

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



**“PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
APLICANDO EL MODELO DE EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL
AGUA WEAP Y EL MODELO DE SIMULACIÓN DE RESERVORIOS HEC –
RESSIM”**

APLICACIÓN PRÁCTICA: PRESA CALDERAS

Por:

VERÓNICA JANETH QUISPE LÁZARO

Semestre - I - 2021

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS

**“PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
APLICANDO EL MODELO DE EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL
AGUA WEAP Y EL MODELO DE SIMULACIÓN DE RESERVORIOS HEC –
RESSIM”**

APLICACIÓN PRÁCTICA: PRESA CALDERAS

Por:

QUISPE LÁZARO VERÓNICA JANETH

Proyecto de grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Semestre - I - 2021

TARIJA – BOLIVIA

VºBº

M.Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez
Gozalves
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro
Figueroa
**VICEDECANA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Moisés Perales Avilés

.....
M.Sc. Ing. Oscar Ricaldi Torrez

.....
M.Sc. Ing. María Alejandra Zurita Morales

Advertencia

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mi amada madre Criotilda
Lázaro Campero, mi ángel en el
cielo, quien me brindo su amor
incondicional, me apoyo y creyó
en mí en todo momento para
poder culminar esta etapa.
Felizmente hoy puedo cumplir su
sueño más añorado y mi meta el
de ser INGENIERA.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco, a Dios, por haberme dado la vida, salud, la oportunidad de poder estudiar y haberme guiado en cada momento para poder culminar esta etapa.

A mi madre por el sacrificio y esfuerzo que realizo durante su vida para mi formación profesional y haberme acompañado en todo este recorrido.

A mi padre y a mis hermanas por el apoyo incondicional que me brindaron.

A mi familia y amigos por sus mensajes de aliento y buena energía para seguir adelante con mi proyecto.

A Khalil Valeriano León, quien me brindo su ayuda para poder culminar mi proyecto.

A mis docentes por haberme brindado sus conocimientos y experiencias durante mi formación académica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. Justificación teórica.....	5
1.4.2. Justificación metodológica.....	5
1.4.3. Justificación práctica.....	6
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1. Investigaciones Internacionales	7
2.2. Investigaciones Locales	9
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO	12
3.1. Conceptos generales sobre embalses	12
3.1.1. Definición.....	12
3.1.2. Tipos de embalses	12
3.1.3. Estructuras que conforman los embalses.....	12
3.1.4. Características de un embalse.....	13
3.1.4.1. Curvas de áreas y volúmenes	13
3.1.4.2. Alturas características en el embalse.....	13
3.1.4.3. Volúmenes característicos	14
3.2. Balance Hidrológico.....	14

3.2.1.	Componentes que intervienen en el balance hidrológico.....	15
3.3.	Estimación de caudales continuos de entrada al embalse.....	17
3.3.1.	Modelo de balance hídrico	17
3.3.1.1.	Métodos de simulación en procesos hidrológicos	19
3.3.1.2.	Modelo hidrológico WEAP (Método de la humedad del suelo).....	19
3.3.1.2.1.	Ecuación del tanque superior.....	20
3.3.1.2.2.	Ecuación del tanque inferior.....	21
3.3.2.	Calibración del modelo	23
3.3.2.1.	Medidas de bondad de ajuste	23
3.4.	Balance hídrico en embalses	25
3.4.1.	Entradas al embalse	26
3.4.1.1.	Entradas por cuenca propia	26
3.4.1.2.	Entradas por transferencia desde otras cuencas	26
3.4.1.3.	Entradas por lluvia directa sobre el embalse.....	27
3.4.2.	Salidas al embalse	27
3.4.2.1.	Volumen extraído para satisfacer la demanda	27
3.4.2.2.	Volumen evaporado directamente del embalse.....	27
3.4.2.3.	Volumen infiltrado en el embalse	27
3.4.2.4.	Volumen derramado.....	27
3.5.	Modelos de simulación	27
3.5.1.	Análisis de simulación	28
3.5.2.	Reglas de operación	29
3.5.3.	Metodología de funcionamiento.....	31
3.5.3.1.	Módulo Watershed Setup (Configuración de Cuencas).....	32

