

FORMULACIÓN, DISEÑO Y PROGRAMACIÓN
DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL ASENTAMIENTO CAMPESINO
"SANTA LUCÍA", MUNICIPIO ZEA, ESTADO MÉRIDA

Por

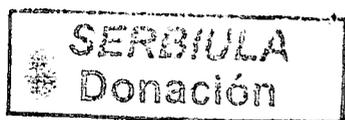
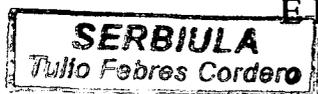
Ing.Agríc. José David Hernández Briceño

Trabajo de grado para optar al Título de Magíster Scientiae en
Desarrollo de los Recursos Aguas y Tierras, Mención: Ingeniería de Riego y Drenaje

www.bdigital.ula.ve

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA

2010



INDICE

	Página
DEDICATORIA	xi
AGRADECIMIENTO	xiii
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE FIGURAS	xxi
LISTA DE SIMBOLOS	xxv
RESUMEN	xxx
CAPITULOS	
1 INTRODUCCION	1
1.1. JUSTIFICACION	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	4
2 REVISION DE LITERATURA	5
2.1. BASES JURIDICAS DE LOS ASENTAMIENTOS CAMPESINOS	5
2.2. CARACTERIZACION DEL AREA, MEDIO FISICO Y RECURSOS NATURALES	6
2.2.1. Temperatura-Precipitación	6
2.2.2. Vegetación natural	6
2.2.3. Geomorfología	6
2.2.4. Hidrografía	7
2.3. ASPECTOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL	7
2.4. PRECIPITACION MEDIA	9
2.4.1. Método de las curvas isoyetas	9
2.5. CURVAS DE DURACION Y VARIACION ESTACIONAL DE CAUDALES	9
2.6. SUELOS	9
2.7. CULTIVOS	10
2.7.1. El cultivo de cítricos	10
2.7.2. El cultivo de pasto	13
2.7.3. El cultivo de aguacate	15
2.7.4. El cultivo de tomate	16
2.7.5. El cultivo de pimentón	17
2.7.6. El cultivo de guanábana	18
2.7.7. El cultivo de cacao	19
2.7.8. El cultivo de parchita	20
2.7.9. Coeficiente del cultivo (Kc)	21
2.7.10. Factor de efecto sobre el rendimiento (Ky)	22

2.8.	LA EVAPORACION	22
2.9.	LA EVAPOTRANSPIRACION	22
2.10.	NECESIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS	23
2.11.	ASPECTOS TEORICOS DE LA DEMANDA DE RIEGO	23
2.11.1.	El modelo de simulación CROPWAT 4.0	23
2.12.	EL MODELO DE SIMULACION AJUSTE V3	24
2.13.	ASPECTOS TEORICOS DEL BALANCE OFERTA-DEMANDA	24
2.14.	MANEJO Y OPERACIÓN DE EMBALSES	25
2.15.	EL RIEGO POR ASPERSION	26
2.15.1.	Componentes de un sistema por aspersión	26
2.16.	EL RIEGO LOCALIZADO POR MICROASPERSION	26
2.17.	ASPECTOS REFERIDOS A LA FORMULACION DE PROYECTOS DE RIEGO Y DRENAJE	27
3	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL AREA Y BATIMETRIA DE LAGUNAS	29
3.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL ASENTAMIENTO	29
3.2.	BATIMETRIA DE LAGUNAS	30
3.2.1.	Procesamiento de la información y resultados	31
4	ESTIMACION DE LAS DISPONIBILIDADES DE AGUA	37
4.1.	ANALISIS HIDROLOGICO DEL RIO ESCALANTE	37
4.1.1.	Introducción	37
4.2.	ASPECTOS CLIMATICOS RESALTANTES DE LA CUENCA DEL RIO ESCALANTE	37
4.2.1.	Ubicación geográfica	37
4.2.2.	Extensión	38
4.2.3.	Aspectos fisiográficos	38
4.2.4.	Aspectos climáticos	38
4.2.5.	Régimen pluviométrico	38
4.2.6.	Precipitación media	38
4.2.7.	Temperatura media	39
4.3.	ESTIMACION DE LAS DISPONIBILIDADES DE AGUA	39
4.3.1.	Precipitación	39
4.3.2.	Construcción de curvas isoyetas	49
4.3.3.	Cálculo de la precipitación media cuenca del río Escalante	52
4.3.4.	Cálculo de la precipitación media microcuenca aportante	55

	Página	
4.4.	ESCORRENTIA	57
4.5.	DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL	61
5	SELECCIÓN DEL AREA A REGAR	69
5.1.	SECTORIZACION DEL RIEGO Y CULTIVOS DE LA ZONA	69
5.2.	SUELOS Y CULTIVOS	74
5.2.1.	Información de suelos	74
5.3.	CULTIVOS	76
5.3.1	El cultivo de cítricos	76
5.3.2.	El cultivo de pasto	81
5.3.3.	El cultivo de aguacate	85
5.3.4.	El cultivo de tomate	86
5.3.5.	El cultivo de pimentón	87
5.3.6.	El cultivo de guanábana	88
5.3.7.	El cultivo de cacao	89
5.3.8.	El cultivo de parchita	90
6	ESTIMACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO	95
6.1.	MODELO DE SIMULACION CROPWAT	98
6.1.1.	Datos de entrada	98
6.1.2.	Criterios de programación	100
6.1.3.	Resultados	100
6.1.4.	Balance de agua en el suelo	100
6.1.5.	Agotamiento de la zona radical	101
6.1.6.	Efectos sobre el rendimiento	101
6.1.7.	Láminas e intervalo de riego	101
6.1.8.	Balance de agua en el suelo	101
6.2.	PROGRAMACION E INFORMACION DE LOS CULTIVOS	106
6.2.1.	Datos de cultivos	106
6.3.	CALCULO DE LA DEMANDA DE RIEGO A TRAVES DE LA IMPLEMENTACION DEL MODELO CROPWAT	113
6.3.1.	Cálculo del caudal módulo	116
6.3.2.	Análisis de resultados	117
6.4.	MANEJO DE OPERACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ALMACENAMIENTO	129
6.4.1.	Balance hídrico	129
6.4.2.	Determinación del escurrimiento superficial	131
6.5.	DETERMINACION DE LOS APORTES DE LA LLUVIA SOBRE EL VASO DE LAS LAGUNAS	142
6.6.	VOLUMENES DE ENTRADA DESDE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO	143

6.7.	PERDIDAS POR EVAPORACION	144
6.7.1.	Volúmenes de consumo	145
6.7.2.	Balance hídrico Laguna 2-Sector II. Escenario 1	146
6.7.3.	Balance hídrico Laguna 1-Sector I. Escenario 1	147
6.7.4.	Balance hídrico Laguna 3-Sector III. Escenario 1	148
6.7.5.	Balance hídrico Laguna 4-Sector IV. Escenario 1	150
6.7.6.	Balance hídrico Laguna 5-Sector V. Escenario 1	151
6.7.7.	Balance hídrico Laguna 2-Sector II. Escenario 2	152
6.7.8.	Balance hídrico Laguna 1-Sector I. Escenario 2	153
6.7.9.	Balance hídrico Laguna 3-Sector III. Escenario 2	155
6.7.10.	Balance hídrico Laguna 4-Sector IV. Escenario 2	156
6.7.11.	Balance hídrico Laguna 5-Sector V. Escenario 2	158
6.7.12.	Balance hídrico Laguna 4-Sector IV. Escenario 3	159
6.7.13.	Balance hídrico Laguna 5-Sector V. Escenario 3	161
7.	SELECCIÓN DEL METODO DE RIEGO	165
7.1.	EL SISTEMA DE RIEGO	165
7.2.	SELECCIÓN DEL METODO DE RIEGO	166
7.2.1.	Cultivos	166
7.2.2.	Costo del agua	166
7.2.3.	Condiciones específicas del tipo de explotación	167
7.2.4.	Condiciones específicas del tipo de suelo	169
7.2.5.	Condiciones impuestas por el clima	174
7.2.6.	Calidad del agua	178
7.3.	FACTORES QUE FAVORECEN LA SELECCIÓN DEL METODO DE RIEGO	180
7.4.	EL RIEGO POR ASPERSION	184
7.4.1.	Ventajas e inconvenientes del riego por aspersión	184
7.4.2.	Componentes de un sistema por aspersión	185
7.4.3.	Tipos de sistemas de riego por aspersión	187
7.5.	EL RIEGO LOCALIZADO POR MICROASPERSION	189
7.5.1.	Características del sistema de riego por microaspersión	190
7.5.2.	Ventajas e inconvenientes de riego por microaspersión	190
7.5.3.	Componentes del sistema de riego por microaspersión	191
8	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	193
8.1.	PLANIFICACION DE RIEGO	193
8.2.	DISEÑO AGRONOMICO DEL SISTEMA DE RIEGO	194
8.2.1.	Necesidades o dotaciones de riego	199
8.2.2.	Selección del aspersor	203
8.2.3.	Espaciamiento entre aspersores y laterales	205
8.2.4.	Intensidad de aplicación del aspersor	206

	Página	
8.2.5.	Tiempo de riego	206
8.2.6.	Número de aspersores	207
8.2.7.	Longitud de la tubería lateral	207
8.2.8.	Número de posiciones del lateral en campo	208
8.2.9.	Número de posiciones del lateral por día	208
8.2.10.	Número de posiciones del lateral en la frecuencia de riego	208
8.2.11.	Selección del microaspersor	209
8.2.12.	Resultados del diseño agronómico	209
8.3.	DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO A NIVEL PARCELARIO	217
8.3.1.	Diseño de las tuberías laterales	217
8.3.2.	Diseño de la tubería secundaria, terciaria y principales	224
8.3.3.	Componentes del sistema de riego	229
8.3.4.	Diseño de las tomas de abastecimiento a parcela	230
9	DISTRIBUCION DEL AGUA	237
10	DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION	243
10.1.	DISEÑO DE LA RED HIDRAULICA DE DISTRIBUCION	249
10.1.1	Trazado y cálculo de la red de distribución	256
10.2.	ACCESORIOS	258
10.2.1.	Ventosas	258
10.2.2.	Válvulas de aislamiento	266
10.2.3.	Válvulas de limpieza	268
10.2.4.	Válvulas de control antirotura	268
11	TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y SISTEMAS DE BOMBEO	271
11.1	TANQUE AUSTRALIANO	271
11.1.1.	Instalación	271
11.2	SISTEMAS DE BOMBEO	273
11.2.1.	Selección de las bombas	274
11.2.2.	Válvulas de control de bomba	274
11.2.3.	Válvula de alivio	284
11.2.4.	Localización de las estaciones de bombeo	291
12	PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	295
12.1.	SISTEMAS DE RIEGO INDIVIDUALES	295
12.2.	ADUCCION DESDE LA TOMA HASTA LAS LAGUNAS	295
12.3.	DE LOS FONDOS PARA LA OPERACIÓN	296
13	CANTIDADES DE MATERIALES Y EQUIPOS	299
13.1.	TUBERIA DE ADUCCION Y REDES DE DISTRIBUCION	299
13.2.	VALVULAS Y ELEMENTOS DE PROTECCION DE LAS REDES DE DISTRIBUCION	302

	Página
13.3. ESTACIONES DE BOMBEO	303
13.4. TANQUE AUSTRALIANO	308
13.5. ACCESORIOS	308
13.6. EQUIPOS DE RIEGO	330
14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	335
14.1. CONCLUSIONES	335
14.2. RECOMENDACIONES	336
BIBLIOGRAFIA	337

www.bdigital.ula.ve

DEDICATORIA

- A **Dios Todopoderoso**, por darme la vida y guiar mis pasos, sin su ayuda y compañía nada hubiese logrado.
- A mis padres, **María Auxiliadora y Espíritu**, ejemplo de trabajo, honestidad, paciencia y comprensión. Para ustedes mis viejos.
- A mi abuela, **Elisa**, incansable en el trabajo y en la responsabilidad de cuidar y alimentar a la familia, a quién le debo tanto. A ti viejita mía.
- A mi hermano y cuñada, **Richard y Yurleidys**, mi eterno agradecimiento por su paciencia, apoyo y cuidados para conmigo. A ustedes con Amor.
- A mi Esposa **Carmen Irene**, por el aliento, comprensión y apoyo para conmigo. A tí con Amor.
- Al Profesor, **Luis Rázuri Ramírez**, por su gran ayuda, apoyo, confianza, paciencia y comprensión. Con Amor Profesor.

www.bdigital.ula.ve

José David

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTO

A Dios Padre Todopoderoso, por estar siempre conmigo y haberme permitido lograr esta meta.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes (CIDIAT-ULA), a todo su personal docente, administrativo y obrero.

Un especial agradecimiento al Profesor Luis Rázuri Ramírez, principalmente por su ayuda incondicional, su orientación tutorial y sabios consejos, realmente, sin su intervención, tanto en el campo profesional, como en el campo de la vida, lograr esta meta hubiese sido mucho más difícil para mí, gracias Profesor.

Al Profesor José Gregorio Rosales, por su acertada y valiosa asesoría, también por sus consejos más allá de lo profesional, por el apoyo incondicional para conmigo, gracias de todo corazón.

Al profesor Roberto Duque, por su orientación y aportes para la realización del estudio hidrológico del proyecto.

Al Instituto Universitario de Tecnología de Ejido (IUTE), por albergarme en sus instalaciones en el Asentamiento Campesino Santa Lucía durante la fase de trabajos de campo y, por toda la ayuda logística prestada a través de los profesores Yemile Dávila y Pablo Silguero, al personal técnico y obrero, a quienes también expreso mi agradecimiento por su valiosa colaboración.

A la señora Isabel Teresa Vielma, quien se encargó de todo el trabajo referido a la transcripción del texto, por sus palabras de aliento y esperanza. Muy agradecido.

A mi madre María Auxiliadora, por su apoyo, aliento esperanzador, y paciencia. Gracias mamá.

A mi hermano y Cuñada, Richard y Yurleidys, por creer en mí, por darme esperanza y aliento. Gracias.

A mi Esposa, Carmen Irene, Por su comprensión, ayuda, apoyo y amor para conmigo. Gracias, Amor mío.

A toda mi familia por estar siempre conmigo en los momentos importantes de mi vida.

A todos Gracias.

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE TABLAS

Tabla N°		Página
2.1	Promedios anuales de temperatura y precipitación	6
3.1	Ubicación de Lagunas en las diferentes parcelas	31
3.2	Capacidad de almacenamiento de cada laguna	32
3.3	Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 1	32
3.4	Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 2	33
3.5	Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 3	33
3.6	Datos de las curvas elevación-área-capacidad para la laguna 4	33
3.7	Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 5	34
4.1	Estaciones meteorológicas seleccionadas	40
4.2	Matriz de correlación (Mes de Enero)	44
4.3	Distribución “t” de Student con “v” Grados de Libertad	46
4.4	Promedios mensuales y anuales de precipitación en (mm), estaciones seleccionadas período histórico 1969-1998	47
4.5	Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Enero	53
4.6	Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Febrero	53
4.7	Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Marzo	54
4.8	Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Abril	54
4.9	Precipitación media por isoyetas microcuenca aportante, mes de Enero	55
4.10	Precipitación media por isoyetas microcuenca aportante, mes de Febrero	56
4.11	Precipitación media por isoyetas microcuenca aportante, mes de Marzo	56
4.12	Precipitación media por isoyetas microcuenca aportante, mes de Abril	56
4.13	Precipitación media mensual en mm, cuenca del río Escalante y microcuenca aportante período 1969-1998	57
4.14	Estación hidrométrica Escalante en La Ferreira	57
4.15	Registro histórico caudal medio en (m ³ /s) estación escalante en La Ferreira, período 1954-1986	57
4.16	Registro histórico caudal máximo instantáneo en (m ³ /s) estación Escalante en La Ferreira, período 1954-1986	58
4.17	Registro histórico caudal mínimo instantáneo en (m ³ /s) estación Escalante en La Ferreira, período 1954-1986	59
4.18	Caudales Promedio en (m ³ /s) período 1954-1986	60
4.19	Factor de transposición (<i>f_c</i>)	62
4.20	Valores de la curva de duración de caudales, estación Escalante en Ferreira, período 1955-1986	64
4.21	Caudales disponibles en (m ³ /s), Sitio de Toma	68
5.1	Relación de parcelas, códigos y áreas	70
5.2	Parcelas a regar por la Laguna 1, Sector I	71

Tabla N°		Página
5.3	Parcelas a regar por la Laguna 2, Sector II	71
5.4	Parcelas a regar por la Laguna 3, Sector III	72
5.5	Parcelas a regar por la Laguna 4, Sector IV	72
5.6	Parcelas a regar por la Laguna 5, Sector V	73
5.7	Cultivos establecidos en el área del proyecto	92
6.1	Balance hídrico Estación Puente Escalante (1961-1998)	96
6.2	Precipitación total confiable con un 80% de probabilidad y precipitación efectiva, estación Puente Escalante	103
6.3	Evapotranspiración del cultivo de referencia, Estación Puente Escalante	104
6.4	Coefficiente de cultivo (k_c), según Doorembos y Pruitt (1976)	107
6.5	Factor del efecto sobre el rendimiento (K_y). Según Doorembos y Kassan (1979)	108
6.6	Resumen de las demandas de riego a nivel mensual para los cultivos considerados para una eficiencia de riego del 90%	114
6.7	Resumen de las demandas de riego a nivel diario para los cultivos considerados, para una eficiencia de riego del 90%	115
6.8	Caudal módulo en l/s/ha para los diferentes cultivos para 12 h de operación	116
6.9	Requerimientos de agua para el cultivo de Cítricos	122
6.10	Demandas mensuales de riego en mm, eficiencia de riego 90%	123
6.11	Demanda mensual de agua ($10^3 m^3$), por Sector de riego	124
6.12	Valores del número de curva (CN) para los complejos suelo – cobertura. Condición de humedad antecedente II	134
6.13	Condición de humedad antecedente	135
6.14	Número de curva (CN) para casos de condición de humedad antecedente I y III	136
6.15	Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 1	137
6.16	Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 2	137
6.17	Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 3	138
6.18	Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 4	138
6.19	Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 5	138
6.20	Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía en cada Laguna	139
6.21	Aportes por precipitación en cada laguna a nivel mensual	143
6.22	Caudales a derivar para cada laguna	143
6.23	Volúmenes mensuales de entrada a cada laguna en m^3 , tiempo de bombeo 12 h, siete días por semana	144
6.24	Láminas y Volúmenes mensuales de agua evaporada en cada laguna	145
6.25	Demanda mensual de agua ($10^3 m^3$), por Sector de riego	145
6.26	Balance hídrico Laguna 2, Escenario 1	146

Tabla N°		Página
6.27	Balance hídrico Laguna 1, Escenario 1	148
6.28	Balance hídrico Laguna 3, Escenario 1	149
6.29	Balance hídrico Laguna 4, Escenario 1	150
6.30	Balance hídrico Laguna 5, Escenario 1	152
6.31	Balance hídrico Laguna 2, Escenario 2	153
6.32	Balance hídrico Laguna 1, Escenario 2	154
6.33	Balance hídrico Laguna 3, Escenario 2	156
6.34	Balance hídrico Laguna 4, Escenario 2	157
6.35	Balance hídrico Laguna 5, Escenario 2	158
6.36	Balance hídrico Laguna 4, Escenario 3	160
6.37	Balance hídrico Laguna 5, Escenario 3	162
6.38	Escenarios de operación elegidos para las Lagunas	163
7.1	Factores que afectan la selección del método de riego. Adaptado por Palacios (1993) de Planning for an irrigation system, Turner y Anderson, 1980	181
7.2	Comparación entre diversos sistemas de riego	182
7.3	Descripción de las variables más importantes dentro de cada factor	182
8.1	Características de las parcelas tipo	196
8.2	Parcelas tipo Sector I	196
8.3	Parcelas tipo Sector II	197
8.4	Parcelas tipo Sector III	197
8.5	Parcelas tipo Sector IV	198
8.6	Parcelas tipo Sector V	199
8.7	Características del perfil de suelo	201
8.8	Láminas de agua útil para cada horizonte cultivo de cítricos	202
8.9	Láminas de agua útil para cada horizonte cultivo de pasto	202
8.10	Diseño agronómico para el cultivo de Pasto	212
8.11	Diseño agronómico para el cultivo de Cítricos, parcelas SL-A-31, SL-A-3, SL-R-78	213
8.12	Diseño agronómico para el cultivo de Cítricos, parcela SL-A-153	214
8.13	Diseño agronómico para el cultivo de Cítricos, parcela SL-A-97(C)	215
8.14	Diseño de la tubería lateral de las parcelas tipo SL-A-31, SL-A-3, SL-R-78	220
8.15	Diseño de la tubería lateral de la parcela tipo SL-A-153	221
8.16	Diseño de la tubería lateral de la parcela tipo SL-A-97(C)	222
8.17	Diseño de la tubería lateral de las parcelas tipo cultivadas con pasto	223
8.18	Diseño de la tubería principal y secundaria de las parcelas tipo cultivadas con cítricos	226
8.19	Diseño de la tubería principal y secundaria de las parcelas tipo cultivadas con pasto	228

Tabla N°		Página
8.20	Diseño de la tubería de abastecimiento, parcelas tipo seleccionadas	228
8.21	Carga de entrada a las parcelas tipo seleccionadas para diseño	232
8.22	Carga de entrada, caudal requerido y tipo de parcelas del Sector I	233
8.23	Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector II	234
8.24	Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector III	234
8.25	Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector IV	234
8.26	Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector V	236
9.1	Turnos de riego para el Sector I	239
9.2	Turnos de riego para el Sector II	240
9.3	Turnos de riego para el Sector III	240
9.4	Turnos de riego para el Sector IV	240
9.5	Turnos de riego para el Sector V	242
10.1	Caudales (m ³ /h) para cada toma de parcela. Sector I	245
10.2	Caudales (m ³ /h) para cada toma de parcela. Sector II	246
10.3	Caudales (m ³ /h) para cada toma de parcela. Sector III	246
10.4	Caudales (m ³ /h) para cada toma de parcela. Sector IV	246
10.5	Caudales para cada toma de parcela. Sector V	248
10.6	Distribución de áreas a regar por Sector de riego y caudales a derivar	249
10.7	Diseño hidráulico de la Aducción Toma-Tanque de transferencia	260
10.8	Diseño hidráulico de la Aducción Tanque de transferencia-Lagunas	261
10.9	Diseño hidráulico red de distribución Sector I, Ramal Principal LAG1-B1	263
10.10	Diseño hidráulico red de distribución Sector III, Ramal Principal LAG3	264
10.11	Ubicación y tipo de ventosa en la Aducción y los Sectores de riego	265
10.12	Ubicación de las válvulas de limpieza, tipo mariposa, marca BRAY	268
10.13	Punto de ubicación y diámetro de la válvula antirotura	270
11.1	Resumen por sector de riego de los Datos de las Estaciones de Bombeo	283
11.2	Coordenadas de localización de las estaciones de bombeo	291
13.1	Cantidad, diámetro y clase de tubería en la aducción, Toma-Tanque australiano	299
13.2	Cantidad, diámetro y clase de tubería en la aducción, Tanque Australiano-Laguna 1	299
13.3	Cantidad, diámetro y clase de tubería, Ramal Principal Laguna 1-Laguna 3	299
13.4	Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector I	300
13.5	Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector II	300
13.6	Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector III	301
13.7	Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector IV	301
13.8	Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector V	302
13.9	Ventosas	302

Tabla N°		Página
13.10	Válvulas de limpieza	303
13.11	Cantidad de válvulas de control antirotura	303
13.12	Características y cantidad de bombas por Sector	303
13.13	Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación sitio de toma	304
13.14	Características y Cantidad de equipos y accesorios, Estación tanque australiano	304
13.15	Características y cantidad de equipos y accesorios, Bombeo Ramal Laguna 1-Laguna3	305
13.16	Características y Cantidad de equipos y accesorios, Bombeo Ramal Laguna 1-B1	305
13.17	Características y cantidad de equipos y accesorios, Bombeo Ramal Laguna 1-B2	306
13.18	Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 2	306
13.19	Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 3	306
13.20	Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 4	307
13.21	Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 5	307
13.22	Características del Tanque australiano	308
13.23	Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Aducción	308
13.24	Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector I	308
13.25	Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector II	313
13.26	Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector III	314
13.27	Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector IV	315
13.28	Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector V	323
13.29	Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector I	326
13.30	Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector II	327
13.31	Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector III	328
13.32	Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector IV	328
13.33	Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector V	329
13.34	Número de microaspersores y longitud de laterales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de cítricos	330
13.35	Longitud de tuberías secundarias, terciarias y principales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de cítricos	331
13.36	Número de aspersores y longitud de laterales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de pastos	331
13.37	Longitud de tuberías secundarias, terciarias y principales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de pastos	332
13.38	Número total de microaspersores y longitud de laterales por tipo de parcela para cítricos	332
13.39	Longitud total de tuberías secundarias, terciarias y principales, por tipo de parcela para cítricos	333

Tabla N°		Página
13.40	Número total de aspersores y longitud de laterales por tipo de parcela para pastos	333
13.41	Longitud total de tuberías secundarias y principales, por tipo de parcela para pastos	333
13.42	Resumen de la longitud total de tubería para el riego a nivel de parcela, para todos los Sectores de Riego	334
13.43	Equipos en cabezal de riego, tipo y cantidad	334

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página	
3.1	Curva elevación-área-capacidad laguna 1	34
3.2	Curva elevación-área-capacidad laguna 2	34
3.3	Curva elevación-área-capacidad laguna 3	35
3.4	Curva elevación-área-capacidad laguna 4	35
3.5	Curva elevación-área-capacidad laguna 5	35
3.6	Plano conjunto del Asentamiento Campesino Santa Lucía	36
4.1	Período de registro disponible para las estaciones seleccionadas (1942-2006)	42
4.2	Cálculo de datos faltantes (Mes de Enero)	45
4.3	Mapa isoyético para el mes de Enero	50
4.4	Mapa isoyético para el mes de Febrero	51
4.5	Mapa isoyético para el mes de Marzo	51
4.6	Mapa isoyético Anual	52
4.7	Caudales promedio mensuales período 1954-1986	60
4.8	Curva de duración de caudales mínimos, Ferreira, período 1955-1986	65
4.9	Curva de duración de caudales medios, Ferreira, período 1955-1986	65
4.10	Curva de duración de caudales máximos, Ferreira, período 1955-1986	66
4.11	Curva de variación estacional caudal mínimo, en Ferreira, período 1955-1986	66
4.12	Curva de variación estacional caudal medio, en La Ferreira, período 1955-1986	67
4.13	Curva de variación estacional caudal máximo, en La Ferreira, período 1955-1986	67
4.14	Curva de variación estacional caudal medio, Sitio de toma	68
5.1	Áreas de riego por sector y número de parcelas beneficiadas	74
5.2	Curva de crecimiento del pasto Estrella (<i>Cynodon nlemfleuensis</i>), según Crespo (1999)	82
5.3	Curva característica del crecimiento de una gramínea <i>pratense tropical</i> . (Crespo, 1999)	83
5.4	Curva característica del crecimiento del pasto Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>), según Martínez (1994)	85
5.5	Distribución porcentual de cultivos en el área del proyecto	92
5.6	Área cultivada Sector I	93
5.7	Área cultivada Sector II	93
5.8	Área cultivada Sector III	93
5.9	Área cultivada Sector IV	94
5.10	Área cultivada sector V	94
6.1	Balance hídrico Estación Puente Escalante (1961-1998)	97

Figura		Página
6.2	Resultado del análisis de frecuencia de la precipitación	103
6.3	Precipitación total confiable con un 80% de probabilidad y precipitación efectiva, estación Puente Escalante	104
6.4	Evapotranspiración del cultivo de referencia, Estación Puente Escalante	105
6.5	Curva única del cultivo de Cítricos	109
6.6	Curva única del cultivo de Pastos	110
6.7	Curva única del cultivo de Aguacate	110
6.8	Curva única del cultivo de Guanábana	111
6.9	Curva única del cultivo de Cacao	111
6.10	Curva única del cultivo de Parchita	112
6.11	Curva única del cultivo de Pimentón	112
6.12	Curva única del cultivo de Tomate	113
6.13	Demandas de riego mensuales para los cultivos considerados	114
6.14	Demandas de riego diarias para los cultivos considerados	115
6.15	Caudal módulo en l/s/ha para cada uno de los cultivos considerados	117
6.16	Comportamiento de la humedad en el suelo para los Cítricos	118
6.17	Comportamiento de la humedad en el suelo para el Pasto	118
6.18	Comportamiento de la humedad en el suelo para el Cacao	119
6.19	Comportamiento de la humedad en el suelo para la Guanábana	119
6.20	Comportamiento de la humedad en el suelo para el Aguacate	120
6.21	Comportamiento de la humedad en el suelo para la Parchita	120
6.22	Comportamiento de la humedad en el suelo para el Tomate 1er ciclo	121
6.23	Comportamiento de la humedad en el suelo para el Pimentón 1er. ciclo	121
6.24	Demandas mensuales de riego en mm de los cultivos	123
6.25	Demandas de agua por sector, mes de Enero	124
6.26	Demandas de agua por sector, mes de Febrero	125
6.27	Demandas de agua por sector, mes de Marzo	125
6.28	Demandas de agua por sector, mes de Abril	125
6.29	Demandas de agua por sector, mes de Mayo	126
6.30	Demandas de agua por sector, mes de Junio	126
6.31	Demandas de agua por sector, mes de Julio	126
6.32	Demandas de agua por sector, mes de Agosto	127
6.33	Demandas de agua por sector, mes de Septiembre	127
6.34	Demandas de agua por sector, mes de Octubre	127
6.35	Demandas de agua por sector, mes de Noviembre	128
6.36	Demandas de agua por sector, mes de Diciembre	128

Figura	Página	
6.37	Demanda mensual de agua por Sector de riego	129
6.38	Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 1	140
6.39	Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 2	140
6.40	Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 3	141
6.41	Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 4	141
6.42	Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 5	142
8.1	Características del modelo, aspersor Senninger	204
8.2	Características técnicas del aspersor Senninger	205
8.3	Características del modelo, microaspersor Tornado	210
8.4	Características técnicas del microaspersor Tornado	211
8.5	Cabezal de riego con sus componentes	229
8.6	Características técnicas de la válvula 920 BERMAD	231
10.1	Aducción Toma-Tanque y Tanque-Lagunas	250
10.2	Red de distribución Sector I	251
10.3	Red de distribución Sector II	252
10.4	Red de distribución Sector III	253
10.5	Red de distribución Sector IV	254
10.6	Red de distribución Sector V	255
10.7	Válvulas de Mariposa marca BRAY	266
10.8	Característica de la válvula de mariposa marca BRAY	267
10.9	Características técnicas de la válvula de control antirotura	269
11.1	Características de la Línea AZ	275
11.2	Dimensiones de la Línea AZ	276
11.3	Conjunto de curvas características del modelo AZ	277
11.4	Curva característica del modelo 25-160 ^a	278
11.5	Curva característica del modelo 32-160 ^a	279
11.6	Conjunto de curvas características del modelo VVKL	280
11.7	Curva característica de la bomba seleccionada, modelo VVKL 150	281
11.8	Curva característica de la bomba seleccionada, modelo VVKL-125	282
11.9	Características de las válvulas de control de bomba, check, BERMAD	292
11.10	Diagrama de las válvulas de control hidráulico, anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión, BERMAD-730	293
11.11	Características de las válvulas de control hidráulico, anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión, BERMAD-730	294

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolos	Definición
°C	Grados centígrados
bh-T	Bosque húmedo tropical
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel medio del mar
<i>f_c</i>	Factor de transposición
Kg	Kilogramos
TO	Tiempo de ocupación
TR	Tiempo de reposo
PP	Presión de pastoreo
IP	Intensidad de pastoreo
m	Metros
mm	Milímetros
ha	Hectárea
Kc	Coefficiente de cultivo
Ky	Factor de efecto sobre el rendimiento
Ym	Producción máxima del cultivo
Etm	Evapotranspiración máxima del cultivo
Y	Producción real del cultivo
Etc	Evapotranspiración real del cultivo
Ev	Evaporación
UTM	Sistema Transversal Mercator Universal
m ³	Metros cúbicos
<i>t_c</i>	Estadístico
Nr	Número de años de registro
Γ	Coefficiente de correlación
Ho	Hipótesis nula
“t”	Distribución “t” de Student
Ne	Número de años a extender
N	Longitud efectiva de registro
<i>A_e</i>	Área de la cuenca en estudio
<i>A_p</i>	Área de la cuenca patrón
<i>Pptme</i>	Precipitación media de la cuenca en estudio

Símbolo	Definición
P_{ptmp}	Precipitación media de la cuenca patrón
Q_e	Caudal en el sitio de toma para el mes determinado
Q_p	Caudal de la cuenca patrón para el mes determinado
α	Parámetro de la distribución extrema Tipo I
β	Parámetro de la distribución extrema Tipo I
y	Media aritmética
S_y	Desviación estándar
N_r	Necesidades de riego
P_p	Percolación profunda
Δa_s	Balance de agua subterránea, afluente y efluente
P_e	Precipitación efectiva
Δs	Balance de agua superficial
Δd	Variación de humedad del suelo en la zona radical
E_{to}	Evapotranspiración del cultivo de referencia
TAM	Total de agua disponible
RAM	Agua fácilmente disponible
p	Factor de agotamiento del agua en el suelo
SMC_{di}	agotamiento de la humedad del suelo en la zona de raíces para un día dado
d_r	Lámina de riego
P_t	Precipitación total
P_{dp}	Pérdida de lluvia debido a percolación debajo de la zona de raíces
P_{es}	Pérdida de agua de lluvia por escorrentía superficial
CC	Capacidad de campo
PMP	Punto de marchitez permanente
gr	Gramos
cm^3	Centímetros cúbicos
h	Tiempo en horas
ND	Número de días del período considerado
Ef	Eficiencia de riego
V_f	Volumen final para el mes considerado
V_i	Volumen inicial para el mes considerado

Símbolo	Definición
ΔV	Variación de almacenamiento para el mes considerado
V_e	Volumen de entrada para el mes considerado
V_s	Volumen de salida para el mes considerado
SCS	Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos
F	Infiltración real
S	Infiltración potencial
P_e	Escorrentía real
P_p	Escorrentía potencial
I_a	Pérdidas iniciales
CN	Número de curva
V_p	Volumen precipitado para el período considerado
P_{PT}	Lámina de lluvia para el período considerado
A_{vaso}	Área del vaso de la laguna
Q_{der}	Caudal derivado
T_{Bomb}	Tiempo de bombeo desde la fuente en horas
V_{Evap}	Volumen de agua evaporado
A_{esp}	Área del espejo de agua de la laguna
HBDF	Horas de bombeo por día desde la fuente
DPS	Días por semana
Fe	Factor de entrega
kPa	Kilo pascales
LAGL	Lámina de acero galvanizado
PVC	Polivinilo de Cloruro
dca	Aporte capilar
ΔH	Variación de agua en el suelo
da	Lámina útil
Da	Densidad aparente del suelo
D	Profundidad radicular
AU	Agua útil
db	Lámina bruta de riego
dn	Lámina neta de riego

Símbolo	Definición
E_{fa}	Eficiencia de aplicación
$F_{r_{max}}$	Frecuencia máxima de riego
E_a	Espaciamiento entre aspersores
E_L	Espaciamiento entre laterales
D_c	Diámetro de cobertura del aspersor
I_{aplic}	Intensidad de aplicación del aspersor
Q_{asp}	Caudal del aspersor
T_r	Tiempo de riego
N_{asp}	Número de aspersores
L_C	Longitud del lateral en campo
L_L	Longitud de la tubería lateral
$N_{pos/Lat}$	Número de posiciones del lateral en campo
L_{Ts}	Longitud de la tubería secundaria
N_{Lados}	Número de lados a regar
$N_{pos/día}$	Número de posiciones del lateral por día
T_o	Tiempo de operación por día del sistema
T_c	Tiempo de cambio de posición de los laterales
$N_{pos/Frec}$	Número de posiciones del lateral en la frecuencia de riego
F_{rd}	Frecuencia de riego de diseño
U_r	Umbral de riego
Ph	Porcentaje de humedecimiento
RL	Relación de lixiviación
DL	Días libres
F_{rj}	Frecuencia de riego ajustada
dnj	Lámina neta de riego ajustada
dbj	Lámina bruta de riego ajustada
U_{rj}	Umbral de riego ajustado
da/D	Lámina de agua almacenable por metro de profundidad
N_{LOS}	Número de laterales de operación simultánea
hf	Pérdida de carga
Q_L	Caudal del lateral
C	Coefficiente de fricción
D	Diámetro de la tubería
L	Longitud de la tubería
F	Factor de corrección por salidas múltiples

Símbolo	Definición
F	Factor de corrección por salidas múltiples
N° Asp	Número de aspersores
Q _{asp}	Caudal del aspersor
h _{fmax}	Pérdidas máximas permisibles
P _o	Presión de operación del emisor
ΔZ	Diferencia de nivel entre el inicio y final del lateral
D _{exac}	Diámetro exacto
h _e	Carga de entrada al lateral
alt.elev	Altura de la tubería elevadora
h _d	Carga distal
D _{com}	Diámetro comercial
D _{int}	Diámetro interior
H _f	Pérdida de carga por fricción
f	Factor de fricción
V	Velocidad de flujo en la tubería
g	Aceleración de la gravedad
R	Número de Reynolds
ν	Viscosidad cinemática del agua
SDR	Clase de tubería
PEAD	Polietileno de alta densidad
bar	Unidad de Presión
AZ	Modelo de bomba
VVKL	Modelo de bomba

www.bdigital.ula.ve

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Asentamiento Campesino Santa Lucía del Municipio Zea, Estado Mérida; el área total del Asentamiento es de 842,13 ha, de las cuales 742,7 ha están bajo cultivo, siendo los principales los cítricos y pasto; el área sembrada de cítricos corresponde a un 52,1%, mientras que el pasto ocupa un 45%. En los períodos de sequía, o de poca precipitación, los cultivos responden con una baja en la producción y una pérdida en la calidad de los frutos cosechados, ya que son menos jugosos y de menor tamaño en el caso de los cítricos; en cuanto al pasto, éste retrae su crecimiento y desarrollo y el ganado vacuno sufre las consecuencias en su alimentación, manifestándose éstas, en la pérdida de peso y la baja producción de leche, haciéndolos susceptibles a enfermedades.

El proyecto consistió en la Formulación, Diseño y Programación de un sistema de riego con el fin de lograr solventar estos problemas, ya que, en la zona existen importantes demandas de agua durante todo el año. Para la mejora y modernización de esta zona de riego, se optó por la práctica del riego presurizado, mejorando la distribución de agua hasta las parcelas y recomendando las mejoras a nivel de unidades de producción; se decidió como alternativa de riego para los cítricos el sistema de riego por microaspersión y para el pasto el riego por aspersión. En el proyecto se plantea el aprovechamiento del agua desde el río Escalante, con un caudal aprovechable, según el estudio hidrológico, de 0,274 m³/s, a través de una aducción mediante bombeo, que conducirá el agua hasta un tanque australiano de transferencia y luego desde éste, a las cinco lagunas de almacenamiento ubicadas dentro del Asentamiento; cada laguna será un centro de distribución, desde los cuales se impulsará el agua mediante estaciones de bombeo, hasta cada una de las parcelas, generándose así, cinco sectores de riego. La máxima demanda de riego de los cultivos se presenta en los meses de Abril y Junio con 3,8 mm/día, equivalentes a un caudal de 0,88 l/s/ha. Con el fin de lograr la entrega de agua a las parcelas, tanto en oportunidad como en cantidad, se establecieron escenarios de manejo y operación de las lagunas de almacenamiento, garantizando el abastecimiento seguro de las demandas de agua de los cultivos y el diseño más económico posible de las redes de distribución. El diseño de los sistemas de riego para las parcelas tipo, se realizó con criterios basados en el mínimo consumo de caudal, empleando el mayor tiempo posible para el riego durante el día, esto dio origen a una distribución de agua por turnos. El sistema operará seis días por semana durante 12 horas por día con una jornada de riego comprendida entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m.

La tubería de aducción considerada, ha sido concebida para llevar el agua en forma presurizada a las distintas lagunas, que tienen una posición altimétrica más elevada, a través de una estación de bombeo ubicada en la margen derecha del río Escalante. El tipo de red de distribución de agua, considerado para el diseño, es una red de tuberías a presión, modalidad de riego por rotación o turnos, tipología mixta, trazado por linderos y con abastecimiento desde lagunas de almacenamiento, cuya presurización se hará también a través de estaciones de bombeo que se ubicarán en las orillas de éstas o en balsas flotantes.

Palabras clave: riego por aspersión y microaspersión, redes de distribución, aducción, manejo y operación de lagunas de almacenamiento, cultivos de pasto y cítricos.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. De igual manera representa un factor decisivo para el desarrollo socioeconómico de las regiones, tanto desde el punto de vista de la producción agrícola, como también en lo referente a aspectos ecológicos, paisajísticos, entre otros.

Estos aspectos han cobrado especial relevancia en los últimos años, habiéndose generado un amplio debate, que se ha extendido a diferentes sectores sociales, con lo que se ha abierto camino la planificación hídrica en un contexto racionalizador del uso del agua. Debate, por otra parte, muy enriquecedor, aunque no lo suficientemente intenso, si planteamos el uso de los recursos naturales como una responsabilidad compartida de una sociedad activa, no únicamente de los gestores políticos, técnicos u otros estamentos más o menos calificados.

