

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
SUMMARY .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo General .....	3
2.2. Objetivo Específico .....	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Precipitaciones .....	4
3.2. Suelo.....	6
3.3. Vegetación.....	7
3.4. Evaporación.....	9
3.5. Caudales.....	10
3.6. El sistema cuenca.....	11
3.7. Demanda y oferta de agua .....	13
3.8. Los embalses.....	14
3.9. Antecedentes generales sobre la regulación en embalses de riego .....	16
3.10. Modelos .....	18
3.11. El método de regulación a caudal variable.....	19
3.12. Descripción del método .....	20
IV. METODOLOGÍA .....	26
4.1. Antecedentes generales del embalse.....	26
4.2. Embalse del Tutuvén .....	26
4.3. Drenaje .....	29
4.3.1. Canal el Tronco.....	29
4.3.1.1. Canal Rosal matriz.....	29
a) Canal Rosal alto.....	29
b) Canal Rosal bajo.....	30

4.3.1.2. Canal Cauquenes .....	30
4.3.1.2.1. Canal el Boldo.....	30
4.3.1.3. Canal Miraflores .....	30
4.3.1.4. Canal Pilén .....	31
4.4. Uso de suelo.....	32
4.5. Materiales y equipos.....	34
4.6. Metodología de estudio .....	34
4.6.1. Revisión bibliográfica .....	35
4.6.2. Obtención de datos .....	35
4.6.3. Determinación de los parámetros del método .....	36
4.6.3.1. Tipos de cultivos .....	36
4.6.3.2. Determinación del caudal afluente.....	37
4.6.3.3. Determinación de la evaporación.....	39
4.6.3.4. Caudal ecológico.....	40
4.6.3.5. Diseño del método .....	41
4.6.3.6. Construcción de las curvas de garantía .....	41
4.6.3.7. Determinación de la expresión matemática de las curvas.....	43
4.6.3.8. Análisis y discusión .....	43
4.6.3.9. Conclusiones y recomendaciones .....	43
V. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	44
5.1. Determinación del caudal afluente .....	44
5.1.1. Método de Grunsky.....	45
5.1.2. Método de Peñuelas .....	46
5.1.3. Método de Coutagne.....	47
5.1.4. Diferencias máximas entre los tres métodos .....	48
5.1.5. Promedio de los tres métodos .....	49
5.2. Determinación de la evaporación .....	51
5.3. Demanda según tipo de cultivo .....	56
5.4. Determinación de año con fallo .....	57
5.4.1. Escenarios de simulación .....	58
5.4.2. Volúmenes vertidos.....	65
5.5. Determinación de los niveles de garantía.....	70
5.6. Curvas de garantía .....	77

VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	79
6.1. Determinación caudal afluente .....	79
6.2. Análisis del cálculo de la evaporación .....	83
6.3. Demanda según tipo de cultivo .....	83
6.4. Determinación año con fallo .....	85
6.5. Análisis del nivel de garantía .....	85
6.6. Comparación de los volúmenes embalsados .....	86
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
7.1. Conclusiones .....	91
7.2. Recomendaciones .....	93
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	94
IX. APÉNDICES .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Influencia de las precipitaciones sobre la cubierta vegetal .....	8
Tabla 2. Descripción de la operación .....	23
Tabla 3. Uso actual del suelo total del área .....	33
Tabla 4. Tipos de cultivos presentes y demanda hídrica .....	37
Tabla 5. Determinación de la escorrentía .....	38
Tabla 6. Método de Grunsky .....	45
Tabla 7. Método de Peñuelas .....	46
Tabla 8. Método de Coutagne .....	47
Tabla 9. Diferencias máximas entre los tres métodos.....	48
Tabla 10. Promedio de los tres métodos.....	49
Tabla 11. Relación superficie espejo de agua versus volumen embalsado.....	54
Tabla 12. Valores de consumo por tipo de cultivo.....	57
Tabla 13. Operación del método .....	59
Tabla 14. Operación del método .....	59
Tabla 15. Operación del método .....	60
Tabla 16. Operación del método .....	60
Tabla 17. Operación del método .....	61
Tabla 18. Operación del método .....	61
Tabla 19. Operación del método .....	61
Tabla 20. Operación del método .....	62
Tabla 21. Operación del método .....	62
Tabla 22. Operación del método .....	63
Tabla 23. Operación del método .....	63
Tabla 24. Operación del método .....	63
Tabla 25. Operación del método .....	64
Tabla 26. Operación del método .....	64
Tabla 27. Operación del método .....	64
Tabla 28. Operación del método .....	64
Tabla 29. Operación del método .....	65
Tabla 30. Operación del método .....	66
Tabla 31. Operación del método .....	66