3.5.3.2.	Módulo Reservoir Network (Red de Reservorios).....	32
3.5.3.2.1.	Definición de alternativas y set de operaciones	34
3.5.3.3.	Módulo Simulation (Simulación).....	35
CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS		36
4.1.	Descripción general del proyecto.....	36
4.2.	Caracterización del área de estudio.....	37
4.2.1.	Ubicación	37
4.2.2.	Clima.....	38
4.2.3.	Selección de Escala y Periodo de Estudio.....	38
4.2.3.1.	Escala Temporal.....	39
4.2.3.1.1.	Periodo de modelación del balance	39
4.2.3.1.2.	Periodo de Calibración y validación del modelo	39
4.2.3.2.	Escala Espacial.....	40
4.3.	Recopilación de Información	40
4.3.1.	Información Climática.....	40
4.3.1.1.	Precipitación y Temperatura	41
4.3.1.2.	Humedad Relativa, Velocidad de viento y Nubosidad.....	44
4.3.1.2.1.	Humedad Relativa.....	44
4.3.1.2.2.	Velocidad de viento	45
4.3.1.2.3.	Nubosidad	46
4.3.2.	Información Climática del SENAMHI	47
4.3.3.	Información Hidrométrica.....	48
4.3.4.	Información Cartográfica	49
4.3.5.	Información de Cobertura, vegetación, uso y tipo de suelo	50

4.3.6.	Información de Demanda	50
4.3.6.1.	Demanda de agua para riego	50
4.3.6.2.	Demanda de agua potable.....	51
4.4.	Análisis y procesamiento de la información	51
4.4.1.	Selección de estaciones meteorológicas.....	51
4.4.2.	Procesamiento de la información climática.....	54
4.4.2.1.	Análisis de precipitación y temperatura.....	54
4.4.2.2.	Humedad relativa, Velocidad de viento y Nubosidad.....	57
4.4.2.2.1.	Humedad Relativa.....	57
4.4.2.2.2.	Velocidad de viento	60
4.4.2.2.3.	Nubosidad	62
4.4.3.	Procesamiento de Información Hidrométrica.....	64
4.4.4.	Cobertura vegetal y textura	92
4.4.4.1.	Caracterización de la Cobertura vegetal	92
4.4.4.2.	Caracterización de Textura	95
4.4.4.3.	Combinación de cobertura vegetal y textura.....	98
4.4.5.	Análisis de datos para la modelación de Embalses	101
4.4.5.1.	Parámetros físicos.....	101
4.4.5.2.	Parámetros de operación	103
4.4.5.3.	Derivaciones de la cuenca Yesera al embalse Calderas	104
4.4.6.	Demanda.....	104
4.4.6.1.	Demanda de riego.....	104
4.4.6.1.1.	Método del coeficiente simplificado.....	108
4.4.6.1.2.	Precipitación Efectiva	109

4.4.6.1.3.	Precipitación	110
4.4.6.1.4.	Evapotranspiración	110
4.4.6.2.	Demanda de agua para consumo humano.....	110
4.5.	Esquematización e incorporación de información al modelo WEAP	112
4.5.1.	Delimitación de cuencas.....	112
4.5.2.	Incorporación de elementos al modelo.....	113
4.5.3.	Incorporación de información al modelo	115
4.5.3.1.	Incorporación de información climática	115
4.5.3.2.	Incorporación de información de cobertura vegetal y textura	115
4.5.3.3.	Incorporación de demanda de agua.....	115
4.5.3.4.	Supuestos Clave	115
4.6.	Calibración y validación del modelo hidrológico	122
4.6.1.	Unidad Hidrológica Calderas	122
4.6.2.	Unidad Hidrológica Yesera.....	125
4.6.3.	Comparación de caudales simulados con estudios anteriores	127
4.7.	Selección de escenarios de aporte para el modelo HEC-ResSim	130
4.8.	Caracterización general del embalse	131
4.8.1.	Balance Hídrico para el embalse	131
4.9.	Construcción del modelo de funcionamiento del embalse en HEC-ResSim ..	132
4.9.1.	Procedimiento general de ingreso de datos.....	132
4.9.1.1.	Módulo Watershed	132
4.9.1.2.	Módulo Reservoir Network.....	133
4.9.1.3.	Alternativas	136
4.9.1.4.	Módulo Simulation.....	136

