

Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Descripción del proyecto y justificación.....	2
1.2	Objetivos	2
1.3	Alcances	3
2	Marco conceptual.....	3
2.1	Sector residencial en Chile y la Región Metropolitana	3
2.2	Línea Base	5
2.2.1	Caracterización MAPS Chile	5
2.2.2	Encuesta Casen	6
2.3	Reglamentación Térmica.....	7
2.4	Grados-Días de calefacción	7
2.5	Simulación de Montecarlo.....	8
2.6	Modelo de Bass	9
2.7	Análisis de Sensibilidad.....	9
2.8	Costos de Abatimiento.....	10
3	Metodología	11
3.1	Selección de incentivos.....	11
3.2	Adaptaciones al modelo de MAPS Chile	11
3.3	Definición de tipologías de vivienda	11
3.4	Parámetros para el cálculo de la rentabilidad.....	12
3.4.1	Proyección del precio de la electricidad	12
3.4.2	Proyección de costos de inversión para sistemas fotovoltaicos	14
3.4.3	Vida útil del sistema fotovoltaico y pérdida de eficiencia	15

3.4.4	Tasa de descuento	15
3.4.5	Costos de operación y mantenimiento	15
3.5	Proyección penetración sistemas fotovoltaicos.....	15
3.6	Modelamiento de la penetración de incentivos a la energía solar	17
3.6.1	Revisión de modelos similares utilizados en el extranjero	17
3.6.2	Adaptaciones realizadas al modelo MAPS Chile	19
3.6.3	Determinación de la demanda de energía eléctrica residencial	24
3.6.4	Determinación de la generación de energía mediante el sistema fotovoltaico 26	
3.6.5	Definición de tipologías de viviendas	31
3.6.6	Incorporación de incertidumbre en la proyección del precio de la electricidad.....	33
3.7	Modelación de instrumentos.....	34
3.7.1	Modelación subsidios	34
3.7.2	Modelación NetBilling	35
3.7.3	Modelación facilidades de préstamos.....	35
3.8	Evaluación económica	36
3.9	Evaluación de efectos en la reducción agregada de GEI.....	36
4	Incentivos a las Energías Renovables no Convencionales (ERNC)	37
4.1	Regulación de las ERNC en Chile.....	37
4.1.1	Fomento a las ERNC.....	38
4.1.2	Programas	39
4.1.3	Otros:.....	39
4.2	Clasificación de los incentivos a la energía solar	40
4.2.1	Incentivos a la generación centralizada	41
4.2.2	Incentivos a la generación distribuida	43

4.3	Casos internacionales sobre incentivos a la energía solar	44
4.3.1	Incentivos a la generación centralizada	44
4.3.2	Incentivos a la generación distribuida	45
4.4	Selección de incentivos a evaluar en este trabajo	48
5	Cálculo de costos y efectos en la reducción agregada de GEI	49
5.1	Flujo de caja caso vivienda estándar	49
5.1.1	Evaluación año 2017	49
5.1.2	Evaluación año 2020	53
5.1.3	Evaluación año 2025.....	55
5.1.4	Evaluación año 2030	58
5.2	Resultados aplicación de incentivos a la energía solar	60
5.2.1	Evaluación individual	60
5.2.2	Evaluación impacto sistémico	67
6	Análisis de resultados	73
6.1	Análisis de sensibilidad caso vivienda estándar	73
6.2	Costos de abatimiento	77
7	Conclusiones	78
8	Bibliografía.....	80
	Anexos	83
	Anexo A: Ficha de panel solar fotovoltaico polycristalino de 250 Watts. Precio: \$123.789 (IVA incluido).	83
	Anexo B: Flujo de caja detallado para sistema fotovoltaico instalado el 2017, sin incentivos, tipología estándar.	84
	Anexo C: Flujo de caja detallado para sistema fotovoltaico instalado el 2020, sin incentivos, tipología estándar.	87
	Anexo D: Flujo de caja detallado para sistema fotovoltaico instalado el 2025, sin incentivos, tipología estándar.	90