Tabla 32. Operación del método .....	66
Tabla 33. Operación del método .....	67
Tabla 34. Operación del método .....	67
Tabla 35. Operación del método .....	67
Tabla 36. Operación del método .....	67
Tabla 37. Operación del método .....	68
Tabla 38. Operación del método .....	68
Tabla 39. Operación del método .....	68
Tabla 40. Operación del método .....	68
Tabla 41. Operación del método .....	69
Tabla 42. Operación del método .....	69
Tabla 43. Operación del método .....	69
Tabla 44. Operación del método .....	69
Tabla 45. Nivel de garantía .....	70
Tabla 46. Nivel de garantía .....	71
Tabla 47. Nivel de garantía .....	71
Tabla 48. Nivel de garantía .....	72
Tabla 49. Nivel de garantía .....	73
Tabla 50. Nivel de garantía .....	73
Tabla 51. Nivel de garantía .....	74
Tabla 52. Nivel de garantía .....	75
Tabla 53. Relaciones matemáticas de garantía según superficie abastecida y escenario considerado.....	76
Tabla 54. Coeficiente de variación y promedio para los distintos métodos.....	79
Tabla 55. Agrupación de cultivos .....	84
Tabla 56. Niveles de garantía para un mes con déficit .....	86
Tabla 57. Niveles de garantía para dos meses con déficit.....	86
Tabla 58. Volúmenes reales almacenados por el embalse.....	87
Tabla 59. Volúmenes utilizados en el modelo .....	88
Tabla 60. Volúmenes considerando caudal ecológico .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1. Representación del efecto de la vegetación sobre la precipitación.....	8
Figuras 2. Hidrograma de entrada a un embalse .....	15
Figuras 3. Curvas de regulación de caudales .....	16
Figuras 4. Evaporación del embalse .....	22
Figuras 5. Ejemplo de curvas de garantía.....	25
Figuras 6. Superficie de riego .....	27
Figuras 7. Compuertas embalse Tutuvén .....	28
Figuras 8. Diagrama de canales.....	31
Figuras 9. Curvas de garantía .....	42
Figuras 10. Superficie espejo de agua (1990).....	51
Figuras 11. Superficie espejo de agua (2000).....	52
Figuras 12. Superficie espejo de agua (2008).....	53
Figuras 13. Relación entre la superficie del espejo de agua versus volumen embalsado .....	54
Figuras 14. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	70
Figuras 15. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	71
Figuras 16. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	72
Figuras 17. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	72
Figuras 18. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	73
Figuras 19. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	74
Figuras 20. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	74
Figuras 21. Relación nivel de garantía versus superficie abastecida.....	75
Figuras 22. Curvas de garantía .....	77
Figuras 23. Curvas de garantía .....	78
Figuras 24. Comportamiento de los volúmenes aportados el mes de Mayo.....	80
Figuras 25. Comportamiento de los volúmenes aportados el mes de Junio.....	81
Figuras 26. Comportamiento de los volúmenes aportados el mes de Julio .....	81
Figuras 27. Comparación de los volúmenes promedios anuales.....	82
Figuras 28. Superficie según tipo de cultivo presente.....	84
Figuras 29. Análisis del comportamiento de los volúmenes promedio anuales .....	90