4.10.	Funcionamiento del embalse y análisis de escenarios.....	137
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS		139
5.1.	Análisis de oferta y demanda en el modelo WEAP	139
5.1.1.	Demanda no cubierta diario promedio anual	139
5.2.	Análisis de oferta y demanda en el modelo HEC-ResSim.....	143
5.2.1.	Optimización de la entrada de caudal por el canal de trasvase	154
5.2.2.	Aumento del requerimiento del caudal en base a una rotación de cultivos.....	160
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Niveles característicos de un embalse	13
Figura 3.2	Elementos Hidrológicos modelados en WEAP	18
Figura 3.3	Curva guía y zonas constantes de un embalse según HEC-ResSim.....	30
Figura 3.4	Curva guía y zonas estacionales de un embalse según HEC-ResSim	30
Figura 3.5	Elementos básicos de modelamiento.....	31
Figura 4.1	Esquema del sistema hidráulico	37
Figura 4.2	Ubicación del área de estudio.....	38
Figura 4.3	Estaciones consideradas para la elaboración de la grilla climatológica GMET	41
Figura 4.4	Estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca Calderas	42
Figura 4.5	Estaciones que tienen influencia en la cuenca Calderas.....	43
Figura 4.6	Estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca Yesera	43
Figura 4.7	Estaciones que tienen influencia en la cuenca Yesera.....	44
Figura 4.8	Estaciones climatológicas consideradas para la generación de la grilla de Humedad Relativa.....	45
Figura 4.9	Estaciones empleadas en la construcción de la grilla de velocidad de viento	46

Figura 4.10 Estaciones consideradas en la elaboración de la grilla de Nubosidad....	47
Figura 4.11 Ubicación de las estaciones hidrométricas.....	48
Figura 4.12 Polígono de Thiessen para la cuenca Calderas.....	52
Figura 4.13 Polígono de Thiessen para la cuenca Yesera.....	54
Figura 4.14 Comparación de precipitación de las Estaciones Tierra y la Grilla GMET	55
Figura 4.15 Comparación de precipitación Estación Yesera Norte y la Grilla GMET	56
Figura 4.16 Comparación de Humedad Relativa de las Estaciones Tierra y la Grilla GMET	58
Figura 4.17 Comparación de Humedad Relativa de las Estaciones Tierra y la Grilla GMET	59
Figura 4.18 Comparación de Velocidad de viento de las Estaciones Tierra y la Grilla GMET	60
Figura 4.19 Comparación de Velocidad de viento de las Estaciones Tierra y la Grilla GMET	61
Figura 4.20 Comparación de Nubosidad de las Estaciones Tierra y la Grilla GMET	62
Figura 4.20 Comparación de Nubosidad de las Estaciones Tierra y la Grilla GMET	63
Figura 4.21 Caudales medidos en el río Calderas.....	66
Figura 4.22 Caudales medidos en el río Yesera.....	68
Figura 4.23 Curva de descarga año 2002.....	69
Figura 4.24 Caudales Calculados vs. Aforados año 2002	70
Figura 4.25 Curva de descarga año 2003.....	70
Figura 4.26 Caudales Calculados vs. Aforados año 2003	71
Figura 4.27 Curva de descarga año 2004.....	71
Figura 4.28 Caudales Calculados vs. Aforados año 2004.....	72
Figura 4.29 Curva de descarga año 2005.....	73
Figura 4.30 Caudales Calculados vs. Aforados año 2005	73