En la actualidad la gran escasez del recurso hídrico, típicamente en las regiones áridas y semiáridas, han ocasionado una deficiente producción agrícola, una alternativa de solución, ha sido la tecnificación del riego, incorporando el diseño y la operación de los diferentes sistemas de riego. Aplicando la tecnología, se ha obtenido un adecuado manejo de la relación que existe entre Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, y ha sido posible incrementar sustancialmente la superficie de cultivo, conservar los recursos, así como los rendimientos obtenidos por unidad de superficie. Sin embargo, para alcanzar a solucionar esta problemática es necesario desarrollar adecuadamente los diseños y manejar en forma eficiente los sistemas de riego que en conjunto con otras ramas de la agronomía permitan al productor obtener los más altos rendimientos con la menor inversión posible.

La repotenciación y mejoramiento de la actividad agrícola en cualquier parte del mundo, esta obligada principalmente, a elevar la productividad de los cultivos, a expensas de un mínimo aumento en los costos. Es por ello que este aumento de producción debe ir acompañado por un paquete tecnológico, el cual permitirá un uso eficiente de los recursos existentes, que generalmente son escasos y competidos, lo que justifica el llegar a una optimización de los objetivos trazados para lograr la el fin propuesto.

Desde el punto de vista de los objetivos económicos del país, el sistema de riego busca aumentar la producción de alimentos, generar ocupación y ayudar a reducir la pobreza de las zonas rurales. Esto último puede lograrse distribuyendo el agua de tal manera, que beneficie al mayor número de agricultores.

En zonas con climas donde el aporte de la lluvia no satisface las demandas de agua de los cultivos, es decir, con frecuentes periodos de sequías o llueve pero, aún así, no se supe la necesidad hídrica del cultivo, hace que el agua y su manejo adquieran una especial importancia. En el área del proyecto la precipitación media anual, es de 1041 mm para un 80% de probabilidad de ocurrencia, la evapotranspiración, Eto, anual en la zona de riego es alrededor de 1733 mm, lo

cual justifica que en el Asentamiento Campesino “Santa Lucía”, el manejo adecuado de los recursos hídricos disponibles sea un objetivo fundamental, tanto para los responsables públicos de la gestión del agua como para los agricultores. Esta gestión racional y responsable es primordial para asegurar la sostenibilidad de los sistemas de riego, ya que la agricultura utiliza en torno al 80% del agua total consumida.

En el Asentamiento Campesino “Santa Lucía” se presenta una limitada disponibilidad de agua para riego, lo que obliga necesariamente al almacenamiento en lagunas, para luego ser distribuida el agua a nivel de parcela. Así, también cabe destacar, que la fuente de agua es el río Escalante, cuyo sitio de toma está a una cota inferior respecto de los almacenamientos y a la zona regable, lo cual obliga al bombeo desde la fuente hacia las lagunas. El asentamiento cuenta con cinco lagunas con buena capacidad de almacenamiento, cada una de las cuales serán centros de distribución, así, cada laguna da origen a un sector específico de riego, cuya área de influencia queda determinada por la capacidad de almacenamiento de dicha laguna. Esto trae como consecuencia una serie de restricciones de carácter técnico-económico, las cuales resultan de la complejidad del sistema, ya que si bien es cierto que el diseño debe ser óptimo y ajustado a las condiciones de operación y manejo del mismo, las soluciones deben estar acordes con la realidad socioeconómica del país.

En el Asentamiento existen importantes demandas de agua durante todo el año, y en la zona de captación existe una fuente de agua con un caudal limitado y continuo para satisfacer las demandas de los cultivos, por esta razón fue necesario recurrir a un sistema de entrega limitada de agua a cada parcela, traducéndose en un caudal de entrega en función de las demandas del cultivo sembrado, del área neta de siembra, del sistema de riego interno y de su operación. Así, el caudal de entrega variará en función de la demanda del cultivo sembrado. De esta manera se puede decir que el agua es repartida equitativamente entre los productores del área en forma eficiente, confiable y oportuna con los mínimos costos de operación.

1.1. JUSTIFICACIÓN

El Asentamiento Campesino “Santa Lucía”, posee un área total de 842,13 ha de las cuales 742,7 ha están bajo cultivo, siendo los principales los cítricos y pasto; el área sembrada de cítricos corresponde a un 52,1%, mientras que el pasto ocupa un 45%. Si bien hasta el momento actual, no se tienen estadísticas referidas a la cuantificación de la producción y el rendimiento respecto a los cultivos anteriores, es bien sabido por los productores, que en los periodos de sequía, o de poca precipitación, los cultivos responden con una baja en la producción y una pérdida en la calidad de los frutos cosechados, ya que son menos jugosos y de menor tamaño en el caso de los cítricos. En cuanto al pasto se sabe que cuando es sometido a déficit prolongado de agua se retrae su crecimiento y desarrollo, por tanto el ganado vacuno sufre las consecuencias en su alimentación, manifestándose éstas, en la pérdida de peso y la baja producción de leche, haciéndolos susceptibles a enfermedades.

De lo anterior se puede decir que, las consecuencias del déficit de agua en los cultivos, se traduce en una baja en los ingresos para el núcleo familiar, en primer lugar, porque los productos a comercializar bajan en cantidad y en segundo lugar porque también disminuye su calidad.

Por otro lado, también se sabe que, en el Asentamiento la comunidad está organizada, y en sus planes futuros está el desarrollo de proyectos para mejorar su calidad de vida. Entre estos proyectos se enmarca la construcción de una planta procesadora de cítricos para producir jugo y pulpa fresca, para procesar la naranja, la mandarina y el limón que ellos mismos producen. Es decir, se plantea que las asociaciones locales o comunales planificarán y ejecutarán las iniciativas para el desarrollo rural, las cuales generarán empleo y mejorarán la calidad de vida de la zona.

Es notable recalcar que en el Asentamiento, el Instituto Universitario Tecnológico de Ejido, está llevando a cabo una labor de extensión exitosa, trabajando de la mano con la comunidad organizada, prestando todo su apoyo técnico y logístico, realizando proyectos referidos al manejo integral de plagas y enfermedades, campañas de vacunación, entre otras, con la colaboración de las instituciones del gobierno estatal.

Para la mejora y modernización de esta zona de riego, se ha optado por la práctica del riego presurizado, mejorando la distribución de agua hasta las parcelas y recomendando las mejoras a nivel de unidades de producción, y se ha decidido como alternativa de riego para los cítricos el sistema de riego por microaspersión y para el pasto el riego por aspersión, pues en gran parte la orientación productiva actual y de futuro es hacia productos de alta calidad y rentabilidad, para su comercialización en mercados próximos o en el mercado local.

Se espera que con la instalación del sistema de riego, su adecuada operación y mantenimiento, se eleven los rendimientos de los cultivos y se mejore así, la calidad de vida de las familias beneficiadas, se incremente la necesidad de mano de obra y se generen fuentes de trabajo y, de esta manera, el Asentamiento Campesino “Santa Lucía” se convierta en un polo de desarrollo rural para el Estado.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Realizar la formulación, diseño y manejo óptimos del sistema de riego presurizado para el Asentamiento Campesino Santa Lucía, incidiendo en su gestión integral e integrada, alcanzando una alta eficiencia económica, social y técnica en el uso del agua, de cara a la conservación del medio rural como un entorno de gran valor natural.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el área del proyecto en cuanto a la localización, clima, vegetación, geomorfología e hidrografía.
- Realizar el levantamiento topográfico de la zona de riego y la batimetría de las lagunas existentes.
- Estimar la disponibilidad de agua superficial mediante un estudio hidrológico del río Escalante y contrastar con las necesidades de riego.
- Seleccionar las áreas específicas a beneficiar con el riego y realizar un levantamiento de cultivos en campo.
- Calcular los requerimientos de riego y las necesidades hídricas de los cultivos
- Establecer los criterios estratégicos de manejo y operación de las lagunas de almacenamiento.
- Seleccionar el método de riego.
- Realizar el diseño agronómico e hidráulico a nivel parcelario y del sistema riego.
- Realizar el diseño de la línea de aducción y las redes hidráulicas de distribución.
- Seleccionar el almacenamiento de transferencia y las bombas requeridas para la impulsión del agua.
- Diseñar un plan de operación y mantenimiento para el sistema de riego.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. BASES JURÍDICAS DE LOS ASENTAMIENTOS CAMPESINOS

Según Pineda (1989), el asentamiento Campesino Santa Lucía se constituye como tal, a partir del año 1981 en que el Instituto Agrario Nacional adquiere los terrenos de la Hacienda Santa Lucía a objeto de dotar de tierras a campesinos y agricultores de la zona. Por consiguiente el Asentamiento se encuentra ubicado en terrenos de patrimonio nacional según consta en el documento registrado en la oficina subalterna de registro del hoy Municipio Tovar del Estado Mérida bajo el N° 80 folios 146 al 150, protocolo 1°, tomo 3, cuarto trimestre del año 1981.

Del análisis de la Ley de Reforma Agraria se concluye que el Asentamiento Campesino, es una unidad estructurada sobre la base jurídica de mencionada ley, según la cual terrenos de propiedad del Estado, son cedidos a comunidades campesinas, agricultores, técnicos del agro y cualquier otro sujeto de la reforma agraria, para su aprovechamiento racional según lo establece el principio de la función social de la propiedad de la citada ley.

El Asentamiento Campesino involucra además de la tenencia de la tierra, la infraestructura física, los servicios comunales, asistencia técnica, crediticia y de capacitación todo lo cual ha sido denominado según el artículo 57 de la legislación como dotación integral.

La característica más importante de estas unidades es la no existencia de la propiedad privada sobre la tierra. Esto se debe a que la misma está condicionada según el Capítulo II sección I de la Ley de Reforma Agraria por la función social de la propiedad.

Los asentamientos son organizados con base a dos formas de tenencia de la tierra:

- a. Propiedad colectiva, las cuales se pueden desarrollar a través de empresas campesinas o por medio del establecimiento de cooperativas.
- b. Propiedad individual, donde los sujetos de la reforma deben organizarse colectivamente sólo para solicitar el crédito, siendo responsable en las obligaciones contraídas con entes financieros.

2.2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA, MEDIO FÍSICO Y RECURSOS NATURALES

Geográficamente el área de estudio se ubica en el Municipio Zea del Estado Mérida, en la cuenca media baja del río Escalante, entre la margen derecha del río Escalante por el oeste y, la margen izquierda del río Guaruríes por el este, por el sur con el sector Caño Tigre y por el norte con la carretera principal El Vigía-Táchira, delimitada entre las siguientes coordenadas: 8° 31' 43" y 8° 28' 47" de latitud norte, 71° 46' 59" y 71° 45' 04" de longitud oeste.

2.2.1. Temperatura-Precipitación

Para la obtención de este dato se tomó la información de las estaciones Puente Escalante y Caño Negro por considerarse las más cercanas al área.

Para el período 1961-1998, los valores promedios correspondientes para estas dos variables climáticas son:

Temperatura media anual: 27,1 °C. El período de mayor precipitación corresponde a los meses de abril, octubre y noviembre con un promedio de 198,0; 192,9 y 218,3 mm respectivamente, para un promedio mensual en el año de 152,2 mm, como se observa en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Promedios anuales de temperatura y precipitación.

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom.
Temperatura	26,5	26,6	26,9	27,0	27,4	27,7	27,5	27,4	27,6	27,4	26,9	26,4	27,1
Precipitación	114,8	109,8	136,6	198,0	169,6	133,4	136,0	140,6	133,0	192,9	218,3	143,7	152,2

Fuente: M.A.R.N.R., Estación Meteorológica Puente Escalante y Caño Negro.

2.2.2. Vegetación natural

Según Pineda (1989) la vegetación primaria ha sido sustituida por pasto, especialmente el kikuyo y yaragua y por el cultivo de especies frutales, tales como cítricos, guanábana, cambur, etc. Según el sistema de clasificación de Holdridge, el área se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T).

2.2.3. Geomorfología

Las características fisiográficas del Asentamiento Campesino Santa Lucía, la definen como ocupando parte de un gran cono de deyección formado en el pleistoceno. La topografía del área es ligeramente inclinada con pendientes que oscilan entre 3 y 8%, su ubicación se extiende entre 390 y 230 m.s.n.m.

Las características hidrogeomorfológicas de los suelos y materiales que constituyen éste cono, hacen según ECOSA (1977), citado por Pineda (1989), que el mismo sea mediano alimentador de acuíferos, pero muy buenos transmisores, lo cual se debe a que los suelos han desarrollado y argilizado la parte superior del depósito, por lo que disminuye la infiltración, quedando en el subsuelo los materiales no pedogeneizados y los elementos finos, que son precisamente los que frenan la conductividad.

Según Marcucci y Márquez (1986), entre los ríos Escalante y Guaruríes, a 250 m.s.n.m. aproximadamente, se localizan depósitos del pleistoceno, cuaternario y comprende éste sector, elevaciones entre 100 y 200 m.s.n.m. con topografía ligeramente plana a moderadamente inclinada con pendientes regulares de 1-7%, formada por arcillas y areniscas de la formación Isnotú; los bancos de areniscas son poco compactos.

2.2.4. Hidrografía

La red hidrográfica del área en estudio es de carácter esporádico, pero la misma no representa ninguna limitante puesto que por el lado este y oeste del Asentamiento pasan los ríos Guaruríes y Escalante, respectivamente. La parte alta del parcelamiento es abastecido de agua a través del sistema de riego Caño Tigre, el cual es de régimen permanente (Pineda 1989).

Según Marcucci y Márquez (1986), la red hidrográfica se encuentra bien jerarquizada y de tipo dendrítico, los cursos de agua secundarios son permanentes y los terciarios de tipo intermitentes, constituyendo malos alimentadores de acuíferos.

El río Escalante nace en la cordillera de Tovar, a unos 3200 m.s.n.m. y toma una dirección noreste, desde Pueblo Hondo, cambiando a noroeste al entrar a la planicie aluvial y, a la altura de Santa Bárbara del Zulia, su dirección nuevamente es noreste hasta la desembocadura en el lago de Maracaibo. Su curso principal recibe escasos aportes de agua presentándose como un pequeño riachuelo, cobrando importancia al penetrar en la planicie aluvial donde recibe las aguas de los ríos Onia, Morotuto, Umuquena y Culegría. En general la longitud total de la red fluvial de cuenca del río Escalante es de 3.073 Km, y drena una superficie de 5.265,62 Km², con una distancia recorrida desde su nacimiento hasta su desembocadura de 163 Km, (Villarreal 2002).

2.3. ASPECTOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL

El análisis de la oferta de agua es de vital importancia en el planteamiento de las potencialidades de una particular cuenca. La determinación de los caudales disponibles en los diferentes cursos de agua de los ríos y quebradas, marca el primer paso para conocer la viabilidad de cualquier proyecto de aprovechamiento hidráulico.

Según Beltrán (2007), es de interés para los estudios hidrológicos, determinar las características que puede presentar la corriente que drena una cuenca determinada, conocer su caudal mayor o pico que se espera para un período de retorno dado, o el mínimo para ciertas condiciones, así como el rendimiento mensual, anual o promedio a largo plazo.

El agua proveniente de las precipitaciones, que se presentan por diversos caminos para circular por la red hidrográfica y que puede ser evaluada en algún sitio de interés del cauce de un río, se conoce como escurrimiento o escorrentía superficial. Se entiende por lámina escurrida a la relación entre el volumen de agua medido en un sitio del cauce del río y el área de la cuenca receptora.

Una metodología empleada para la determinación de la oferta de agua superficial, según Duque (1985), consiste en que teniendo los valores de escorrentía en el punto de salida de la cuenca, y la precipitación media para dicha cuenca, se extrapola la información de caudales hasta el sitio de toma, empleando el método del Factor de Transposición (f_c).

Este factor de transposición se calcula para cada mes del año. De esta manera el caudal disponible en el sitio de toma queda determinado por el producto entre el valor del factor de transposición y el valor del caudal en la cuenca patrón para cada uno de los meses del año.

El cálculo del gasto mensual se realiza ajustando los datos mensuales a una distribución estadística, calculándose el caudal confiable para una probabilidad del 80% de ocurrencia, utilizando el modelo AJUSTEV3 desarrollado por Duque (2002), el cual realiza un análisis de frecuencia teórica con base en diversas distribuciones que consideran aspectos de índole estadístico.

El modelo fue desarrollado para el ajuste de una serie de datos a una distribución estadística, bajo lenguaje FORTRAN y consta de una serie de subrutinas que permiten realizar:

- Análisis de frecuencia de datos agrupados
- Ajuste de una serie de datos a una a las siguientes distribuciones estadísticas:
 - Distribución Normal
 - Distribución Log Normal
 - Distribución Gumbel
 - Distribución Log Gumbel
 - Distribución Pearson3
 - Distribución Log Pearson3

Para el ajuste de las distribuciones se realiza un procedimiento analítico que se basa en determinar los parámetros estadísticos de la serie de datos, entre ellos; la media, la desviación estándar, el coeficiente de asimetría y el coeficiente de kurtosis.

2.4. PRECIPITACIÓN MEDIA

2.4.1. Método de las curvas isoyetas

Se llama isoyeta a la curva que representa el lugar geométrico de los puntos que tienen la misma precipitación en un período de tiempo considerado. Son curvas de igual lluvia. En este método se requiere el discernimiento del analista, pues debe interpretar toda la información disponible no sólo en cuanto a la morfología de la cuenca sino del comportamiento, trayectorias y tipos de tormentas, (Duque 1985). Para hacer el trazado isoyético se ubica en un plano, con curvas de nivel, las estaciones pluviométricas con sus respectivos valores de precipitación, recurriendo también a las estaciones vecinas a la cuenca en estudio.

2.5. CURVAS DE DURACIÓN Y VARIACIÓN ESTACIONAL DE CAUDALES

Según Ven Te Chow (1993), la curva de duración de caudales indica los caudales para una cierta probabilidad, en términos de porcentaje del tiempo, en este sentido, los caudales mayores tienen menor probabilidad de ocurrir durante un año, o sea que se presentan en un porcentaje del tiempo menor que los caudales mínimos. Su importancia radica en que las curvas se pueden utilizar en la planificación y diseño de obras de abastecimiento de agua. La curva de variación estacional provee una mayor información sobre la distribución de los valores del caudal respecto al tiempo y su probabilidad de ocurrencia.

2.6. SUELOS

Las características edáficas del Asentamiento Santa Lucía son obtenidas del estudio realizado por ECOSA (1977) citado por Pineda (1989), con las siguientes características físicas:

- a. Material parental: dendrítico, granitos (bloque y cantos)
- b. Humedad del suelo: la humedad almacenada en los suelos del área es aproximadamente igual a la precipitación registrada en la misma zona, siendo el régimen de humedad del suelo del tipo Udico.
- c. Temperatura del suelo: es casi constante durante todo el año (22°C), el régimen térmico es isohipertérmico.
- d. Profundidad efectiva: superficial y moderadamente profunda
- e. Limitantes de la profundidad: pedregosidad.
- f. Drenaje externo: medianamente bueno.
- g. Drenaje interno: medianamente bueno.
- h. Drenaje natural: bien drenados.
- i. Descripción del perfil.

Según Pineda (1989), las características químicas de estos suelos, indican que son extremadamente ácidos con bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno total, potasio cambiante, magnesio cambiante, muy bajo contenido de fósforo y calcio, y baja capacidad de intercambio catiónico; por tanto son suelos de baja fertilidad.

Según el sistema taxonómico americano (7ma. aproximación), estos suelos están clasificados de la siguiente manera:

- a. Orden: Inceptisol
- b. Gran grupo: Distropept
- c. Sub-grupo: Oxic Distropept
- d. Familia: Franco esquelética (35% o más de fragmentos rocosos); isohipertérmica (22°C)

2.7. CULTIVOS

2.7.1. El cultivo de Cítricos

Mabberley (1997), propuso una clasificación pragmática de los principales citrus cultivados de modo que aclarase el caos que muchas veces hay según se consulten unas fuentes u otras. Esta clasificación simplifica y aclara el género y parece contar con el consenso de los principales botánicos.

El mismo autor postula que únicamente existen tres especies principales *Citrus máxima*, *Citrus médica* y *Citrus reticulata*, siendo todas las restantes híbridos de estas tres. Esta teoría solo hace referencia a los cítricos cultivados, no al resto de especies de este género.

Esta clasificación quedaría como sigue:

- a. *Citrus médica* L. Es el citrón, incluye el cultivar 'Etrog' utilizado en la fiesta judía de los tabernáculos. Con dos taxones híbridos:
 - *Citrus limon* (L.) Osbeck, que es el limón.
 - *Citrus jambhiri* Lush., es el limón rugoso.

- b. *Citrus maxima* (Burm.) Mer, es la pampelmusa o pummelo, con dos taxones híbridos:
 - *Citrus aurantiifolia*, son las limas, que son híbridos de *C. máxima* con otras especies del género citrus, aunque hay autores que piensan que incluso podrían ser otras especies fuera de este género.
 - *Citrus aurantium* (*Citrus maxima*, *Citrus reticulata*), que forman el grupo de las naranjas amargas. Dentro de este taxón se consideran otros cuatro híbridos más.

- *Citrus sinensis*, son también híbridos de *Citrus maxima* y *Citrus reticulata*, pero con mayor proporción de mandarina, son las conocidas naranjas dulces.
- *Citrus paradisi*, es el pomelo, que es un retrocruce entre naranja y *C. máxima*.
- *Citrus nobilis*, son los tangor. También son retrocruces con *C. máxima*.
- *Citrus tangelo*, son los tangelos. Que son sucesivos cruces de *C. paradisi* y *C. reticulata*.

c. *Citrus reticulata* Blanco. Englobaría todas las tangerinas, mandarinas, satsumas y clementinas.

En el caso de la naranja (*Citrus sinensis* L.), se cultiva por sus frutos, de agradable sabor, que se consumen preferentemente en fresco, y se comercializan en forma de jugo (concentrado, fresco, pasteurizado, etc.) y mermeladas. Es una especie subtropical. El factor limitante más importante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a -3°C. No tolera las heladas, ya que sufre tanto las flores y frutos como la vegetación, que pueden desaparecer totalmente.

Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso de agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de cambio catiónico. No toleran la salinidad y son sensibles a la asfixia radicular. En general la salinidad afecta al crecimiento de las plantas mediante tres mecanismos relacionados entre sí pero distintos:

- Alteraciones hídricas producidas por sus efectos osmóticos sobre la disponibilidad de agua
- Acumulación de iones tóxicos.
- Interferencias con la absorción de elementos nutritivos esenciales, que provocan desequilibrios en el balance de elementos minerales.

En los cítricos los efectos dañinos de las sales se combaten con:

- Buenas estrategias de riego.
- Uso de material vegetal tolerante.

En cuanto al cultivo de la mandarina (*Citrus reticulata*), es más resistente al frío y más tolerante a la sequía que la naranja, pero los frutos son sensibles. El factor limitante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a 3°C; pues la temperatura determina el desarrollo vegetativo, floración, cuajado y calidad de los frutos. Las temperaturas altas constantes mantienen altos niveles de clorofilas y su color es persistentemente verde.

Necesitan suelos permeables y poco calizos y un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, una amplia exploración para garantizar una buena nutrición y un crecimiento adecuado. En general se puede decir, que las exigencias en cuanto a suelo y humedad para su desarrollo son las mismas que para el naranjo.

Las variedades más comúnmente conocidas y explotadas son las Satsumas y las Clementinas, siendo las primeras más precoces con frutos de mayor tamaño y peor calidad gustativa, sin semilla y las segundas, más tardías, de menor tamaño, mejor calidad gustativa y semilladas.

Las clementinas se constituyen de un árbol vigoroso, hojas color verde poco intenso, forma redondeada, gran densidad de hojas y un fruto de tamaño pequeño o medio, suele pesar entre 50 y 70 gr, de corteza fina color naranja intenso, de extraordinaria calidad.

Las Satsumas se constituyen de un árbol de escaso vigor y tendencia a floraciones abundantes los primeros años del desarrollo, sus frutos son de buen tamaño pero de poca calidad gustativa.

El cultivo del Limón (*Citrus limon L.*), en cuanto a los costes de producción, ni la poda ni la recolección son muy representativos, sino que los costes están asociados a la fertilización (presenta numerosas deficiencias en macro y micronutrientes) y a los tratamientos fitosanitarios.

El principal uso es el consumo fresco, tanto para la elaboración casera de zumos y refrescos, como aliño o condimento para multitud de platos. En los últimos años se ha incrementado el uso industrial para la obtención de zumos naturales y concentrados, aceite esencial, pulpas, pectinas, etc. y últimamente la producción de ácido cítrico natural con destino a la confección de conservas naturales.

Es la especie de los cítricos más sensible al frío, ya que es la más tropical y presenta floración casi continua. Por lo que requiere para vegetar climas de tipo semitropical. En los climas tropicales, el limonero crece y fructifica con normalidad, sin embargo, los frutos que produce no tienen buena calidad comercial, al ser demasiado gruesos y tener poca acidez, por ello en dichas zonas se prefiere el cultivo de la lima ácida (*C. latifolia*). El clima más adecuado para el cultivo del limonero es de tipo mediterráneo libre de heladas. Los períodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un papel importante en la floración.

En general, se puede decir, que las exigencias en cuanto a suelo y humedad para su desarrollo son las mismas que para la naranja y la mandarina, aunque el limonero se produce con menos dotaciones de agua que el naranjo y el mandarino. Manejando el riego se pueden provocar floraciones en fechas adecuadas.

El proceso de inducción y desarrollo floral en el limonero está controlado por el estrés de temperatura e hídrico; aprovechándolo, se realiza la siguiente práctica: se retira el riego durante 45 días y luego se riega en abundancia; así se produce una abundante floración que trae buena cosecha y buenos precios al año siguiente.

Los árboles se forman con tres ramas principales que salen del tronco a unos 50-60 cm del suelo y que formarán ángulos aproximados a los 120 grados. Estas ramas constituirán las tres guías iniciales, sobre las cuales se irá formando el árbol que estará compuesto por un número indeterminado de guías y de faldas, número que dependerá del vigor.

La recolección tiene lugar cuando el contenido mínimo de jugo por volumen es de 28 a 30% dependiendo del grado de clasificación. Los limones cosechados en el estado verde oscuro tienen la mayor vida de postcosecha, mientras que aquellos cosechados completamente amarillos deben ser comercializados de manera más rápida.

La calidad del fruto se evalúa en función de intensidad y uniformidad del color amarillo, tamaño, forma, suavidad de la cáscara, firmeza, ausencia de pudriciones y ausencia de defectos incluyendo daño por congelamiento, deshidratación, daño mecánico, manchas en la cáscara, "pintas rojas", marchitez y decoloración.

Las variedades más destacadas son Verna, Fino y Eureka, siendo la primera un árbol vigoroso con pocas y pequeñas espinas, la segunda un árbol muy vigoroso y de tamaño muy grande. Tendencia a la emisión de brotes con espinas, y la última, un árbol de tamaño y vigor medio con pocas y pequeñas espinas.

2.7.2. El cultivo de Pasto

Soto (1999), define como pasto a la planta (gramínea o leguminosa) que tiene un crecimiento rastrero o en forma de macolla y que, entre un corte y otro, ya sea por el diente del animal o por la segadora, es capaz de almacenar reservas en sus raíces para garantizar el rebrote, además de ser resistente al pisoteo; en este último caso, las leguminosas no cumplen con este requisito, pero se consideran pasto igualmente, solo que otro tipo de pasto. En tal sentido se debe aclarar que cuando el animal consume la planta directamente en el cuartón se le llama pasto aun cuando la planta sea forrajera o arbustiva.

La alimentación del bovino a base de pastos, constituye el sistema productivo más económico y el que en un futuro más o menos cercano se impondrá. En países como los Estados Unidos de América, en donde la producción ha estado fundamentada en el uso masivo de granos, se manifiesta en la actualidad la tendencia a la adopción del pastoreo como sistema de alimentación del ganado lechero.

Entre las variedades más comunes se encuentran el pasto Estrella (*Cynodon nlemfleuensis*), la Guinea (*Panicum maximum*) y el pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), pastos de gran poder invasivo, que han sido mejorados en las estaciones experimentales de pastos y forrajes desde el punto de vista genético, geográfico, de suelo y de práctica de manejo.

El pasto Estrella (*Cynodon nlemfleuensis*), se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta los 2000 m.s.n.m., presenta una buena adaptación a una amplia gama de suelos, pero su óptimo crecimiento se logra en suelos de texturas franca de alta fertilidad, buen drenaje y PH cercano a la neutralidad. El calor y la sequía temporal no disminuyen su crecimiento y desarrollo siempre que exista una reserva hídrica en el suelo. Se caracteriza por su rápido crecimiento y amplia capacidad invasora, buena cobertura del suelo y resistencia al manejo intensivo. La siembra se realiza a través de guías, las cuales deben establecerse en las primeras horas de la mañana para evitar su deshidratación con el calor excesivo, se requieren de 1.000 a 1.500 Kg de material vegetativo por hectárea.

El primer pastoreo debe realizarse a los cinco meses después de la siembra o cuando el campo presente más de un 90% de cobertura, así, se pueden obtener rendimientos de hasta de 3 ton MS/ha/corte a los 28 días. En cuanto al valor nutricional, el contenido de proteína cruda promedio varía con la madurez de la pastura al igual que la producción de materia seca.

El pasto puede sembrarse por medio de semilla o material vegetativo, al voleo o en surcos. Al voleo se debe dispersar la semilla uniformemente por toda el área de siembra y taparla ligeramente; con este método se requiere más semilla, pero se establece más rápido el campo. El trazo de surcos a nivel debe tener una separación de 0,50 a 0,75 m y la siembra se hace depositando la semilla en el lomo del surco y a chorrillo. La cantidad de semilla a utilizar, depende de la calidad de la misma, el método de siembra, fecha de siembra, etc. Entre mayor sea el porcentaje de germinación y pureza se requerirá menos semilla. Para una siembra aceptable se requieren de 6 a 8 kg/ha de semilla comercial o 600 kg/ha de material vegetativo de macollos maduros.

El pasto guinea es altamente consumido por el ganado en los primeros 25 días de crecimiento, presentando un contenido proteico de hasta 14% cuando la proporción de hojas es mayor que la de tallos. Este pasto tiende a lignificarse cuando madura, conteniendo solo de 6 a 8 % de proteína y hasta 38% de fibra cruda.

Debido a que es una especie de porte alto, puede fácilmente cortarse en forma manual o mecánica, como forraje verde, silo, heno o harina, pero su principal uso es para el pastoreo directo con ganado. Su capacidad de carga inicial en praderas de temporal es de 3 a 4 cabezas/ha y bajo condiciones de riego, es de 10 a 12 cabezas/ha. Para el crecimiento y engorde de toretes en campos de este pasto, se pueden lograr anualmente de 450 a 500 kg/ha de carne (temporal) y de 2.600 a 3.000 kg/ha de carne (bajo riego), con una suplementación adecuada.

El pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), es una gramínea macollosa que puede llegar a medir 3 metros de altura, las hojas pueden medir 70 cm de largo por 3 cm de ancho y presentan superficie y bordes rugosos. La inflorescencia es en forma de panícula cilíndrica, larga y pubescente. En zonas altas el corte se puede realizar cada 120 días, pero en zonas bajas cada 45 días.

Se desarrolla bien en climas cálidos entre 0 y 1700 m.s.n.m., con una buena adaptación en suelos de alta a baja fertilidad, tolerable a suelos ácidos y condiciones de sequía, no así, a las condiciones de aguachinamiento. La siembra se establece por material vegetativo (cepas o tallos maduros). Sobre terreno bien preparado se coloca el material en surcos a 50 cm o en cuadro; se utilizan de 1.000 a 1.200 kg/ha de material. El potrero se puede utilizar de 4 a 6 meses después de establecido. Para un mejor éxito en la siembra ese material vegetativo debe ser obtenido de semilleros que han sido fertilizados con N. Con buenas condiciones de humedad se pueden sostener de 2 a 2,5 animales/ha, con rotación de potreros y fertilizaciones se pueden aumentar hasta 4 animales/ha.

Cuando la producción animal se basa en el consumo de pastos, la misma debe ajustarse a las posibilidades que realmente ofrece la fisiología de los mismos y la ecología de la región que se trate. En este caso, para poder aprovechar las altas producciones de materia seca por unidad de área, que ofrecen los pastos tropicales, la producción de leche debe medirse por hectárea y no por animal. Este principio de producción, unido a un manejo eficiente de los pastizales y los animales, podría superar con creces las producciones de las regiones avanzadas de clima templado. Además, para este tipo de producción deben considerarse, paralelamente, el desarrollo genético del ganado, con producciones acordes con el potencial nutritivo de los pastos tropicales y el control de parásitos y enfermedades que pueden adquirir los animales en el pastizal.

García 1983, se refirió al potencial de utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y señaló los principales factores en el manejo de los pastizales enfatizando en: carga animal, disponibilidad, altura y composición del pasto, conducta del animal en el pastoreo, tiempo de ocupación (TO), tiempo de reposo (TR), número de subdivisiones (Cuartones) y el sistema de pastoreo, como aspectos medulares para el aprovechamiento de los pastizales. También existen otros factores del aprovechamiento del pasto que merecen especial atención, ellos son: la presión de pastoreo (PP), intensidad de pastoreo ($IP=CI \times TO$), la carga y producción por unidad de superficie.

2.7.3. El cultivo de Aguacate

El aguacate (*Persea Americana*), originario de Centroamérica y conocido en algunos países también con el nombre de palta, se ha diseminado a varias regiones subtropicales. La intensa demanda durante todo el año ha conducido a la difundida plantación comercial de esta fruta.

El árbol del aguacate prefiere un clima sin heladas, con un invierno suave y un verano cálido. El cuaje de la fruta puede ser dañado por muy altas temperaturas con una baja humedad, lo que puede incluso causar la caída de las hojas. Las raíces del aguacate prefieren suelos bien drenados, con un pH neutro o levemente ácido. Un suelo alcalino inducirá deficiencias de metales. Las raíces principales de alimentación son muy poco profundas y se encuentran muy cerca de la superficie, aunque también posee raíces de anclaje más profundas.

Tradicionalmente, los cultivos de árboles altos y amplios eran espaciados en una cuadrícula de 8x10 m. Hoy en día las plantaciones son más densas. En climas subtropicales el espaciamiento puede ser reducido hasta una cuadrícula de 3x5 m, y los árboles pueden ser posteriormente raleados.

Durante la floración y el cuaje se debe evitar el déficit hídrico y se debe mantener una suficiente aireación del suelo. Posteriormente, durante el crecimiento de la fruta, el aguacate responde al déficit de agua suspendiendo la producción de material seco. Es importante mantener agua disponible durante todo el día para obtener el desarrollo de frutas de gran tamaño.

Los microaspersores son una buena opción cuando el espaciamiento entre árboles es amplio. Las raíces de alimentación poco profundas y bien extendidas prosperan mejor en la capa superior del suelo, donde se mantiene una proporción ideal de suelo, agua y aire. El riego frecuente, cubriendo la mayor parte de la sombra del árbol, mejora el desarrollo de las raíces y resulta en una absorción balanceada de agua y nutrientes.

2.7.4. El cultivo de Tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum*), es una planta anual, herbácea y perenne, está clasificada como, perteneciente junto con el ají, la berenjena y el pimentón, a la familia de las solanáceas. Como consecuencia de la constante búsqueda de mejores variedades que respondan con mayor resistencia a las plagas y enfermedades, así como a necesidades de mercadeo, se han logrado diferentes variedades botánicas como son: el de mayor cultivo en nuestro país como es el tomate pera o periforme, el cual es de gran aceptación tanto para consumo masivo así como para la industria, y otros tipos como el Cerasiforme, Grandifolium, Validum y el Comune (Guzmán, 1985).

El tomate es una planta que se adapta y desarrolla a cualquier tipo de suelo indistintamente de cuales sean sus propiedades físicas o naturaleza del mismo, y aunque sea un fruto por la forma de cultivarse intensivamente esta agrupada dentro de las hortalizas.

Es un cultivo preferentemente de climas cálidos y de gran resistencia al calor, pero indudablemente que su proceso fisiológico de crecimiento y desarrollo van a estar determinados aparte del clima, por el suelo y la variedad que se explote. Otro factor importante a señalar son

los efectos que el viento provoca en plantaciones, pues los vientos son un factor negativo, por lo que deben seleccionarse áreas de cultivo protegidas de vientos fuertes, fundamentalmente cuando la explotación se efectúa entre los meses de febrero a mayo en que estos aumentan de velocidad; así como las altas temperaturas y la humedad encontramos que son condiciones ambientales que facilitan que las plantas sean atacadas por enfermedades del follaje.

La planta del tomate es indiferente a la fotoperiodicidad, en razón de lo cual, florece cuando su período vegetativo ha llegado a cumplirse y su desarrollo lo permite; mientras que la duración de la luz del día si tiene una marcada influencia sobre la fisiología del crecimiento, pues se ha determinado que el máximo crecimiento se logra cuando la temperatura diurna es de 28 °C y la nocturna de 18° a 20°. Las bajas temperaturas y un excesivo crecimiento y follaje atrasan el período de floración y fecundación (Guzmán, 1985).

2.7.5. El cultivo de Pimentón

El pimentón (*Capsicum annuum L.*) es una planta originaria probablemente de México y distribuida ampliamente en América Central y del Sur. Los frutos de esta planta son cosechados, dependiendo del cultivar, para su mercadeo al final de su crecimiento y desarrollo cuando alcanzan la madurez con un color verde oscuro, amarillo, rojo y marrón-rojizo, entre otros.

Las estrategias de manejo durante el período de vida de un cultivo, generalmente producen efectos en el crecimiento vegetativo y reproductivo de las diferentes especies vegetales. En el caso del pimentón la manifestación de las variaciones en las estructuras de la planta, durante un determinado intervalo de tiempo, puede ser inherente al comportamiento de los genotipos o ser modificada por diversos factores, entre los cuales se destaca la distancia de siembra (Viloria, 1991). La modificación de la distancia de siembra constituye un elemento determinante en la respuesta de la planta a la competencia intra específica por luz, agua, dióxido de carbono o nutrimento y su relación con el crecimiento y la productividad (Jolliffe y Gaye, 1995).

La posibilidad de usar altas densidades de plantación en el cultivo del pimentón es limitada, dado que puede afectar el crecimiento vegetativo, decrecer la productividad individual (Jolliffe y Gaye, 1995), originar cambios negativos en el desarrollo de la raíz y en la calidad del fruto (Stoffella y Bryan, 1988), disminuir el peso seco del vástago, el área y el peso seco de las hojas (Jolliffe y Gaye, 1995). La biomasa total y el índice del área foliar han presentado relaciones directas con respecto a la distancia de siembra, mientras que ésta se ha encontrado inversa con la altura de la planta (Leskovar y Boales, 1995).

El pimentón se cosecha en forma manual y en estado “verde-hecho”, pintón o maduro. El productor venezolano en algunas ocasiones, determina de manera visual, si el producto ha llegado al estado de madurez aceptado en el mercado, o en el sector intermediario, con frecuencia decide el momento de la recolección en función de los precios del producto en el mercado. El pimentón para ser considerado de buena calidad visual debe tener bien desarrollada la cutícula, ser firme y presentar coloración uniforme. Para lograr estas características, es importante conocer el estado de madurez del fruto al momento de la cosecha y establecer las mediciones adecuadas para su evaluación.

La madurez hortícola se define como la fase en la cual el producto ha alcanzado un estado de desarrollo suficiente que le permite, después de la cosecha y del manejo poscosecha, llegar al consumidor con un mínimo de calidad aceptable (Kader, 1992).

2.7.6. El cultivo de Guanábana

La guanábana (*Annona muricata*), es una especie susceptible al frío y es la anonácea cuyos requerimientos de clima es el más tropical, cálidos y húmedos, característicos de altitudes menores a 1000 m.s.s.m., siendo la altitud óptima para el cultivo entre los 400 a 600 m.s.n.m., requiere de una temperatura media de 25 a 28°C. Los suelos requeridos por el cultivo deben ser profundos, de textura media a gruesa y con buen drenaje con PH entre 5.5 y 6.5.

No existe descripción botánica alguna referente a variedades, sin embargo, los agricultores hacen selecciones de los mejores árboles de acuerdo a la calidad del fruto. Existen sí, algunas clasificaciones según el sabor que pueden ser ácido, semiácido o dulce; según la forma del fruto, que puede ser ovoide, acorazonada o irregular y según la consistencia de la pulpa que puede ser blanda y jugosa o firme y seca. Los árboles varían mucho en cuanto al crecimiento, follaje y copas, lo cual se debe en algunos casos a la luminosidad, al manejo, procedencia, etc.

Por la calidad de la fruta, tamaño y región donde más se ha cultivado se tiene una agrupación que puede resaltar como una clasificación muy cercana a variedades, las cuales son:

- Variedad corriente dulce de Bucaramanga
- Variedad corriente semidulce de Bucaramanga
- Variedad gigante dulce (varias regiones)
- Variedad gigante semiácida común (muy grande)
- Variedad Momposina

La guanábana se puede propagar por semilla o por arbolitos injertados, para propagar por semilla, ésta debe proceder de los mejores frutos de los árboles más productores y cuyos frutos sean de la mejor calidad.

El campo para una plantación de guanábana debe tener suelos sueltos, bien drenados y profundos, si son pesados es necesario la construcción de drenajes. Los marcos de plantación están en el orden de 7x7m y 8x8m en sistemas rectangular o en tresbolillo. En cuanto a las necesidades de elementos nutritivos, la guanábana es exigente a nitrógeno y potasio.