Anexo E: Flujo de caja detallado para sistema fotovoltaico instalado el 2030, sin incentivos, tipología estándar.	93
Anexo F: Indicadores de la aplicación de subsidios por vivienda - Año 2020.....	96
Anexo G: Indicadores para diferentes pagos por NetBilling por vivienda - Año 2020	97
Anexo H: Indicadores del proyecto para préstamos con diferentes tasas de crédito por vivienda - Año 2020	98
Anexo I: Indicadores de la aplicación de subsidios por vivienda - Año 2025.....	99
Anexo J: Indicadores para diferentes pagos por NetBilling por vivienda - Año 2025	100
Anexo K: Indicadores del proyecto para préstamos con diferentes tasas de crédito por vivienda - Año 2025.....	101
Anexo L: Indicadores de la aplicación de subsidios por vivienda - Año 2030.....	102
Anexo M: Indicadores para diferentes pagos por NetBilling por vivienda - Año 2030	103
Anexo N: Indicadores del proyecto para préstamos con diferentes tasas de crédito por vivienda - Año 2030	104

Índice de Tablas

Tabla 1 Grados días anuales correspondientes a las 7 Zonas Térmicas	8
Tabla 2 Tarifas Históricas del Suministro Eléctrico de la R.M. - BT-1 Área 1A (a).	12
Tabla 3 Detalle de costos de inversión de paneles FV	14
Tabla 4 Parámetros Modelo de Bass.....	16
Tabla 5 Proyección de la Población en la Región Metropolitana	21
Tabla 6 Proyección de la tasa de crecimiento del PIB	22
Tabla 7 Proyección de Viviendas en la Región Metropolitana	22
Tabla 8 Consumo final de energía del Sector Residencial en Chile - Año 2014.....	23
Tabla 9 Proyección de la distribución de Departamentos, Casa Urbana y Rural, de la Región Metropolitana	23
Tabla 10 Participación en el consumo anual de electricidad por subsectores del sector Residencial	24
Tabla 11 Área mínima necesaria para diferentes tamaños de sistemas FV en Santiago...	27
Tabla 12 Datos utilizados para la descripción de los paneles FV	28
Tabla 13 Clasificación de las Tipologías.....	32
Tabla 14 Resumen regulaciones en Chile sobre Energías Renovables.....	37
Tabla 15 Comparación entre Generación Centralizada y Generación Distribuida (GD). ..	40
Tabla 16 Matriz de clasificación de instrumentos de política.....	43
Tabla 17 Potencia instalada de programas CSI y NSHP de California	47
Tabla 18 Flujo de Caja Tipología estándar año 2017 por intervalo de tiempo	49
Tabla 19 Indicadores del proyecto tipología estándar año 2017	51
Tabla 20 Flujo de Caja Tipología estándar año 2020 por intervalo de tiempo	53
Tabla 21 Indicadores del proyecto tipología estándar año 2020	53
Tabla 22 Flujo de Caja Tipología estándar año 2025 por intervalo de tiempo	55

Tabla 23 Indicadores del proyecto tipología estándar año 2025	56
Tabla 24 Flujo de Caja Tipología estándar año 2030	58
Tabla 25 Indicadores tipología estándar año 2030	58
Tabla 26 Penetración de sistemas fotovoltaicos en la R.M. considerada para el proyecto.	67
Tabla 27 Detalle de la reducción de emisiones indirectas producto de la aplicación del incentivo	69
Tabla 28 Costos de Abatimiento	77