Figura 4.31 Curva de descarga año 2006.....	73
Figura 4.32 Caudales Calculados vs. Aforados año 2006	74
Figura 4.33 Curva de descarga año 2007.....	74
Figura 4.34 Caudales Calculados vs. Aforados año 2007.....	75
Figura 4.35 Curva de descarga año 2008.....	75
Figura 4.36 Caudales Calculados vs. Aforados año 2008.....	76
Figura 4.37 Curva de descarga año 2002.....	76
Figura 4.38 Caudales Calculados vs. Aforados año 2002.....	77
Figura 4.39 Curva de descarga año 2003.....	77
Figura 4.40 Caudales Calculados vs. Aforados año 2003	78
Figura 4.41 Curva de descarga año 2004.....	79
Figura 4.42 Caudales Calculados vs. Aforados año 2004.....	79
Figura 4.43 Curva de descarga año 2005.....	79
Figura 4.44 Caudales Calculados vs. Aforados año 2005.....	80
Figura 4.45 Curva de descarga año 2006.....	80
Figura 4.46 Caudales Calculados vs. Aforados año 2006	81
Figura 4.47 Curva de descarga año 2007.....	81
Figura 4.48 Caudales Calculados vs. Aforados año 2007	82
Figura 4.49 Curva de descarga año 2008.....	82
Figura 4.50 Caudales Calculados vs. Aforados año 2008.....	83
Figura 4.51 Comparación de precipitación y caudal año 2002.....	84
Figura 4.52 Comparación de precipitación y caudal año 2003.....	85
Figura 4.53 Comparación de precipitación y caudal año 2004.....	85
Figura 4.54 Comparación de precipitación y caudal año 2005.....	86
Figura 4.55 Comparación de precipitación y caudal año 2006.....	86
Figura 4.56 Comparación de precipitación y caudal año 2007.....	87
Figura 4.57 Comparación de precipitación y caudal año 2008.....	87
Figura 4.58 Comparación de precipitación y caudal año 2002.....	88
Figura 4.59 Comparación de precipitación y caudal 2003.....	89
Figura 4.60 Comparación de precipitación y caudal 2004.....	89

Figura 4.61 Comparación de precipitación y caudal 2005.....	90
Figura 4.62 Comparación de precipitación y caudal 2006.....	90
Figura 4.63 Comparación de precipitación y caudal 2007.....	91
Figura 4.62 Comparación de precipitación y caudal 2008.....	91
Figura 4.63 Mapa de vegetación – ZONISIG	93
Figura 4.64 Mapa de cobertura vegetal.....	94
Figura 4.65 Mapa de tipo de suelo - ZONISIG	96
Figura 4.66 Mapa de textura	97
Figura 4.67 Mapa de combinación de cobertura vegetal y Textura.....	99
Figura 4.68 Mapa de combinación de cobertura vegetal y textura en formato raster	100
Figura 4.69 Cuenca de aporte y área de riego.....	106
Figura 4.70 Unidades Hidrológicas delimitadas en WEAP.....	113
Figura 4.71 Esquema de la cuenca Yesera.....	114
Figura 4.72 Esquema de la cuenca Calderas.....	114
Figura 4.73 Caudal observado vs. simulado definido para la calibración de la UH Calderas.....	124
Figura 4.74 Caudal observado vs. simulado definido para la validación de la UH Calderas.....	124
Figura 4.75 Caudal observado vs. simulado definido para la calibración de la UH Yesera.....	126
Figura 4.76 Caudal observado vs. simulado definido para la validación de la UH Yesera.....	127
Figura 4.77 Caudales medios mensuales simulados para la cuenca Calderas	128
Figura 4.78 Caudales medios mensuales simulados para la cuenca Yesera	129
Figura 4.79 Caudales medios diarios de la cuenca Calderas disponibles para el 30, 50 y 75% de probabilidad de no excedencia.....	130
Figura 4.80 Caudales medios diarios de la cuenca Yesera disponibles para el 30, 50 y 75% de probabilidad de no excedencia.....	131
Figura 4.81 Esquematación del modelo HEC-ResSim en el módulo Watershed .	133