La fructificación de árboles provenientes de semilla se inicia entre los tres y cinco años, y en los árboles injertados, entre los veinte y veinticuatro meses. La producción de los árboles generalmente es baja debido a características de las flores que dificultan la polinización y al ataque de plagas y enfermedades; el rendimiento fluctúa entre 24 y 64 frutos por árbol, con pesos que van desde 0,25 a 5 Kg por fruto.

La recolección debe hacerse en el momento en que el fruto alcanza su madurez botánica, es decir, cuando pierde algo de su brillo y de algo de su color verde oscuro y las espinas de su cáscara se separan y se ponen más turgentes. Por ser una fruta demasiado delicada, relativamente grande y de cáscara muy delgada, se debe cosechar antes de estar madura utilizando tijeras o a mano.

2.7.7. El cultivo de Cacao

El árbol de cacao es una planta tropical que crece en climas cálidos y húmedos, concentrándose su producción en una banda estrecha de no más de 20 grados al norte y al sur de la Línea Ecuatorial. Aunque su uso más conocido es como el ingrediente principal del chocolate, existen en realidad cuatro productos intermedios que se derivan del cacao en grano: licor de cacao, manteca de cacao, torta de cacao y cacao en polvo.

El árbol de cacao, (*Theobroma cacao L.* de la familia *Sterculiaceae*) es normalmente un árbol pequeño, entre 4 y 8 metros de alto, aunque si recibe sombra de árboles grandes, puede alcanzar hasta los 10 metros de alto. El tallo es recto, la madera de color claro, casi blanco, y la corteza es delgada, de color café. El fruto (la nuez de cacao) puede alcanzar una longitud de 15-25 centímetros. Cada fruto contiene entre 30 y 40 semillas, que una vez secas y fermentadas se convierten en cacao en grano. Las semillas son de color marrón-rojizo en el exterior y están cubiertas de una pulpa blanca y dulce.

Existen tres variedades de árboles de cacao. La más conocida es la variedad Forastero, que representa el 90% del cacao producido en el mundo. Se encuentra en África del Oeste y Brasil. El segundo grupo es el Criollo, que produce "cacao fino y de aroma", cultivado principalmente en el Caribe, Venezuela, Nueva Guinea Papua, las Antillas, Sri Lanka, Timor Oriental y Java. Por último, existe la variedad Trinitario, que es un cruce entre el Criollo y el Forastero.

Para obtener una producción ideal, los árboles de cacao necesitan una precipitación anual entre 1.150 y 2.500 mm y temperaturas entre 21°C y 32°C.

A pesar de que los frutos maduran a lo largo del año, normalmente se llevan a cabo dos cosechas en un año: la cosecha principal y la cosecha intermedia. La cosecha intermedia es en general menor que la cosecha principal.

Se requieren de 5 a 6 meses entre la fertilización y la cosecha de los frutos. La temporada de cosecha dura alrededor de 5 meses. La cosecha del cacao consiste en cortar los frutos maduros de los árboles, abrirlos (normalmente con un machete) y extraer las semillas de los frutos. Estas semillas se ponen a fermentar entre 2 y 8 días antes de secarlas al sol. Los granos se ponen luego en sacos y se embarcan.

El cacao se debe sembrar en filas, espaciadas entre sí de 3 metros, lo cual da una densidad de alrededor 950 a 1.330 árboles/hectárea, dependiendo de la fertilidad de la tierra y del clima. A pesar de que el cacao madura 24 meses después de la siembra inicial, los árboles llegan a ser productivos únicamente después de cinco años. Los rendimientos son máximos entre el octavo y décimo año, pero se pueden obtener buenos rendimientos durante varias décadas. En condiciones normales, los árboles tradicionales rinden entre 300 y 500 kg/ha por año. Los árboles híbridos presentan rendimientos mayores, por encima de los 1.000 kg/ha.

Existen dos clases de cacao: el cacao básico y el cacao fino y de aroma. Más del 90% del cacao producido cada año puede considerarse como cacao básico o a granel. El cacao fino y de aroma tiene características distintivas de aroma y sabor, buscadas por los fabricantes de chocolate. Representa únicamente 5% de la producción mundial de cacao.

Las condiciones climáticas y las enfermedades son los principales factores que afectan la producción. Se estima que hasta un 30% de la producción mundial se pierde debido a las enfermedades. Entre las enfermedades más comunes que afectan al cacao están la podredumbre negra de las nueces del cacao, la escoba de bruja y VSD.

2.7.8. El cultivo de Parchita

El cultivo de la Parchita Maracuyá (*Passiflora Edulis F. Flauicarpa*), requiere temperatura entre 21° C y 32° C, altitud desde el nivel del mar hasta los 750 m.s.n.m., las necesidades de agua varían de 800 a 1750 mm anuales. También necesitan para un buen desarrollo, suelos de textura media, sin riesgos de encharcamiento, elevada fertilidad y pH superior a 5.

Haddad y Millan citados por Avilan *et al* (1991), recomiendan con relación a la escogencia del material para su propagación seguir los siguientes criterios:

- Los frutos deben provenir de plantas sanas de buen vigor y buena producción.
- La forma del fruto debe ser ovalada y tener un peso superior a los 130 gr, con buen porcentaje de jugo superior al 33%; pulpa de color amarillo intenso, fuerte aroma, sabor característico y alta acidez.
- Deben ser descartadas todas aquellas frutas con tendencias a producir cáscaras color anaranjado, pues no poseen el sabor que exige la industria, cuando es usado para estos fines.

Los marcos de plantación pueden variar entre 3 a 4,5 m entre plantas y 4,5 a 6 m entre hileras. Las plantas son transplantadas a los 45-60 días después de la germinación, en hoyos de (30x30x30) cm.

Como es una planta trepadora se necesitan construir estructuras que permitan que se desarrolle y que de una buena distribución a las guías. Los sistemas utilizados son: Ramadas, espaldera vertical y espaldera en "T".

La recolección de frutos se presenta cuando alcanzan su madurez de 7 a 8 meses después de la siembra, en este punto los frutos alcanzan su máximo peso, rendimiento de jugo y contenido de sólidos solubles. Este momento se identifica externamente por tomar una coloración verde amarillenta, veinte días luego de alcanzar este punto el fruto cae. Después de cada ciclo de producción, se eliminan ramas enfermas, improductivas y/o caídas en el suelo, logrando así reducir el peso a la espaldera, mejorar la aireación e iluminación de las plantas y evitar el entrelazamiento excesivo de las ramas laterales de una misma planta o de plantas vecinas.

La mejor producción que se puede esperar de cultivares bien desarrollados es de aproximadamente de 3,5 a 7 Kg de frutos por plantas, pudiéndose esperar con optimismo una producción de 2,5 a 5 toneladas métricas por hectárea.

2.7.9. Coeficiente del cultivo (Kc)

El coeficiente Kc y su variación a lo largo del ciclo vegetativo, es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia que en ella tiene en el ambiente edáfico en cuanto al volumen de suelo que exploran las raíces y la disponibilidad de nutrientes, agua y aire.

El procedimiento de la FAO (Doorembos y Kassan, 1979), está basado en una extensa información experimental, que permite obtener el Kc para cada fase de crecimiento del ciclo vegetativo en una gran diversidad de cultivos. Las cinco fases del ciclo del cultivo se definen así:

- **Inicial:** desde la germinación hasta el 10% de cobertura del terreno.

- **Desarrollo:** del 10% al 80% de cobertura del terreno.
- **Mediados del período:** del 80% de cobertura del terreno hasta el comienzo de la maduración.
- **Finales del período:** desde el comienzo de la maduración hasta la recolección.
- **Recolección:** todo el período de recolección.

2.7.10. Factor de efecto sobre el rendimiento (k_y)

El efecto del déficit hídrico sobre el rendimiento se basa en un abundante número de evidencias experimentales que muestran la relación que existe entre la producción máxima de los cultivos, Y_m , y la evapotranspiración máxima, E_{tm} . Según lo expresado por Grassi (1998) el agua por ser un recurso escaso, los cultivos frecuentemente se ven sometidos a restricciones, no sólo en cantidad de agua, sino también en oportunidad del riego, en cuyo caso se obtiene la relación entre la producción real, Y , y la evapotranspiración real, E_t .

La representación de los valores relativos Y/Y_m vs E_t/E_{tm} se acostumbra hacerla como la disminución del rendimiento relativo ($1 - Y/Y_m$), en función del déficit de evapotranspiración relativa ($1 - E_t/E_{tm}$). El parámetro K_y se expresa como una fracción, y su valor ($K_y = 1$, $K_y < 1$ ó $K_y > 1$), tiene una gran importancia práctica. En efecto $K_y < 1$ significa una menor disminución del rendimiento relativo para un determinado déficit de evapotranspiración relativa, mientras un $K_y > 1$ significa una mayor incidencia de dicho déficit en la producción, Grassi (1988).

2.8. LA EVAPORACIÓN

Para determinar la evaporación del agua libre en la naturaleza existen varios métodos, siendo los más conocidos los siguientes: La ecuación de almacenaje, los evaporímetros, las fórmulas de la evaporación, los gradientes: de humedad y del viento, el balance de la energía. La mayoría de estos métodos de estimación de la evaporación presentan desventajas. En alguno de ellos los resultados no son muy precisos, pero en general la dificultad se presenta en la determinación de las variables que representan los factores que integran la evaporación, y en la necesidad de aparatos complicados y costosos.

2.9. LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Israelsen (1975), indica que la evapotranspiración es la suma de los términos:

- Transpiración, agua que ha penetrado a través de las raíces de las plantas, es utilizada en la construcción de los tejidos o emitida por las hojas y reintegrada a la atmósfera.
- Evaporación, agua evaporada por el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas. La evapotranspiración puede ser calculada para un cultivo, una parcela, una finca, un proyecto o una cuenca.

Norero (1976), menciona que cuando el suministro de agua del suelo es adecuado, los tejidos vegetales mantienen un alto grado de hidratación y los estomas permanecen completamente abiertos. En estas condiciones el cultivo acusa su máxima intensidad de transpiración, la cual estará regida por las condiciones meteorológicas. Tarde o temprano el suministro de agua al suelo se hace insuficiente para mantener un alto grado de hidratación en los tejidos vegetales, entonces sobreviene una pérdida de turgencia y los estomas comienzan a cerrarse.

2.10. NECESIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS

Las variables características de la cobertura vegetal, de las condiciones del suelo y de los niveles de humedad edáfica, modifican la evapotranspiración definida como del cultivo de referencia, E_{to} , que incluye aspectos de orden físico que dependen del clima.

Para tener en cuenta los aspectos de las características del cultivo sobre las necesidades de agua, se consideran el coeficiente K_c , con la finalidad de relacionar la E_{to} , con la evapotranspiración del cultivo E_t .

El coeficiente K_c y su variación a lo largo del ciclo vegetativo, es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia que en él tiene el ambiente edáfico en cuanto al volumen de suelo que exploran las raíces y de la disponibilidad de nutrientes, agua y aire.

2.11. ASPECTOS TEÓRICOS DE LA DEMANDA DE RIEGO

Grassi (1988) manifiesta que el balance hídrico de un área y la necesidad individual de riego de cada cultivo pueden calcularse para diferentes intervalos de tiempo y con datos promedio de diferentes series de registros y capacidades de almacenamiento de agua en el suelo. A través de este análisis es posible determinar necesidades permanentes: riego integral o complementario o necesidades temporarias: riego suplementario.

Las necesidades de riego o demanda neta de riego de un cultivo, durante todo el ciclo vegetativo, o bien para cada uno de los meses o fases vegetativas que integran el ciclo, se obtiene a partir de un balance hídrico de entradas y salidas.

2.11.1. El Modelo de simulación CROPWAT 4.0

El CROPWAT versión 4.0, es un modelo elaborado por la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la F.A.O. (Smith, 1993), este instrumento permite calcular la evapotranspiración de referencia y las necesidades de riego de los cultivos. Además el programa permite la preparación de planes de riego para varias condiciones de operación y estima la producción bajo condiciones de secano y efecto de las sequías.

El CROPWAT ofrece las siguientes posibilidades de uso:

- Cálculo de los requerimientos netos de riego.
- Cálculo de la distribución óptima del agua bajo limitaciones del recurso para mayor productividad.
- Cálculo del efecto sobre el rendimiento bajo condiciones de secano.
- Planificación del riego bajo diferentes condiciones de operación.
- Evalúa las programaciones pasadas usando datos históricos.

Este modelo computacional muestra las consecuencias del riego, en términos de eficiencia de aplicación del agua y respuesta en la productividad. La mayor ventaja del programa consiste en la posibilidad de calcular rápidamente diferentes alternativas de riego.

2.12. EL MODELO DE SIMULACIÓN AJUSTE V3

El modelo AJUSTEV3 fue desarrollado por Duque (2002), para el ajuste de una serie de datos a una distribución estadística, bajo lenguaje FORTRAN y consta de una serie de subrutinas que permiten realizar:

- Análisis de frecuencia de datos agrupados
- Ajuste de una serie de datos a una a las siguientes distribuciones estadísticas:
 - Distribución Normal
 - Distribución Log Normal
 - Distribución Gumbel
 - Distribución Log Gumbel
 - Distribución Pearson3
 - Distribución Log Pearson3

Para el ajuste de las distribuciones se realiza un procedimiento analítico que se basa en determinar los parámetros estadísticos de la serie de datos, entre ellos; la media, la desviación estándar, el coeficiente de asimetría y el coeficiente de kurtosis.

2.13. ASPECTOS TEÓRICOS DEL BALANCE OFERTA-DEMANDA

Pérez (1998) señala que de acuerdo a los resultados de la oferta de agua y a los de la demanda de riego, se ejecutará el balance oferta-demanda. En caso de existir mayor demanda deben buscarse los correctivos correspondientes con medidas como la de permitir una baja aceptable en los rendimientos, proponer otros cultivos menos exigentes en agua, cambiar el método de riego, buscar otra fuente complementaria, entre otros.

Según el MAC (1995) citado por Pérez (1998), algunos criterios dados para evaluar el balance oferta-demanda son:

- a) Para el caso de embalses, se puede permitir una falla de 20% en un período de análisis de 25 años. Sin embargo dicha falla no debe provenir de varios años seguidos, sino intercalada.
- b) Para captaciones directas de agua, el déficit permisible para cualquier año durante el período de estudio no deberá ser de 50% de la demanda hídrica; el déficit acumulado en los dos años consecutivos más secos no debe ser superior al 50% de la demanda hídrica de un año y el déficit acumulado en los diez años consecutivos más secos no debe ser superior al 100% de la demanda hídrica de un año.

Asimismo, otro criterio es que debe conocerse a partir de la curva de duración de caudales diarios, la disponibilidad de agua para un 80% de probabilidad de excedencia.

Si los cultivos son muy rentables no debe permitirse este déficit.

- c) Las demandas de agua para diseño de los sistemas de riego se pueden tomar de los siguientes criterios:

Las estructuras se dimensionarán para el cultivo de máxima demanda, en la época de consumo pico si el sistema abastece a 200 hectáreas o menos.

Para áreas mayores a 1.000 hectáreas, las estructuras se diseñarán para satisfacer el calendario de cultivos más probable proyectado para la situación de pleno desarrollo.

Para áreas entre 200 – 1.000 hectáreas, el sistema se diseña interpolando linealmente entre los valores de 200 – 1.000 hectáreas.

2.14. MANEJO Y OPERACIÓN DE EMBALSES

Para el óptimo manejo y operación de lagunas de almacenamiento, según Tenreiro (2003), es preciso hacer un balance hídrico a lo largo de un año, considerando las aportaciones, consumos y pérdidas. Este balance se estudia mes a mes calculándose, al final de cada uno, el remanente de agua como diferencia entre las aportaciones y deducciones ocurridas durante el mismo.

Las aportaciones son las producidas por el escurrimiento desde la superficie del suelo y la captación directa de la lluvia sobre el vaso y la oferta desde la fuente, las pérdidas son ocasionadas por la evaporación directa desde el espejo de agua, y por la infiltración del agua hacia estratos más profundos. Los consumos están referidos, a las demandas de agua para riego.

Una laguna representa un reservorio o almacenamiento con el que se cuenta para realizar la distribución de agua para el riego a cada parcela, en este entendido, es necesario conocer:

- Las demandas de agua de los cultivos
- Los volúmenes de entrada de agua a cada laguna desde la fuente
- Los aportes directos de la lluvia sobre el vaso de cada laguna
- Los aportes por efecto del escurrimiento superficial de la lluvia
- Las pérdidas o salidas por efecto de la evaporación
- Las pérdidas por infiltración

Las variables descritas representan los componentes del balance hídrico, que ha de realizarse, con el fin de determinar si su capacidad de almacenamiento de agua es apta para poder abastecer permanentemente la demanda de agua de los cultivos.

2.15. EL RIEGO POR ASPERSIÓN

Según Grassi (1996), es un método de riego que distribuye el agua en forma de lluvia sobre el terreno, el agua es conducida hasta el aspersor y desde éste, por el aire hasta el suelo, infiltrándose y sin producir escurrimiento, es decir el agua debe ser aplicada a una intensidad que no supere la infiltración básica del suelo. Éste método es uno de los más versátiles, ya que existen desde los sistemas mas sencillos hasta los mas complicados y totalmente automáticos. El cual presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

2.15.1 Componentes de un Sistema por Aspersión

Una instalación de riego por aspersión comprende las siguientes partes:

- Fuente de agua
- Fuente de energía
- Cabezal Principal
- Sistema de distribución de agua
- Rociadores o aspersores
- Accesorios

2.16. EL RIEGO LOCALIZADO POR MICROASPERSIÓN

El riego por microaspersión es un sistema de riego presurizado que tiene gran aplicación en el riego de árboles frutales e invernaderos. Se le puede considerar como el resultado o híbrido de cruzar el sistema de riego por goteo con el sistema de riego por aspersión. Este sistema nace a causa de los problemas que presenta el riego por goteo en terrenos con textura arenosa, ya que en este tipo de suelos no se forma bien el bulbo de mojado característico de éste sistema de riego.

En los sistemas de riego por microaspersión, el agua es aplicada sobre una superficie limitada de terreno en forma de lluvia y se desplaza en el suelo en función de tres factores fundamentales referidos a: las propiedades y características del perfil físico del suelo, el volumen de agua aplicado y el caudal del microaspersor. Los difusores de los microaspersores tienen varias formas de asperjar el agua, en círculos o sectores de círculos, la nebulización y los chorros.

2.17. ASPECTOS REFERIDOS A LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE RIEGO Y DRENAJE

Según Grassi (1998), la justificación es la prueba o demostración de que el proyecto a llevar a cabo generará los beneficios previstos, pues existen potencialidades que pueden ser aprovechadas como indica el estudio de factibilidad, lo que implica el aprovechamiento de la capacidad física, económica y humana disponible para lograr el desarrollo sustentable. El proyecto debe ser viable, esto es, realizable; lo que lleva en sí la necesidad de demostrarlo, fundamentalmente en base al análisis económico, social, institucional y ambiental.

Asimismo, explica que los proyectos hidráulicos en general, y los de riego y drenaje, en particular, demandan mucho tiempo para llegar a la madurez, que es cuando se alcanza el desarrollo pleno. En efecto, por un lado la infraestructura requiere grandes inversiones, que en los países en proceso de industrialización, por obvias razones, se obtienen descontinuadamente, a través de un periodo de varios años. Además, la fase de consolidación y puesta en riego, que comprende el desarrollo físico a nivel predial y el asentamiento de los agricultores en las tierras beneficiadas, es también de acción lenta, lo que prolonga el tiempo que se requiere para lograr beneficios.

El balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima permite definir, aunque en forma preliminar, el tipo de desarrollo de recursos hidráulicos a llevar a cabo en una determinada región y la magnitud de la infraestructura que para ello se requiere (Grassi, 1998).

Grassi (1998), explica que, el formular un proyecto de riego y drenaje, implica expresarlo formalmente, enunciarlo; es preparar, concebir, planear, representar en perspectiva la obra a construir. En la etapa de estudio, el proyecto se puede definir como “el conjunto de antecedentes que permiten juzgar las ventajas y desventajas que presenta la asignación de recursos económicos a una unidad productora, donde serán transformados en determinados bienes y servicios.

El alcance de un proyecto es la trascendencia que el mismo pueda tener, directamente, expresado en términos del área a beneficiar, número de familias a asentar, mano de obra a ocupar, apoyo a la agroindustria de la región y la contribución al desarrollo regional. La trascendencia indirecta del proyecto, está referida a su contribución al producto territorial bruto, incremento de los rubros de exportación, la seguridad alimentaria, etc.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 3

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL ÁREA Y BATIMETRÍA DE LAGUNAS

3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL ASENTAMIENTO

En el Proyecto de Riego “Santa Lucía” se efectuó un levantamiento planialtimétrico del área dominada por el Parcelamiento del mismo nombre. Estas actividades fueron desarrolladas en las zonas aprovechables, tomando en cuenta aquellas áreas que fueran aptas desde el punto de vista altitudinal y que no constituyan zonas de alta pendiente, ni zonas boscosas para evitar impactos ambientales negativos.

El levantamiento fue georeferenciado mediante coordenadas UTM, bajo el sistema REGVEN. Con base en este estudio y en el conjunto de puntos de referencia “monumentados” se procedió al enlace de cada uno de los sectores del parcelamiento, donde se encuentra cada uno de los sistemas agro productivos, destacándose la fruticultura y la producción pecuaria, con el fin de tener bajo un mismo sistema de coordenadas todo el conjunto del Proyecto.

Debido a que estos sectores no poseían información topográfica, o tenían información no consistente y confiable, que permitiera la proyección de las obras de infraestructuras a implementar en el sistema de riego, se procedió a realizar un levantamiento topográfico de los sectores mencionados, delimitados por la actividad agrícola presente en el área y por las condiciones topográficas y de relieve.

El levantamiento se inició a partir de puntos de coordenadas UTM conocidas, este trabajo se dió en dos etapas:

1) Trabajo de campo cuyas actividades están referidas al reconocimiento de las parcelas de cada Sector, ayudado por personas o líderes de la zona; limpieza y desmonte del área a levantar, ubicación de los puntos de coordenadas UTM y toma de información, a través del taquímetro electrónico.

- Una vez establecido el control topográfico de las zonas, se procedió al levantamiento catastral para obtener los linderos de parcelas, infraestructura existente y determinación de la configuración de la superficie del terreno.
- El objetivo del levantamiento catastral es contar con un plano que muestre con precisión el parcelamiento, así como las vías de comunicación en la futura zona de riego.

- El procedimiento para tener los puntos de detalle y relleno a una red de control, se realizó por el método de radiación, que consiste en determinar el punto mediante la medición de un ángulo y una distancia. Esta actividad consistió en la utilización de una estación total electrónica marca Leica Mod. TC-307; este equipo permite generar un conjunto de información topográfica, para su posterior procesamiento.
- En el levantamiento de detalle no sólo se hizo referencia a los puntos de interés, como los linderos de las parcelas, caminos, entre otros; sino importantísimo es la representación del relieve del terreno mediante curvas de nivel.

2) Trabajo de oficina o procesamiento y cálculos necesarios de la información levantada en campo, verificación de la consistencia y calidad de los datos y posterior elaboración de los mapas o planos respectivos.

- La información levantada en campo fue transferida al computador mediante una interfase, después de un proceso de depuración y de análisis de la consistencia de datos. Los datos del levantamiento topográfico del Proyecto anteriormente mencionado y los datos generados en el actual Proyecto fueron utilizados en forma conjunta a través de varios programas computacionales, entre los que se destacan el SURFER V.8, AutoCad 2007, que permitieron la generación de un conjunto de mapas, a la escala adecuada, con la información fidedigna de la zona levantada.

El resultado de este levantamiento se presenta en formato digital en el Anexo I, en los mapas I-1 a I-5 a escala 1:2500, con curvas de nivel cada 5 m y en el mapa I-6 de conjunto a escala 1:7500. El área total levantada fue de 842,13 ha, representadas en 191 parcelas.

3.2. BATIMETRÍA DE LAGUNAS

La ejecución del levantamiento se llevó a cabo mediante dos fases, la primera referida a los trabajos de campo propiamente dichos y la segunda al trabajo de oficina o gabinete. En la primera fase se realizó una inspección ocular de la zona, determinando la ubicación de las lagunas dentro del asentamiento, asimismo se establecieron las estrategias de trabajo de campo a realizar.

La segunda fase consistió en el procesamiento en oficina de la base de datos levantada en campo, mediante la utilización de Software de última generación, para así, generar los planos topográficos que materializan la batimetría de cada una de las lagunas presentes en el asentamiento.

El levantamiento se realizó con un equipo de alta precisión, una Estación Total Electrónica LEICA T-307, con apoyo de personal conocedor del área de estudio, contándose además con la colaboración de los miembros del Comité de Riego de Santa Lucía.

El trabajo se inició tomando como referencia los puntos topográficos georeferenciados a la Red Geocéntrica de Venezuela (REG-VEN) que se encuentran sobre la vialidad, y puntos del levantamiento planialtimétrico del parcelamiento. En la zona se destacan cinco (5) lagunas importantes de acuerdo a su tamaño y que tienen una escala significativa para su utilización como reservorio del futuro sistema de riego. En la Tabla 3.1 se presentan las parcelas donde se ubican cada una de ellas, así como el propietario de la misma.

Tabla 3.1. Ubicación de lagunas en las diferentes parcelas

LAGUNA	CODIGO PARCELA	PROPIETARIO
1	SL-R-41/42/43	Alfonso Orfanelli
2	SL-R-39/40	Agustín Bayona
3	SL-R-79/80	Trino Guerrero
4	SL-R-89/90/91	Luis Navarro
5	SL-R-47	Pablo Sosa

La estrategia empleada para la realización de la batimetría de las lagunas consistió en levantar inicialmente toda la periferia o borde, así como los detalles externos, incluyendo el nivel del agua en la orilla, luego de esta actividad se procedió a levantar secciones transversales a lo largo de ejes longitudinales, apoyándose en un bote de remos y una sonda para determinar las cotas del fondo. Las secciones transversales se tomaron con un espaciamiento entre 20 y 25 m para las lagunas cuyo vaso de almacenamiento fuera relativamente grande, y de 10 a 15 m en las lagunas de vasos de menor tamaño.

La distancia entre puntos en una misma sección transversal fue de 10 m para las lagunas grandes y de 5 a 7 m para las pequeñas. Las cotas de fondo se tomaron utilizando una sonda de nylon debidamente graduada con señalizaciones de longitud cada 10 cm, junto con mediciones del taquímetro electrónico de la estación total. La combinación de estos dos procedimientos permitió ubicar planialtimétricamente cada punto levantado.

3.2.1. Procesamiento de la información y resultados

Una vez concluida la fase de campo, y “descargada” la información en formato digital se generó una base de datos, que consistió en puntos topográficos georeferenciados con coordenadas UTM, que describen el relieve del fondo y la configuración del terreno en la periferia, así como el área de influencia de cada una de las lagunas.

Esta base de datos levantada fue procesada utilizando el programa Surfer versión 8.0, la cual genera un plano digital de la conformación del terreno. Los levantamientos planialtimétricos de las cinco lagunas, se presentan en formato digital AutoCad 2007 en el Anexo II, en los cuales se puede observar aspectos importantes, entre los que se destaca el vaso de almacenamiento que define su capacidad. La Tabla 3.2 muestra la capacidad de cada laguna.

Tabla 3.2. Capacidad de almacenamiento de cada laguna

Nº Laguna	Capacidad (m ³)
1	145.000
2	26.000
3	7.500
4	90.000
5	35.000

En las Tablas 3.3 a 3.7 se muestran los valores de elevación o cotas, áreas y volúmenes, producto de la barimetría realizada, para cada una de las lagunas.

Tabla 3.3. Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 1

COTA (m.s.n.m.)	VOLUMEN (m ³)	AREA (m ²)
316	352,32	847,28
317	2503,12	3684,54
318	7196,11	5544,52
319	13690,28	7604,17
320	22609,04	10195,21
321	34179,32	13038,22
322	48619,95	15868,36
323	66371,95	19622,31
324	88266,51	24141,69
325	115100,00	28529,89
326	145345,45	33223,15
327	180893,53	37871,14
328	221126,76	42688,87

Tabla 3.4. Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 2

COTA (m.s.n.m.)	VOLUMEN (m ³)	AREA (m ²)
326	2,76	62,72
327	370,53	644,84
328	1298,63	1221,04
329	2839,91	1885,49
330	5199,49	2927,79
331	8828,90	4503,24
332	15228,15	8377,98
333	25738,63	12747,23
333,5	32637,36	14852,31

Tabla 3.5. Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 3

COTA (m.s.n.m.)	VOLUMEN (m ³)	AREA (m ²)
342,5	36,45	244,98
343	296,41	1010,99
343,5	1186,03	2497,83
344	2725,07	3607,68
344,5	4775,53	4594,06
345	7381,35	5946,08
345,5	10827,80	7951,11

Tabla 3.6. Datos de las curvas elevación-área-capacidad para la laguna 4

COTA (m.s.n.m.)	VOLUMEN (m ³)	AREA (m ²)
311	330,30	741,89
312	1550,89	1745,16
313	3973,87	3377,93
314	8879,41	6492,93
315	17095,58	9914,34
316	28923,06	13777,81
317	44705,72	17938,93
318	64755,40	22155,17
319	89053,49	26462,88
320	117952,42	31492,68

Tabla 3.7. Datos de las curvas elevación-área capacidad para la laguna 5

COTA (m.s.n.m.)	VOLUMEN (m ³)	AREA (m ²)
303	128,48	544,07
304	1394,46	1862,65
305	3723,20	2775,79
306	6933,45	3648,93
307	10998,64	4458,78
308	15825,15	5190,80
309	21386,28	5938,00
310	27721,86	6745,38
311	34915,87	7664,84
312	43105,70	8759,42

A partir de los valores obtenidos de cotas, áreas y volúmenes se construyeron las curvas de Elevación-Área-Capacidad para cada laguna. En las Figuras 3.1 a 3.5 se representan las referidas curvas.

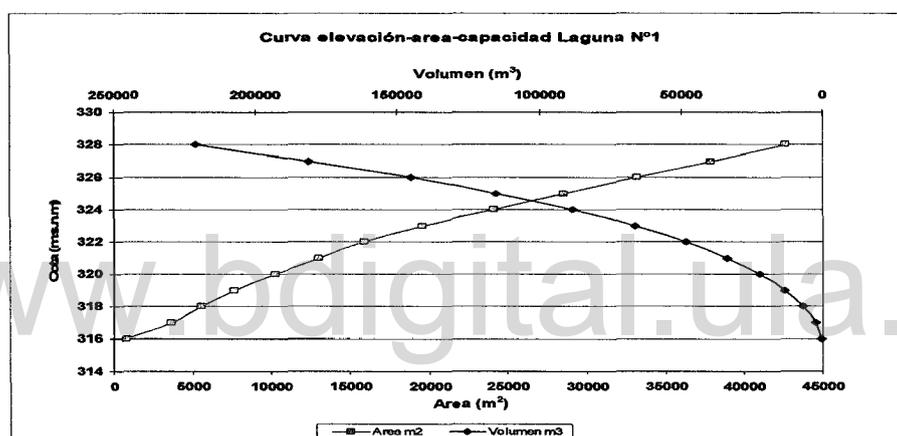


Figura 3.1. Curva elevación-área-capacidad laguna 1

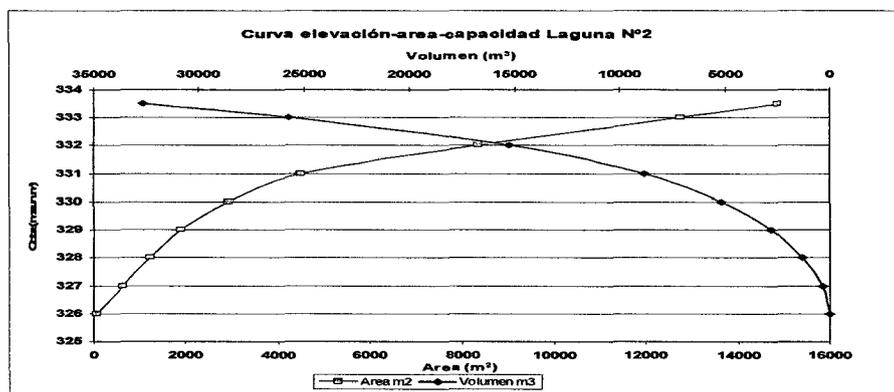


Figura 3.2. Curva elevación-área-capacidad laguna 2

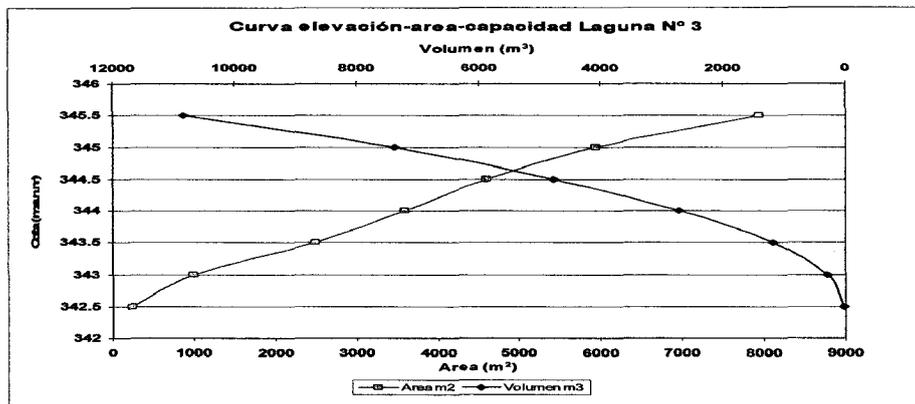


Figura 3.3. Curva elevación-área-capacidad laguna 3

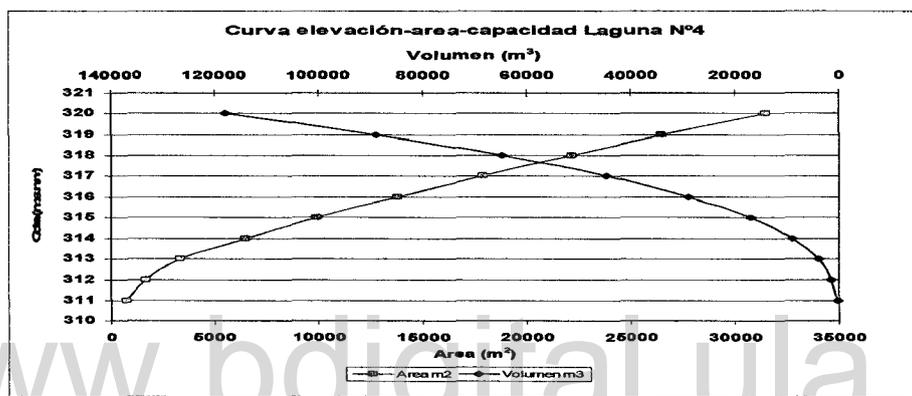


Figura 3.4. Curva elevación-área-capacidad laguna 4

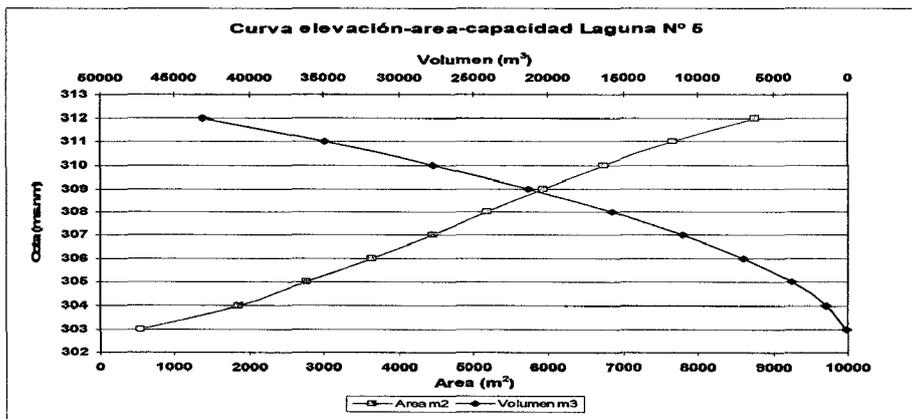


Figura 3.5. Curva elevación-área-capacidad laguna 5

La capacidad total de almacenamiento de las cinco lagunas es de **425.650,00 m³**, de los cuales el 52 % del total almacenable, esta representado por la laguna 1.

La ubicación de las lagunas dentro del Asentamiento Campesino se presenta en la Figura 3.6.

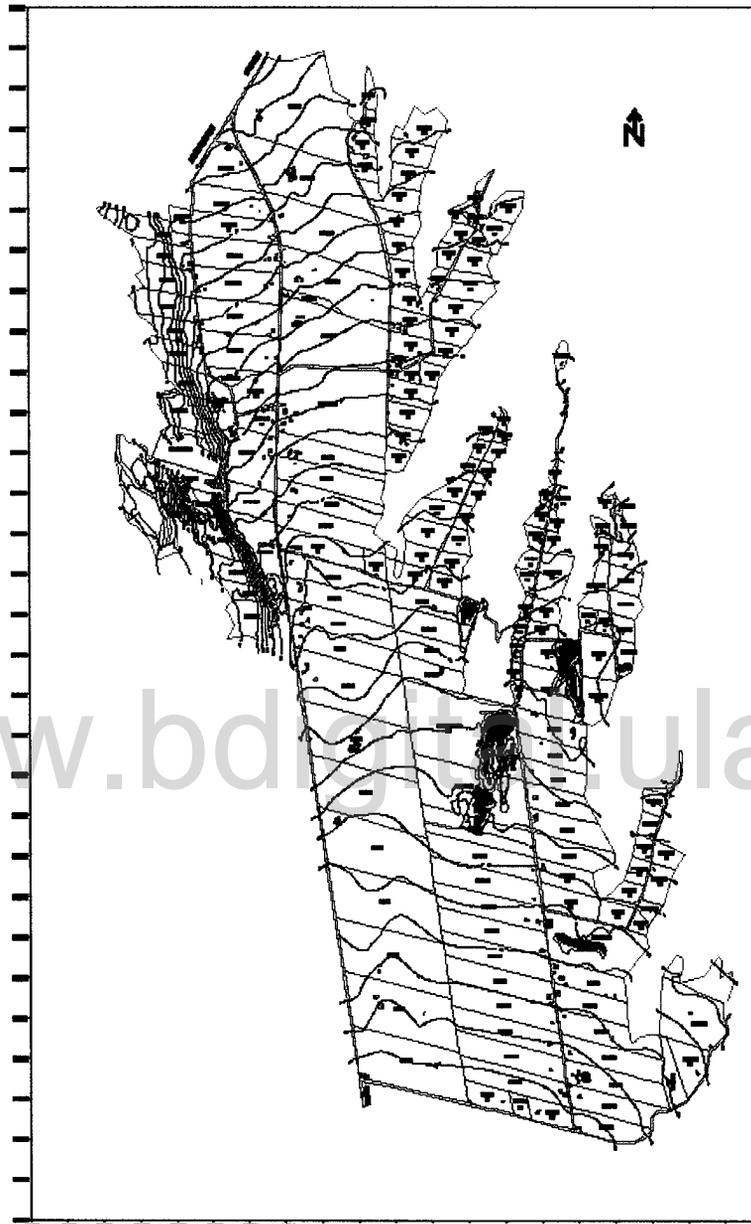


Figura 3.6. Plano conjunto del Asentamiento Campesino Santa Lucía

De esta manera se tienen cinco lagunas para un almacenamiento máximo de 425.650 m^3 , y un almacenamiento neto de 303.500 m^3 (equivalente a 243 tanques de 1.250.000 litros).

CAPÍTULO 4

ESTIMACIÓN DE LAS DISPONIBILIDADES DE AGUA

4.1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DEL RÍO ESCALANTE

4.1.1. Introducción

El agua representa, para la mayoría de las cuencas de Venezuela, un recurso de vital importancia, debido fundamentalmente al proceso productivo asociado a ella, así como a la importancia en el abastecimiento de las poblaciones asentadas en dichas áreas. El agua como elemento tan importante para la vida ha llevado al hombre a establecerse obligatoriamente en las proximidades de las fuentes naturales de este preciado líquido como los cursos de agua, lagos etc.

El análisis de la oferta de agua es de vital importancia en el planteamiento de las potencialidades de una determinada cuenca. La determinación de los caudales disponibles en los diferentes cursos de agua de los ríos, marca el primer paso para conocer la viabilidad de cualquier proyecto de aprovechamiento hidráulico y en especial los proyectos de riego. Es por ello que en la cuenca del río Escalante se procedió a la estimación de las disponibilidades superficiales del recurso agua, y de esta forma poder estimar la oferta de agua futura con base en herramientas matemáticas y estadísticas bajo la premisa de que lo que sucedió en el pasado se presentará en el futuro siempre y cuando las condiciones de la cuenca se conserven.

El análisis hidrológico se llevó a cabo mediante un conjunto de determinaciones analíticas, para de esta forma determinar la disponibilidad de agua superficial en el punto de toma del río Escalante, Coordenadas E-194.119,976 y N-941.194,935, y así conocer cuál es la magnitud y oportunidad en que se presentan los caudales en determinado período.