Índice de Figuras

Figura 1 Consumo final de energía en Chile.	4
Figura 2 Consumo final de energía en la Región Metropolitana.....	4
Figura 3 Tarifas históricas del Suministro Eléctrico de la R.M. - BT-1 Área 1A (a).....	13
Figura 4 Proyección de la tarifa de suministro eléctrico para clientes BT1 de la R.M. hasta el año 2050	13
Figura 5 Proyección de los costos de inversión de los sistemas FV a nivel de distribución	14
Figura 6 Modelo de Bass para la Adopción de Sistemas Fotovoltaicos	16
Figura 7 Perfiles mensuales de demanda eléctrica por subsectores del sector Residencial	25
Figura 8 Perfiles de demanda agregados para una casa cualquiera de la RM	26
Figura 9 Comparación entre techos planos e inclinados.....	27
Figura 10 Perfiles diarios de generación FV para un sistema de 3 kW	29
Figura 11 Generación Fotovoltaica Anual para un sistema de 3 kW.	31
Figura 12 Proyección del consumo de electricidad según tipología de vivienda	32
Figura 13 Distribución de los precios de la Tarifa de Suministro Eléctrico antes del 2021	33

Figura 14 Distribución precios de la Tarifa del Suministro Eléctrico posterior al 2021...	34
Figura 15 Resultados de los programas CSI y NSHP de California.....	48
Figura 16 VAN del proyecto iniciado en el 2017.....	51
Figura 17 Trayectoria de emisiones de GEI Tipología estándar año 2017	52
Figura 18 VAN del proyecto iniciado el 2020	54
Figura 19 Trayectoria de emisiones de GEI Tipología estándar año 2020	55
Figura 20 VAN del proyecto iniciado el 2025.....	57
Figura 21 Trayectoria de emisiones de GEI Tipología estándar año 2025	57
Figura 22 VAN del proyecto iniciado el 2030.....	59
Figura 23 Trayectoria GEI Tipología estándar año 2030.....	60
Figura 24 VAN a 20 años (tasa de dcto. 10%) del sistema FV para las diferentes tipologías - Subsidio	61
Figura 25 VAN a 20 años (tasa de dcto. 6%) del sistema FV para las diferentes tipologías - Subsidio.....	62
Figura 26 TIR a 20 años del sistema FV para las diferentes tipologías – Subsidio.....	62
Figura 27 VAN a 20 años (tasa de dcto. 10%) del sistema FV para las diferentes tipologías – NetBilling	63
Figura 28 VAN a 20 años (tasa de dcto. 6%) del sistema FV para las diferentes tipologías – NetBilling	64
Figura 29 TIR a 20 años del sistema FV para las diferentes tipologías – NetBilling	64
Figura 30 VAN a 20 años (tasa de dcto. 10%) del sistema FV para las diferentes tipologías – Préstamo.....	65
Figura 31 VAN a 20 años (tasa de dcto. 6%) del sistema FV para las diferentes tipologías – Préstamo	66
Figura 32 TIR a 20 años del sistema FV para las diferentes tipologías – Préstamo	66
Figura 33 Comparación de emisiones indirectas de GEI en diferentes escenarios	68
Figura 34 Emisiones indirectas del total de viviendas con y sin la aplicación del incentivo	69
Figura 35 Proyección de costos para el Estado - Subsidio 25%	70

Figura 36 Proyección de costos para el Estado - Subsidio 50%	71
Figura 37 Proyección de costos para el Estado - NetBilling 80%.....	71
Figura 38 Proyección de costos para el Estado - NetBilling 100%.....	72
Figura 39 Proyección de costos para el Estado - Préstamo con un 70% de endeudamiento	72
Figura 40 Proyección de costos para el Estado - Préstamo con un 100% de endeudamiento.....	73
Figura 41 Análisis de Sensibilidad del VAN – Subsidio	74
Figura 42 Análisis de Sensibilidad del VAN – NetBilling	74
Figura 43 Análisis de Sensibilidad del VAN – Tasa de Interés préstamo	75
Figura 44 Análisis de Sensibilidad del VAN – Endeudamiento.....	75
Figura 45 Análisis de Sensibilidad del VAN – Tasa de descuento	76