Figura 4.82 Introducción de información física del embalse.....	134
Figura 4.83 Introducción de información de evaporación	134
Figura 4.84 Introducción de niveles de operación	135
Figura 4.85 Definición de alternativas	136
Figura 5.1 Demanda de riego calculada media mensual vs. caudales de entrega medios mensuales en el margen derecho.....	140
Figura 5.2 Demanda de riego calculada media mensual vs. caudales de entrega medios mensuales en el margen izquierdo	141
Figura 5.3 Demanda no cubierta media diaria para un año promedio en el margen derecho	141
Figura 5.4 Demanda no cubierta media diaria para un año promedio en el margen izquierdo.....	142
Figura 5.5 Nivel de almacenamiento medio anual del embalse Calderas.....	142
Figura 5.6 Niveles reales vs. Niveles simulados.....	144
Figura 5.7 Niveles - Entradas y salidas para el embalse Calderas en año húmedo .	145
Figura 5.8 Volúmenes del embalse Calderas en año húmedo.....	145
Figura 5.9 Salidas desde el embalse Calderas en año húmedo	146
Figura 5.10 Niveles - Entradas y salidas para el embalse Calderas en año normal .	147
Figura 5.11 Salidas desde el embalse Calderas en año normal.....	147
Figura 5.12 Salidas desde el embalse Calderas en año normal.....	148
Figura 5.13 Niveles - Entradas y salidas para el embalse Calderas en año seco	149
Figura 5.14 Volúmenes del embalse Calderas en año seco.....	149
Figura 5.15 Salidas desde el embalse Calderas en año seco.....	150
Figura 5.16 Área regable total de cultivos	153
Figura 5.17 Niveles – Entradas y salidas para el embalse Calderas en año húmedo	155
Figura 5.18 Volúmenes del embalse Calderas en año húmedo.....	155
Figura 5.19 Salidas desde el embalse Calderas en año húmedo	156
Figura 5.20 Niveles – Entradas y salidas para el embalse Calderas en año normal	157
Figura 5.21 Volúmenes del embalse Calderas en año normal	157

Figura 5.22 Salidas desde el embalse Calderas en año normal.....	158
Figura 5.23 Niveles – Entradas y salidas para el embalse Calderas en año seco.....	159
Figura 5.24 Volúmenes del embalse Calderas en año seco	159
Figura 5.25 Salidas desde el embalse Calderas en año seco	160
Figura 5.26 Niveles – Entradas y salidas para el embalse Calderas en año húmedo	161
Figura 5.27 Volúmenes del embalse Calderas en año húmedo.....	161
Figura 5.28 Salidas desde el embalse Calderas en año húmedo	162
Figura 5.29 Niveles – Entradas y salidas para el embalse Calderas en año normal	163
Figura 5.30 Volúmenes del embalse Calderas en año normal	163
Figura 5.31 Salidas desde el embalse Calderas en año normal.....	164
Figura 5.32 Niveles – Entradas y salidas para el embalse Calderas en año seco.....	165
Figura 5.33 Volúmenes del embalse Calderas en año seco	165
Figura 5.34 Salidas desde el embalse Calderas en año seco	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Definición de términos del balde superior	20
Tabla 3.2 Definición de variables del balde superior y descripción WEAP	21
Tabla 3.3 Definición de términos del balde inferior	22
Tabla 3.4 Definición de variables del balde inferior y descripción en WEAP	22
Tabla 3.5 Interpretación de los parámetros estadísticos para calibración y validación	25
Tabla 4.1 Ubicación geográfica de la estación hidrométrica	48
Tabla 4.2 Caudales medios mensuales medidos del rio Calderas y Yesera.....	49
Tabla 4.3 Información disponible de precipitación.....	51
Tabla 4.4 Áreas de influencia sobre la cuenca Calderas.....	53
Tabla 4.5 Información disponible de precipitación para la cuenca Yesera.....	53
Tabla 4.6 Precipitación media mensual en la cuenca Calderas.....	55
Tabla 4.7 Análisis estadístico Estaciones Tierra y Grillas GMET.....	55
Tabla 4.8 Precipitación media mensual en la cuenca Yesera.....	56