4.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS RESALTANTES DE LA CUENCA DEL RÍO ESCALANTE

4.2.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Escalante se encuentra ubicada en el sector occidental del país, enclavada en los Andes Venezolanos hacia la vertiente oeste de la cordillera de Tovar hasta llegar a la desembocadura en el Lago de Maracaibo. Esta localizada en los estados Táchira (Municipio García de Hevia y Panamericano), Zulia (Municipio Colón) y Mérida (Municipio Alberto Adriani y Tovar); con una elevación máxima de 3.200 msnm y una elevación mínima de 1 msnm en la desembocadura en el lago de Maracaibo.

4.2.2. Extensión

La cuenca del río Escalante posee una extensión de 5.265, 62 Km², su extensión representa 0,57% de la superficie total del territorio nacional.

4.2.3. Aspectos fisiográficos

La variación altitudinal que presenta la cuenca del río Escalante desde los 3200 m.s.n.m., hasta su desembocadura en el Lago de Maracaibo, permite diferenciar tres tipos de paisaje: paisaje de montaña, paisaje de piedemonte y paisaje de planicie aluvial.

4.2.4. Aspectos climáticos

Los elementos y factores del clima son importantes en los estudios hidrológicos por la influencia que tienen en el incremento o decremento, sobre el aporte de agua en los cauces en el tiempo y en el espacio.

Mediante la observación de los elementos se puede predecir la disponibilidad que en un momento determinado se pueda tener del agua como recurso, además de los posibles estragos que causaría a la población su exceso o falta.

Los elementos a los que anteriormente se hace referencia son principalmente, la precipitación y la temperatura cuyos análisis conducen al conocimiento del clima y a deducir su influencia sobre el régimen hidrológico de una corriente.

4.2.5. Régimen pluviométrico

En la cuenca del río Escalante la precipitación varía de 2.585 mm/año, en la parte más húmeda hacia la parte sur occidental del área, en el sector denominado La Fría, a 818 mm/año, en la localidad de La Grita, cercano a su límite sur; es decir la amplitud de la variación espacial de precipitación es de 1.777 mm/año.

Con base a hidrogramas de pluviosidad anual, para la cuenca del río Escalante se observa una tendencia bimodal, es decir presentan dos máximos y dos mínimos. Generalmente los máximos ocurren durante los meses de abril, mayo o noviembre y los mínimos en enero, febrero, marzo, junio, julio o agosto, ocasionando un contraste con relación al resto del país asociado al desplazamiento de la convergencia intertropical que caracteriza el territorio nacional.

4.2.6. Precipitación media

Igualmente asociada a los tramos anteriores, la precipitación media en la zona va desde menos de 1000 mm/año en la zona de La Grita, hasta más de 2000 mm/año en la zona de La Fría.

4.2.7. Temperatura media

Se manifiesta un rango de temperaturas medias que van desde los 25 °C, hasta 28 °C.

4.3. ESTIMACIÓN DE LAS DISPONIBILIDADES DE AGUA

El análisis de la oferta de agua es de vital importancia en el planteamiento de las potencialidades de una particular cuenca. La determinación de los caudales disponibles en los diferentes cursos de agua de los ríos y quebradas, marca el primer paso para conocer la viabilidad de cualquier proyecto de aprovechamiento hidráulico. Es por ello que para la cuenca del río Escalante se procedió a la estimación de las disponibilidades superficiales del recurso agua, apoyándose en análisis estadísticos de los resultados.

Un requerimiento indispensable para lograr un buen manejo es el conocimiento de las disponibilidades de agua y de los valores extremos, o sea, la predicción de la ocurrencia del agua a corto y largo plazo. La elaboración del plan de riego exige como condición preliminar las predicciones a largo plazo, mientras que el diseño y la conservación de las obras de control y de distribución del agua requieren predicciones a corto plazo. La predicción de las disponibilidades de agua, ya sea al considerarlas como un recurso aprovechable o como un enemigo, que fuera de control, causaría daños costosos, es tarea imprescindible para el riego.

El objetivo de la predicción de las disponibilidades de agua es determinar el origen, la ocurrencia, la calidad y variabilidad en el tiempo y espacio de las aguas para su control y uso. De esta manera, sería posible asignar prioridad y jerarquizar los conflictos inherentes al aprovechamiento del agua, los cuales deben ser prevenidos con un buen manejo. A continuación se presenta el procedimiento a seguir para este tipo de estimación.

4.3.1. Precipitación

Se realizó un inventario de las estaciones meteorológicas existentes, tanto dentro como en las cercanías a los límites del área ocupada por la cuenca del río Escalante. En el Anexo III se presenta un listado de las estaciones meteorológicas existentes en el área de estudio, así mismo, es notable decir que muchas de las estaciones han sido eliminadas y otras tienen un periodo de registro muy corto, por lo cual se realizó una selección en función de la calidad y cantidad de información, así como de su ubicación geográfica.

En la Tabla 4.1., se muestran las estaciones seleccionadas para evaluar la variable precipitación dentro del área de estudio y en la Figura 4.1, el diagrama de barras con los registros disponibles para el periodo 1942 – 2006, este diagrama se elaboró con los datos originales, los cuales se presentan en el Anexo IV.

En la Figura 4.1, se puede apreciar que de las 72 estaciones seleccionadas, 44 de ellas disponen de información completa desde 1968 hasta el año 1997, y 14 hasta 1983, las restantes estaciones disponen de información confiable pero con datos faltantes. Debido a esta falta de información se tomó como período de análisis desde el año 1969 hasta 1998 para evaluar la variable precipitación, lo cual representa un registro histórico de 30 años.

Como se puede apreciar en los registros históricos presentados en el Anexo IV, existen datos faltantes en las planillas originales, así como estaciones que presentan un registro más corto que el seleccionado, por tal motivo fue necesario completar los registros, haciendo uso del método de correlación lineal.

El procedimiento empleado para la aplicación del método de correlación lineal, en la estimación de los datos faltantes fue el siguiente:

Tabla 4.1. Estaciones meteorológicas seleccionadas

ESTACIÓN	TIPO	SERIAL	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)	ORGANISMO	INF.DISPONIBLE
Pueblo Hondo	PR	3074	Táchira	081600	715500	2100	Min. Amb.	1952-1998
Zea-La Florida	PR	3142	Mérida	082322	714642	900	Min. Amb.	1968-1997
La Fria-Aeropuerto	PR	3061	Táchira	081426	721555	95	Min. Amb.	1951-1998
Umuquena	PR	8065	Táchira	081633	720348	505	Min. Amb.	1964-1995
Caño Negro	PR	8052	Táchira	082958	715050	151	Min. Amb.	1953-1995
Puente Escalante	PR	8054	Táchira	0830	7146	160	Min. Amb.	1960-1995
La Palmita	PR	8053	Mérida	083303	713602	600	Min. Amb.	1953-1997
El Vigía	PR	3035	Mérida	083627	713747	130	Min. Amb.	1953-1997
Caracoli	PR	3025	Zulia	084538	714412	40	Min. Amb.	1953-2001
El Molino	PR	3023	Mérida	081215	7133	1877	Min. Amb.	1966-2003
Santa Bárbara	C1	2099	Zulia	085835	715357	5	Min. Amb.	1967-2006
La Solita	PR	3000	Zulia	091128	714551	2	Min. Amb.	1967-1984
Mesa Ferreira	PR	3013	Zulia	085038	715854	7	Minis. Amb.	1953-2001
El Calvario	PR	3007	Zulia	085234	714138	21	Minis. Amb.	1953-2001
Los Guayabones	PR	8072	Mérida	084521	713552	70	Minis. Amb.	1973-2001
San Antonio	PR	2010	Zulia	090411	711445	30	Minis. Amb.	1974-2001
Mesa Julia	PR	8075	Mérida	085547	711356	950	Minis. Amb.	1973-1995
Capazones	PR	8073	Mérida	084915	712641	115	Minis. Amb.	1973-1995
La Azulita	PR	3135	Mérida	084330	712631	1000	Minis. Amb.	1969-1995
Mucujepe	PR	3199	Mérida	083853	713408		Minis. Amb.	1980-1997
San Pedro-Chiguara	PR	8056	Mérida	083025	713430	1078	Minis. Amb.	1970-1998
Mesa Bolívar	PR	3052	Mérida	082842	713505	1000	Minis. Amb.	1949-1997
El Mesón	PR	3108	Mérida	082445	713540	1264	Minis. Amb.	1968-1998
Páramo El Molino	PR	3070	Mérida	081831	713424	2750	Minis. Amb.	1962-1983
Guaraque-La Quinta	PR	3030	Mérida	080855	714238	1710	Minis. Amb.	1966-1998
Pregonero	PR	3097	Táchira	080122	714553	1260	Minis. Amb.	1952-1998
Hacienda Valle Negro	PR	8067	Táchira	080300	715000	2500	Minis. Amb.	1973-1998
Páramo El Batallón	PR	8066	Táchira	080830	715340	3165	Minis. Amb.	1968-1998
La Honda	PR	4091	Táchira	075455	714427	1160	Minis. Amb.	1975-1998
La Hormiga	PR	4092	Táchira	074924	714850	1005	Minis. Amb.	1974-1998
El Junco	PR	4028	Táchira	074915	721002	1280	Minis. Amb.	1950-1984
Zorca	PR	4026	Táchira	074800	721600	850	Minis. Amb.	1954-1998
San Antonio-Táchira	PR	4025	Táchira	074900	722700	415	Minis. Amb.	1950-1977
San Cristóbal	C3	4038	Táchira	074800	721347	800	Minis. Amb.	1952-1984
Cordero	PC	4016	Táchira	075129	721048	1000	Minis. Amb.	1952-1984
Palmira	PC	4027	Táchira	075030	721336	1100	Minis. Amb.	1952-1992
El Recreo	PR	4024	Táchira	074718	722230	1035	Minis. Amb.	1952-1998
La Mulera	PR	4061	Táchira	074850	722214	1120	Minis. Amb.	1964-1984

Tabla 4.1. Continuación

ESTACIÓN	TIPO	SERIAL	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD(m.s.n.m)	ORGANISMO	INF.DISPONIBLE
Capacho	PR	4020	Táchira	074942	721812	1264	Minis.Amb	1956-1984
San Antonio-Táchira	PR	4021	Táchira	074930	722630	431	Minis.Amb	1952-1984
San Antonio del Táchira-B.A.	A1	4022	Táchira	075100	722700	377	SM	1950-1992
Ureña	PC	4012	Táchira	075500	722700	350	Minis.Amb	1950-1998
Borota	PR	4071	Táchira	075407	721410	1380	Minis.Amb	1968-1984
Lobatera	PC	4014	Táchira	075600	721444	920	Minis.Amb	1948-1992
Michelena	PC	4003	Táchira	075738	721437	1200	Minis.Amb	1949-1984
Queniquea	PC	4017	Táchira	075517	720054	1620	Minis.Amb	1952-1984
Los Laureles	PR	4018	Táchira	075508	720727	1520	Minis.Amb	1952-1998
Páramo El Zumbador	C2	4072	Táchira	075904	720545	2570	Minis.Amb	1978-2005
Los Pajujiles	PR	4093	Táchira	075627	715727	1760	Minis.Amb	1974-1998
San José Bolívar	PC	4005	Táchira	075455	715800	1420	Minis.Amb	1952-1984
Páramo El Zumbador	PR	4004	Táchira	075832	720505	2500	Minis.Amb	1952-1978
El Cobre	PC	3094	Táchira	080213	720340	2100	Minis.Amb	1954-1992
Seboruco	PR	3085	Táchira	080857	720430	840	Minis.Amb	1950-1984
Colon	C1	8092	Táchira	080200	721500	760	SM	1971-1992
Estación Táchira	PR	3081	Táchira	080715	721507	340	Minis.Amb	1951-1998
Colon-Escuela Federal	PR	3091	Táchira	080145	721501	880	Minis.Amb	1949-1998
San Pedro del Río	PR	4002	Táchira	075933	721610	760	Minis.Amb	1952-1998
Mesa de Seboruco	PR	3082	Táchira	081000	720947	485	Minis.Amb	1952-1998
Sabana Grande	PR	3073	Táchira	081200	715643	2000	Minis.Amb	1952-1998
Las Tapias	PR	3132	Mérida	081341	715041	1920	Minis.Amb	1968-1998
Páramo El Quemado	PR	3005	Mérida	081445	714401	2212	Minis.Amb	1966-1998
Tovar	C2	3141	Mérida	082030	714440	952	Minis.Amb	1968-1994
Aldea Pajitas	PR	8074	Táchira	082640	715638	90	Minis.Amb	1973-1995
El Olimpo	PR	8071	Zulia	083216	720933	24	Minis.Amb	1973-2001
El Guayabo	PR	3034	Zulia	083738	722016	28	Minis.Amb	1967-1983
Tostos	PR	8057	Mérida	082536	712022	2400	Minis.Amb	1970-1991
La Cuchilla	PR	3040	Mérida	083800	712110	2280	Minis.Amb	1963-1998
Jaji	PR	3169	Mérida	083444	712005	1827	Minis.Amb	1970-1998
Mesa de Ejido	PR	3042	Mérida	083300	711706	1520	Minis.Amb	1948-1998
Concha	PR	2095	Zulia	090107	714503	5	Minis.Amb	1953-1984
San Juan de Lagunillas	PR	3170	Mérida	083040	712114	1050	Minis.Amb	1970-1997
Encontrados	PR	2092	Zulia	090332	721411	8	Minis.Amb	1953-2002

- Para cada mes del año se construyó una matriz de correlación de la estación en estudio con cada una de las estaciones con registro completo y con una estación ficticia, la cual se obtuvo con los promedios para cada año y para el mes en consideración. La Tabla 4.2, muestra la respectiva matriz.

Tabla 4.2. Matriz de correlación (Mes de Enero)

Estaciones	Estaciones											
	3074	3142	3061	8065	8052	8054	8053	3035	3025	3023	2099	3000
3061	0.649	0.797		0.723	0.652	0.718	0.445	0.468				
3025	0.478	0.536	0.374	0.653	0.385	0.522	0.569	0.594				
3023	0.640	0.675	0.350	0.619	0.388	0.552	0.626	0.630	0.337			
3013	0.559	0.655	0.471	0.497	0.383	0.522	0.474	0.495	0.647	0.524	0.705	0.611
3007	0.504	0.693	0.427	0.675	0.342	0.482	0.710	0.721	0.532	0.414	0.715	0.825
3030	0.708	0.656	0.424	0.550	0.454	0.540	0.556	0.610	0.546	0.580	0.397	0.695
8066	0.810	0.800	0.535	0.722	0.419	0.510	0.539	0.533	0.395	0.669	0.287	0.598
4024	0.509	0.757	0.449	0.662	0.405	0.513	0.627	0.673	0.400	0.486	0.415	0.534
4012	0.537	0.555	0.458	0.523	0.352	0.739	0.665	0.539	0.551	0.444	0.073	0.451
4018	0.774	0.799	0.612	0.751	0.354	0.491	0.605	0.599	0.479	0.644	0.584	0.646
3081	0.650	0.794	0.825	0.721	0.605	0.669	0.468	0.475	0.361	0.393	0.393	0.661
4002	0.577	0.807	0.592	0.691	0.489	0.559	0.583	0.640	0.313	0.507	0.213	0.443
3082	0.701	0.768	0.849	0.732	0.612	0.686	0.495	0.512	0.340	0.446	0.243	0.652
3073	0.898	0.732	0.563	0.786	0.423	0.575	0.556	0.521	0.341	0.669	0.517	0.764
3132	0.435	0.315	0.042	0.556	0.289	0.376	0.320	0.527	0.458	0.458	0.418	0.576
3040	0.285	0.279	0.151	0.476	0.095	0.383	0.657	0.679	0.640	0.384	0.203	0.679
3042	0.577	0.460	0.468	0.592	0.261	0.599	0.400	0.398	0.237	0.581	0.235	0.406
2092	0.542	0.554	0.495	0.596	0.226	0.279	0.468	0.422	0.554	0.211	0.663	0.803
EST.PROM	0.776	0.853	0.740	0.830	0.608	0.751	0.756	0.763	0.675	0.671	0.558	0.789
Max.Cof	0.898	0.853		0.830	0.652	0.751	0.756	0.763	0.675	0.671	0.715	0.825

- Se seleccionó como estación patrón, aquella con el mayor coeficiente de correlación lineal y se determinaron los parámetros “a” y “b” de la ecuación de regresión utilizando el programa Microsoft Office Excel (2003). Una vez encontrados estos parámetros se procedió al cálculo de los datos faltantes para las estaciones seleccionadas. A manera de ejemplo se presenta el procedimiento de cálculo para la estación 3142 mes de enero. Según la matriz de correlación, la estación 3142 presenta la correlación más alta con la estación 3074, con un valor de **0,858**. En la estación 3142 faltan los datos para los años 1996 y 1998. Se construye el gráfico que relaciona sus valores y se presenta la ecuación de correlación. Los resultados se ilustran en la Figura 4.2.

AÑO	Estación	
	3074	3142
1969	121.1	250.7
1970	35.1	98.4
1971	66	203
1972	120	200.2
1973	22.2	13.6
1974	59.8	96.5
1975	9.3	48.6
1976	20.1	91.2
1977	6.8	113.7
1978	0	0.6
1979	6.7	12.2
1980	36.3	79.8
1981	13.6	29
1982	57.8	112.6
1983	6.2	60.5
1984	19.3	21.9
1985	8.7	5.7
1986	26.4	102.1
1987	34.3	86.9
1988	7.1	0.7
1989	21.9	110.2
1990	17.1	80.6
1991	10.9	16.9
1992	7.1	9.4
1993	21.4	67.6
1994	16.3	35.3
1995	0.7	3.7
1996	28.9	74.5
1997	27.4	115.8
1998	9.8	40.1

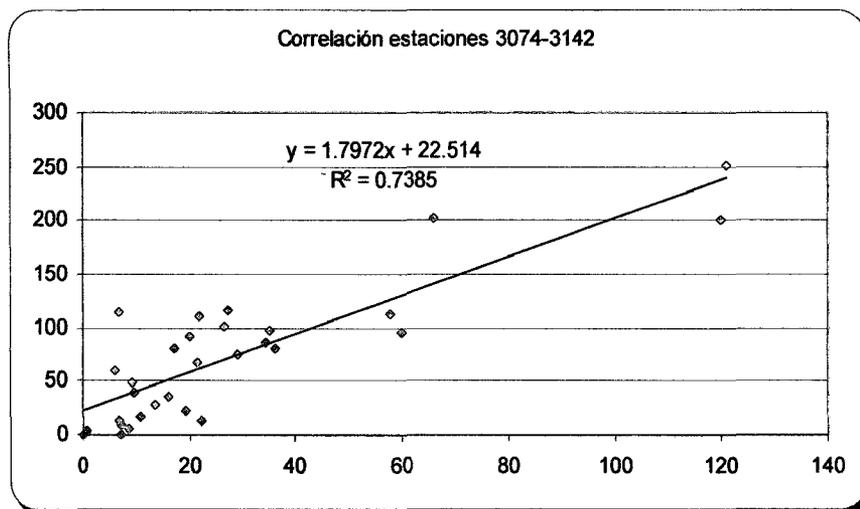


Figura 4.2. Cálculo de datos faltantes (Mes de Enero).

Utilizando la ecuación de regresión se calcularon los valores correspondientes a los años 1996 y 1998 para el mes de Enero, este mismo procedimiento se siguió para cada mes y para cada estación. Los resultados obtenidos para el período completo 1969-1998, así como los valores mensuales y anuales, se presentan en el Anexo V.

- Seguidamente luego de determinar los parámetros de la ecuación de regresión se realizó una prueba de significación del coeficiente de correlación, para lo cual se usó el estadístico (t_c) el cual está representado por la ecuación:

$$t_c = \frac{r\sqrt{Nr-2}}{\sqrt{1-(r)^2}} \quad (4.1)$$

Donde:

- t_c El estadístico
- Nr El número de años del registro
- r El coeficiente de correlación

Proponiendo la siguiente hipótesis nula H_0 : r no es diferente a cero. De esta manera se determinó el valor de (t) en la Tabla 4.3, para un nivel de significación del 5%. Es decir:

Para $(t_{\alpha/2}, Nr)$, si t_c esta comprendido entre $-(t_{\alpha/2}, Nr)$ y $(t_{\alpha/2}, Nr)$ se acepta H_0 , de lo contrario se rechaza. Los resultados de la prueba de significación se muestran en el Anexo V.

Tabla 4.3. Distribución “t” de Student con “v” Grados de Libertad

v	$t_{0,995}$	$t_{0,99}$	$t_{0,975}$	$t_{0,95}$	$t_{0,90}$	$t_{0,80}$	$t_{0,75}$	$t_{0,70}$	$t_{0,60}$	$t_{0,55}$
1	63,66	31,82	12,71	6,31	3,08	1,376	1,000	0,727	0,325	0,158
2	9,92	6,96	4,30	2,92	1,89	1,061	0,816	0,617	0,289	0,142
3	5,84	4,54	3,18	2,35	1,64	0,978	0,765	0,584	0,277	0,137
4	4,60	3,75	2,78	2,13	1,53	0,941	0,741	0,569	0,271	0,134
5	4,03	3,36	2,57	2,02	1,48	0,920	0,727	0,559	0,267	0,132
6	3,71	3,14	2,45	1,94	1,44	0,906	0,718	0,553	0,265	0,131
7	3,50	3,00	2,36	1,90	1,42	0,896	0,711	0,549	0,263	0,130
8	3,36	2,90	2,31	1,86	1,40	0,889	0,706	0,546	0,262	0,130
9	3,25	2,82	2,26	1,83	1,38	0,883	0,703	0,543	0,261	0,129
10	3,17	2,76	2,23	1,81	1,37	0,879	0,700	0,542	0,260	0,129
11	3,11	2,72	2,20	1,80	1,36	0,876	0,697	0,540	0,260	0,129
12	3,06	2,68	2,18	1,78	1,36	0,873	0,695	0,539	0,259	0,128
13	3,01	2,65	2,16	1,77	1,35	0,870	0,694	0,538	0,259	0,128
14	2,98	2,62	2,14	1,76	1,34	0,868	0,692	0,537	0,258	0,128
15	2,95	2,60	2,13	1,75	1,34	0,866	0,691	0,536	0,258	0,128
16	2,92	2,58	2,12	1,75	1,34	0,865	0,690	0,535	0,258	0,128
17	2,90	2,57	2,11	1,74	1,33	0,863	0,689	0,534	0,257	0,128
18	2,88	2,55	2,10	1,73	1,33	0,862	0,688	0,534	0,257	0,127
19	2,86	2,54	2,09	1,73	1,33	0,861	0,688	0,533	0,257	0,127
20	2,84	2,53	2,09	1,72	1,32	0,860	0,687	0,533	0,257	0,127
21	2,83	2,52	2,08	1,72	1,32	0,859	0,686	0,532	0,257	0,127
22	2,82	2,51	2,07	1,72	1,32	0,858	0,686	0,532	0,256	0,127
23	2,81	2,50	2,07	1,71	1,32	0,858	0,685	0,532	0,256	0,127
24	2,80	2,49	2,06	1,71	1,32	0,857	0,685	0,531	0,256	0,127
25	2,79	2,48	2,06	1,71	1,32	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127
26	2,78	2,48	2,06	1,71	1,32	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127
27	2,77	2,47	2,05	1,70	1,31	0,855	0,684	0,531	0,256	0,127
28	2,76	2,47	2,05	1,70	1,31	0,855	0,683	0,530	0,256	0,127
29	2,76	2,46	2,04	1,70	1,31	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127
30	2,75	2,46	2,04	1,70	1,31	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127
40	2,70	2,42	2,02	1,68	1,30	0,851	0,681	0,529	0,255	0,126
60	2,66	2,39	2,00	1,67	1,30	0,848	0,679	0,527	0,254	0,126
120	2,62	2,36	1,98	1,66	1,29	0,845	0,677	0,526	0,254	0,126
∞	2,58	2,33	1,96	1,645	1,28	0,842	0,674	0,524	0,253	0,126

- Cómo existe un grado de correlación mínimo aceptable para extender un registro, fue necesario determinar si se ganaba o no información al completarlo. Se usó la fórmula de Langbein para determinar el período de registro efectivo, a continuación se presenta dicha ecuación:

$$N = \frac{Nr + Ne}{1 + \frac{Ne}{Nr - 2}(1 - \Gamma^2)} \quad (4.2)$$

Donde:

- N** La longitud efectiva de registro
- Nr** El número de años del registro corto
- Ne** El número de años a extender
- Γ** El coeficiente de correlación

Si la longitud efectiva de registro (N) es mayor que el número de años del registro corto (Nr) se gana información al completar los registros. En el caso del mes de enero para la estación **3142**, los valores para las distintas variables son los que se presentan a continuación:

N total	30
Nr	28
Ne	2
N	29.4
N -Nr	1.40

Como se puede ver la longitud efectiva de registro (N) es mayor que el número de años del registro corto (Nr), por lo que se gana información al completar los registros. Los resultados de la prueba de Langbein se presentan en el Anexo V.

En la Tabla 4.4, se presentan los valores de precipitación media para cada mes y cada estación, para el período 1969-1998.

Tabla 4.4. Promedios mensuales y anuales de precipitación en (mm), estaciones seleccionadas período histórico 1969-1998

Estación		Mes												ANUAL
Serial	Nombre	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	
3074	Pueblo Hondo	27.9	34.7	58.5	108.7	98.4	46.4	45.5	50.5	81.1	118.4	95.7	42.8	808.6
3142	Zea-La Florida	72.7	64.2	67.0	132.2	125.5	74.9	92.9	91.7	95.7	168.6	163.2	82.8	1231.3
3061	La Fria-Aeropuerto	146.2	154.0	193.5	302.1	242.0	111.5	141.7	180.9	248.5	278.0	297.0	198.6	2494.0
8065	Umuquena	139.07	171.7	176.6	284.7	165.1	99.2	89.2	105.0	132.3	251.5	249.7	206.8	2070.9
8052	Caño Negro	120.1	135.5	173.8	214.2	206.6	142.5	123.5	137.3	138.1	212.5	231.9	152.6	1988.7

Tabla 4.4. Continuación

Estación		Mes												ANUAL
Serial	Nombre	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	
8054	Puente Escalante	113.7	113.3	147.0	193.6	177.2	124.3	135.6	141.4	133.3	204.2	211.3	141.0	1836.0
8053	La Palmita	75.2	80.9	90.4	125.6	111.2	59.6	52.9	72.3	100.7	163.4	172.9	115.3	1220.4
3035	El Vigía	128.1	126.2	147.2	230.6	172.8	97.2	104.6	100.6	128.0	215.9	218.3	186.6	1856.1
3025	Caracolí	104.8	81.6	117.7	219.9	166.6	132.1	127.0	108.7	111.1	161.2	214.3	197.1	1742.0
3023	El Molino	16.5	19.7	39.1	84.4	92.7	97.0	98.2	108.1	105.9	108.9	98.1	36.8	905.3
2099	Santa Bárbara	45.5	53.4	83.1	156.1	135.6	107.5	86.7	102.5	96.1	160.3	142.5	112.1	1281.4
3000	La Solita	102.7	94.5	99.6	157.3	175.3	141.7	162.5	130.0	174.4	228.5	202.8	181.8	1851.1
3013	La Ferreira	47.9	64.1	79.4	131.0	156.9	107.0	114.5	111.7	93.6	171.7	174.6	92.6	1345.2
3007	El Calvario	98.4	93.5	126.5	184.3	185.7	115.1	114.1	91.6	117.3	155.5	190.4	153.4	1625.8
8072	Los Guayabones	145.4	123.2	214.5	262.9	177.3	107.3	119.0	121.9	109.1	195.9	196.8	160.8	1934.1
2010	San Antonio	69.6	95.2	158.9	163.5	138.7	91.1	76.2	69.2	90.8	119.8	114.8	98.8	1286.5
8075	Mesa Julia	99.6	116.3	156.0	238.5	234.8	168.6	156.1	146.0	143.6	177.0	199.4	149.6	1985.6
8073	Capazones	95.3	111.7	181.8	197.5	166.5	179.1	118.5	135.1	129.6	178.5	180.7	117.7	1792.3
3135	La Azulita	60.0	70.4	92.3	138.6	162.6	126.8	119.9	141.2	140.9	161.7	136.6	102.6	1453.6
3199	Mucujepe	114.5	146.4	174.0	212.9	173.0	95.8	95.1	95.0	156.1	218.5	215.9	192.6	1889.7
8056	San Pedro-Chiguará	48.1	49.7	55.8	79.6	78.0	34.8	35.2	61.7	61.2	137.4	110.1	61.4	813.0
3052	Mesa Bolívar	50.5	53.2	69.8	100.7	97.6	57.5	44.5	67.5	85.6	142.1	115.9	74.2	959.2
3108	El Mesón	49.4	69.4	88.3	175.2	172.7	86.1	86.2	99.1	130.6	168.6	160.1	83.2	1368.7
3070	Páramo El Molino	37.6	58.3	77.2	168.2	137.1	65.4	66.3	99.7	125.9	172.8	159.0	97.2	1264.7
3030	Guaraque-La Quinta	13.5	14.1	29.1	100.0	122.7	121.5	117.8	113.1	122.3	111.1	81.5	32.5	979.1
3097	Pregonero	11.1	15.4	34.5	119.9	173.4	194.3	220.4	195.4	202.0	132.0	86.0	28.6	1413.2
8067	Hacienda Valle Negro	18.3	26.2	56.0	137.5	168.3	190.9	215.7	190.6	155.8	145.3	82.7	38.6	1426.0
8066	Páramo El Batallón	26.7	35.5	61.4	111.4	113.8	99.2	118.4	106.5	97.9	122.4	94.1	49.7	1037.0
4091	La Honda	24.6	29.2	67.3	172.4	281.2	342.6	375.8	349.5	310.6	254.7	164.9	73.5	2446.3
4092	La Hormiga	35.9	38.5	82.6	234.7	381.5	415.9	440.6	413.4	371.2	343.8	273.7	112.2	3144.1
4028	El Junco	28.7	37.8	56.5	121.9	145.8	160.9	182.5	138.9	145.4	141.9	116.9	84.5	1361.7
4026	Zorca	22.7	25.3	39.8	94.0	115.4	134.7	139.6	125.2	132.1	136.4	100.5	67.4	1133.3
4025	San Antonio-Táchira	35.6	22.6	42.0	82.6	53.0	45.7	21.6	22.0	66.8	119.6	99.0	53.9	664.5
4038	San Cristóbal	30.4	26.0	40.6	100.2	133.5	153.9	155.2	128.5	153.4	136.8	123.5	56.2	1238.0
4016	Cordero	33.7	34.1	52.8	122.9	107.4	117.3	146.8	120.0	136.2	158.6	120.6	57.8	1208.3
4027	Palmira	20.1	24.6	25.0	98.3	96.6	101.4	104.5	103.4	117.0	113.5	78.5	41.7	924.6
4024	El Recreo	39.8	44.7	58.0	118.0	92.4	98.8	105.7	85.1	84.4	141.8	115.5	63.5	1047.7
4061	La Mulera	41.4	45.9	45.8	116.4	104.1	131.8	134.1	96.1	95.1	128.6	110.7	60.1	1110.2
4020	Capacho	20.6	26.4	42.3	92.0	100.9	116.0	118.9	93.0	99.2	113.4	111.3	39.5	973.4
4021	San Antonio-Táchira	33.7	40.0	49.9	93.8	69.9	35.0	29.5	25.5	59.3	121.0	104.4	69.9	731.9
4022	San Antonio del Táchira-B.A.	32.5	33.2	56.5	95.0	62.4	29.5	26.4	30.1	64.5	115.5	96.0	58.7	700.3
4012	Ureña	35.8	38.7	67.1	98.8	59.0	34.6	25.5	32.0	59.3	115.9	97.8	65.8	730.1
4071	Borota	25.5	23.8	35.8	96.2	74.7	60.5	58.5	60.1	90.2	132.0	104.0	58.5	819.9
4014	Lobatera	24.2	25.3	34.5	85.1	54.9	46.3	37.5	46.2	73.4	10.18	90.1	50.0	669.3
4003	Michelena	26.6	32.5	42.2	115.7	68.5	45.1	38.6	62.4	85.0	128.4	118.6	57.1	820.6
4017	Queniquea	12.6	24.3	36.8	136.7	146.0	155.1	164.9	180.2	138.6	149.8	117.3	45.3	1307.6
4018	Los Laureles	29.1	34.3	55.2	121.8	112.7	131.8	165.2	123.3	119.0	146.3	116.5	65.7	1221.0
4072	Páramo El Zumbador	27.9	34.7	46.6	107.2	88.0	89.2	108.9	99.8	104.1	134.6	116.4	55.2	1012.6
4093	Los Pajjiles	15.6	22.6	45.6	136.7	163.2	188.0	193.1	173.9	166.6	154.6	107.3	48.4	1415.5
4005	San José Bolívar	21.3	27.9	40.1	125.9	149.7	166.0	196.0	162.8	146.1	120.5	90.5	43.1	1289.9

Tabla 4.4. (Continuación)

Estación		Mes												ANUAL
Serial	Nombre	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	
4004	Páramo El Zumbador	20.0	31.4	43.9	111.3	82.6	81.6	93.6	93.3	98.5	116.7	107.9	65.4	946.4
3094	El Cobre	18.1	27.7	38.8	112.1	98.6	49.1	58.7	59.4	90.6	125.0	105.7	57.8	841.7
3085	Seboruco	23.4	67.9	45.8	121.9	105.8	43.2	45.0	59.0	71.7	137.2	109.0	52.8	882.9
8092	Colón	68.9	123.5	103.0	161.7	130.9	76.1	98.6	94.2	155.6	196.2	170.5	147.6	1526.8
3081	Estación Táchira	145.6	155.7	198.6	240.1	231.5	211.2	228.9	240.4	243.6	326.1	279.7	191.7	2693.0
3091	Colon-Escuela Federal	83.3	82.7	100.1	152.8	117.0	64.2	73.2	78.6	121.6	205.7	190.9	135.7	1405.9
4002	San Pedro del Río	41.8	53.0	51.8	99.1	65.5	44.7	43.0	45.7	83.3	150.1	126.7	77.9	882.8
3082	Mesa de Seboruco	152.3	152.2	169.2	298.6	231.0	130.0	113.8	136.6	225.6	285.1	271.1	172.2	2337.7
3073	Sabana Grande	37.9	35.3	59.9	110.7	89.2	45.4	41.1	47.3	78.0	119.4	97.0	53.9	815.0
3132	Las Tapias	26.6	30.6	54.3	90.9	83.6	63.2	71.2	70.0	84.4	95.2	81.0	37.0	787.9
3005	Páramo El Quemado	38.6	49.8	65.1	141.1	166.5	168.3	190.5	171.5	170.2	177.2	149.6	78.0	1566.3
3141	Tovar	33.9	33.4	55.4	97.6	126.1	80.1	91.3	103.8	117.5	146.5	120.7	55.3	1061.6
8074	Aldea Pajitas	118.8	140.4	223.9	297.6	163.5	122.9	110.7	150.0	134.3	237.0	244.6	178.9	2122.6
8071	El Olimpo	109.8	81.2	101.4	215.0	215.3	113.4	118.3	104.3	145.9	216.6	231.8	160.4	1813.4
3034	El Guayabo	72.0	52.7	105.5	250.2	276.4	105.3	129.1	139.0	147.3	199.1	224.0	144.1	1844.8
8057	Tostos	7.3	9.2	21.6	54.3	86.5	46.7	34.2	55.5	76.3	80.8	35.6	18.8	526.9
3040	La Cuchilla	26.2	35.2	53.1	129.6	180.3	135.1	145.7	188.8	203.3	175.4	125.0	58.3	1456.1
3169	Jaji	53.8	44.4	58.1	110.0	137.5	90.6	72.4	85.8	132.1	172.7	199.7	104.5	1261.6
3042	Mesa de Ejido	30.6	24.6	40.8	90.4	104.7	63.2	58.8	65.5	98.0	118.9	96.6	46.7	838.8
2095	Concha	73.5	71.1	93.1	154.8	135.8	93.6	79.1	99.4	106.2	151.1	125.5	117.0	1300.3
3170	San Juan de Lagunillas	11.4	12.1	23.0	63.4	66.7	36.1	30.7	44.5	72.3	77.8	46.0	20.4	504.3
2092	Encontrados	30.6	18.5	44.2	144.0	160.3	154.0	138.6	147.4	140.7	168.6	172.8	85.7	1405.2

4.3.2. Construcción de curvas isoyetas

Se llama isoyeta a la curva que representa el lugar geométrico de los puntos que tienen la misma precipitación en un período de tiempo considerado. Son curvas de igual lluvia. En este método se requiere el discernimiento del analista, pues debe interpretar toda la información disponible no sólo en cuanto a la morfología de la cuenca sino del comportamiento, trayectorias y tipos de tormentas.

Para hacer el trazado isoyético se ubicó en un plano, con curvas de nivel, las estaciones pluviométricas con sus respectivos valores de precipitación, recurriendo también a las estaciones vecinas a la cuenca en estudio. El plano de localización geográfica de las estaciones meteorológicas seleccionadas se presenta en el AnexoVI.

Con los valores de precipitación media presentados en la Tabla 4.4, se construyeron 13 mapas de isoyetas para la zona en estudio, la cual es la cuenca del río Escalante que a su vez contiene la microcuenca que aportará el caudal necesario para el desarrollo agrícola del

Asentamiento Campesino Santa Lucía. Estos mapas se elaboraron con el programa Surfer versión 8.0, patentado por Golden Software, Inc. Las Figuras 4.3 a 4.5, presentan las curvas isoyetas para los meses de Enero, Febrero y Marzo respectivamente, en los cuales se puede apreciar en forma gráfica como varía la precipitación a lo largo de estos meses del año, y finalmente la Figura 4.6 presenta las isoyetas a nivel anual, el color marrón indica bajas precipitaciones mientras que el azul altas precipitaciones. Las figuras correspondientes a las curvas isoyetas se presentan en el Anexo VII.

