

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes generales	2
1.1.1. Causas de la escasez hídrica en Chile	2
1.1.2. Sistema regional de gestión de agua	4
1.1.3. Herramientas y optimización	5
1.2. Estado del arte	8
1.3. Impacto del trabajo	9
1.4. Objetivos	10
1.4.1. Objetivo general	10
1.4.2. Objetivos específicos	10
1.5. Alcances y limitaciones	10
2. Plan de trabajo y metodología	11
2.1. Metodología general	11
3. Caracterización de casos de estudio	12
3.1. Metodología específica	12
3.2. Contexto geográfico chileno	12
3.3. Análisis de recursos hídricos	12
3.3.1. Casos de estudio	14
3.3.2. Consumos hídricos	22
3.4. Discusiones	24
4. Sistemas de tratamiento y redes de aguas	26
4.1. Metodología específica	27
4.2. Plantas convencionales de agua	27
4.2.1. Plantas de potabilización (PTAP)	27
4.2.2. Plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS)	28
4.3. Nuevas fuentes de agua y su potabilización	29
4.3.1. Desalinización	30
4.3.2. Potabilización de agua lluvia	31
4.3.3. Reciclaje de agua	31
4.4. Plantas actuales	33
4.4.1. Antofagasta	33
4.4.2. Atacama	34
4.5. Tecnologías para plantas nuevas	35

4.5.1.	Desalinización	35
4.5.2.	Tratamiento de Agua Lluvia	37
4.5.3.	Aguas residuales	38
4.5.4.	Costos de plantas de tratamientos	39
4.5.5.	Costos de red de agua	41
4.6.	Discusiones	42
5.	Formulación del problema de optimización	44
5.1.	Metodología específica	44
5.2.	Superestructura	45
5.3.	Modelo matemático	46
5.3.1.	Conjuntos	47
5.3.2.	Restricciones	48
5.3.3.	Parámetros	59
5.3.4.	Funciones objetivo	61
5.3.5.	Metodología programación por metas	62
5.3.6.	Escenarios	62
5.4.	Discusiones	63
6.	Implementación y resolución del problema	66
6.1.	Metodología específica	66
6.2.	Caso de estudio: región Antofagasta	67
6.2.1.	Escenario 1	67
6.2.2.	Escenario 2	70
6.2.3.	Comparación de escenarios	72
6.2.4.	Discusiones	73
6.3.	Caso de estudio: región Atacama	76
6.3.1.	Escenario 1	77
6.3.2.	Escenario 2	79
6.3.3.	Comparación de escenarios	82
6.3.4.	Discusiones	83
6.4.	Discusiones generales de resultados	85
7.	Consideraciones finales	89
8.	Conclusiones	91
	Bibliografía	104
	Anexos	105
	A. Caracterización hídrica y geográfica de Antofagasta	106
	B. Caracterización hídrica y geográfica de Atacama	110
	C. Datos para los consumos de las distintas regiones	114
C.1.	Datos para los consumos de la Región de Antofagasta	114
C.2.	Datos para los consumos de la Región de Atacama	115

D. Tecnologías de tratamiento de aguas	118
D.1. Filtración por membrana	118
D.2. Bioreactor de membrana	119
D.3. GAC	120
D.4. Intercambio iónico	120
E. Cálculo de costo de instalación de cañerías - RedCapC	121
F. Costo de instalación de plantas - PlantCapC	123
F.1. Cálculo de costo de instalación de nuevas plantas de reciclaje	123
F.2. Cálculo de costo de instalación de plantas de reciclaje modificadas	129
F.3. Cálculo de costo de instalación de plantas de desalinización	130
F.4. Cálculo de costo de instalación de plantas de potabilización convencional . .	133
F.5. Cálculo de costo de terreno	134
G. Costo de operación de la red -RedOpC	136
H. Costo de operación de plantas de tratamiento - PlantOpC	139
I. Fuentes de agua natural	140
J. Programación por metas	144
K. Ubicaciones de nodos	146
K.1. Ubicación nodos Antofagasta	146
K.2. Ubicación nodos Atacama	154
L. Elementos de conjuntos	163
M. Parámetros del problema de optimización	175
M.1. Códigos Matlab para cálculo de diferencia de altura y distancias	176
M.2. Códigos Matlab específicos para Antofagasta	176
M.3. Códigos Matlab específicos para Atacama	182
N. Indicador ambiental	190
Ñ. Resultados de programación	192
O. Códigos de programación	193
O.1. Antofagasta	193
O.2. Atacama	228