Tabla 4.9	Análisis estadístico Estación Yesera Norte y Grillas GMET.....	56
Tabla 4.10	Humedad relativa media mensual en la cuenca Calderas	58
Tabla 4.11	Análisis estadístico Estaciones Tierra y Grillas GMET.....	58
Tabla 4.12	Humedad Relativa media mensual en la cuenca Yesera.....	59
Tabla 4.13	Análisis estadístico Estaciones Tierra y Grillas GMET.....	59
Tabla 4.14	Velocidad media en la cuenca Calderas.....	60
Tabla 4.15	Análisis estadístico Estaciones Tierra y Grillas GMET.....	60
Tabla 4.16	Velocidad media en la cuenca Yesera.....	61
Tabla 4.17	Análisis estadístico Estaciones Tierra y Grillas GMET.....	61
Tabla 4.18	Nubosidad media en la cuenca Calderas	62
Tabla 4.19	Análisis estadístico Estaciones Tierra y Grillas GMET.....	62
Tabla 4.20	Nubosidad media en la cuenca Yesera.....	63
Tabla 4.21	Análisis estadístico Estaciones Tierra y Grillas GMET.....	63
Tabla 4.22	Caudales aforados en el río Calderas	64
Tabla 4.23	Caudales aforados en el río Yesera	66
Tabla 4.24	Parámetros de cálculo año 2002.....	69
Tabla 4.25	Parámetros de cálculo año 2003.....	71
Tabla 4.26	Parámetros de cálculo año 2004.....	72
Tabla 4.27	Parámetros de cálculo año 2005.....	73
Tabla 4.28	Parámetros de cálculo año 2006.....	74
Tabla 4.29	Parámetros de cálculo año 2007.....	75
Tabla 4.30	Parámetros de cálculo año 2008.....	76
Tabla 4.31	Parámetros de cálculo año 2002.....	77
Tabla 4.32	Parámetros de cálculo año 2003.....	78
Tabla 4.33	Parámetros de cálculo año 2004.....	79
Tabla 4.34	Parámetros calculados año 2005	80
Tabla 4.35	Parámetros de cálculo año 2006.....	81
Tabla 4.36	Parámetros de cálculo año 2007.....	82
Tabla 4.37	Parámetros de cálculo año 2008.....	83
Tabla 4.38	Precipitación media mensual en la cuenca Calderas.....	84