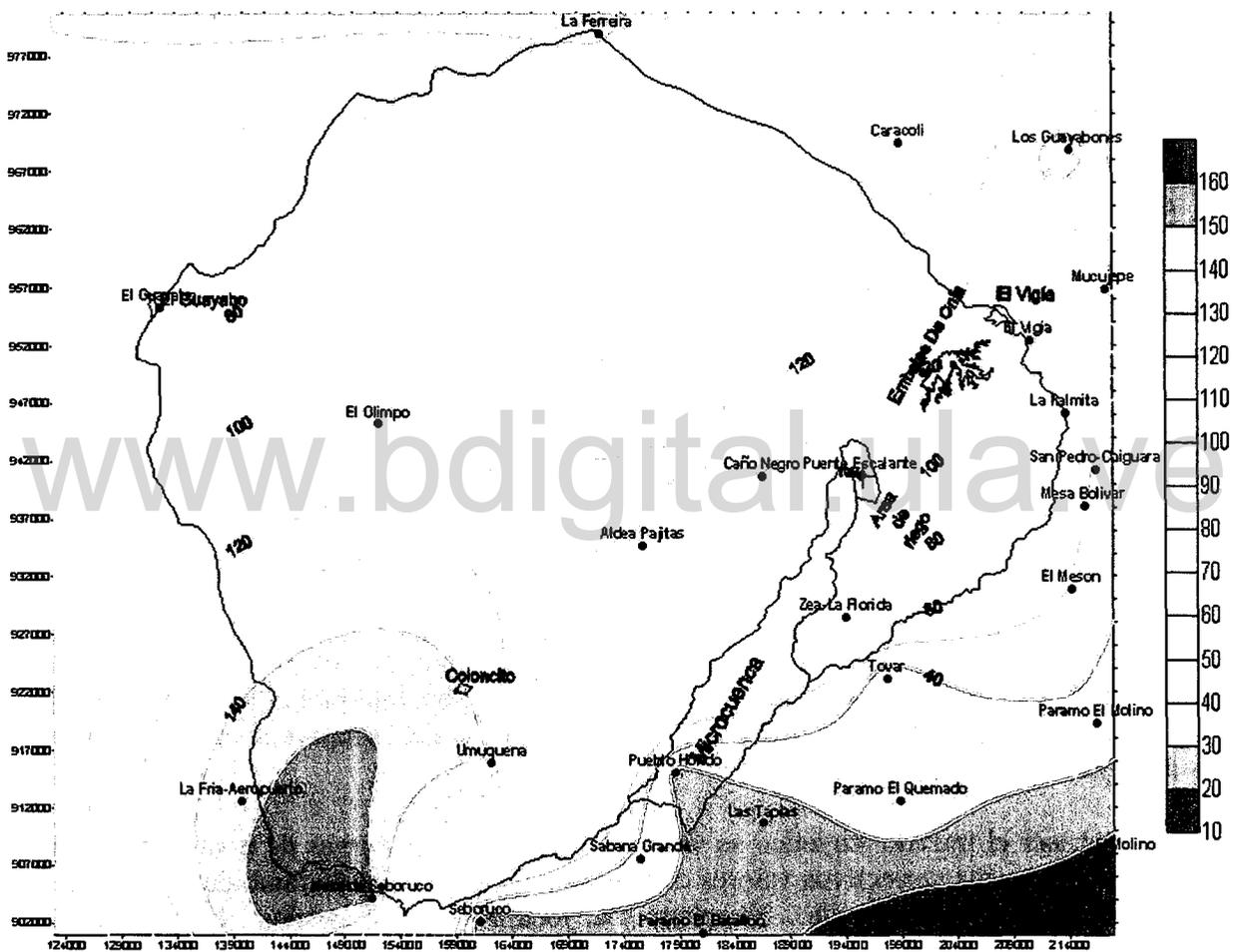


Figura 4.3. Mapa isoyético para el mes de Enero

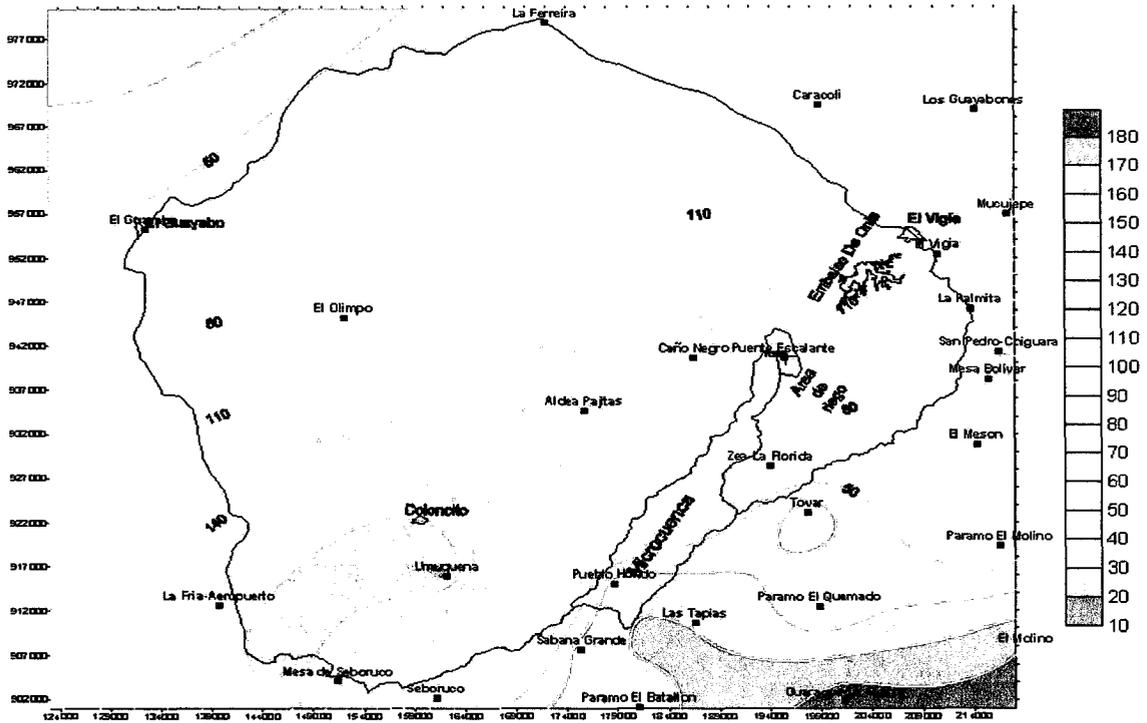


Figura 4.4. Mapa isoyético para el mes de Febrero

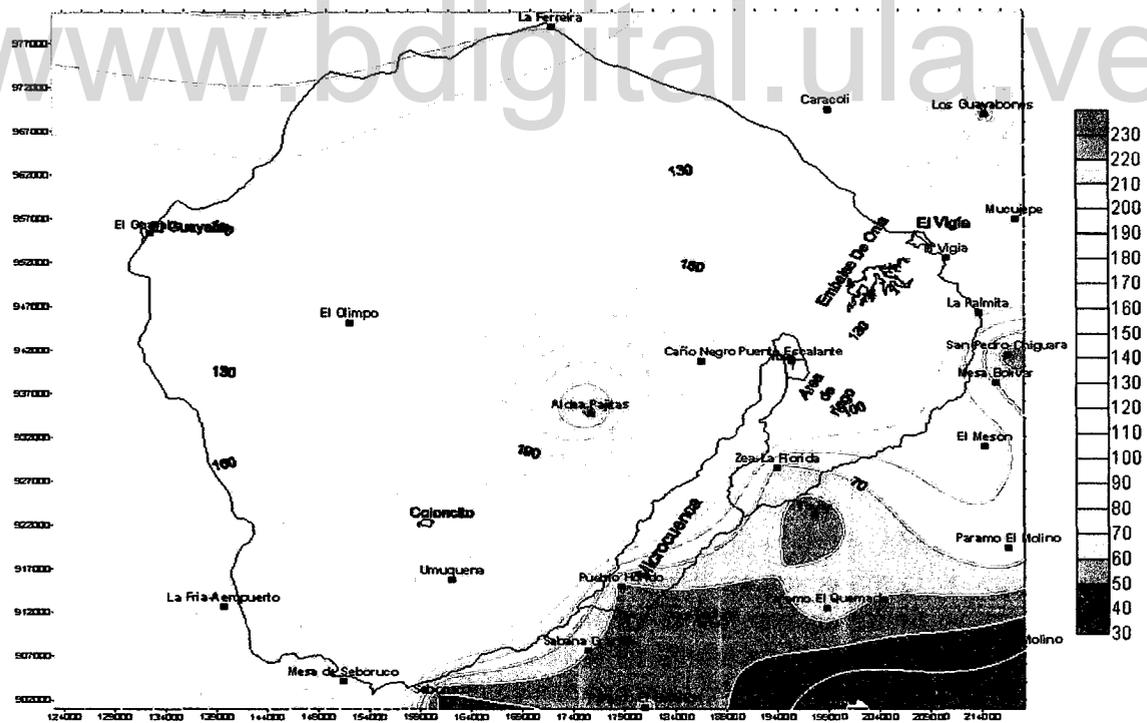


Figura 4.5. Mapa isoyético para el mes de Marzo

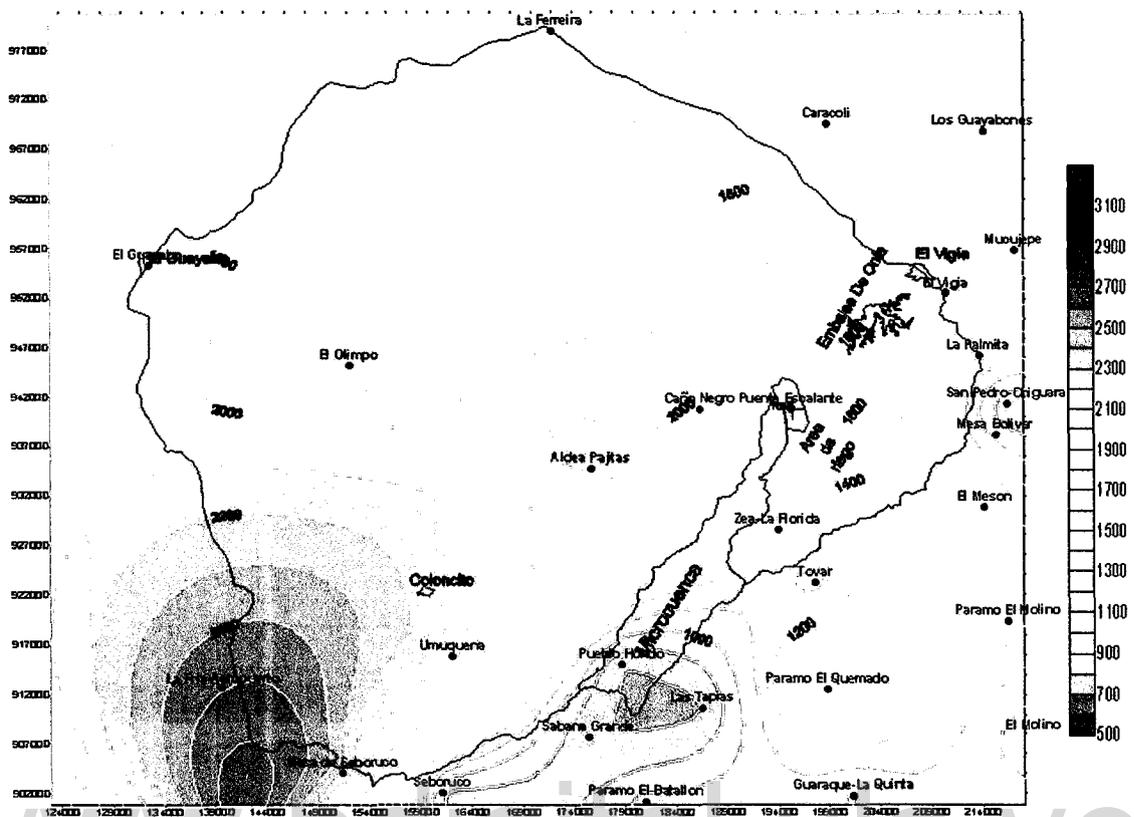


Figura 4.6. Mapa isoyético Anual

La Figura 4.6 muestra la variación espacial de la precipitación media anual, en el cual se puede observar un gran centro de alta precipitación en la Estación Táchira (3081) con 2.693,0 mm anuales y dos centros de alta de menor intensidad en las estaciones Aldea Pajitas (8074) y Los Guayabones (8072) con 2.122,6 y 1934,1 mm respectivamente. Se observan también, cuatro centros de baja precipitación en las estaciones Las Tapias (3132) con 787,9 mm, Tovar (3141) con 1.061,6 mm, San Pedro-Chiguará (8056) con 813,0 mm, y La Ferreira (3013) con 1.345,2 mm.

4.3.3. Cálculo de la precipitación media cuenca del río Escalante

La determinación de la precipitación media por isoyetas consistió en que, una vez dibujado el mapa de isoyetas se calcularon las áreas dentro de la cuenca entre cada curva del mapa, estas áreas se multiplicaron por el valor de la precipitación entre las curvas y luego se dividió el resultado total entre el área total de la cuenca, tal como se muestra en las Tablas 4.5 a 4.8. y para el resto de los meses del año se presentan en el Anexo VIII.

Tabla 4.5. Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Enero

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	3.21	40	50	45	144.55
A2	78.86	50	60	55	4337.55
A3	159.88	60	70	65	10392.02
A4	244.49	70	80	75	18336.75
A5	264.28	80	90	85	22463.96
A6	291.80	90	100	95	27720.56
A7	334.81	100	110	105	35155.12
A8	454.07	110	120	115	52218.51
A9	566.64	120	130	125	70829.87
A10	270.14	110	120	115	31066.32
A11	164.90	100	110	105	17314.69
A12	143.28	90	100	95	13611.76
A13	135.83	80	90	85	11545.44
A14	135.12	70	80	75	10134.36
A15	130.06	60	70	65	8453.81
A16	1.04	50	60	55	57.23
A17	0.01	50	60	55	0.39
A18	66.10	50	60	55	3635.68
A19	3.97	50	60	55	218.31
A20	0.24	40	50	45	10.75
A21	0.00	40	50	45	0.04
A22	31.48	40	50	45	1416.56
A23	23.90	30	40	35	836.64
A24	14.36	30	20	25	358.96
A25	211.93	130	140	135	28611.22
A26	218.72	140	150	145	31714.45
A27	102.39	150	150	150	15358.02
A28	1.10	130	140	135	148.76
TOTAL (km²)	4052.63			Sumatoria	416092.2579
Pptm (mm)	102.7				

Tabla 4.6. Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Febrero

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	1.03	40	50	45	46.30
A2	174.17	50	60	55	9579.57
A3	289.55	60	70	65	18820.95
A4	301.37	70	80	75	22602.46
A5	295.45	80	90	85	25113.65
A6	267.39	90	100	95	25402.34
A7	254.41	100	110	105	26713.38
A8	493.58	110	120	115	56761.97
A9	17.98	120	130	125	2247.13
A10	371.17	120	130	125	46396.20
A11	0.98	140	140.4	140.2	136.72
A12	390.44	130	140	135	52709.07
A13	143.92	140	150	145	20868.13
A14	170.06	150	160	155	26358.86
A15	178.79	160	170	165	29500.50
A16	2.83	170	171.7	170.85	483.39
A17	135.94	100	110	105	14273.81
A18	123.47	90	100	95	11730.02
A19	116.58	80	90	85	9909.06
A20	126.92	70	80	75	9519.06
A21	12.50	60	70	65	812.31
A22	77.19	60	70	65	5017.64
A23	56.51	50	60	55	3108.23
A24	3.42	40	50	45	153.69
A25	22.92	40	50	45	1031.45
A26	24.05	30	40	35	841.81
TOTAL (km²)	4052.63			Sumatoria	420137.71
Pptm (mm)	103.7				

Tabla 4.7. Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Marzo

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	2.55	70	80	75	191.29
A2	1.33	70	80	75	99.73
A3	1.04	70	80	75	77.70
A4	165.49	80	90	85	14066.50
A5	264.40	90	100	95	25118.13
A6	332.55	100	110	105	34917.63
A7	247.81	110	120	115	28498.53
A8	226.33	120	130	125	28291.00
A9	209.00	130	140	135	28214.35
A10	373.54	140	150	145	54163.44
A11	315.57	150	160	155	48913.20
A12	26.94	150	160	155	4175.03
A13	278.01	160	170	165	45872.25
A14	318.16	170	180	175	55678.21
A15	353.05	180	190	185	65314.34
A16	81.02	190	200	195	15799.56
A17	47.15	200	210	205	9664.92
A18	20.76	210	220	215	4463.35
A19	1.71	220	223.9	222.0	380.61
A20	105.88	130	140	135	14294.15
A21	97.29	120	130	125	12161.35
A22	94.91	110	120	115	10914.39
A23	98.61	100	110	105	10353.96
A24	113.01	90	100	95	10736.16
A25	111.76	80	90	85	9499.23
A26	2.65	70	80	75	198.70
A27	56.37	70	80	75	4227.59
A28	0.60	70	80	75	45.13
A29	1.68	70	80	75	125.86
A30	20.06	60	70	65	1303.71
A31	19.20	60	70	65	1248.16
A32	14.90	50	60	55	819.56
A33	49.30	190	198.6	194.3	9579.39
TOTAL(km²)	4052.63			Sumatoria	549407.11
Pptm(mm)	135.6				

Tabla 4.8. Precipitación media por isoyetas cuenca río Escalante mes de Abril

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	8.26	131.0	140	135.52	1119.55
A2	26.50	140	150	145	3842.26
A3	44.18	150	160	155	6847.13
A4	72.76	160	170	165	12004.71
A5	100.84	170	180	175	17647.12
A6	132.39	180	190	185	24492.96
A7	160.46	190	200	195	31289.91
A8	197.17	200	210	205	40420.03
A9	291.45	210	220	215	62661.59
A10	407.01	220	230	225	91576.49
A11	26.53	230	240	235	6234.71
A12	140.23	210	220	215	30148.72
A13	228.14	230	240	235	53612.63
A14	229.83	240	250	245	56308.79
A15	226.44	250	260	255	57741.67
A16	188.07	260	270	265	49837.30
A17	214.57	270	280	275	59006.59
A18	216.77	280	290	285	61779.47
A19	9.50	290	297.6	293.8	2792.38
A20	143.92	290	300	295	42455.15
A21	183.18	300	302.1	301.05	55147.40

Tabla 4.8. Continuación

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A22	6.43	290	300	295	1898.08
A23	0.00	290	300	295	0.14
A24	0.00	230	240	235	0.14
A25	106.38	200	210	205	21808.47
A26	92.01	190	200	195	17942.22
A27	84.16	180	190	185	15568.80
A28	82.79	170	180	175	14487.57
A29	84.23	160	170	165	13898.29
A30	103.01	150	160	155	15966.84
A31	24.11	140	150	145	3496.44
A32	62.40	140	150	145	9048.08
A33	15.26	130	140	135	2060.60
A34	47.31	130	140	135	6387.38
A35	11.19	120	130	125	1399.01
A36	38.99	120	130	125	4873.93
A37	5.34	110	120	115	614.56
A38	6.65	110	120	115	764.81
A39	14.96	110	120	115	1720.80
A40	0.09	100	110	105	9.62
A41	16.87	100	110	105	1771.00
A42	2.03	90.9	100	95.5	193.41
A43	0.16	150	160	155	24.27
A44	0.05	150	160	155	7.61
TOTAL (km²)	4052.63			Sumatoria	900908.66
Pptm (mm)	222.3				

4.3.4. Cálculo de la precipitación media microcuenca aportante

El procedimiento fue el mismo aplicado para la cuenca del río Escalante, solo que, la microcuenca aportante del caudal para suplir las demandas de riego, se encuentra enmarcada dentro de ella. De esta manera se mantuvieron los mismos mapas isoyéticos trabajándose sobre el área correspondiente a la microcuenca aportante. Los valores de precipitación media para los meses de enero, febrero, marzo y abril, para dicha microcuenca, se presentan en las Tablas 4.9 a 4.12, y para el resto de los meses en el Anexo IX. La Tabla 4.13, muestra la precipitación media mensual para la cuenca del río Escalante y la microcuenca aportante.

Tabla 4.9. Precipitación media por isoyetas microcuenca aportante, mes de Enero

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	4.64	110	120	115	533.14
A2	8.43	100	110	105	885.66
A3	8.78	90	100	95	834.40
A4	14.69	80	90	85	1248.79
A5	14.67	70	80	75	1100.23
A6	18.62	60	70	65	1210.12
A7	25.22	50	60	55	1386.91
A8	20.93	40	50	45	942.00
A9	23.69	30	40	35	829.20
A10	14.36	20	30	25	358.95
A11	0.11	40	50	45	5.09
A12	1.72	40	50	45	77.31
TOTAL (km²)	155.86			Sumatoria	9411.79
Pptm (mm)	60.4				

Tabla 4.10. Precipitación media por isoyetas microcuena aportante, mes de Febrero

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	6.06	110	120	115	696.77
A2	8.15	100	110	105	856.12
A3	8.48	90	100	95	805.60
A4	16.07	80	90	85	1366.34
A5	21.68	70	80	75	1625.69
A6	20.88	60	70	65	1357.38
A7	27.34	50	60	55	1503.50
A8	22.22	40	50	45	1000.06
A9	0.01	50	60	55	0.55
A10	0.92	50	60	55	50.45
A11	24.05	30	40	35	841.75
TOTAL (km²)	155.86			Sumatoria	10104.22
Pptm (mm)	64.8				

Tabla 4.11. Precipitación media por isoyetas microcuena aportante, mes de Marzo

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	0.63	150	160	155	98.33
A2	5.38	140	150	145	779.81
A3	4.70	130	140	135	635.09
A4	5.73	120	130	125	716.54
A5	0.44	120	130	125	54.80
A6	14.52	110	120	115	1669.25
A7	20.15	100	110	105	2115.23
A8	22.56	90	100	95	2142.83
A9	20.66	80	90	85	1756.43
A10	24.18	70	80	75	1813.85
A11	1.74	70	80	75	130.72
A12	19.20	60	70	65	1247.71
A13	14.90	50	60	55	819.54
A14	1.07	80	90	85	91.05
TOTAL (km²)	155.86			Sumatoria	14071.19
Pptm (mm)	90.3				

Tabla 4.12. Precipitación media por isoyetas microcuena aportante, mes de Abril

ZONA	AREA (km ²)	ISOYETA 1	ISOYETA 2	Ppt (mm)	PRODUCTO
A1	4.55	190	200	195	886.95
A2	6.49	180	190	185	1200.79
A3	14.23	170	180	175	2490.65
A4	19.21	160	170	165	3170.35
A5	20.47	150	160	155	3172.61
A6	1.00	140	150	145	145.22
A7	15.78	140	150	145	2287.99
A8	17.52	130	140	135	2365.76
A9	0.03	130	140	135	3.60
A10	0.74	130	140	135	99.29
A11	21.99	120	130	125	2748.40
A12	14.96	110	120	115	1720.77
A13	16.86	100	110	105	1770.81
A14	2.03	90.9	100	95.4	193.40
TOTAL (km²)	155.86			Sumatoria	22256.59
Pptm (mm)	142.8				

Tabla 4.13. Precipitación media mensual en mm, cuenca del río Escalante y microcuenca aportante período 1969-1998

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	ANUAL
Cuenca del Río Escalante	102.7	103.7	135.6	222.3	187.5	110.1	112.0	119.7	135.0	209.6	221.1	152.9	1812.1
Microcuenca Aportante	60.4	64.8	90.3	142.8	122.3	75.6	79.9	87.2	99.6	153.6	143.5	79.9	1199.8

4.4. ESCORRENTÍA

Para el análisis de la escorrentía se utilizó la información aportada por la estación hidrométrica Escalante en La Ferreira, ubicada en el punto de salida de la cuenca. En la Tabla 4.14, se presenta dicha estación con sus coordenadas y período de registro y en las Tablas 4.15, 4.16 y 4.17, los registros históricos de caudales medios, máximos y mínimos instantáneos.

Tabla 4.14. Estación hidrométrica Escalante en La Ferreira

ESTACIÓN	TIPO	SERIAL	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)	ORGANISMO	INF.DISPONIBLE
Escalante en La Ferreira	11	0145	Zulia	085028	715844	7	Minis.Amb	1954-1986

Tabla 4.15. Registro histórico caudal medio en (m³/s) estación escalante en La Ferreira, período 1954-1986.

AÑO	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	ANUAL
1954				68.2	71.7	18.8	21.7	16.4	7.6	60.7	117	229	611.1
1955	158	98	145	140	118	91.4	61.8	20.3	24.6	66	148	160	1231.1
1956	371	121	250	87.1	108	65.6	39	25.6	26	78.2	140	211	1522.5
1957	117	26.6	25.5	36.3	90.2	99	31.2	14.8	14.5	24.2	44.5	42.4	566.2
1958	19	19.9	12.8	18.9	45.7	17.9	10.1	31.8	17.3	38.9	99.1	29.8	361.2
1959	18.3	7.4	5.6	6.2	70.5	32.2	12.7	9.4	11.4	32.6	59.4	42.5	308.2
1960	31.6	10.5	1.1	52.3	79.1	20.3	18.1	23.3	18.8	18.1	24.7	241	538.9
1961	46.7	20.8	7.8	19	16.6	9.3	14.9	11.8	16.3	23.3	75.5	67.8	329.8
1962	37.2	21.4	32.3	22.3	50.2	37.3	18	13.3	14.6	33.9	80.4	43.5	404.4
1963	56.8	33.4	16.6	117	155	81.4	44.1	46.4	22.9	37.7	79.6	34.2	725.1
1964	7.1	4.9	4.5	19.4	18.8	29.3	33.4	15.2	19.4	21.2	65.9	98.5	337.6
1965	152	35.2	22.1	47.2	100	27.4	12.3	12.6	15.8	32.9	55.5	94.8	607.8
1966	42.1	17.5	14.8	28.6	82.4	85.5	75.5	30.2	17.9	29.1	147	315	885.6
1967	85.4	102	92.2	179	291	117	96.8	62.1	31	30.7	75.2	90.4	1252.8
1968	55.8	68.4	45.5	197.5	172.2	126.4	73.8	45.7	65.3	50.8	47.3	68	1016.7

Tabla 4.15. Continuación

AÑO	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	ANUAL
1969	38.4	140	98.4	200.3	227.4	35	20.1	25.6	27.3	104.6	179.5	249.5	1346.1
1970	142.1	132.9	105.6	81.8	85.9	34.5	41.9	27.4	28	50.7	137.7	251.7	1120.2
1971	179.6	167.1	92	149.8	230.2	95.5	32.4	28.5	45.9	65	116.2	100.5	1302.7
1972	157.5	104.1	88.3	205.3	306.3	52.4	41.6	36.5	26.3	47.4	113.3	72.2	1251.2
1973	21.1	12.5	12.2	16.6	23	19.9	13.8	16.5	44.2	42.7	250.1	313.8	786.4
1974	176.5	143.9	184.1	173.5		71.8	28.1	24.1	32.5	81.3	247.2	81.7	1244.7
1975	30.5	16.2	23.1	29.8	98.5	54.5	50.6	43.3	39.2	132.9	141.1		659.7
1976		209.8		173.7	100.8	60.5	35	18.5	19.3	111.7	96.2	37.6	863.1
1977	34.1	13	12.1	24	48.3	22.1	13.9	28.1	21.9	81.6	107.1	14.5	420.7
1978	8.8	28.6	43.3		162.4	82.4	50.8	31.5	21.8	30	68.1	152.9	680.6
1980	89.3	63.1	17.6	24.7	27.9	17.4	14.1	12.5	20.7	24.8	47.7	117.5	477.3
1981	37.4	42.9	127.7			140	55.8	41	59.4	66.8	136.4	140	847.4
1982	130.8	103.7	65.7	246.7	200.7	61.4	45.1	27.3	18.3	66.7	118.2	98.7	1183.3
1983	78.6	11.1	18.1	112.8	151.3	61.8	29.6	19.4	25.3	31.7	61.1	79.7	680.5
1984	61.2	34.2	18.6	24.5	82.4	29.8	56.6	56.2	67.1	76.1	216.7	174.1	897.5
1985								31	67	154.5	310.8		563.3
1986		72.1			228.3	103							403.4

Tabla 4.16. Registro histórico caudal máximo instantáneo en (m³/s) estación Escalante en La Ferreira, período 1954-1986

AÑO	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	ANUAL
1955				193	202		136	35.5	47	152	239	277	1281.5
1956	580	278	317	143	172	123	104	74.5	48.4	166	180	298	2483.9
1957	275	44.6	40.9	96.6	245	249	44.2	23.8	18.2	62.8	64.4	129	1293.5
1958	31.9	48.8	23	28.5	120	34.1	14.2	118	42.2	95.5	205	55.6	816.8
1959	41.2	13	7	14.2	136	65.7	34.6	25.8	25.8	82	101	73.2	619.5
1960	69.4	15.9	26.4	105	162	39.3	37.3	49.7	38.7	43.7	54.5	357	998.9
1961	113	48.3	9.9	40.1	25.9	18.3	29.3	22.1	28.7	48.3	107	119	609.9
1962	49.1	56.6	63.7	54.2	83.4	55.3	56.8	27.4	21.1	80.2	144	136	827.8
1963	93.3	54.2	26.2	169	205	161	59.4	78.9	45.2	80.9	108	79.7	1160.8
1964	11.2	7.1	10.3			37.1	77.9	25.2	45.1	65	137	134	549.9
1965	248	79.6	62.2	94.9	146	47.8	16.8	23.4	28.6	55.2	106	163	1071.5
1966	118	47.1	42.3	107	136	116	131	49	23.6	50.2	231	394	1445.2
1967	239	130	172	348	360	215	148	151	62	55.8	114	150	2144.8
1968	176	119	83.8	305	287	212	146	112	167	99	70.7	113	1890.5
1969	100	402	211	368	371	62.2	35	36.7	43	175	390	368	2561.9
1970	156.7	248.3	204.4	147.5	152.2	50.1	78	40.3	16.7	17.1	193	300	1604.3
1971	233	254.6	166	208.9	252.2	245	58.3	53.8	96.7	58.6	168	189.5	1984.6
1972	198.7	167	186	376.5	375.9	85.3	62.2	73.1	42	124.8	166.5	155.6	2013.6
1973	46.1	21.7	26	52	54.2	47.8	24.1	43	76.8	81.3	364.3	368.5	1205.8
1974	260.8	214.2	260	277.6		178.2	58	59.2	65.8	173.6	286.4	262.4	2096.2
1975	65.8	24.7	60.4	117.7	154.2	126.3	79.8	73.4	67.1	241.1	209.4		1219.9
1976		325.2		265.6	167.2	122.5	86.6	26.5	44.4	181.7	204	69.8	1493.5

Tabla 4.16. Continuación

AÑO	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	ANUAL
1977	143.6	20.4	68	69.8	125.2	40.8	40.5	76.2	53	179.9	174.7	39.8	1031.9
1978	34.1	93.7	117.2		310.8	151.4	142.5	65.3	42.3	79.8	187.5	234.8	1459.4
1980	186.2	144.9	25.5	105.5	74.7	28.6	34.5	23.1	52.8	50.3	58.8	208.6	993.5
1981	94	137.8	292.4			253.6	105	84	118.5	136.2	205.2	219.8	1646.5
1982	253.1	188.4	181.7	340.4	330.2	104	120.5	71.9	31.7	140.8	192.4	223.7	2178.8
1983	224.3	21.3	65.5	221.5	281	146.4	87	35.3	52.4	114	175.6	142.4	1566.7
1984	128.1	120.5	53.2	113.5	152.1	57.1	129.1	90.5	165.3	231.6	281	238	1760
1985								66.4	176.1	313.4	342.8		898.7
1986		147.5			336.2	177.8							661.5

Tabla 4.17. Registro histórico caudal mínimo instantáneo en (m³/s) estación Escalante en La Ferreira, período 1954-1986

AÑO	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D	ANUAL
1955					37	57	33.1	14.6	13.2	23.3	89	85	352.2
1956		55.8		48.4	49.1	40.1	23.6	16.5	16.2	24.3	94	99.5	467.5
1957	45.8	20.3	17.1	14.2	25	33.4	20.5	11	11.4	13	25.2	15	251.9
1958	13.2	12.4	8	12.8	16.8	9.6	7.4	9	9	10.7	26.7	15.2	150.8
1959	11	4.2	4.2	3.5	10	17.7	7.8	5.3	8	9	20.8	18.5	120
1960	10.3	7.8	5	8.3	18.5	11.7						43.3	104.9
1961	22.1	9.2		7.2	7.5	5.1	9.2	6.5	11.5	6	41.4	24.4	150.1
1962	19.4	7.7	6.3	7.6	32.2	23.7	9.5	7.6	8.8	11.4	29.3	19.9	183.4
1963	21.7	18.8	10.2		78.1	29.5	27.2	22.4	13.7	17.1	54.7	10.5	303.9
1964	4.8	3	3	3.7		19.3	17.7	10.1	11.4	6.9	17.9	52.9	150.7
1965	54	14.4	8.2	8.6	42.3	14.3	8.8	8.8	10.2	11.4	30.8	43.6	255.4
1966	10.8	9.4	7.6	7.4	31	61.3	22	15.5	11.5	12	29.5	226	444
1967	44.8	45.2	36.9	48.4	117	61.3	51.5	28.9	14.7	15.2	50.8	48.7	563.4
1968	16.5	25.2	19.6	47	72	69.3	38.3	23.6	20.7	21	23	28.2	404.4
1969	15.2	43.4	26.7		41	21	15.2	16.5	14.1	41.7	51.5	158	444.3
1970	66.4	43	39.1	23.4	50.8	21.6	16.5	19.3	19.3	28.3	51.5	161	540.2
1971	97.7	52.8	45.8	63.3	142.5	44.3	20.7	19.2	24.2	29.2	61	48.2	648.9
1972	102.8	42	40.7	41	84.9	30.4	31	18.4	18.9	21	46.8	25.8	503.7
1973	11.4	9.6	8.7	8.7	12.9	9.8	8.7	9.4	24.7	20.9	62.6	223.8	411.2
1974	82.5	56.9	75.7	58.4		29.8	19.3	14.8	18	27.6	152.6	23.9	559.5
1975	19.6	11.9	10.9	11.6	44.8	23.6	32.2	19.1	19.6	20.1	99.2		312.6
1976		53		53.3	52.2	44.4	21.7	13.6	11.2	29.2	24.4	15.7	318.7
1977	12.1	9.4	7.2	11.9	15.7	11.4	8.6	12.3	8.6	35.7	39.8	9.4	182.1
1978	6.8	10	12.8		37.7	36.7	20.6	12.8	13.6	12.1	18.3	33.2	214.6
1980	34.9	24.3	11.6	10.7	12.3	14	9.7	7.5	10	16.8	39	32.5	223.3
1981	17.9	15.4	23.9			53.6	21.6	20.9	20.5	20.9	55.8	51.1	301.6
1982	29.7	29.3	29.3	53.2	85	39.8	22.8	14.7	12	17.9	34.1	33.7	401.5
1983	16.1	7	6.8	9.4	29.7	26.2	19.1	13	11	11	19.1	20.5	188.9
1984	18.7	12.6	8.1	8.1	20.2	19.4	19.1	18.3	28.2	25.8	125.5	82	386
1985								14.4	26.6	34.5	294.8		370.3
1986		34.1			78.6	60.2							172.9

En la Tabla 4.18 se presentan los valores promedio para el caudal medio, máximo y mínimo instantáneo, para el período 1954-1986, de la estación escalante en ferrreira y en la Figura 4.7, su respectiva representación gráfica.

Tabla 4.18. Caudales Promedio en (m³/s) período 1954-1986

Estación			Caudal (m ³ /s)	Mes											
Tipo	Serial	Nombre		E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
11	0145	Escalante en La Ferreira	Medio	85.14	62.74	56.52	89.38	118.72	58.09	36.43	27.30	28.63	56.35	116.34	125.9
			Máximo	154.43	119.81	103.78	167.81	200.64	112.09	75.06	57.83	59.54	114.53	182.04	196.41
			Mínimo	31.01	23.73	18.94	23.75	46.10	31.32	20.12	14.62	15.20	19.79	58.93	58.91

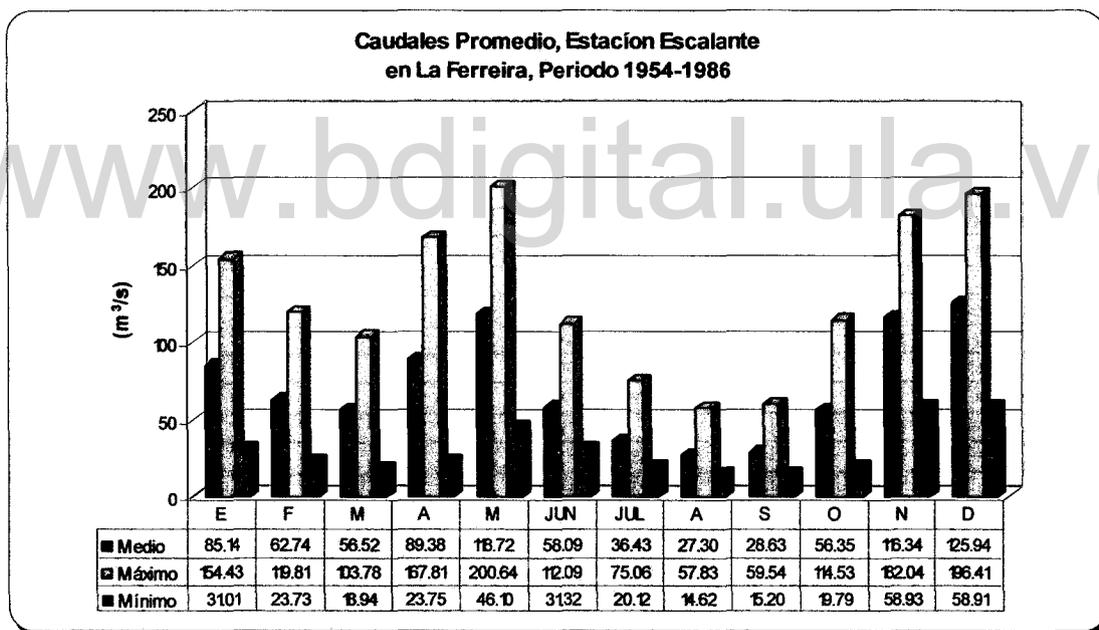


Figura 4.7. Caudales promedio mensuales período 1954-1986

4.5. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL

Siendo el agua un recurso fundamental para la vida, es necesario manejarla adecuadamente en los sistemas de aprovechamiento hidráulico construidos por el hombre. Un manejo adecuado del agua involucra la entrega de los volúmenes requeridos por los usuarios cuando éstos los necesitan, y también el control del agua para prevenir cualquier forma de desperdicio y lograr así, alcanzar la mayor eficiencia posible.

Un requerimiento indispensable para lograr un buen manejo del recurso agua es el conocimiento de las disponibilidades de agua y de los valores extremos que puedan presentarse, es decir, la predicción de la ocurrencia del agua a corto y largo plazo. La elaboración del plan de uso del recurso, exige como condición preliminar la predicción a largo plazo, mientras que el diseño y la conservación de las obras de control y de distribución requieren predicciones a corto plazo.

Para la predicción de la disponibilidad y variabilidad del agua, la hidrología hace uso de técnicas que se apoyan en las estadísticas matemáticas basadas en los antecedentes hidrometeorológicos y bajo el principio de que lo que ha ocurrido en el pasado puede esperarse en el futuro, siempre y cuando las condiciones del sistema permanezcan inalteradas.

La metodología empleada para la determinación de la oferta de agua para riego, consistió en que teniendo los valores de escorrentía en el punto de salida de la cuenca, específicamente en la estación hidrométrica Escalante en La Ferreira, y la precipitación media para dicha cuenca, se extrapola la información de caudales hasta el sitio de toma, empleando el método del Factor de Transposición (fc), el cual queda determinado por la siguiente ecuación:

$$fc = \left(\frac{Ae Pptme}{Ap Pptmp} \right) \quad (4.3)$$

Donde:

- fc El factor de transposición
- Ae El área de la cuenca en estudio
- Ap El área de la cuenca patrón
- $Pptme$ La precipitación media de la cuenca en estudio
- $Pptmp$ La precipitación media de la cuenca patrón

La cuenca patrón esta referida a la cuenca del río Escalante y la cuenca en estudio a la microcuenca aportante del caudal para riego. Este factor de transposición se calculó para cada mes del año, en la Tabla 4.19, se muestran los respectivos valores. De esta manera el caudal disponible en el sitio de toma queda determinado por el producto entre el valor del factor de transposición y el valor del caudal en la cuenca patrón para cada uno de los meses del año, según los valores obtenidos de la curva de variación estacional para los caudales medios, y para un 80% de probabilidad de ocurrencia. El caudal disponible es el siguiente:

$$Q_e = (f_c Q_p) \quad (4.4)$$

Donde:

Q_e El caudal en el sitio de toma para el mes determinado

f_c El factor de transposición para el mes determinado

Q_p El caudal de la cuenca patrón para el mes determinado

Tabla 4.19. Factor de transposición (f_c).

Mes	Precipitación media (mm)		f_c
	Cuenca Patrón	Cuenca Estudio	
Enero	102.7	60.4	0.023
Febrero	103.7	64.8	0.024
Marzo	135.6	90.3	0.026
Abril	222.3	142.8	0.025
Mayo	187.5	122.3	0.025
Junio	110.1	75.6	0.026
Julio	112.0	79.9	0.027
Agosto	119.7	87.2	0.028
Septiembre	135.0	99.6	0.028
Octubre	209.6	153.6	0.028
Noviembre	221.1	143.5	0.025
Diciembre	152.9	79.9	0.020
Área (Km ²)	4052.63	155.86	

Con los registros históricos de caudales en la estación hidrométrica Escalante en Ferreira se realizó un análisis de frecuencia para una probabilidad establecida, ya que los valores mensuales de estos factores tienen una variabilidad en los años de registro y los valores promedios no reflejan las condiciones reales.

La finalidad del análisis de frecuencia fue relacionar la magnitud de los caudales a través del uso de una distribución de probabilidades, basándose en los datos de caudales registrados en la estación hidrométrica.

El cálculo del gasto mensual se realizó ajustando los datos mensuales a una distribución estadística, calculándose el caudal confiable para una probabilidad del 80% de ocurrencia, utilizando el modelo AJUSTEV3 desarrollado por Duque (2002), el cual realiza un análisis de frecuencia teórica con base en diversas distribuciones que consideran aspectos de índole estadístico.

El modelo fue desarrollado para el ajuste de una serie de datos a una distribución estadística, bajo lenguaje FORTRAN y consta de una serie de subrutinas que permiten realizar:

- Análisis de frecuencia de datos agrupados
- Ajuste de una serie de datos a una a las siguientes distribuciones estadísticas:
 - Distribución Normal
 - Distribución Log Normal
 - Distribución Gumbel
 - Distribución Log Gumbel
 - Distribución Pearson3
 - Distribución Log Pearson3

Para el ajuste de las distribuciones se realizó un procedimiento analítico que se basa en determinar los parámetros estadísticos de la serie de datos, entre ellos; la media, la desviación estándar, el coeficiente de asimetría y el coeficiente de kurtosis.

El ajuste analítico para la distribución Extrema tipo I, tiene una distribución acumulada dada por:

$$P(Y \leq y) = F_Y(y) = e^{-e^{-\alpha(y-\beta)}} \quad (4.5)$$

$$\alpha = \frac{1,281}{S_y} \quad (4.6)$$

$$\beta = \bar{y} - 0,4506 S_y \quad (4.7)$$

Donde:

- α y β : Los parámetros de la distribución
- \bar{y} : La media de los valores
- S_y : La desviación estándar de la serie de datos

Calculada la media y la desviación estandar, se determinaron los valores de los parámetros de la distribución. El período analizado para la estación hidrométrica Escalante en Ferreira, fue desde 1955 hasta 1986 para los caudales máximo y mínimo instantáneos; y para el caudal medio, fue desde 1954 a 1986.

De esta manera, se construyó la curva de duración de caudales a través del análisis de frecuencia de datos agrupados, y la curva de variación estacional, a través del ajuste a la distribución Log Pearson3, por presentar los valores del error cuadrático más pequeños. Los resultados de los análisis de frecuencia realizados por el modelo AJUSTEV3 se presentan en el Anexo X.

La Tabla 4.20 muestra los valores correspondientes a los distintos caudales mínimos, máximos y medios según la probabilidad de ocurrencia respectivamente, y las Figuras 4.8, 4.9 y 4.10, las curvas de duración de caudales para la estación Escalante en Ferreira.

Tabla 4.20. Valores de la curva de duración de caudales, estación Escalante en Ferreira, período 1955-1986.

