

D.	Cálculo potencia de dimensionamiento.....	80
E.	Determinación de la radiación solar para los distintos conjuntos de meses.....	82
F.	Características técnicas panel solar CSUN250-60P.....	84
G.	Evaluación económica / Instalación totalmente autónoma.....	85
a.	Escenario pesimista.....	85
i.	Inversiones en activos.....	85
ii.	Depreciación de los activos.....	86
iii.	Valor de rescate.....	87
iv.	Planilla de evaluación.....	88
b.	Escenario probable.....	89
i.	Inversiones en activos.....	89
ii.	Depreciación de los activos.....	90
iii.	Valor de rescate.....	90
iv.	Planilla de evaluación.....	91
c.	Escenario optimista.....	92
i.	Inversiones en activos.....	92
ii.	Depreciación de los activos.....	93
iii.	Valor de rescate.....	94
iv.	Planilla de evaluación.....	95

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Factores de corrección para el voltaje.	16
Tabla 2: Impacto ambiental de la energía solar fotovoltaica.....	21
Tabla 3: Datos climáticos de Curicó.....	28
Tabla 4: Datos de radiación solar.....	30
Tabla 5: Variabilidad datos de radiación solar.	31
Tabla 6: Consumos eléctricos 2010 a 2013.....	34
Tabla 7, Consumos promedios anuales de electricidad.	35
Tabla 8: Consumos eléctricos "Hogar".....	35
Tabla 9: Consumos eléctricos "Zona de bombas"	36
Tabla 10: Consumos eléctricos "Taller y bodega"	36
Tabla 11: Consumos eléctricos "Iluminación patio"	36
Tabla 12: Resumen consumos eléctricos.	37
Tabla 13: Irradiación global diaria en diferentes inclinaciones.	41
Tabla 14: Costos principales elementos de un sistema autónomo.....	47
Tabla 15: Análisis radiación solar.....	49
Tabla 16: Sistema de baterías al menor costo.....	50
Tabla 17: Sistema de paneles FV al menor costo.	51
Tabla 18: Reguladores de carga al menor costo.	52
Tabla 19: Costos soportes de paneles solares.	53
Tabla 20: Tarifa eléctrica BT-1.....	53

Tabla 21: Consumos eléctricos, promedios mensuales.....	54
Tabla 22: Resumen Límites de invierno.....	55
Tabla 23: Costos referentes a la compra de energía.....	55
Tabla 24: Estimación de costos de mantenimiento preventivo.....	56
Tabla 25: Depreciación y valor de rescate de activos.....	59
Tabla 26: Tasas de interés para depósito a plazo fijo.....	59
Tabla 27: Principales costos de una instalación aislada parcialmente A.....	60
Tabla 28: Principales costos de una instalación aislada parcialmente B.....	60
Tabla 29: Indicadores de evaluación de proyecto.....	62
Tabla 30: Proyección de inversión inicial en proyectos de energía solar fotovoltaica.....	64
Tabla 31: Condiciones para distintos escenarios.....	66
Tabla 32: Análisis de escenario "Probable".....	66
Tabla 33: Análisis de escenario "Optimista".....	67
Tabla 34: Tablas de radiación, Junio 2012, Julio 2012 y Agosto 2012.....	74
Tabla 35: Tablas de radiación, Septiembre 2012, Octubre 2012 y Noviembre 2012.....	75
Tabla 36: Tablas de radiación, Diciembre 2012, Enero 2013 y Febrero 2013.....	76
Tabla 37: Tabla de radiación solar en distintos ángulos Azimut, recopilados en la estación Armerillo.....	77

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Espectro de radiación Solar.....	9
Ilustración 2: Piranómetro.	10
Ilustración 3: Medidor fotovoltaico.....	10
Ilustración 4: Celda de silicio monocristalino.	13
Ilustración 5: Celda de silicio policristalino.....	14
Ilustración 6: Variación del voltaje con la temperatura.	15
Ilustración 7: Regulador de carga.	17
Ilustración 8: Inversor DC/AC.....	17
Ilustración 9: Comparación vida útil en baterías.	18
Ilustración 10: Sistemas fotovoltaicos autónomos.	19
Ilustración 11: Sistemas fotovoltaicos con conexión a red.	20
Ilustración 12: Ejemplo de cálculo, consumo adicional en invierno.	23
Ilustración 13: Gráfico comparación fuentes de datos de radiación.	30
Ilustración 14: Datos radiación KIPUS de Enero a Junio.....	32
Ilustración 15: Datos radiación KIPUS de Junio a Diciembre.....	32
Ilustración 16: Gráfico consumos energéticos parcela San Alberto.	34
Ilustración 17: Instalación solar FV.	38
Ilustración 18: Baterías OPzS.	42
Ilustración 19: Panel solar 250 W.....	44
Ilustración 20: Regulador de carga.	45

Ilustración 21: Inversor DC/AC Sumverter.	46
Ilustración 22: Gráfico meses aislado v/s costo de componentes.	61
Ilustración 23: Estimación de los costos de inversión inicial en proyectos de energía solar fotovoltaica.	65
Ilustración 24: Consumos energéticos 2010.	78
Ilustración 25: Consumos energéticos 2011.	78
Ilustración 26: Consumos energéticos 2012.	79
Ilustración 27: Consumos energéticos 2013.	79