Tabla 4.39	Caudales medios mensuales del rio Calderas.....	84
Tabla 4.40	Precipitación media mensual en la Cuenca Yesera.....	88
Tabla 4.41	Caudales medios mensuales del rio Yesera	88
Tabla 4.42	Leyenda de cobertura vegetal y área de influencia en la cuenca Calderas y Yesera.....	93
Tabla 4.43	Leyenda de cobertura vegetal para la utilización en WEAP.....	94
Tabla 4.44	Leyenda de tipo de suelo y áreas de influencia en la cuenca Calderas y Yesera.....	95
Tabla 4.45	Leyenda de Textura para la utilización en WEAP	97
Tabla 4.46	Combinación de cobertura vegetal y textura.....	98
Tabla 4.47	Curva Elevación – Volumen actual del embalse Calderas	101
Tabla 4.48	Niveles y volúmenes de operación del embalse Calderas.....	104
Tabla 4.49	Cédula de cultivo actual	105
Tabla 4.50	Calendario agrícola y áreas de cultivo	105
Tabla 4.51	Superficie de cultivo bajo riego	107
Tabla 4.52	Factores de corrección para la cédula de cultivo	107
Tabla 4.53	Cédula de cultivos para el margen derecho e izquierdo.....	108
Tabla 4.54	Calendario agrícola y coeficientes de cultivo	108
Tabla 4.55	Ecuaciones de precipitación efectiva	109
Tabla 4.56	Tasa de crecimiento poblacional.....	111
Tabla 4.57	Población proyectada para el año 2016.....	111
Tabla 4.58	Dotación media diaria (l/hab/d)	111
Tabla 4.59	Consumo anual para el año 2016	112
Tabla 4.60	Coeficientes de cultivo referenciales para la cuenca Calderas incorporados al modelo WEAP.....	116
Tabla 4.61	Coeficientes de cultivo referenciales para la cuenca Yesera incorporados al modelo WEAP	116
Tabla 4.62	Valores referenciales de CRH en mm/m.....	117
Tabla 4.63	Valores de Profundidad Radicular	117
Tabla 4.64	Valores de capacidad de agua en el suelo para la cuenca Calderas	117

Tabla 4.65 Valores de capacidad de agua en el suelo para la cuenca Yesera	118
Tabla 4.66 Valores estimados para los parámetros del modelo de humedad del suelo	118
Tabla 4.67 Valores de capacidad de agua profunda incorporados al modelo WEAP	119
Tabla 4.68 Índices de área foliar LAI para distintos tipos de cobertura	119
Tabla 4.69 Valores de Factor de resistencia a la escorrentía para la cuenca Calderas incorporados al modelo WEAP.....	119
Tabla 4.70 Valores de Factor de resistencia a la escorrentía para la cuenca Yesera incorporados al modelo WEAP.....	120
Tabla 4.71 Valores de Ks para diferentes texturas.....	120
Tabla 4.72 Valores de conductividad en la zona de raíces para la cuenca Calderas incorporadas al modelo WEAP	120
Tabla 4.73 Valores de conductividad en la zona de raíces para la cuenca Yesera incorporadas al modelo WEAP	121
Tabla 4.74 Valores del factor de conductividad saturada en la zona profunda incorporados al modelo	121
Tabla 4.75 Valores de dirección de flujo para la cuenca Calderas incorporados al modelo WEAP	121
Tabla 4.76 Valores de dirección de flujo para la cuenca Yesera incorporados al modelo WEAP	122
Tabla 4.77 Valores de Z_1 y Z_2 incorporados al modelo WEAP	122
Tabla 4.78 Parámetros definidos para la calibración de la UH Calderas	123
Tabla 4.79 Medidas de bondad de ajuste para la UH Calderas.....	124
Tabla 4.80 Medidas de bondad de ajuste para la UH Yesera.....	125
Tabla 4.81 Parámetros definidos para la calibración de la UH Yesera.....	125
Tabla 4.82 Caudales medios mensuales simulados en la cuenca Calderas	128
Tabla 4.83 Caudales medios mensuales simulados en la cuenca Yesera.....	129
Tabla 4.84 Caudales medios mensuales de salida.....	135
Tabla 4.85 Niveles de operación para el embalse	138

Tabla 4.86 Escenarios de simulación	138
Tabla 5.1 Demanda de riego media mensual actual en el margen derecho	139
Tabla 5.2 Demanda de riego media mensual actual en el margen izquierdo	140
Tabla 5.3 Cédula con rotación de cultivos para el margen derecho y áreas de cultivo	151
Tabla 5.4 Cédula con rotación de cultivos para el margen izquierdo y áreas de cultivo	152
Tabla 5.5 Área regable total de cultivos.....	152
Tabla 5.6 Caudales de demanda con la implementación de la rotación de cultivos	153