Probabilidad (%)	Caudal (m ³ /s)		
	Mínimo	Medio	Máximo
100.0	0.001	0.001	0.001
99.0	0.388	0.877	1.683
97.5	0.969	2.191	4.207
95.0	1.937	4.381	8.413
92.5	2.904	6.571	12.619
90.0	3.872	8.761	16.825
87.5	4.840	10.951	21.031
85.0	5.808	13.141	25.237
82.5	6.776	15.330	29.444
80.0	7.744	17.520	33.650
77.5	8.711	19.710	37.856
75.0	9.679	21.900	42.062
72.5	10.647	24.090	46.268
70.0	11.615	26.280	50.474
65.0	13.550	30.660	58.886
60.0	15.486	35.040	69.117
50.0	19.357	46.198	96.667
40.0	23.229	63.113	124.217
30.0	31.246	80.029	157.486
20.0	43.192	111.113	191.923
10.0	62.509	157.713	257.386
5.0	78.440	182.375	289.809
4.0	82.841	187.122	296.292
2.0	91.643	196.617	309.256
1.0	96.044	201.364	315.739
0.5	98.244	203.737	318.980

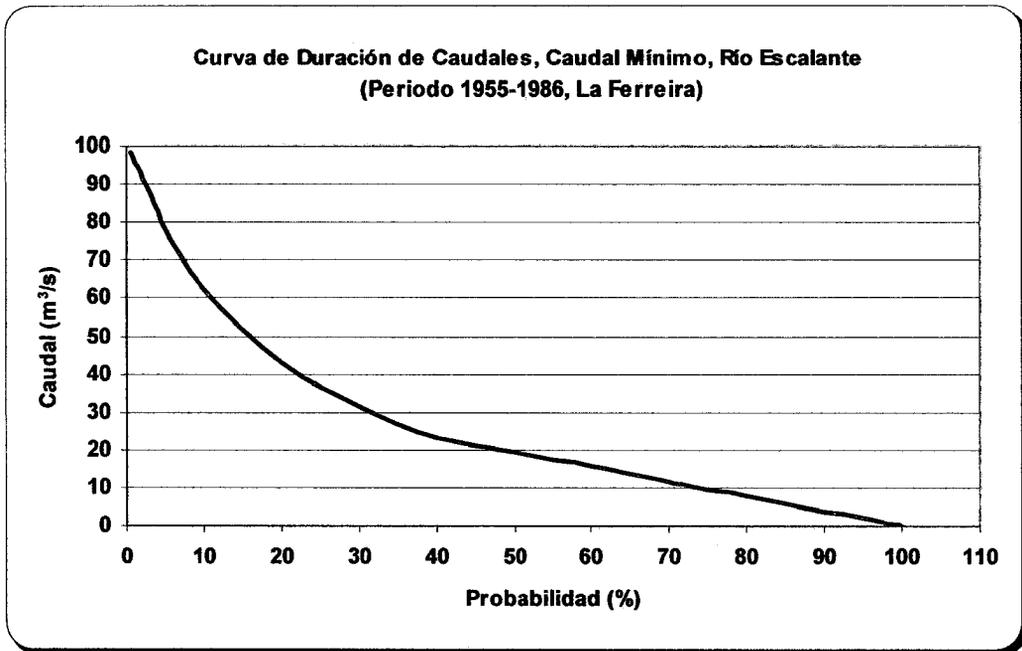


Figura 4.8. Curva de duración de caudales mínimos, Ferreira, período 1955-1986

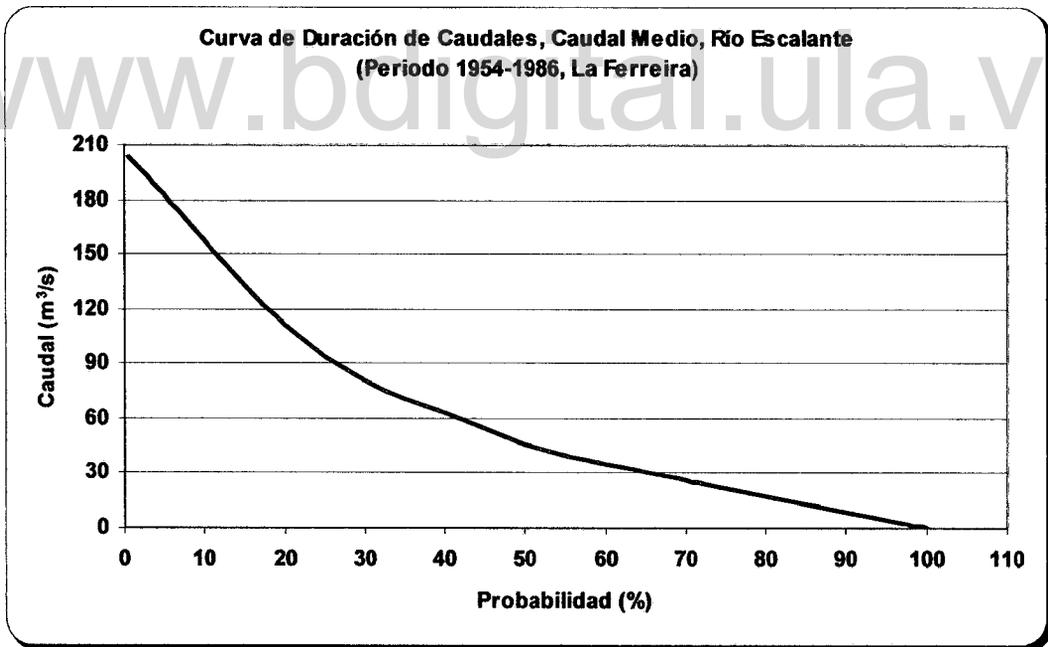


Figura 4.9. Curva de duración de caudales medios, Ferreira, período 1955-1986

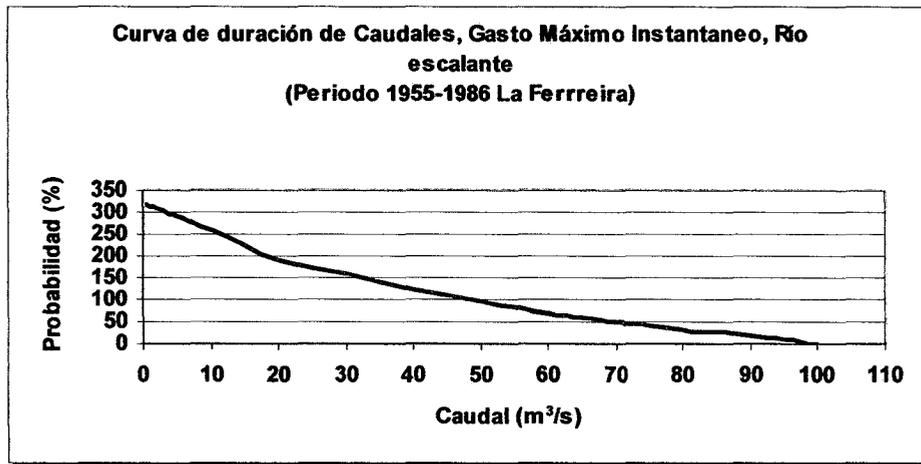


Figura 4.10. Curva de duración de caudales máximos, Ferreira, período 1955-1986

La curva de duración de caudales indica los caudales para una cierta probabilidad, en términos de porcentaje del tiempo, en este sentido, los caudales mayores tienen menor probabilidad de ocurrir durante un año, o sea que se presentan en un porcentaje del tiempo menor que los caudales mínimos. Su importancia radica en que las curvas se pueden utilizar en la planificación y diseño de obras de abastecimiento de agua.

La curva de variación estacional provee una mayor información sobre la distribución de los valores del caudal respecto al tiempo y su probabilidad de ocurrencia. Las Figuras 4.11, 4.12 y 4.13 muestran las curvas de variación estacional para los caudales mínimos, medios y máximos en la estación Escalante en La Ferreira, período (1954-1986).

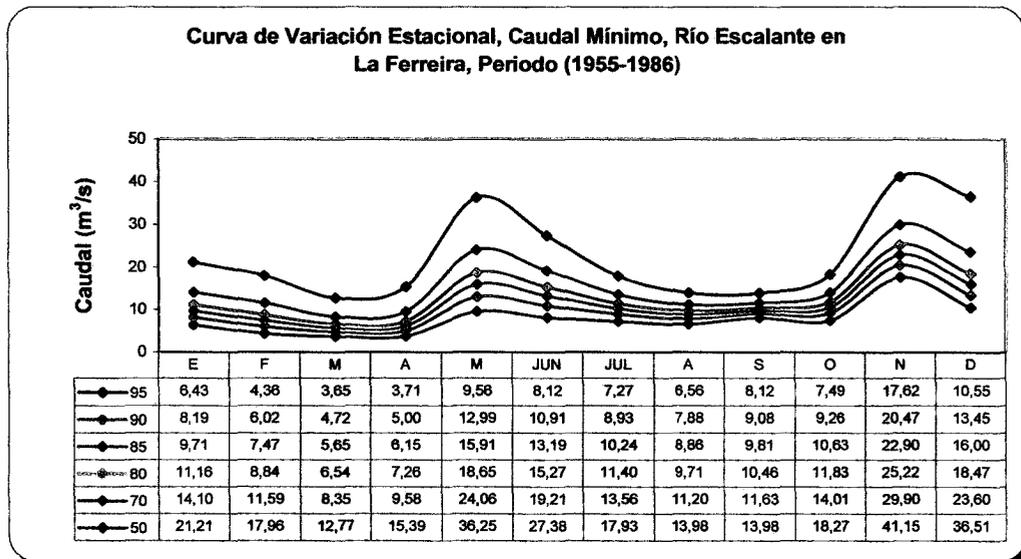


Figura 4.11. Curva de variación estacional caudal mínimo, en Ferreira, período 1955-1986

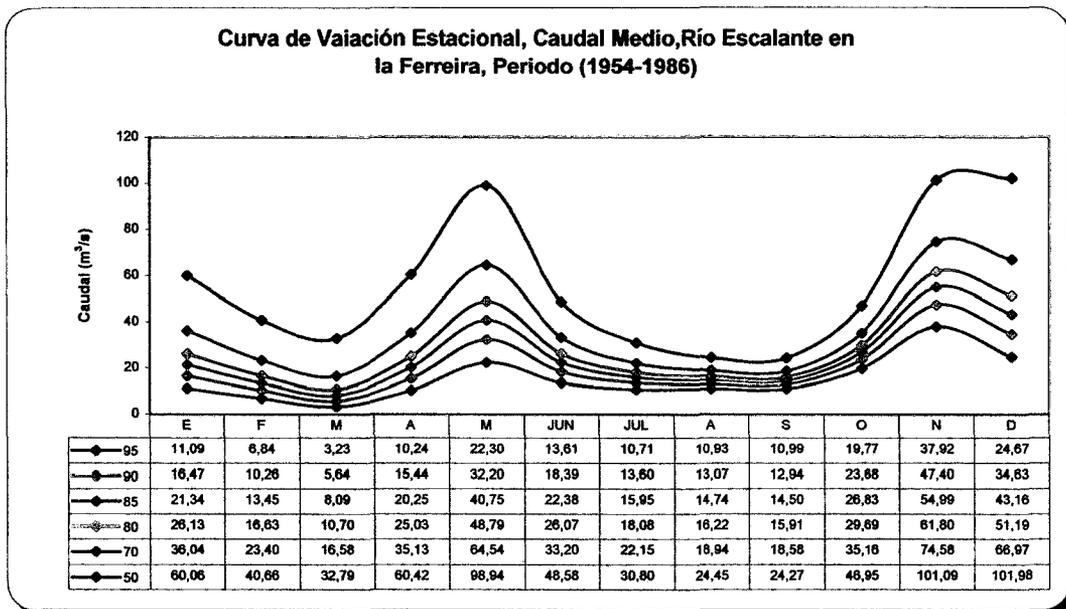


Figura 4.12. Curva de variación estacional caudal medio, en La Ferreira, período 1955-1986

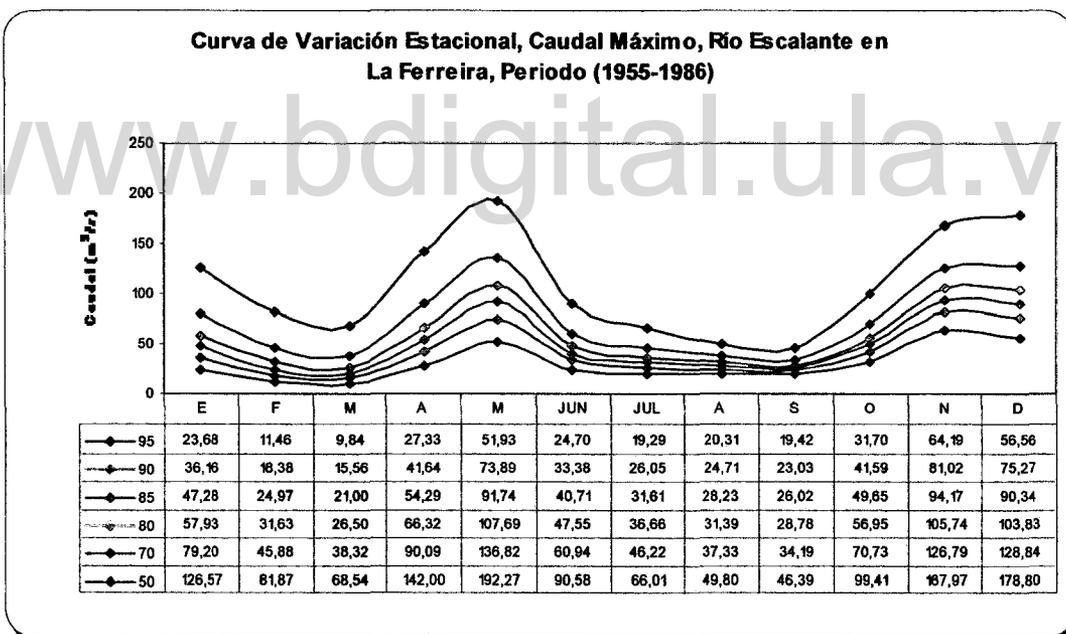


Figura 4.13. Curva de variación estacional caudal máximo, en La Ferreira, período 1955-1986

El cálculo del caudal disponible en el sitio de toma se realizó utilizando la curva de variación estacional de los caudales medios, construida con los datos históricos de la estación hidrométrica Escalante en La Ferreira, para un 80% de probabilidad de ocurrencia, cuya probabilidad es la empleada para las disponibilidades de agua superficial para riego.

La Tabla 4.21, muestra los valores de caudal disponible en el sitio de toma para cada uno de los meses del año y para cada una de las probabilidades de ocurrencia, calculados con la ecuación (4.4). La Figura 4.14, muestra la curva de variación estacional de caudales medios y sus probabilidades de ocurrencia para el sitio de toma.

Tabla 4.21. Caudales disponibles en (m^3/s), sitio de Toma

Probabilidad (%)	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
95	0.251	0.164	0.083	0.253	0.560	0.360	0.294	0.306	0.312	0.557	0.946	0.496
90	0.372	0.247	0.144	0.381	0.808	0.486	0.373	0.366	0.367	0.667	1.183	0.696
85	0.483	0.323	0.207	0.500	1.022	0.591	0.438	0.413	0.411	0.756	1.372	0.867
80	0.591	0.400	0.274	0.618	1.224	0.689	0.496	0.454	0.451	0.837	1.542	1.028
70	0.815	0.563	0.425	0.868	1.619	0.877	0.608	0.530	0.527	0.991	1.861	1.346
50	1.358	0.978	0.840	1.493	2.482	1.284	0.845	0.685	0.689	1.323	2.523	2.049

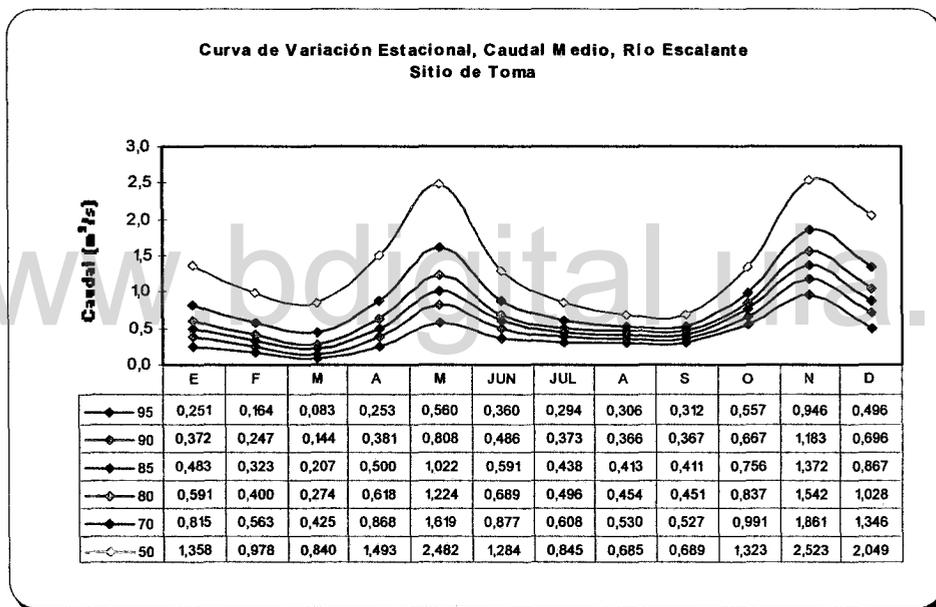


Figura 4.14. Curva de variación estacional caudal medio, Sitio de toma

De la curva de variación estacional mostrada en la Figura 4.14, se puede observar que, para un 80% de probabilidad de ocurrencia, tenemos un caudal mínimo aprovechable para suplir las demandas de riego, de $0,274 m^3/s$, el cual se presenta en el mes de marzo. El Caudal de oferta para diseño se estableció en un valor de $250 l/s$ para satisfacer las demandas de riego del asentamiento.

CAPÍTULO 5

SELECCIÓN DEL ÁREA A REGAR

5.1. SECTORIZACIÓN DEL RIEGO Y CULTIVOS DE LA ZONA

La disponibilidad de agua en la fuente de captación obliga a realizar una planificación racional en cuanto a los recursos existentes, tanto físicos como humanos.

Como el río Escalante, fuente del sistema de riego, produce un caudal limitado que alcanza unos 274 l/s, para una probabilidad de ocurrencia del 80 %, es necesario la realización de una estricta selección del área a beneficiar con riego, así como una distribución equitativa del agua, para de esta forma garantizar una economía del recurso, obtener mejores rendimientos de los cultivos, menores costos de producción y una productividad continua de las tierras bajo riego.

Las unidades agrícolas tienen condiciones físicas, económicas o de operación similares, por lo que es necesario una planificación cuidadosa y adecuada de la forma de explotación de dichas parcelas, esto con el fin de satisfacer las necesidades de la unidad, adaptándose a los suelos, clima, disponibilidad de agua, operación de la explotación agrícola, así como también a su situación jurídica referida fundamentalmente a la tenencia de la tierra.

Las parcelas que conforman el área de estudio presentan formas y tamaños similares; con un área bruta de 842,13 ha (incluyendo lagunas) y un área neta cultivada de 742,7 ha, con 191 parcelas, para una media de 3,89 ha por propiedad.

En la Tabla 5.1, se presenta la relación de parcelas; así como el número de identificación utilizado y el área correspondiente a cada una de ellas.

Como dentro del parcelamiento, existen cinco lagunas, con importante capacidad de almacenamiento, ellas serán utilizadas como reservorios para almacenar el agua bombeada desde la fuente, y a su vez, constituirán centros de distribución hacia cada una de las parcelas. Ahora bien, cada laguna da origen a un sector de riego, cuya superficie queda determinada por la capacidad de almacenamiento de dicha laguna.

Así, se tienen entonces, cinco sectores de riego. El mapa general de delimitación de los sectores de riego se presenta en formato digital en el Anexo XI. Las Tablas 5.2 a 5.6, presentan los sectores a regar con sus respectivas parcelas y áreas cultivadas.

Tabla 5.1. Relación de parcelas, códigos y áreas

PARCELA	AREA (ha)	PARCELA	AREA (ha)	PARCELA	AREA (ha)	PARCELA	AREA (ha)	PARCELA	AREA (ha)
SL-A-1	14.51	SL-A-48 (B)	1.76	SL-A-64 (A)	3.33	SL-A-107 (A)	0.32	SL-A-160	1.85
SL-A-2	15.03	SL-A-93 (D)	0.49	SL-A-64(B)	0.58	SL-A-107 (B)	2.05	SL-A-161	4.95
SL-A-3	15.18	SL-A-49 (A)	1.90	SL-A-65(A)	1.77	SL-A-108 (A)	1.37	SL-A-162	3.06
SL-A-4	15.04	SL-A-49 (B)	1.78	SL-A-65 (B)	1.77	SL-A-108 (B)	2.24	SL-A-163	2.09
SL-A-5	15.06	SL-A-94 (C)	0.89	SL-A-66 (B)	2.09	SL-A-113 (A)	2.65	SL-A-164	4.33
SL-A-6	15.07	SL-A-50 (A)	2.96	SL-A-67 (A)	1.67	SL-A-113 (B)	3.65		
SL-A-7	14.94	SL-A-50 (B)	1.55	SL-A-67 (B)	2.55	SL-A-114	9.25		
SL-A-8	14.81	SL-A-95 (C)	1.02	SL-A-68	0.89	SL-A-115	1.01		
SL-A-9	6.95	SL-A-51 (A)	2.68	SL-R-72	3.55	SL-A-116 (A)	1.35		
SL-A-10	6.90	SL-A-51 (B)	0.73	SL-R-73	0.96	SL-A-116 (B)	2.28		
SL-A-11	6.74	SL-A-96 (C)	1.00	SL-R-74	4.04	SL-A-117 (A)	1.18		
SL-A-12	6.61	SL-A-52 (A)	1.77	SL-R-75	5.46	SL-A-117 (B)	1.55		
SL-A-13 (A)	5.31	SL-A-52 (B)	0.77	SL-R-76	6.59	SL-A-118	1.18		
SL-A-13 (B)	1.48	SL-A-97 (C)	1.00	SL-R-77	6.51	SL-A-119	1.36		
SL-A-14	6.72	SL-A-53 (A)	1.36	SL-R-78	6.22	SL-A-125	1.39		
SL-A-15	6.59	SL-A-53 (B)	0.74	SL-R-79/80	4.69	SL-A-126	1.41		
SL-A-16	6.81	SL-A-53 (C)	0.75	SL-R-81 (A)	4.74	SL-A-127	1.93		
SL-A-17	6.89	SL-A-98 (A)	0.54	SL-R-81 (B)	10.40	SL-A-128	2.18		
SL-A-18/19	22.10	SL-A-54 (A)	2.06	SL-R-81 (C)	3.74	SL-A-129	2.02		
SL-A-20	16.23	SL-A-54 (B)	0.68	SL-R-82 (A)	1.92	SL-A-130	0.74		
Suc.Roa	1.06	SL-A-54 (C)	0.75	SL-R-82 (B)	0.86	SL-A-131	0.31		
SL-A-21	13.46	SL-A-99 (A)	0.21	SL-R-83	3.68	SL-A-137	5.23		
SL-A-22	14.90	SL-A-55 (A)	2.55	SL-R-84	1.79	SL-A-138	5.73		
SL-A-23	15.66	SL-A-55 (B)	0.39	SL-R-85	5.00	SL-A-139 (A)	1.36		
SL-A-24	23.21	SL-A-55 (C)	0.39	SL-R-86	5.02	SL-A-139 (B)	5.44		
SL-R-27(A)	2.71	SL-A-56 (A)	2.82	SL-R-87	4.28	SL-A-140	6.98		
SL-R-27(B)	1.03	SL-A-56 (B)	0.45	SL-R-88	3.84	SL-A-141	7.07		
SL-R-27(C)	2.56	SL-A-57 (A)	0.77	SL-R-89/90 (A)	4.32	SL-A-142	7.15		
SL-R-28	6.86	SL-A-57 (B)	1.05	SL-R-89/90 (B)	4.71	SL-A-143	7.32		
SL-R-29	7.08	SL-A-57 (C)	1.31	SL-R-91 (A)	5.92	Máximo H.	1.58		
SL-R-30	6.87	SL-A-58 (A)	2.48	SL-R-91 (B)	3.44	SL-A-144 (A)	3.38		
SL-R-31	7.05	SL-A-58 (B)	1.43	SL-A-92 (B)	2.56	SL-A-144 (B)	3.80		
SL-R-32	6.94	SL-A-59 (A)	2.55	SL-A-93 (A)	4.09	SL-A-144 (C)	2.23		
SL-R-33	6.93	SL-A-59 (B)	2.41	SL-A-93 (B)	1.38	SL-A-145	6.60		
SL-R-34	6.97	SL-A-60 (A)	2.41	SL-A-93 (C)	1.80	SL-A-146	3.76		
SL-R-35	6.99	SL-A-60 (B)	2.85	SL-A-94/95 (A)	1.02	SL-A-147	5.82		
SL-R-36	7.24	SL-A-61 (A)	1.72	SL-A-94/95 (B)	0.89	SL-A-149	4.27		
SL-R-37	6.94	SL-A-61 (B)	0.95	SL-A-96 (A)	3.93	SL-A-150	3.52		
SL-R-38*	6.68	SL-A-61 (C)	3.37	SL-A-96 (B)	2.45	SL-A-151	3.80		
SL-R-39/40**	11.15	SL-A-62 (A)	1.95	SL-A-97 (A)	0.59	SL-A-152	4.10		
SL-R-41/42/43 (A)***	14.68	SL-A-62 (B)	1.32	SL-A-97 (B)	0.68	SL-A-153	3.02		
SL-R-41/42/43 (B)	1.73	SL-A-62 (C)	2.08	SL-A-98 (B)	0.57	SL-A-154	3.25		
SL-R-44	4.08	SL-A-62 (B)	1.32	SL-A-99 (B)	0.75	SL-A-155	2.81		
SL-R-45	4.41	SL-A-62 (C)	2.08	SL-A-104	0.36	SL-A-156	4.28		
SL-R-92 (A)	0.57	SL-A-63(A)	2.59	SL-A-99 (B)	0.36	SL-A-157/158	2.63		
SL-A-48 (A)	2.22	SL-A-63(B)	1.57	SL-A-104	0.76	SL-A-159	0.53		

* Laguna 0,79 ha, con laguna 7,47 ha ** Laguna 3,19 ha, con laguna 14,34 ha *** Laguna 4,75 ha, con Laguna 21,51 ha

**** Laguna 1,2 ha, con laguna 5.4. hya

Tabla 5.2. Parcelas a regar por la Laguna 1, Sector I

Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)	Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)
SL-A-3	15,18	14,62	SL-A-138	5,73	1,81
SL-A-4	15,04	15,04	SL-A-139 (A)	1,36	1,36
SL-A-5	15,06	14,88	SL-A-139 (B)	5,44	5,18
SL-A-6	15,07	15,07	SL-A-140	6,98	6,58
SL-A-7	14,94	14,53	SL-A-141	7,07	6,55
SL-A-8	14,81	13,64	SL-A-142	7,15	6,67
SL-A-9	6,95	6,53	SL-A-143	7,32	7,08
SL-A-10	6,90	6,32	Máximo H.	1,58	1,50
SL-A-11	6,74	6,25	SL-A-144 (A)	3,38	1,71
SL-A-12	6,61	6,19	SL-A-144 (B)	3,80	3,36
SL-R-31	7,05	6,53	SL-A-144 (C)	2,23	2,06
SL-R-32	6,94	6,50	SL-A-145	6,60	6,57
SL-R-33	6,93	6,61	SL-A-146	3,76	3,76
SL-R-34	6,97	6,30	SL-A-147	5,82	5,55
SL-R-35	6,99	6,46	SL-A-149	4,27	3,93
SL-R-36	7,24	6,42	SL-A-150	3,52	3,04
SL-R-37	6,94	6,29	SL-A-151	3,80	3,63
SL-R-38	7,47	6,68	SL-A-152	4,10	3,86
SL-R-39/40	14,33	11,17	SL-A-153	3,02	2,64
SL-R-41/42/43 (A)	21,51	14,68	SL-A-154	3,25	3,13
SL-R-75	6,51	6,48	SL-A-155	2,81	2,67
SL-R-76	6,22	6,10	SL-A-156	4,28	4,10
SL-R-77	4,69	4,55	SL-A-157/158	2,63	2,24
SL-R-78	4,74	4,19	SL-A-159	0,53	0,51
SL-R-79/80	11,93	10,25	SL-A-160	1,85	1,87
SL-A-113 (A)	2,65	2,65	SL-A-161	4,95	4,30
SL-A-113 (B)	3,65	3,57	SL-A-162	3,06	3,00
SL-A-114	9,25	8,91	SL-A-163	2,09	2,09
SL-A-137	5,23	4,71	SL-A-164	4,33	3,97
Total (ha)				381,26	346,86

Tabla 5.3. Parcelas a regar por la Laguna 2, Sector II

Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)
SL-A-1	14.51	13.27
SL-A-2	15.03	14.59
SL-R-27(A)	2.71	2.63
SL-R-27(B)	1.03	1.02
SL-R-27(C)	2.56	2.49
SL-R-28	6.86	6.68
SL-R-29	7.08	6.92
SL-R-30	6.87	6.05
SL-R-72	4.04	3.90
SL-R-73	5.46	5.46
SL-R-74	6.59	5.80
Total (ha)	72.73	68.79

Tabla 5.4. Parcelas a regar por la Laguna 3, Sector III

Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)
SL-R-81 (A)	3.74	3.46
SL-R-81 (B)	1.92	1.93
SL-R-81 (C)	0.86	0.75
SL-R-82 (B)	1.79	1.76
SL-A-115	1.01	0.95
SL-A-116 (A)	1.35	1.35
SL-A-116 (B)	2.28	2.28
SL-A-117 (A)	1.18	1.14
SL-A-117 (B)	1.55	1.55
SL-A-118	1.18	1.18
SL-A-119	1.36	1.36
Total (ha)	18.22	17.69

Tabla 5.5. Parcelas a regar por la Laguna 4, Sector IV

Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)	Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)	Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)
SL-A-13 (A)	5.31	4.59	SL-R-84	5.02	4.22	SL-A-98 (B)	0.36	0.35
SL-A-13 (B)	1.48	1.48	SL-R-85	4.28	4.28	SL-A-99 (A)	0.21	0.21
SL-A-14	6.72	6.34	SL-R-86	3.84	3.35	SL-A-99 (B)	0.36	0.36
SL-A-15	6.59	6.36	SL-R-87	4.32	4.05	SL-A-104	0.76	0.75
SL-A-16	6.81	6.18	SL-R-88	4.71	4.35	SL-A-125	1.39	1.35
SL-A-17	6.89	6.69	SL-R-89/90 (A)	7.83	5.85	SL-A-126	1.41	1.41
SL-A-18/19	22.10	20.67	SL-R-89/90 (B)	3.44	3.44	SL-A-127	1.93	1.93
SL-A-20	16.23	15.83	SL-R-90 (A)	0.61	0.60	SL-A-128	2.18	2.16
Suc.Roa	1.06	1.06	SL-R-91 (A)	4.53	2.55	SL-A-129	2.02	1.98
SL-A-21	13.46	12.95	SL-R-91 (B)	4.09	4.09	SL-A-130	0.74	0.71
SL-A-22	14.90	13.98	SL-R-91 (C)	0.60	0.56	SL-A-131	0.31	0.30
SL-A-23	15.66	15.09	SL-R-92 (A)	0.57	0.57			
SL-R-41/42/43 (B)	1.73	1.53	SL-A-92 (B)	1.38	1.38			
SL-R-44	4.08	3.79	SL-A-93 (A)	1.80	1.80			
SL-R-45	4.41	4.36	SL-A-93 (B)	1.02	1.03			
SL-R-46	4.90	4.30	SL-A-93 (C)	0.89	0.89			
SL-R-47	5.40	4.11	SL-A-93 (D)	0.49	0.49			
SL-A-48 (A)	2.22	1.59	SL-A-93 (D)	0.49	0.49			
SL-A-48 (B)	1.76	1.76	SL-A-94 (C)	0.89	0.89			
SL-A-49 (A)	1.90	2.27	SL-A-94/95 (B)	2.45	2.45			
SL-A-49 (B)	1.78	1.78	SL-A-95 (C)	1.02	1.02			
SL-A-50 (A)	2.96	2.96	SL-A-96 (A)	0.59	0.59			
SL-A-50 (B)	1.55	1.55	SL-A-96 (B)	0.68	0.68			
SL-A-51 (A)	2.68	2.68	SL-A-96 (C)	1.00	1.00			
SL-A-51 (B)	0.73	0.73	SL-A-97 (A)	0.57	0.57			
SL-A-52 (A)	1.77	1.77	SL-A-94/95 (A)	3.93	3.56			
SL-A-52 (B)	0.77	0.77	SL-A-94/95 (B)	2.45	2.45			
SL-A-53 (B)	0.74	0.74	SL-A-95 (C)	1.02	1.02			
SL-A-53 (C)	0.75	0.75	SL-A-96 (A)	0.59	0.59			
SL-A-54 (B)	0.68	0.68	SL-A-96 (B)	0.68	0.68			
SL-A-54 (C)	0.75	0.75	SL-A-96 (C)	1.00	1.00			
SL-A-55 (B)	0.39	0.38	SL-A-97 (A)	0.57	0.57			
SL-A-55 (C)	0.39	0.39	SL-A-97 (B)	0.75	0.75			
SL-A-56 (B)	0.45	0.45	SL-A-97 (C)	1.00	1.00			
SL-R-82 (A)	3.68	3.45	SL-A-98 (A)	0.54	0.54			
Total (ha)							238.22	222.83

Tabla 5.6. Parcelas a regar por la Laguna 5, Sector V

Parcela	Área Total (ha)	Área Cultivada (ha)
SL-A-24	23.21	22.88
SL-A-53 (A)	1.36	1.36
SL-A-54 (A)	2.06	2.03
SL-A-55 (A)	2.55	2.55
SL-A-56 (A)	2.82	2.75
SL-A-57 (A)	0.77	0.77
SL-A-57 (B)	1.05	0.87
SL-A-57 (C)	1.31	1.30
SL-A-58 (A)	2.48	2.38
SL-A-58 (B)	1.43	1.43
SL-A-59 (A)	2.55	2.10
SL-A-59 (B)	2.41	2.41
SL-A-60 (A)	2.41	1.98
SL-A-60 (B)	2.85	2.83
SL-A-61 (A)	1.72	1.72
SL-A-61 (B)	0.95	0.95
SL-A-61 (C)	3.37	3.37
SL-A-62 (A)	1.95	1.95
SL-A-62 (B)	1.32	1.32
SL-A-62 (C)	2.08	2.08
SL-A-63 (A)	2.59	2.59
SL-A-63 (B)	1.27	1.27
SL-A-63 (C)	0.91	0.90
SL-A-64 (A)	3.33	3.33
SL-A-64 (B)	0.58	0.52
SL-A-65 (A)	1.77	1.77
SL-A-65 (B)	2.09	2.09
SL-A-66 (A)	1.67	1.44
SL-A-66 (B)	2.55	2.55
SL-A-67 (A)	0.89	0.69
SL-A-67 (B)	3.55	3.53
SL-A-68	0.96	0.94
SL-A-107 (A)	0.32	0.32
SL-A-107 (B)	2.05	2.05
SL-A-108 (A)	1.37	1.32
SL-A-108 (B)	2.24	2.24
Total (ha)	88.79	86.57

La Figura 5.1, muestra la distribución de áreas de riego y el número de parcelas beneficiadas por sector de riego, así como, el porcentaje de área de cada sector respecto del área total del asentamiento.

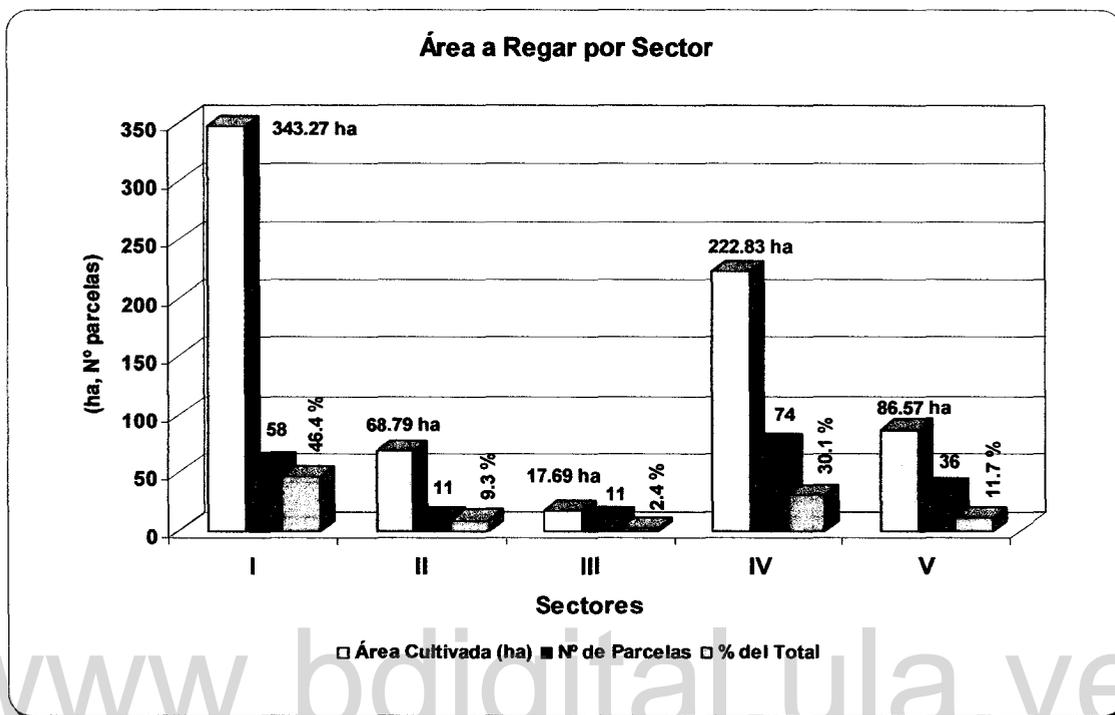


Figura 5.1. Áreas de riego por sector y número de parcelas beneficiadas

5.2. SUELOS Y CULTIVOS

5.2.1. Información de Suelos

Las características edáficas del Asentamiento Santa Lucía fueron obtenidas del estudio realizado por ECOSA (1977) citado por Pineda (1989), con las siguientes características físicas:

- Material parental: dendrítico, granitos (bloque y cantos).
- Humedad del suelo: la humedad almacenada en los suelos del área es aproximadamente igual a la precipitación registrada en la misma zona, siendo el régimen de humedad del suelo del tipo Udico.
- Temperatura del suelo: es casi constante durante todo el año (22°C), el régimen térmico es isohipertérmico.
- Profundidad efectiva: superficial y moderadamente profunda

- e. Limitantes de la profundidad: pedregosidad.
- f. Drenaje externo: medianamente bueno.
- g. Drenaje interno: medianamente bueno.
- h. Drenaje natural: bien drenados.
- i. Descripción del perfil:

0 – 18 cm: Franco-arcillo-arenoso (FAa); friable, muy pegajoso, muy plástico, estructura granular media, débilmente desarrollado; color pardo oscuro (10 YR 3/3), combinado con pardo oliva (2.5 YR 4/4) hacia la parte inferior del horizonte; abundantes poros gruesos, medios y finos, buena actividad de macroorganismos, abundante raíces de pasto, frecuentes gravillas y algunos cantos de granitos pequeños y poco alterados.

18 – 50 cm: Franco arcilloso (FA); friable, muy pegajoso, muy plástico, estructura muy debil, con tendencia a formar bloques finos, color pardo oliva (2.5 YR 4/6), abundantes pedotubulos llenos de un material negro parduzco (2.5 YR 3/1), muy pocas manchas finas, contrastadas de contorno neto de color pardo rojizo oscuro (2.5 YR 3/6); abundantes gravillas de cuarzo, cantos y fragmentos de roca graníticas y de esquistos poco a moderadamente alterados de 5 a 15 cm; abundantes poros finos, medios y gruesos; pocas raicillas; regular a buena actividad biológica, límite gradual y plano al siguiente.

50 – 70 cm: Arcilloso (A), friable, muy pegajoso, plástico, estructura muy débil, con tendencia a formar bloques finos; color pardo (7.5 YR 5/6), con muchos bloques y cantos alterados superficialmente de color pardo rojizo (2.5 YR 5/8), anaranjado amarillento (10 YR 4/8), otros cantos alterados con color negro rojizo (10 YR 1.7/1), incipiente formación de cutanes en las cavidades alrededor de los cantos; regular cantidad de poros medios y finos; pocas raices; poca actividad biológica, el material fino penetra irregularmente por los espacios entre los bloques hasta la base del siguiente horizonte, límite claro e irregular al siguiente.

70–95 cm: Presencia de muchos bloques y cantos de 10 a 40 cm de diámetro, principalmente de granito alterado sobre algunos centímetros de su superficie; color similar a los cantos del horizonte precedente; el material fino que llena los intersticios es franco arcillo arenoso, color pardo rojizo con zonas llenas del material matriz, límite claro y ondulado al siguiente.

Según Pineda (1989), las características químicas de estos suelos, indican que son extremadamente ácidos con bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno total, potasio cambiante, magnesio cambiante, muy bajo contenido de fósforo y calcio, y baja capacidad de intercambio catiónico; por tanto son suelos de baja fertilidad.

Según el sistema taxonómico americano (7ma. aproximación), estos suelos están clasificados de la siguiente manera:

- a. Orden: Inceptisol
- b. Gran grupo: Distropept
- c. Sub-grupo: Oxic Distropept
- d. Familia: Franco esquelética (35% o más de fragmentos rocosos); isohipertérmica (22°C)

5.3. CULTIVOS

En el área en estudio se encuentran cultivos ya establecidos, de los cuales predominan los cítricos y pastos, además se encuentran algunas especies frutales. El levantamiento de cultivos se muestra, en formato digital, en el Mapa del Anexo XII.

