

# Tabla de contenido

Capítulo 1: Introducción .....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Alcance.....	4
1.5. Estructura del documento .....	4
Capítulo 2: Antecedentes .....	6
2.1. Economía circular .....	6
2.1.1. Conceptualización .....	6
2.1.2. Críticas, desafíos y límites de la EC .....	10
2.1.3. Economía circular en el sector energético .....	14
2.2. Indicadores .....	15
2.2.1. Indicadores y desarrollo sostenible.....	15
2.2.2. Clasificación de indicadores .....	16
2.2.3. La importancia de un marco de medición para el desarrollo de un sistema de indicadores	17
2.2.4. Criterios que debe cumplir un “buen” indicador.....	19
2.2.5. Indicadores de economía circular .....	21

2.3. Marcos de Contabilidad – Accounting Frameworks .....	22
2.3.1. Origen y desarrollo de los sistemas de contabilidad .....	22
2.3.2. SEEA Central Framework [85] .....	24
2.3.3. Economy wide Material Flow Accounts (ew-MFA) Framework [91] .....	25
2.3.4. Ew – MFA framework, flujos internos e indicadores .....	29
2.4. Mercado energético y medio ambiente.....	31
2.4.1. Conceptos generales de organización y mercados eléctricos .....	31
2.4.2. Organización del eléctrico chileno, agentes que lo componen, marco normativo y toma de decisiones.....	34
2.4.3. Toma de decisiones pública en el sector eléctrico chileno: PELP.....	38
2.4.4. Política medioambiental en el sector eléctrico .....	45
2.4.5. Política medioambiental en el sector eléctrico chileno.....	49
Capítulo 3: Propuesta de indicadores .....	57
3.1. Descripción general de la metodología para la selección y/o elaboración de indicadores .....	60
3.2. I: Elección de marco conceptual .....	62
3.3. II: Aplicación del marco conceptual .....	67
3.4. III: Propuesta set de indicadores .....	70
3.4.1. Ejemplo de sistema uninodal conectado a “Resto del Sistema” .....	72
3.4.2. Indicador de Desacople Material Relativo ( <b>DMR</b> ) .....	73
3.4.3. Indicador de Desacople Material Absoluto ( <b>DMA</b> ) .....	83
3.4.4. Indicador complementario, autoabastecimiento eléctrico ( <b>AE</b> ) - dependencia .....	86
3.5. IV: Test preliminar, evaluación de indicadores en base a criterios.....	89

Capítulo 4: Propuesta de integración de indicadores de EC a la toma de decisiones del sector eléctrico	95
4.1. Descripción general de la propuesta de integración de indicadores de EC a la toma de decisiones del sector eléctrico .....	96
4.2. Monitoreo y evaluación.....	99
4.3. Análisis Energético de Largo Plazo, Estudio de Escenarios.....	100
Capítulo 5: Caso de estudio, Región de Tarapacá .....	103
5.1. Adaptación de la integración de indicadores a la toma de decisiones del caso de estudio...	103
5.2. PELP 2023 – 2027, Región de Tarapacá.....	107
5.3. Fuentes de información .....	108
5.3.1. Expansión de la infraestructura de generación y generación energía eléctrica .....	109
5.3.2. Infraestructura de transmisión: Líneas, subestaciones y transformadores .....	114
5.3.3. Demanda eléctrica .....	115
5.3.4. Eficiencia Energética.....	116
5.3.5. Modelo material y factores de caracterización (normalización de materiales) .....	119
5.4. Resultados: Indicadores de EC para el sector eléctrico de la Región de Tarapacá .....	121
5.4.1. Resultados Indicador AE .....	121
5.4.2. Resultados Indicador DMRcap .....	123
5.4.3. Resultados Indicador DMAcap .....	127
5.4.4. Otros indicadores.....	130
Capítulo 6: Discusión de resultados.....	134
Capítulo 7: Conclusiones y trabajo futuro.....	137
7.1. Conclusiones.....	137

7.2. Trabajo futuro .....	139
Bibliografía.....	141

## Índice de tablas

TABLA 2-1 ELEMENTOS DE EC [78]. .....	21
TABLA 2-2 CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE FLUJOS PARA EL MARCO EW – MFA [96]. .....	29
TABLA 2-3 INDICADORES EW – MFA DERIVADOS DE LAS CANTIDADES ESTANDARIZADAS .....	30
TABLA 2-4 INDICADOR DERIVADO DE LA INCORPORACIÓN DE TÉRMINOS DE RECIRCULACIÓN .....	30
TABLA 2-5 RESUMEN DE LA PROPUESTA DE PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2022-2026.....	55
TABLA 3-1 ENTRADAS Y SALIDAS DE INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA [MW/AÑO] .....	73
TABLA 3-2 CONSUMO INICIAL Y TASA DE CRECIMIENTO .....	73
TABLA 3-3 REQUERIMIENTOS MATERIALES DE LA INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA [143] .....	77
TABLA 3-4 SERIE DE TIEMPO DE INFRAESTRUCTURA MATERIAL PARA TECNOLOGÍA PV .....	78
TABLA 3-5 FACTOR DE NORMALIZACIÓN ADP SBEQ APLICADO AL EJEMPLO DEL TRABAJO .....	80
TABLA 3-6 INGESTA MATERIAL NORMALIZADO POR EL SISTEMA DE EJEMPLO A LO LARGO DEL TIEMPO .....	81
TABLA 3-7 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE ESTUDIO .....	82
TABLA 3-8 AHORROS DE CONSUMO BASADO EN ESTRATEGIAS DE EE .....	82
TABLA 4-1 APLICACIONES DE INDICADORES, Y PREGUNTAS CLAVE QUE APUNTAN A RESPONDER.....	96
TABLA 5-1 ANÁLISIS DE ESCENARIO DE EE ANIDADO .....	118
TABLA 5-2 IMPACTO NUMÉRICO DE ANÁLISIS DE ESCENARIO ANIDADO .....	118
TABLA 5-3 MODELO MATERIAL INFRAESTRUCTURA DE GENERACIÓN [154].....	120
TABLA 5-4 MODELO MATERIAL INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN [154].....	120
TABLA 5-5 FACTOR DE CARACTERIZACIÓN ADP SBEQ, HERRAMIENTA DE NORMALIZACIÓN [147].....	120