5.3.1. El Cultivo de Cítricos

El género *citrus* cuyo término común es *Cítrico*, designa las especies de grandes arbustos o arbolillos perennes, cuyos frutos o frutas, de la familia de las Ruteáceas, poseen un alto contenido en vitamina C y ácido cítrico, el cual les proporciona ese típico sabor ácido tan característico. Oriundo del Asia tropical y subtropical, este género contiene tres especies y numerosos híbridos cultivados, inclusive las frutas más ampliamente comercializadas, como el limón, la naranja, la lima y la mandarina, con diversas variedades que dependen de la región en la que se cultive cada una de ellas.

Las especies del género *Citrus* tienen una gran facilidad de hibridación por lo que tradicionalmente ha habido mucha confusión en la clasificación taxonómica de muchas especies.

Mabberley (1997), propuso una clasificación pragmática de los principales citrus cultivados de modo que aclarase el caos que muchas veces hay según se consulten unas fuentes u otras. Esta clasificación simplifica y aclara el género y parece contar con el consenso de los principales botánicos.

Mabberley postula que únicamente existen tres especies principales *Citrus* máxima, *Citrus medica* y *Citrus reticulata*, siendo todas las restantes híbridos de estas tres. Esta teoría solo hace referencia a los cítricos cultivados no al resto de especies de este género. Esta clasificación quedaría como sigue:

- a. *Citrus médica* L. Es el citrón, incluye el cultivar 'Etrog' utilizado en la fiesta judía de los tabernáculos. Con dos taxones híbridos:
 - *Citrus* limón (L.) Osbeck. Que es el limón.
 - *Citrus jambhiri* Lush., es el limón rugoso.

- b. *Citrus máxima* (Burm.) Merr es la pampelmusa o pummelo. Con dos taxones híbridos:
- *Citrus aurantiifolia*, son las limas, que son híbridos de *C. maxima* con otras especies del género citrus, aunque hay autores que piensan que incluso podrían ser otras especies fuera de este género.
 - *Citrus aurantium* (*Citrus maxima*, *Citrus reticulata*), Que forman el grupo de las naranjas amargas. Dentro de este taxón se consideran otros cuatro híbridos más.
 - *Citrus sinensis*, son también híbridos de *Citrus maxima* y *Citrus reticulata* pero con mayor proporción de mandarina, son las conocidas naranjas dulces.
 - *Citrus paradisi*, es el pomelo, que es un retrocruce entre naranja y *C. maxima*.
 - *Citrus nobilis*, son los tangor. También son retrocruces con *C. maxima*.
 - *Citrus tangelo*, son los tangelos. Que son sucesivos cruces de *C. paradisi* y *C. reticulata*.
- c. *Citrus reticulata* Blanco. Englobaría todas las tangerinas, mandarinas, satsumas y clementinas.

En el caso de la naranja (*Citrus sinensis* L.), se cultiva por sus frutos, de agradable sabor, que se consumen preferentemente en fresco, y se comercializan en forma de jugo (concentrado, fresco, pasteurizado, etc) y mermeladas. Es una especie subtropical. El factor limitante más importante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a -3°C. No tolera las heladas, ya que sufre tanto las flores y frutos como la vegetación, que pueden desaparecer totalmente.

Presenta escasa resistencia al frío (a los 3-5°C bajo cero la planta muere). No requiere horas-frío para la floración. No presenta reposo invernal, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera.

Necesita temperaturas cálidas para la correcta maduración de los frutos y un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Es una especie ávida de luz para los procesos de floración y fructificación, que tienen lugar preferentemente en la parte exterior de la copa y faldas del árbol. Por tanto, la fructificación se produce en copa hueca, lo cual constituye un inconveniente a la hora de la poda. Es muy sensible al viento, sufriendo pérdidas de frutos en precosecha por transmisión de la vibración.

Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, una amplia exploración para una buena nutrición y un crecimiento adecuado.

Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso de agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de cambio catiónico. No toleran la salinidad y son sensibles a la asfixia radicular. En general la salinidad afecta al crecimiento de las plantas mediante tres mecanismos relacionados entre sí pero distintos:

- Alteraciones hídricas producidas por sus efectos osmóticos sobre la disponibilidad de agua
- Acumulación de iones tóxicos.
- Interferencias con la absorción de elementos nutritivos esenciales, que provocan desequilibrios en el balance de elementos minerales.

En los cítricos los efectos dañinos de las sales se combaten con:

- Buenas estrategias de riego.
- Uso de material vegetal tolerante.

Cuando las plantas son sometidas a déficit de agua, resulta frecuente encontrar problemas como descensos de la producción, disminución del tamaño de los frutos, amarillamiento del follaje y pérdida de hojas.

Es una especie que tiene hábito de formación en bola y de producción en la periferia, por lo que se intenta lobular las formas para aumentar la superficie que intercepta luz y así aumentar la producción. La poda de formación ha de ser muy suave cuando las plantas son jóvenes, para favorecer así la entrada en producción. Los árboles se forman con 3-4 ramas principales a unos 50-60 cm del suelo. La poda de formación es muy controvertida, ya que la cosecha disminuye de forma proporcional a la intensidad de poda debido a que como especie perennifolia acumula las reservas en ramas, brotes y hojas.

La recolección tiene lugar cuando la relación de sólidos solubles/acidez es de 8 o más y el color amarillo-naranja en al menos el 25% de la superficie del fruto, o una relación de sólidos solubles/acidez de 10 o más y el color verde-amarillo en al menos 25% de la superficie del fruto.

La recolección es manual y debe realizarse con alicates, evitando el tirón. Supone el 25% de los costes totales de la producción y emplea más del 50% de la mano de obra requerida en el cultivo.

Los envases empleados en la recolección son tobos o cajas de plástico con capacidad, siendo deseable protecciones de goma espuma y volcado cuidadoso. Una vez en los envases definitivos se cargan en camiones ventilados y se trasladan al almacén, procurando evitar daños mecánicos en el transporte.

La salidad de los frutos se evalúa en función de la intensidad y uniformidad de color, firmeza, tamaño, forma, suavidad de la cáscara, ausencia de pudriciones y libertad de defectos incluyendo daño físico (abrasión y magulladuras), defectos en la cáscara o decoloración, daño por congelamiento y daño de insectos. La calidad del sabor está relacionada a la relación de sólidos solubles/acidez y la ausencia de compuestos que producen sabores indeseables, incluyendo metabolitos producidos por fermentación.

En cuanto al cultivo de la mandarina (*Citrus reticulata*), es más resistente al frío y más tolerante a la sequía que la naranja, pero los frutos son sensibles. El factor limitante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a 3°; pues la temperatura determina el desarrollo vegetativo, floración, cuajado y calidad de los frutos. Las temperaturas altas constantes mantienen altos niveles de clorofilas y su color es persistentemente verde.

Necesitan suelos permeables y poco calizos y un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, una amplia exploración para garantizar una buena nutrición y un crecimiento adecuado. En general se puede decir, que las exigencias en cuanto a suelo y humedad para su desarrollo son las mismas que para el naranjo.

Las variedades más comúnmente conocidas y explotadas son las Satsumas y las Clementinas, siendo las primeras más precoces con frutos de mayor tamaño y peor calidad gustativa, sin semilla y las segundas, más tardías, de menor tamaño, mejor calidad gustativa y semilladas.

Las clementinas se constituyen de un árbol vigoroso, hojas color verde poco intenso, forma redondeada, gran densidad de hojas y un fruto de tamaño pequeño o medio, suele pesar entre 50 y 70 gramos, de corteza fina color naranja intenso, de extraordinaria calidad.

Las Satsumas se constituyen de un árbol de escaso vigor y tendencia a floraciones abundantes los primeros años del desarrollo, sus frutos son de buen tamaño pero de poca calidad gustativa.

El cultivo del Limón (*Citrus limon L.*), en cuanto a los costes de producción, ni la poda ni la recolección son muy representativos, sino que los costes están asociados a la fertilización (presenta numerosas deficiencias en macro y micronutrientes) y a los tratamientos fitosanitarios.

El principal uso es el consumo fresco, tanto para la elaboración casera de zumos y refrescos, como aliño o condimento para multitud de platos. En los últimos años se ha incrementado el uso industrial para la obtención de zumos naturales y concentrados, aceite esencial, pulpas, pectinas, etc. y últimamente la producción de ácido cítrico natural con destino a la confección de conservas naturales.

Es la especie de los cítricos más sensible al frío, ya que es la más tropical y presenta floración casi continua. Por lo que requiere para vegetar climas de tipo semitropical. En los climas tropicales, el limonero crece y fructifica con normalidad, sin embargo, los frutos que produce no tienen buena calidad comercial, al ser demasiado gruesos y tener poca acidez, por ello en dichas zonas se prefiere el cultivo de la lima ácida (*C. latifolia*). El clima más adecuado para el cultivo del limonero es de tipo mediterráneo libre de heladas. Los períodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un importante papel en la floración.

En general se puede decir, que las exigencias en cuanto a suelo y humedad para su desarrollo son las mismas que para la naranja y la mandarina, aunque, el limonero produce con menos dotaciones de agua que el naranjo y el mandarino. Manejando el riego se pueden provocar floraciones en fechas adecuadas. El proceso de inducción y desarrollo floral en el limonero está controlado por el estrés de temperatura e hídrico; aprovechándolo se realiza la siguiente práctica: se retira el riego durante 45 días y luego se riega en abundancia; así se produce una abundante floración que trae buena cosecha y buenos precios al año siguiente.

Los árboles se forman con tres ramas principales que salen del tronco a unos 50-60 cm del suelo y que formarán ángulos aproximados a los 120 grados. Estas ramas constituirán las tres guías iniciales, sobre las cuales se irá formando el árbol que estará compuesto por un número indeterminado de guías y de faldas, número que dependerá del vigor.

La recolección tiene lugar cuando el contenido mínimo de jugo por volumen es de 28 a 30% dependiendo del grado de clasificación. Los limones cosechados en el estado verde oscuro tienen la mayor vida de postcosecha, mientras que aquellos cosechados completamente amarillos deben ser comercializados de manera más rápida.

La recolección es manual y debe realizarse con alicates, evitando el tirón. Se debe efectuar en ausencia de rocío o niebla. Los envases empleados en la recolección son tobos o cajas de plástico con capacidad para 18-20 Kg, siendo deseable protecciones de goma espuma y volcado cuidadoso. Una vez en los envases definitivos se cargan en camiones ventilados y se trasladan al almacén, procurando evitar daños mecánicos en el transporte.

La calidad del fruto se evalúa en función de intensidad y uniformidad del color amarillo, tamaño, forma, suavidad de la cáscara, firmeza, ausencia de pudriciones y ausencia de defectos incluyendo daño por congelamiento, deshidratación, daño mecánico, manchas en la cáscara, "pintas rojas", marchitez y decoloración.

Las variedades más destacadas son Verna, Fino y Eureka, siendo la primera un árbol vigoroso con pocas y pequeñas espinas, la segunda un árbol muy vigoroso y de tamaño muy grande. Tendencia a la emisión de brotes con espinas, y la última, un árbol de tamaño y vigor medio con pocas y pequeñas espinas.

La Verna produce frutos para los cuales el peso es de unos 130 gramos de forma oval, color exterior amarillo intenso de pocas semillas y corteza gruesa, lo que favorece el transporte y la manipulación. La piel del limón maduro es de color amarillo pálido, de menor intensidad que en la variedad Fino, alcanzando la coloración de uno a dos meses después que éste, teniendo los frutos del interior del árbol un color blanco-amarillento.

La variedad Fino produce frutos de tamaño mediano de unos 110 gramos de forma variable; pueden ser esféricos u ovalados, sin cuello en la base, mamelón corto y puntiagudo con más semillas, piel más fina y mayor contenido en zumo que la variedad Verna.

La variedad Eureka produce frutos de tamaño mediano a grande de unos 120 gramos de peso de forma elíptica u oblonga con cuello pequeño en la base y mamelón apical delgado, de pocas o ninguna semilla. Corteza de espesor medio y con tendencia a presentar estrías. Zumo muy ácido y pulpa de color verde-amarillento.

5.3.2. El cultivo de pasto

Soto (1999), define como pasto a la planta (gramínea o leguminosa) que tiene un crecimiento rastrero o en forma de macolla y que, entre un corte y otro, ya sea por el diente del animal o por la segadora, es capaz de almacenar reservas en sus raíces para garantizar el rebrote, además de ser resistente al pisoteo; en este último caso, las leguminosas no cumplen con este requisito, pero se consideran pasto igualmente, solo que otro tipo de pasto. En tal sentido se debe aclarar que cuando el animal consume la planta directamente en el cuartón se le llama pasto aun cuando la planta sea forrajera o arbustiva.

La alimentación del bovino a base de pastos, constituye el sistema productivo más económico y el que en un futuro más o menos cercano se impondrá. En países como los Estados Unidos de América, en donde la producción ha estado fundamentada en el uso masivo de granos, se manifiesta en la actualidad la tendencia a la adopción del pastoreo como sistema de alimentación del ganado lechero.

Entre las variedades más comunes se encuentran el pasto Estrella (*Cynodon nlemfleuensis*), la Guínea (*Panicum maximun*) y el pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), pastos de gran poder invasivo, que han sido mejorados en las estaciones experimentales de pastos y forrajes desde el punto de vista genético, geográfico, de suelo y de práctica de manejo.

El pasto Estrella (*Cynodon nlemfleuensis*), se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta los 2000 m.s.n.m., presenta una buena adaptación a una amplia gama de suelos, pero su óptimo crecimiento se logra en suelos de texturas franca de alta fertilidad, buen drenaje y PH cercano a la neutralidad. El calor y la sequía temporal no disminuyen su crecimiento y desarrollo siempre que exista una reserva hídrica en el suelo. Se caracteriza por su rápido crecimiento y amplia capacidad invasora, buena cobertura del suelo y resistencia al manejo intensivo.

La siembra se realiza a través de guías, las cuales deben establecerse en las primeras horas de la mañana para evitar su deshidratación con el calor excesivo, se requieren de 1.000 a 1.500 Kg de material vegetativo por hectárea.

El primer pastoreo debe realizarse a los cinco meses después de la siembra o cuando el campo presente más de un 90% de cobertura, así, se pueden obtener rendimientos de hasta de 3 ton MS/ha/corte a los 28 días. En cuanto al valor nutricional, el contenido de proteína cruda promedio varía con la madurez de la pastura al igual que la producción de materia seca.

La Figura 5.2, muestra la curva de crecimiento del pasto estrella (*Cynodon nlemfleuensis*), tomada de Crespo (1999), en la cual se muestra un ensayo realizado para condiciones de estación lluviosa y seca. Quedando de manifiesto la influencia del aporte de agua en el desarrollo y crecimiento del pasto y por su puesto, su incidencia en los rendimientos de dicho cultivo.

Las variedades de este género pueden llegar a producir rendimientos cercanos a 20 toneladas por hectárea, durante los primeros años de establecidas cuando se aplican insumos de fertilizante y riego, aunque con un manejo en el cual se amplíen los días de crecimiento o intervalos entre cortes, los rendimientos pueden alcanzar entre 25-28 toneladas por hectárea. Estos altos valores de rendimiento anual contrastan con rendimientos del orden de 8-12 toneladas por hectárea por año, solamente en áreas de secano y sin fertilización.

El crecimiento y el rendimiento potencial de los pastos están regulados por la vía metabólica utilizada para llevar a cabo la fotosíntesis y su relación con la respiración. Esto hace que la productividad de los pastizales dependa de la eficiencia de conversión del CO₂ atmosférico, de los nutrientes, de la humedad del suelo y de la energía solar (Crespo, 1999).

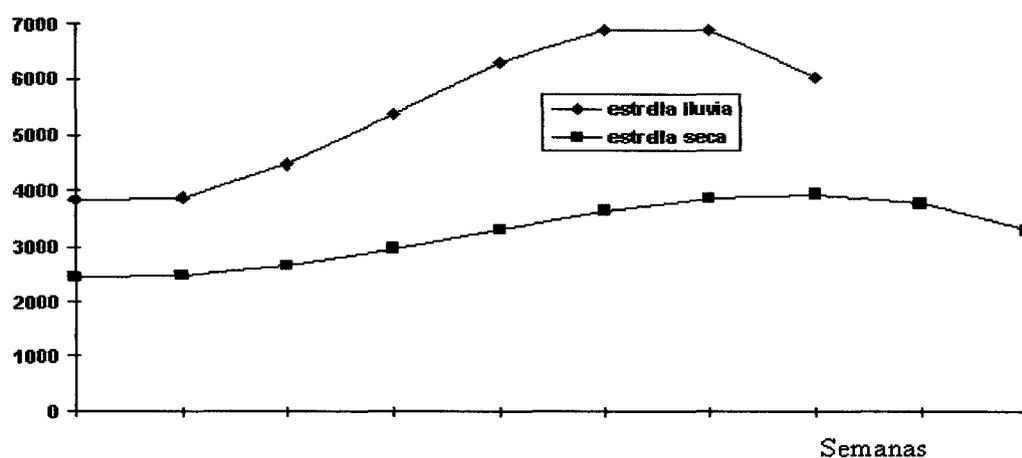


Figura 5.2. Curva de crecimiento del pasto Estrella (*Cynodon nlemfleuensis*), según Crespo (1999)

Este mismo autor señala que, bajo condiciones ambientales no limitantes, el crecimiento de las gramíneas, es expresado a través del aumento de peso o altura, que describe una curva sigmoidea, en la cual se distinguen tres fases o estados biológicos, como resultado de las diferentes velocidades en que se desarrolla el proceso de crecimiento, como se observa a continuación en la Figura 5.3.

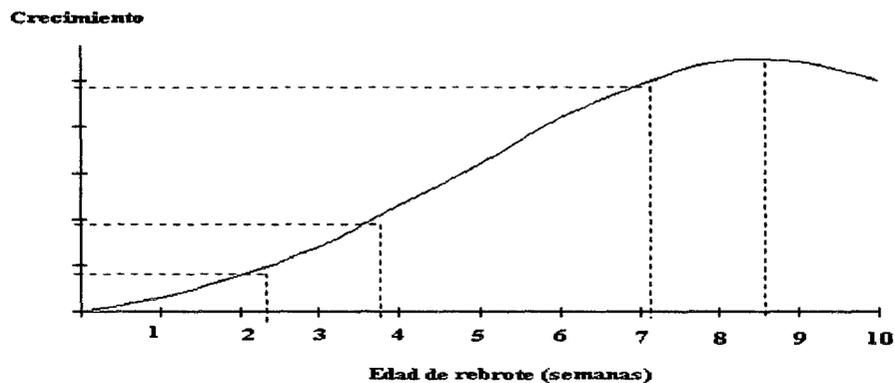


Figura 5.3. Curva característica del crecimiento de una gramínea pratenso tropical. (Crespo, 1999)

El pasto guinea, o pasto Tanzania (*Megathyrsus maximus*), es una gramínea perenne rizomatosa, de la familia de las poáceas; de porte alto, desarrolla principalmente en macollos aisladas, que pueden alcanzar hasta 3 m de altura. La inflorescencia es una espiga abierta con ramificaciones laterales. Fue renombrada en 2003 como *Megathyrsus maximus* a partir de su basónimo *Panicum maximum*.

Es una especie con amplio rango de adaptación desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m., crece bien bajo suelos de alta fertilidad y soporta niveles moderados de sequía por su gran sistema radicular, por eso se ha llamado "siempre verde" (Bernal, 1988). Se usa generalmente para pastoreo, aunque puede ser utilizada para henificación.

Presenta buena adaptación y producción de forraje en condiciones tropicales y subtropicales, con temperaturas medias superiores a los 20°C. El mejor desarrollo de este pasto, se obtiene en altitudes de 0 a 800 m sobre el nivel del mar. Los suelos indicados para esta especie son los areno-arcillosos sin problemas de sales y de mediana a alta fertilidad.

Este pasto puede sembrarse por medio de semilla o material vegetativo, al voleo o en surcos. Al voleo se debe dispersar la semilla uniformemente por toda el área de siembra y tajarla ligeramente; con este método se requiere más semilla, pero se establece más rápido el campo. El trazo de surcos a nivel debe tener una separación de 0,50 a 0,75 m y la siembra se hace depositando la semilla en el lomo del surco y a chorrillo.

La cantidad de semilla a utilizar, depende de la calidad de la misma, el método de siembra, fecha de siembra, etc. Entre mayor sea el porcentaje de germinación y pureza se requerirá menos semilla. Para una siembra aceptable se requieren de 6 a 8 kg/ha de semilla comercial o 600 kg/ha de material vegetativo de macollos maduros.

El pasto guinea es altamente consumido por el ganado en los primeros 25 días de crecimiento, presentando un contenido proteico de hasta 14% cuando la proporción de hojas es mayor que la de tallos. Este pasto tiende a lignificarse cuando madura, conteniendo solo de 6 a 8 % de proteína y hasta 38% de fibra cruda.

Debido a que es una especie de porte alto, puede fácilmente cortarse en forma manual o mecánica, como forraje verde, silo, heno o harina, pero su principal uso es para el pastoreo directo con ganado. Su capacidad de carga inicial en praderas de temporal es de 3 a 4 cabezas/ha y bajo condiciones de riego, es de 10 a 12 cabezas/ha. Para el crecimiento y engorde de toros en campos de este pasto, se pueden lograr anualmente de 450 a 500 kg/ha de carne (temporal) y de 2.600 a 3.000 kg/ha de carne (bajo riego), con una suplementación adecuada.

El pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), es una gramínea macollosa que puede llegar a medir 3 metros de altura, las hojas pueden medir 70 cm de largo por 3 cm de ancho y presentan superficie y bordes rugosos. La inflorescencia es en forma de panícula cilíndrica, larga y pubescente. En zonas altas el corte se puede realizar cada 120 días, pero en zonas bajas cada 45 días.

Se desarrolla bien en climas cálidos entre 0 y 1700 m.s.n.m., con una buena adaptación en suelos de alta a baja fertilidad, tolerable a suelos ácidos y condiciones de sequía, no así, a las condiciones de aguachinamiento. La siembra se establece por material vegetativo (cepas o tallos maduros). Sobre terreno bien preparado se coloca el material en surcos a 50 cm o en cuadro; se utilizan de 1.000 a 1.200 kg/ha de material. El potrero se puede utilizar de 4 a 6 meses después de establecido. Para un mejor éxito en la siembra ese material vegetativo debe ser obtenido de semilleros que han sido fertilizados con N. Con buenas condiciones de humedad se pueden sostener de 2 a 2,5 animales/ha, con rotación de potreros y fertilizaciones se pueden aumentar hasta 4 animales/ha.

La Figura 5.4, presenta la curva de crecimiento para el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), igualmente medida para las estaciones lluviosa y seca. En ella se evidencia la incidencia del aporte de agua en el rendimiento de dicho pasto.

Cuando la producción animal se basa en el consumo de pastos, la misma debe ajustarse a las posibilidades que realmente ofrece la fisiología de los mismos y la ecología de la región que se trate. En este caso, para poder aprovechar las altas producciones de materia seca por unidad de área, que ofrecen los pastos tropicales, la producción de leche debe medirse por hectárea y no por animal.

Este principio de producción, unido a un manejo eficiente de los pastizales y los animales, podría superar con creces las producciones de las regiones avanzadas de clima templado. Además, para este tipo de producción deben considerarse, paralelamente, el desarrollo genético del ganado, con producciones acordes con el potencial nutritivo de los pastos tropicales y el control de parásitos y enfermedades que pueden adquirir los animales en el pastizal.

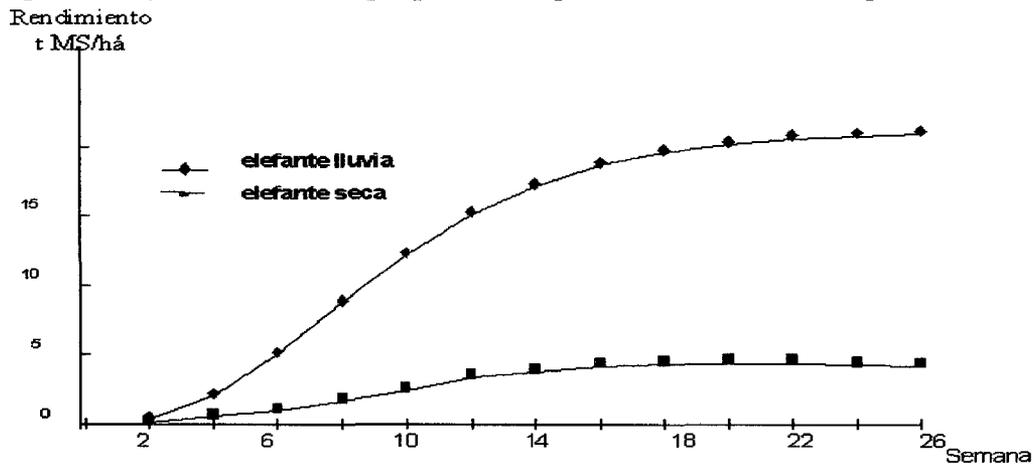


Figura 5.4. Curva característica del crecimiento del pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), según Crespo (1999)

García (1983), se refirió al potencial de utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y señaló los principales factores en el manejo de los pastizales enfatizando en: carga animal, disponibilidad, altura y composición del pasto, conductadel animal en el pastoreo, tiempo de ocupación (TO), tiempo de reposo (TR), número de subdivisiones (Cuarterones) y el sistema de pastoreo, como aspectos medulares para el aprovechamiento de los pastizales. También existen otros factores del aprovechamiento del pasto que merecen especial atención, ellos son: la presión de pastoreo (PP), intensidad de pastoreo ($IP=CI \times TO$), la carga y producción por unidad de superficie.

Los períodos de sequía, también llamados de estiaje, veranos o épocas de nortes, son la causa fundamental de la discontinuidad de los procesos productivos en la ganadería. He allí la importancia del riego en los periodos de sequía, de tal manera de no interrumpir los procesos de crecimiento y desarrollo de los pastizales, que representan el alimento del ganado para lograr altos rendimientos en la producción de leche y carne.

5.3.3. El Cultivo de Aguacate

El aguacate (*Persea Americana*), originario de Centroamérica y conocido en algunos países también con el nombre de palta, se ha diseminado a varias regiones subtropicales. La intensa demanda durante todo el año ha conducido a la difundida plantación comercial de esta fruta.

El árbol del aguacate prefiere un clima sin heladas, con un invierno suave y un verano cálido. El cuaje de la fruta puede ser dañado por muy altas temperaturas con una baja humedad, lo que puede incluso causar la caída de las hojas. Las raíces del aguacate prefieren suelos bien drenados, con un pH neutro o levemente ácido. Un suelo alcalino inducirá deficiencias de metales. Las raíces principales de alimentación son muy poco profundas y se encuentran muy cerca de la superficie, aunque también posee raíces de anclaje más profundas.

Tradicionalmente, los cultivos de árboles altos y amplios eran espaciados en una cuadrícula de 8x10 m. Hoy en día las plantaciones son más densas. En climas subtropicales el espaciamiento puede ser reducido hasta una cuadrícula de 3x5 m, y los árboles pueden ser posteriormente raleados.

Durante la floración y el cuaje, se debe evitar el déficit hídrico y se debe mantener una suficiente aireación del suelo. Posteriormente, durante el crecimiento de la fruta, el aguacate responde al déficit de agua, suspendiendo la producción de material seco. Es importante, mantener agua disponible durante todo el día, para así obtener el desarrollo de frutas de gran tamaño.

Los microaspersores son una buena opción cuando el espaciamiento entre árboles es amplio. Las raíces de alimentación poco profundas y bien extendidas prosperan mejor en la capa superior del suelo, donde se mantiene una proporción ideal de suelo, agua y aire. El riego frecuente, cubriendo la mayor parte de la sombra del árbol, mejora el desarrollo de las raíces y resulta en una absorción balanceada de agua y nutrientes.

5.3.4. El Cultivo de Tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum*), es una planta anual, herbácea y perenne, está clasificada como, perteneciente junto con el ají, la berenjena y el pimentón, a la familia de las solanáceas. Como consecuencia de la constante búsqueda de mejores variedades que respondan con mayor resistencia a las plagas y enfermedades, así como a necesidades de mercadeo, se han logrado diferentes variedades botánicas como son: el de mayor cultivo en nuestro país como es el tomate pera o periforme, el cual es de gran aceptación, tanto para consumo masivo, así como para la industria, y otros tipos, como el Cerasiforme, Grandifolium, Validum y el Comune (Guzmán, 1985).

El tomate es una planta que se adapta y desarrolla a cualquier tipo de suelo indistintamente de cuales sean sus propiedades físicas o naturaleza del mismo, y aunque sea un fruto por la forma de cultivarse intensivamente está agrupada dentro de las hortalizas. Es un cultivo preferentemente de climas cálidos y de gran resistencia al calor, pero indudablemente que su proceso fisiológico de crecimiento y desarrollo van a estar determinados aparte del clima, por el suelo y la variedad que se explote.

Otro factor importante a señalar son los efectos que el viento provoca en plantaciones, pues los vientos son un factor negativo, por lo que deben seleccionarse áreas de cultivo protegidas de vientos fuertes, fundamentalmente cuando la explotación se efectúa entre los meses de febrero a mayo en que estos aumentan de velocidad; así como las altas temperaturas y la humedad encontramos que son condiciones ambientales que facilitan que las plantas sean atacadas por enfermedades del follaje.

La planta del tomate es indiferente a la fotoperiodicidad, en razón de lo cual, florece cuando su período vegetativo ha llegado a cumplirse y su desarrollo lo permite; mientras que la duración de la luz del día si tiene una marcada influencia sobre la fisiología del crecimiento, pues se ha determinado que el máximo crecimiento se logra cuando la temperatura diurna es de 28 °C y la nocturna de 18° a 20°. Las bajas temperaturas y un excesivo crecimiento y follaje atrasan el período de floración y fecundación (Guzmán, 1985).

5.3.5. El Cultivo de Pimentón

El pimentón (*Capsicum annuum L.*) es una planta originaria probablemente de México y distribuida ampliamente en América Central y del Sur. Los frutos de esta planta son cosechados, dependiendo del cultivar, para su mercadeo al final de su crecimiento y desarrollo cuando alcanzan la madurez con un color verde oscuro, amarillo, rojo y marrón-rojizo, entre otros.

Las estrategias de manejo durante el período de vida de un cultivo, generalmente producen efectos en el crecimiento vegetativo y reproductivo de las diferentes especies vegetales. En el caso del pimentón la manifestación de las variaciones en las estructuras de la planta, durante un determinado intervalo de tiempo, puede ser inherente al comportamiento de los genotipos o ser modificada por diversos factores, entre los cuales se destaca la distancia de siembra (Viloria, 1991).

La modificación de la distancia de siembra constituye un elemento determinante en la respuesta de la planta a la competencia intra específica por luz, agua, dióxido de carbono o nutrimento y su relación con el crecimiento y la productividad (Jolliffe y Gaye, 1995).

La posibilidad de usar altas densidades de plantación en el cultivo del pimentón es limitada, dado que puede afectar el crecimiento vegetativo, decrecer la productividad individual (Jolliffe y Gaye, 1995), originar cambios negativos en el desarrollo de la raíz y en la calidad del fruto (Stoffella y Bryan, 1988), disminuir el peso seco del vástago, el área y el peso seco de las hojas (Jolliffe y Gaye, 1995). La biomasa total y el índice del área foliar han presentado relaciones directas con respecto a la distancia de siembra, mientras que ésta se ha encontrado inversa con la altura de la planta (Leskovar y Boales, 1995).

El pimentón se cosecha en forma manual y en estado “verde-hecho”, pintón o maduro. El productor venezolano en algunas ocasiones, determina de manera visual, si el producto ha llegado al estado de madurez aceptado en el mercado, o en el sector intermediario, con frecuencia decide el momento de la recolección en función de los precios del producto en el mercado. El pimentón para ser considerado de buena calidad visual debe tener bien desarrollada la cutícula, ser firme y presentar coloración uniforme. Para lograr estas características, es importante conocer el estado de madurez del fruto al momento de la cosecha y establecer las mediciones adecuadas para su evaluación.

La madurez hortícola se define como la fase en la cual el producto ha alcanzado un estado de desarrollo suficiente que le permite, después de la cosecha y del manejo poscosecha, llegar al consumidor con un mínimo de calidad aceptable (Kader, 1992).

5.3.6. El Cultivo de Guanábana

La guanábana (*Annona muricata*), es una especie susceptible al frío y es la anonácea cuyos requerimientos de clima es el más tropical, cálidos y húmedos, característicos de altitudes menores a 1000 m.s.s.m., siendo la altitud óptima para el cultivo entre los 400 a 600 m.s.n.m., requiere de una temperatura media de 25 a 28°C. Los suelos requeridos por el cultivo deben ser profundos, de textura media a gruesa y con buen drenaje con PH entre 5.5 y 6.5.

No existe descripción botánica alguna referente a variedades, sin embargo, los agricultores hacen selecciones de los mejores árboles de acuerdo a la calidad del fruto. Existen sí, algunas clasificaciones según el sabor que pueden ser ácido, semiácido o dulce; según la forma del fruto, que puede ser ovoide, acorazonada o irregular y según la consistencia de la pulpa que puede ser blanda y jugosa o firme y seca. Los árboles varían mucho en cuanto al crecimiento, follaje y copas, lo cual se debe en algunos casos a la luminosidad, al manejo, procedencia, etc.

Por la calidad de la fruta, tamaño y región donde más se ha cultivado, se tiene una agrupación que puede resaltar como una clasificación muy cercana a variedades, las cuales son:

- Variedad corriente dulce de Bucaramanga
- Variedad corriente semidulce de Bucaramanga
- Variedad gigante dulce (varias regiones)
- Variedad gigante semiácida común (muy grande)
- Variedad Momposina

La guanábana se puede propagar por semilla o por arbolitos injertados, para propagar por semilla, ésta debe proceder de los mejores frutos de los árboles más productores y cuyos frutos sean de la mejor calidad.

El campo para una plantación de guanábana debe tener suelos sueltos, bien drenados y profundos, si son pesados es necesario la construcción de drenajes. Los marcos de plantación están en el orden de 7x7m y 8x8m en sistemas rectangular o en tresbolillo. En cuanto a las necesidades de elementos nutritivos, la guanábana es exigente a nitrógeno y potasio.

La fructificación de árboles provenientes de semilla se inicia entre los tres y cinco años, y en los árboles injertados, entre los veinte y veinticuatro meses. La producción de los árboles generalmente es baja debido a características de las flores que dificultan la polinización y al ataque de plagas y enfermedades; el rendimiento fluctúa entre 24 y 64 frutos por árbol, con pesos que van desde 0,25 a 5 kg por fruto.

La recolección debe hacerse en el momento en que el fruto alcanza su madurez botánica, es decir, cuando pierde algo de su brillo y de algo de su color verde oscuro y las espinas de su cáscara se separan y se ponen más turgentes. Por ser una fruta demasiado delicada, relativamente grande y de cáscara muy delgada, se debe cosechar antes de estar madura utilizando tijeras o a mano.

La clasificación y los criterios de calidad pueden ser: Fruto color verde oscuro de 15 a 20 cm de largo por 10 a 25 cm de ancho, cubierto de espinas suaves, volteadas hacia el ápice, de cáscara delgada y coriácea. La pulpa blanca, cremosa, carnososa, jugosa y ligeramente ácida. El peso fluctúa entre 1 a 5 kg., pudiéndose encontrar frutos de hasta 25 kg. La maduración debe estar entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$, pero se puede aceptar una maduración total si se trata de un consumo inmediato. La fruta debe estar completa, sin rasguños, magulladuras y bien limpia, sin olor diferente al propio.

5.3.7. El Cultivo de Cacao

El árbol de cacao es una planta tropical que crece en climas cálidos y húmedos, concentrándose su producción en una banda estrecha de no más de 20 grados al norte y al sur de la Línea Ecuatorial. Aunque su uso más conocido es como el ingrediente principal del chocolate, existen en realidad cuatro productos intermedios que se derivan del cacao en grano: licor de cacao, manteca de cacao, torta de cacao y cacao en polvo.

El árbol de cacao, (*Theobroma cacao L. de la familia Sterculiaceae*) es normalmente un árbol pequeño, entre 4 y 8 metros de alto, aunque si recibe sombra de árboles grandes, puede alcanzar hasta los 10 metros de alto. El tallo es recto, la madera de color claro, casi blanco, y la corteza es delgada, de color café. El fruto (la nuez de cacao) puede alcanzar una longitud de 15-25 centímetros. Cada fruto contiene entre 30 y 40 semillas, que una vez secas y fermentadas se convierten en cacao en grano. Las semillas son de color marrón-rojizo en el exterior y están cubiertas de una pulpa blanca y dulce.

Existen tres variedades de árboles de cacao. La más conocida es la variedad Forastero, que representa el 90% del cacao producido en el mundo. Se encuentra en África del Oeste y Brasil. El segundo grupo es el Criollo, que produce "cacao fino y de aroma", cultivado principalmente en el Caribe, Venezuela, Nueva Guinea Papua, las Antillas, Sri Lanka, Timor Oriental y Java. Por último, existe la variedad Trinitario, que es un cruce entre el Criollo y el Forastero. Para obtener una producción ideal, los árboles de cacao necesitan una precipitación anual entre 1.150 y 2.500 mm y temperaturas entre 21°C y 32°C.

A pesar de que los frutos maduran a lo largo del año, normalmente se llevan a cabo dos cosechas en un año: la cosecha principal y la cosecha intermedia. La cosecha intermedia es en general menor que la cosecha principal.

Se requieren de 5 a 6 meses entre la fertilización y la cosecha de los frutos. La temporada de cosecha dura alrededor de 5 meses. La cosecha del cacao consiste en cortar los frutos maduros de los árboles, abrirlos (normalmente con un machete) y extraer las semillas de los frutos. Estas semillas se ponen a fermentar entre 2 y 8 días antes de secarlas al sol. Los granos se ponen luego en sacos y se embarcan.

El cacao se debe sembrar en filas, espaciadas entre sí de 3 metros, lo cual da una densidad de alrededor 950 a 1330 árboles/hectárea, dependiendo de la fertilidad de la tierra y del clima. A pesar de que el cacao madura 24 meses después de la siembra inicial, los árboles llegan a ser productivos únicamente después de cinco años. Los rendimientos son máximos entre el octavo y décimo año, pero se pueden obtener buenos rendimientos durante varias décadas. En condiciones normales, los árboles tradicionales rinden entre 300 y 500 kg/ha por año. Los árboles híbridos presentan rendimientos mayores, por encima de los 1.000 kg/ha.

Existen dos clases de cacao: el cacao básico y el cacao fino y de aroma. Más del 90% del cacao producido cada año puede considerarse como cacao básico o a granel. El cacao fino y de aroma tiene características distintivas de aroma y sabor, buscadas por los fabricantes de chocolate. Representa únicamente 5% de la producción mundial de cacao.

Las condiciones climáticas y las enfermedades son los principales factores que afectan la producción. Se estima que hasta un 30% de la producción mundial se pierde debido a las enfermedades. Entre las enfermedades más comunes que afectan al cacao están la podredumbre negra de las nueces del cacao, la escoba de bruja y VSD.

5.3.8. El Cultivo de Parchita

El cultivo de la Parchita Maracuyá (*Passiflora Edulis F. Flauicarpa*), requiere temperatura entre 21° C y 32° C, altitud desde el nivel del mar hasta los 750 m.s.n.m., las necesidades de agua varían de 800 a 1750 mm anuales. También necesitan para un buen

desarrollo, suelos de textura media, sin riesgos de encharcamiento, elevada fertilidad y pH superior a 5.

Haddad y Millan citados por Avilan et al (1991), recomiendan con relación a la escogencia del material para su propagación seguir los siguientes criterios:

- Los frutos deben provenir de plantas sanas de buen vigor y buena producción.
- La forma del fruto debe ser ovalada y tener un peso superior a los 130 gr, con buen porcentaje de jugo superior al 33%; pulpa de color amarillo intenso, fuerte aroma, sabor característico y alta acidez.
- Deben ser descartadas todas aquellas frutas con tendencias a producir cáscaras color anaranjado, pues no poseen el sabor que exige la industria, cuando es usado para estos fines.

Los marcos de plantación pueden variar entre 3 a 4,5 m entre plantas y 4,5 a 6 m entre hileras. Las plantas son transplantadas a los 45-60 días después de la germinación, en hoyos de (30x30x30) cm.

Se efectúa la selección de una guía principal conducida a través de un tutor hasta cada uno de los alambres de la espaldera. Una vez alcanzada la altura del primer hilo de alambre se realiza el despunte de la guía principal, provocando la emisión de ramas laterales que son orientadas a cada lado de la planta, con la finalidad de llevar a cabo una adecuada distribución del peso, circulación del aire y exposición a la luz. Este proceso se repite en la medida que la planta alcanza los hilos de los alambres sucesivos.

Como es una planta trepadora se necesitan construir estructuras que permitan que se desarrolle y que de una buena distribución a las guías. Los sistemas utilizados son: Ramadas, espaldera vertical y espaldera en "T".

La recolección de frutos se presenta cuando alcanzan su madurez de 7 a 8 meses después de la siembra, en este punto los frutos alcanzan su máximo peso, rendimiento de jugo y contenido de sólidos solubles. Este momento se identifica externamente por tomar una coloración verde amarillenta, veinte días luego de alcanzar este punto el fruto cae. Después de cada ciclo de producción, se eliminan ramas enfermas, improductivas y/o caídas en el suelo, logrando así reducir el peso a la espaldera, mejorar la aireación e iluminación de las plantas y evitar el entrelazamiento excesivo de las ramas laterales de una misma planta o de plantas vecinas.

La mejor producción que se puede esperar de cultivares bien desarrollados es de aproximadamente de 3,5 a 7 kg de frutos por plantas, pudiéndose esperar con optimismo una producción de 2,5 a 5 toneladas métricas por hectárea.

De la evaluación de campo se obtuvo una distribución de cultivos en función de la superficie sembrada, así como, el porcentaje de área sembrada por cultivo respecto del área total cultivada en el Asentamiento. Los resultados se presentan en la Tabla 5.7 y en las Figuras 5.5 a 5.10.

Tabla 5.7. Cultivos establecidos en el área del proyecto

Cultivo	Área cultivada (ha)	% de Área
Cítricos	386,89	52,1
Aguacate	5,63	0,8
Guanábana	6,91	0,9
Cacao	2,37	0,3
Parchita	3,46	0,5
Tomate	2,79	0,4
Pimentón	0,43	0,1
Pasto	334,25	45,0
Total (ha)	742.74	100,0

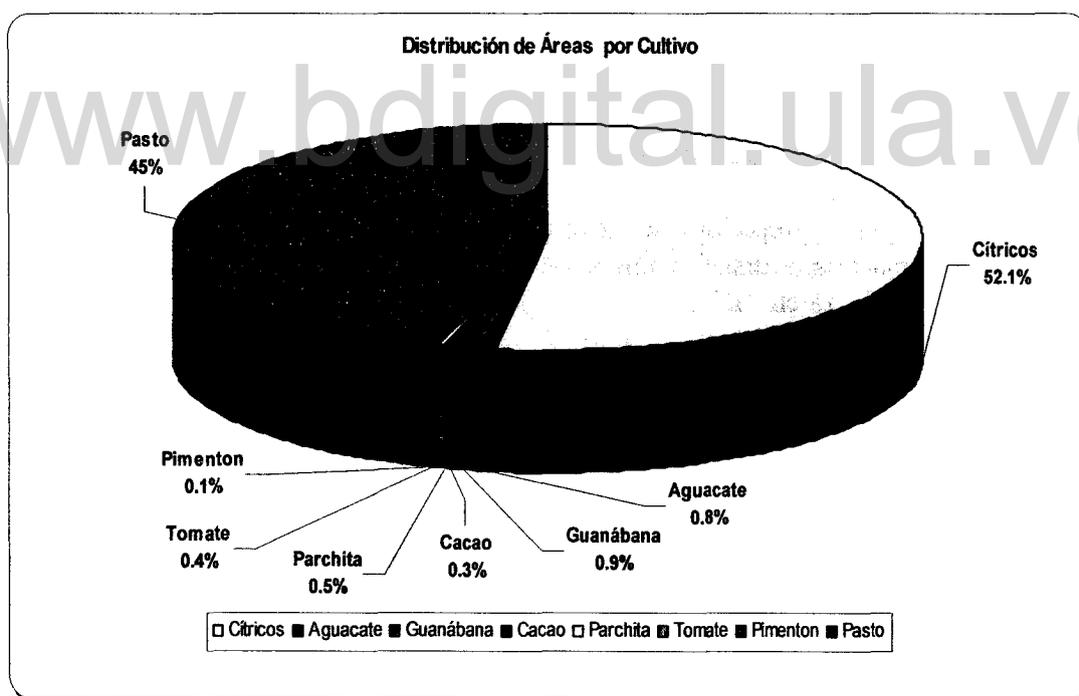


Figura 5.5. Distribución porcentual de cultivos en el área del proyecto

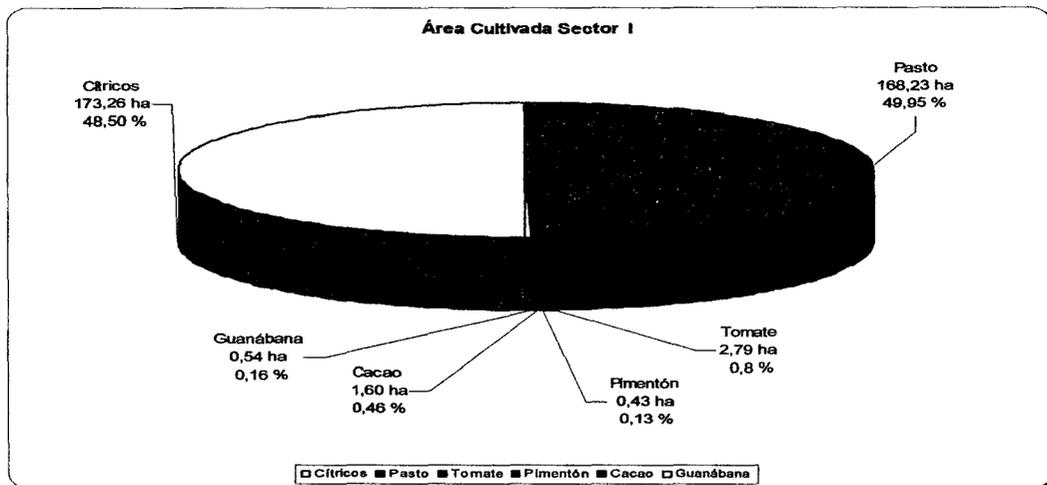


Figura 5.6. Área cultivada Sector I

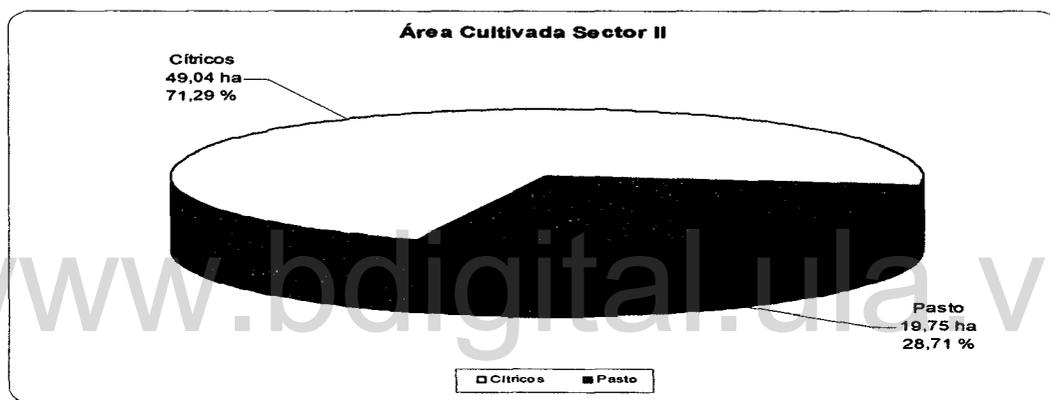


Figura 5.7. Área cultivada Sector II

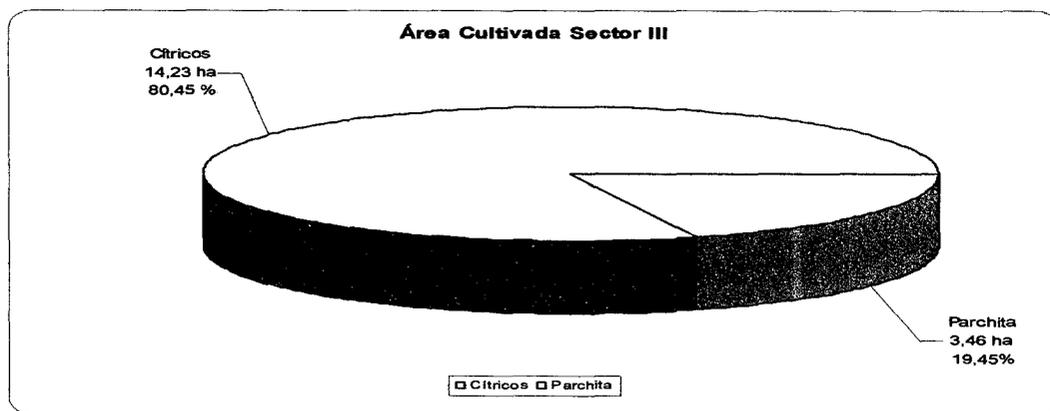


Figura 5.8. Área cultivada Sector III

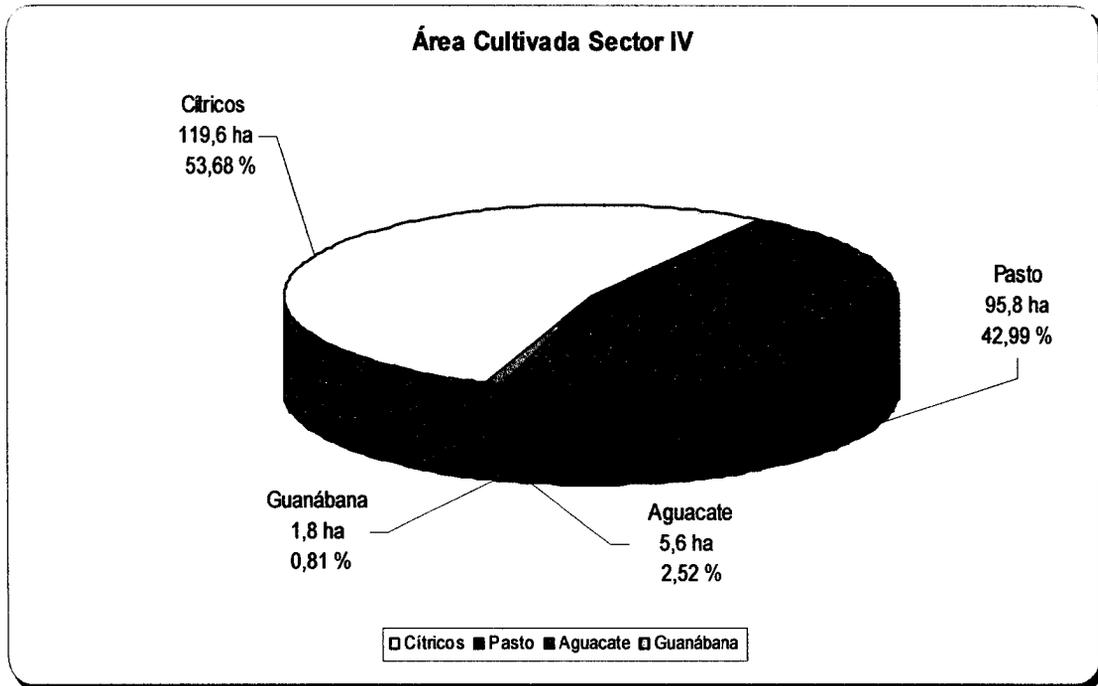


Figura 5.9. Área cultivada Sector IV

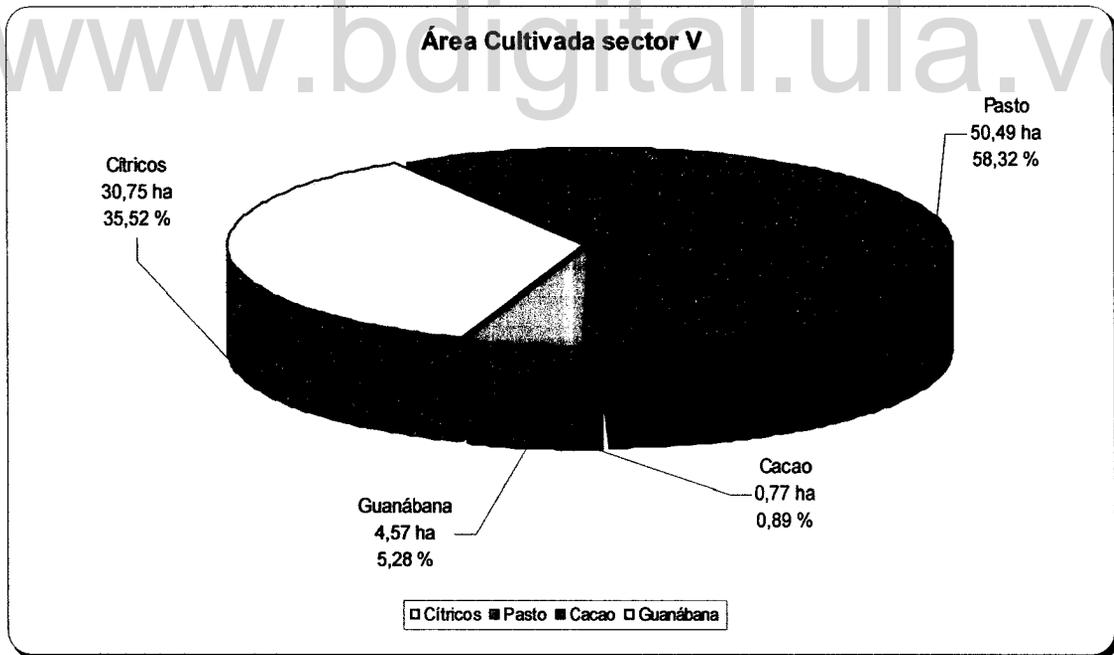


Figura 5.10. Área cultivada sector V

CAPÍTULO 6

ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO

El análisis de la demanda de agua es de singular importancia, tanto en los estudios de factibilidad y diseño de los sistemas de riego, como en la operación y manejo de los mismos.

Esta actividad constituye uno de los aspectos básicos en la evaluación del uso del recurso hídrico en toda cuenca hidrográfica, que tenga como una de sus actividades principales la agricultura de regadío. A pesar de esta importancia, es una de las partes donde se cometen los mayores errores, debido fundamentalmente al desconocimiento que se tiene de los procesos evapotranspiratorios asociados a la estimación de las demandas hídricas de los cultivos, aunado al hecho de la falta de información de clima, suelo y fisiología de los cultivos.

El punto de partida de todo cálculo de demanda, es el cálculo de los requerimientos de riego para cada uno de los cultivos a implantarse en el área regada, y estará en función del uso consuntivo de éstos.

Los requerimientos de riego se refieren a la cantidad de agua y al momento y período de su aplicación con la finalidad de compensar el déficit de humedad en el suelo durante el período vegetativo del cultivo considerado. Estos requerimientos o necesidades de riego quedan determinados por la evapotranspiración del cultivo menos todos los aportes de agua provenientes de diversas fuentes como lluvia o aportes superficiales y subterráneos.

El agua aplicada por métodos artificiales como el riego, no es totalmente efectiva, debiendo considerarse todas las pérdidas intencionales e inevitables, como la percolación profunda, escorrentía superficial, arrastre por viento, entre otros. Generalmente la relación entre las necesidades netas de riego y las necesidades brutas se expresan a través de la eficiencia de aplicación.

Las necesidades netas se basan en el balance hídrico, el cual con respecto a un período y a un cultivo o grupo de cultivos determinado, puede expresarse en una forma general como:

$$N_r = (E_t + P_p + \Delta a_s) - (P_e + \Delta s + \Delta d) \quad (6.1)$$

Donde:

- N_r Las necesidades netas de riego
- E_t La evapotranspiración
- P_p La percolación profunda
- Δ a_s El balance de agua subterránea, afluente y efluente
- P_e La precipitación efectiva
- Δ s El balance de agua superficial
- Δ d La variación de humedad del suelo en la zona radical

El período o intervalo de tiempo al cual se realicen las estimaciones de las necesidades de riego revisten una gran significación, dado que, para unos períodos de tiempo demasiados largos, se puede caer en encubrimientos de breves períodos de escasez de agua, lo que puede traer como consecuencia una disminución de los rendimientos y por ende pérdidas económicas. Así por ejemplo, en una escala de tiempo mensual, puede parecer que las precipitaciones efectivas mensuales satisfacen la evapotranspiración del cultivo, pero como las lluvias no tienen una distribución uniforme a lo largo de todo el mes, es posible que se produzcan breves intervalos de estrés hídrico, pudiendo esto ocurrir a escala diaria. Sin embargo, el hacer cálculos para períodos muy cortos necesita de mayor información, consumiendo más tiempo y dinero, resultando, en algunos casos, poco práctico.

En las estimaciones de las demandas de riego se utilizó un intervalo de tiempo mensual, tomando en cuenta el nivel del estudio, la disponibilidad de información y la confiabilidad de los datos simulados.

La determinación de las necesidades de riego es uno de los pasos iniciales primordiales en el establecimiento de programaciones de riego en el ámbito general, así como todo lo referente al riego a nivel parcelario.

El balance hídrico a nivel mensual se realizó utilizando los datos de precipitación y evaporación promedio de 30 años de la estación Puente Escalante, situada a 08° 30' 30" de latitud norte y 71° 46' 00" de longitud oeste; en razón de que se encuentra próxima a la zona de estudio.

Los resultados de este balance se presentan en la Tabla 6.1 y la Figura 6.1.

Tabla 6.1. Balance hídrico Estación Puente Escalante (1961-1998)

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Pe (mm)	45,6	43,2	45,4	103,5	77,7	65,4	72,3	70,2	78,7	107,5	104,3	64,5
Eto (mm)	127,7	124,3	146,4	146,1	155,9	146,5	157,8	168,8	161,6	147,1	126,2	124,2
Pe-Eto (mm)	-82,1	-81,1	-01,1	-42,5	-78,2	-81,1	-85,5	-98,7	-82,9	-39,6	-21,9	-59,6
Alm. (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déficit (mm)	82,1	81,1	101,1	42,5	78,2	81,1	85,5	98,7	82,9	39,6	21,9	59,6
Exceso (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

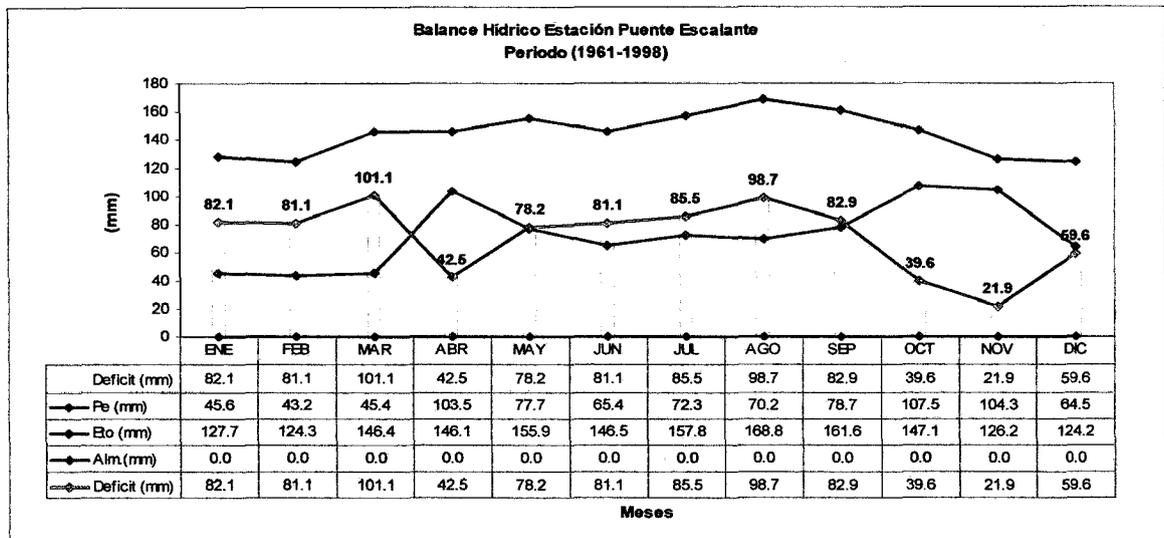


Figura 6.1. Balance hídrico Estación Punte Escalante (1961-1998)

Los valores obtenidos permiten considerar que la utilización de este balance hídrico a nivel mensual puede producir resultados aceptables a nivel de planificación, pero que serán muy distanciados de la realidad para ser usados en lo referente a la identificación de los verdaderos períodos de requerimientos de agua, los cuales no necesariamente son los expresados en la Figura 6.1, que presenta déficit de agua durante los doce meses del año.

El déficit que surge en el balance hídrico, del suelo en equilibrio con el clima, es el resultado de la situación promedio, a través de los años, de un área cercana al sistema. La distribución inter-anual irregular de la lluvia, amplía e intensifica el déficit en años secos y motiva breves períodos de sequía distribuidos a través del año, los cuales afectan la producción.

El manejo del agua de riego ha llegado a ser el punto central en muchos lugares, en particular después de que estudios recientes han revelado el pobre desempeño de muchos planes de riego, debido a un ineficaz uso y manejo del agua, tanto a nivel de planificación como a nivel de finca; lo cual ha traído como consecuencia que las áreas regadas sean mucho menores que las planificadas y que las producciones agrícolas alcancen niveles muy por debajo de las proyectadas.

La adecuada programación de las aplicaciones de agua por medio del riego, es un elemento crítico para hacer más efectivo su uso. Aunque el conocimiento del uso del agua por los cultivos ha avanzado considerablemente en los últimos años, tanto para condiciones óptimas como para condiciones de abastecimiento restringido, esto no proporciona al planificador o agricultor la respuesta a cuándo y cuánta agua deba aplicarse.

La programación del abastecimiento de riego al campo es un problema complejo, por lo cual una amplia gama de factores interdependientes determinan el proceso. Las características de las plantas y el suelo, así como de las técnicas de riego y los niveles de manejo, juegan un rol muy importante en este proceso.

Con la finalidad de analizar un número importante de criterios prácticos en los planes de riego y en la distribución de agua, se ha utilizado un modelo computacional de simulación, para explicar las diferentes condiciones de abastecimiento de agua de riego en el Asentamiento Santa Lucía; el modelo a implementar en el cálculo de los requerimientos de riego fue desarrollado por la División de Tierras y Aguas de La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (1989) y es conocido como CROPWAT.

6.1. MODELO DE SIMULACIÓN CROPWAT

El modelo es instrumento de simulación que permite conocer los requerimientos hídricos de un conjunto de cultivos a través de diferentes escenarios de manejo, es un instrumento eficaz cuando se planifica y diseña bajo condiciones de déficit hídrico, como es el caso del Sistema de Riego del Asentamiento Campesino Santa Lucía en donde el agua es escasa y competida, y en que se necesita estudiar diferentes criterios de manejo del agua a nivel parcelario. A continuación se realizará una descripción de los diferentes aspectos que contiene el modelo, que justifican técnicamente su utilización en el presente estudio.

El CROPWAT ofrece las siguientes posibilidades de uso:

- Cálculo de los requerimientos netos de riego.
- Cálculo de la distribución óptima del agua bajo limitaciones del recurso para mayor productividad.
- Cálculo del efecto sobre el rendimiento bajo condiciones de secano.
- Planificación del riego bajo diferentes condiciones de operación.
- Evalúa las programaciones pasadas usando datos históricos.

Este modelo computacional muestra las consecuencias del riego, en términos de eficiencia de aplicación del agua y respuesta en la productividad. La mayor ventaja del programa consiste en la posibilidad de calcular rápidamente diferentes alternativas de riego.

6.1.1. Datos de entrada

El CROPWAT requiere información de clima, cultivo y suelo.

- **Clima**

La información de clima requerida se refiere a los siguientes aspectos:

Precipitación. La escala temporal con la que pueden ser introducidos estos datos es a nivel mensual.

Evaporación. Dependiendo del método seleccionado para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto), la evaporación puede ser un dato necesario. Si se va a calcular por tina este puede ser introducido con base mensual. En el caso de que se calcule la Eto por el método de Penman-Monteith son necesarios datos de temperatura, humedad relativa, insolación y/o radiación solar y velocidades del viento. El modelo puede calcular la Eto por el método señalado o permitir la introducción de los valores de Eto que han sido calculados fuera del modelo o medidos en el campo.

- **Cultivo**

Fase y duración a lo largo del ciclo vegetativo. Factor de cultivo, Kc. Se debe dar los valores de Kc para cada una de las fases excepto para la segunda que es interpolada. Con esta información se construye la curva única ajustable.

Período de sensibilidad. Se debe dar la duración de cada período de sensibilidad para establecer donde es mayor o menor la sensibilidad al déficit hídrico.

Factor Ky. Este factor cuantifica el efecto del déficit hídrico en el rendimiento. Se debe dar para cada etapa de sensibilidad.

Profundidad del sistema de raíces. Al modelo debe dársele la profundidad del sistema de raíces en cada una de las etapas de crecimiento a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

Factor p. Este factor representa la relación entre el agua fácilmente aprovechable y el total del agua disponible (RAM/TAM); es de hecho una función de la demanda evapotranspiratoria, suelo, tipo de cultivo y fase de desarrollo. Este factor puede ser corregido en función de la demanda evapotranspirativa.

- **Suelo**

Los valores necesarios para iniciar los cálculos son los niveles de humedad en base a volumen tanto de capacidad de campo como punto de marchitez permanente en porcentaje, también es necesario la tasa de infiltración básica en mm/día.

6.1.2. Criterios de programación

El CROPWAT hace uso de dos criterios para realizar la programación:

- ***Criterio de oportunidad***

El criterio de oportunidad posee cinco opciones:

1. Intervalo fijo.
2. Agotamiento a cierta cantidad permisible.
3. Permitiendo un stress diario.
4. Permitiendo cierta reducción del rendimiento.
5. Permitiendo que cierta fracción del agua fácilmente disponible se agote.

- ***Criterio de profundidad***

Las opciones dentro del criterio de profundidad son:

1. Riego hasta capacidad de campo.
2. Dándole una lámina fija.

El modelo también posee la opción de una programación definida por el usuario, es decir en forma manual y una de agricultura bajo lluvia solamente.

6.1.3. Resultados

Los resultados de la programación pueden ser expresados a nivel diario, decario, mensual, por período de crecimiento o por etapa de sensibilidad. Estos datos de programación son presentados en cinco niveles, los cuales se presentan a continuación.

6.1.4. Balance de agua en el suelo

El modelo de simulación los estructura en tres partes:

1. En la primera parte presenta los valores de E_{to} , E_{crop} , K_c , E_{tact} , E_{ta}/E_{tm} y las precipitaciones ocurridas durante el ciclo.
2. En la segunda parte se tiene la escorrentía, la profundidad de la lámina a aplicar, el número de riego, la lámina a drenar y la profundidad radical.
3. En la tercera se presentan los resultados del total de agua disponible (TAM), el agua fácilmente disponible (RAM), el factor de agotamiento (p), las láminas al inicio y al final del intervalo de cálculo.

6.1.5. Agotamiento de la zona radical

Usando las láminas producto del riego aplicado y de las precipitaciones ocurridas, se realiza un balance con el total de agua disponible (TAM) y el agua fácilmente disponible (RAM), y se determina la lámina inicial para cada período y la lámina final.

6.1.6. Efecto sobre el rendimiento

Con base en la relación E_t/E_{tm} y al factor de respuesta al rendimiento K_y de cada período se estima el rendimiento relativo para cada uno de los períodos considerados.

6.1.7. Láminas e intervalo de riego

Esto viene determinado por el modelo e indica la profundidad del riego a aplicar y el intervalo en días entre un riego y otro.

6.1.8. Balance de agua en el suelo

La planificación de los diferentes planes de riego está basada en un modelo de balance de agua donde el status de humedad del suelo en la zona de raíces es determinado sobre una base mensual, tomando en cuenta la evapotranspiración del cultivo y la precipitación o el riego.

El balance de agua usado en este modelo puede ser expresado por:

$$SMC_{di} = SM_{di-1} + Et - (dr - Pp) - (Pt - Pdp - Pes) \quad (6.2)$$

Donde:

- SMC_{di} El agotamiento de la humedad del suelo en la zona de raíces para un día dado, expresado como un agotamiento desde capacidad de campo.
- Et La evapotranspiración real del cultivo para el día i, determinado por la etapa del cultivo, tipo de cultivo y status de humedad del suelo.
- dr La lámina de riego
- Pp La lámina de riego perdida por percolación profunda
- Pt La precipitación total
- Pdp La pérdida de lluvia debido a percolación debajo de la zona de raíces.
- Pes La lluvia perdida por escorrentía superficial, la cual es determinada por la intensidad de precipitación y las características del suelo.

La utilización del modelo aplicado requiere suministrarle información relativa a la ubicación geográfica y a las características físicas de la zona en estudio, referentes a clima, cultivo y suelo.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia, Eto, se procesaron los datos diarios registrados por la estación climatológica ubicada en Caño Negro a una altitud de 151 metros sobre el nivel del mar. Estos datos fueron: precipitación, temperatura máxima y mínima.

Con la finalidad de conocer el comportamiento de los factores climáticos, a ser utilizados en el CROPWAT, se realizó un análisis de frecuencia para una probabilidad establecida, ya que los valores mensuales de estos factores tienen una gran variabilidad en los años de registro y los valores promedios no reflejan las condiciones existentes.

El cálculo de la precipitación mensual se realizó ajustando los datos mensuales a una distribución normal, calculándose la lluvia confiable para una probabilidad del 80% de ocurrencia, utilizando el modelo desarrollado por Duque (2002), el cual realiza un análisis de frecuencia teórica con base en diversas distribuciones que consideran aspectos de índole estadístico.

El período analizado de la estación Puente Escalante fue desde 1961 hasta el 1998. A estos valores de precipitación se le calculó la lluvia efectiva mediante la metodología de Servicio de Conservación de los Estados Unidos, USDA, (1971), con las siguientes ecuaciones:

$$Pe = Pt / (125 - 0,2 Pt / 125) \quad \text{para } Pt < 250 \text{ mm} \quad (6.3)$$

$$Pe = 125 + 0,1 Pt \quad \text{para } Pt > 250 \text{ mm} \quad (6.4)$$

Donde:

Pe La precipitación efectiva (mm)

Pt La precipitación total (mm)

Los resultados del análisis de probabilidades para una distribución normal de las lluvias se presentan en la Figura 6.2. En la Tabla 6.2 y en la Figura 6.3 se presentan los datos de precipitación total y precipitación efectiva para la estación considerada.

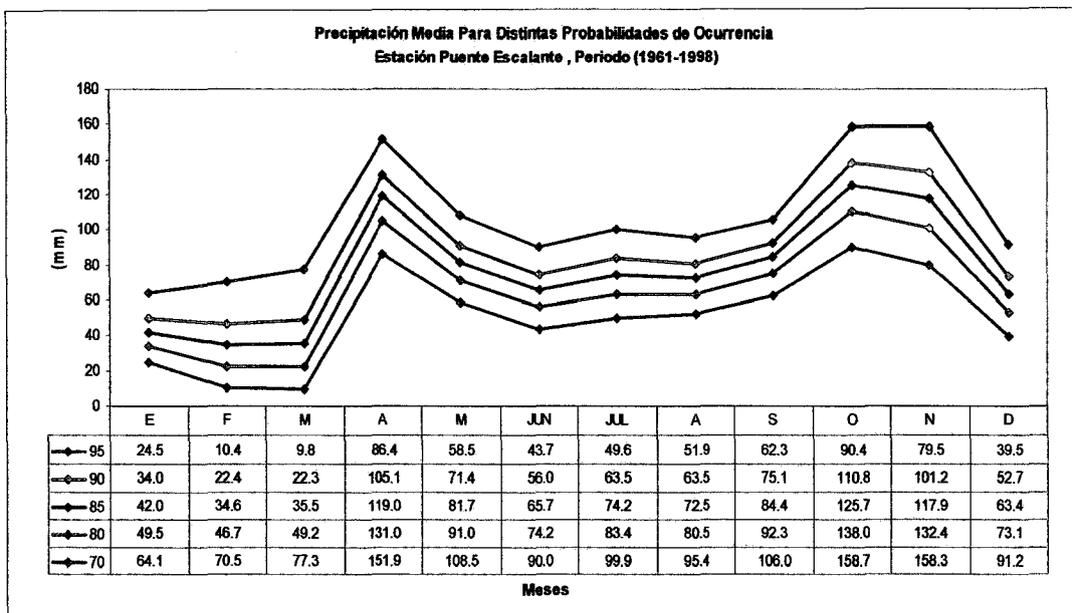


Figura 6.2. Resultado del análisis de frecuencia de la precipitación

Tabla 6.2. Precipitación total confiable con un 80% de probabilidad y precipitación efectiva, estación Puesto Escalante

Monthly Rainfall Data

	<u>Total</u>	<u>Effective</u>	
January	49.5	45.6	(mm/month)
February	46.7	43.2	(mm/month)
March	49.2	45.3	(mm/month)
April	131.0	103.5	(mm/month)
May	91.0	77.8	(mm/month)
June	74.2	65.4	(mm/month)
July	83.4	72.3	(mm/month)
August	80.5	70.1	(mm/month)
September	92.3	78.7	(mm/month)
October	138.0	107.5	(mm/month)
November	132.4	104.4	(mm/month)
December	73.1	64.6	(mm/month)
Total	1041.30	878.40	

OK

Cancel

Retrieve...

Save...

Report...

Clear

Clear All...

Effective

Total And Effective Rainfall Graph

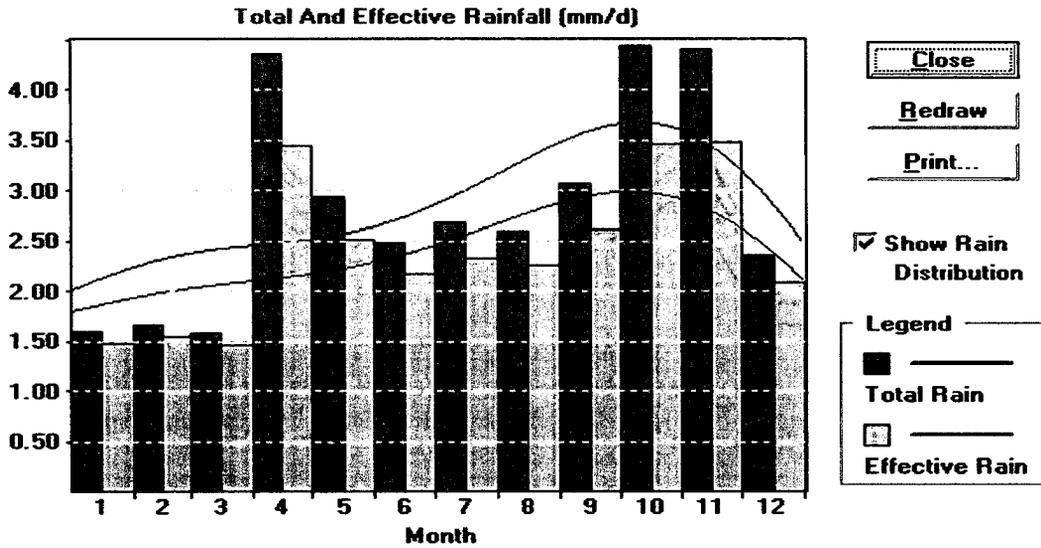


Figura 6.3. Precipitación total confiable con un 80% de probabilidad y precipitación efectiva, estación Puente Escalante

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) se calculó a partir de los datos climáticos mensuales, el programa los realizó de acuerdo al método de Penman Monteith, en la Tabla 6.3, y en la Figura 6.4, se presentan los resultados mensuales.

Tabla 6.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia, Estación Puente Escalante

January	4.10	(mm/day)	OK
February	4.40	(mm/day)	Cancel
March	4.70	(mm/day)	Retrieve...
April	4.90	(mm/day)	Save...
May	5.00	(mm/day)	Report...
June	4.90	(mm/day)	Clear
July	5.10	(mm/day)	Clear All...
August	5.40	(mm/day)	
September	5.40	(mm/day)	
October	4.70	(mm/day)	
November	4.20	(mm/day)	
December	4.00	(mm/day)	

Climate Data Graph

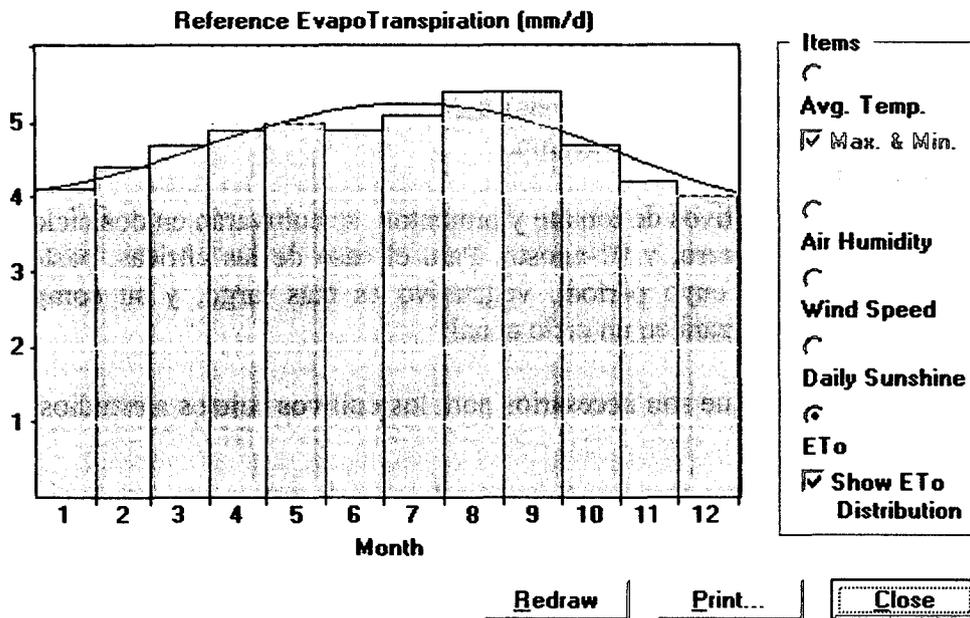


Figura 6.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia, Estación Puente Escalante

Las variables características de la cobertura vegetal, de las condiciones del suelo y de los niveles de humedad edáfica, modifican la evapotranspiración definida como del cultivo de referencia, E_{to} , que incluye aspectos de orden físico que dependen del clima.

Para tener en cuenta los aspectos de las características del cultivo sobre las necesidades de agua, se consideran unos coeficientes K_c , con la finalidad de relacionar la E_{to} , con la evapotranspiración del cultivo E_t .

El coeficiente K_c y su variación a lo largo del ciclo vegetativo, es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia que en él tiene el ambiente edáfico en cuanto al volumen de suelo que exploran las raíces y de la disponibilidad de nutrientes, agua y aire.

El valor de la evapotranspiración real, E_t , para un período puede expresarse como:

$$E_t = K_c E_{to} \tag{6.5}$$

6.2. PROGRAMACIÓN E INFORMACIÓN DE LOS CULTIVOS

El área de estudio presenta una serie de cultivos ya establecidos. La programación de las siembras se realizó de acuerdo con la información suministrada por los productores, así como por la situación de los mercados para determinadas épocas del año, en la que las condiciones son más favorables en cuanto al valor de la producción.

Se asumió que los cultivos de tomate y pimentón se cultivarán en dos ciclos al año y con fechas de siembra de 01-febrero, y 01-agosto. Para el caso de las cítricas, pastos, guanábana, aguacate, cacao y parchita, cuyo período vegetativo es más largo, y su comportamiento es perenne la evaluación se realizará en un ciclo anual.

Los diferentes datos que son necesarios para los cultivos sujetos a estudios se especifican a continuación:

6.2.1. Datos de Cultivos

Los datos de cultivos necesarios para la determinación de las necesidades hídricas son:

- Coeficiente del cultivo (K_c).
- Factor de reducción del rendimiento (K_y).
- Factor de agotamiento del agua del suelo.
- Profundidad radical.
- Etapas de crecimiento.
- Etapas de sensibilidad.

A continuación se explica lo referente a los datos de los cultivos necesarios para el cálculo de las demandas de riego.

• *Coeficiente del cultivo (K_c)*

El coeficiente K_c y su variación a lo largo del ciclo vegetativo, es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia que en ella tiene en el ambiente edáfico en cuanto al volumen de suelo que exploran las raíces y la disponibilidad de nutrientes, agua y aire.

El procedimiento de la FAO (Doorembos y Kassan, 1979), está basado en una extensa información experimental, que permite obtener el K_c para cada fase de crecimiento del ciclo vegetativo en una gran diversidad de cultivos.

Las cinco fases del ciclo del cultivo se definen así:

- **Inicial:** desde la germinación hasta el 10% de cobertura del terreno.
- **Desarrollo:** del 10% al 80% de cobertura del terreno.
- **Mediados del período:** del 80% de cobertura del terreno hasta el comienzo de la maduración.
- **Finales del período:** desde el comienzo de la maduración hasta la recolección.
- **Recolección:** todo el período de recolección.

En la Tabla 6.4, se presentan los valores de K_c para diferentes cultivos y diferentes etapas de crecimiento.

Tabla 6.4. Coeficiente de cultivo (k_c), según Doorembos y Pruitt (1976)

CULTIVOS	FASES DE DESARROLLO DEL CULTIVO					
	Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados del período	Finales del período	Recolección	Período vegetativo total
Banana						
Tropical	0,40-0,50	0,70-0,85	1,00,1,10	0,90-1,00	0,90-1,00	0,70-0,80
Subtropical	0,50-0,65	0,80-0,90	1,00-1,20	1,00-1,15	1,00-1,15	0,85-0,95
Frijol						
Verde	0,30-0,40	0,65-0,75	0,95-1,05	0,90-0,95	0,85-0,95	0,85-0,90
Seco	0,30-0,40	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,75	0,25-0,30	0,70-0,80
Col	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,10	0,90-1,00	0,80-0,95	0,70-0,80
Algodón	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,90	0,65-0,70	0,80-0,90
Vid	0,35-0,55	0,60-0,80	0,70-0,90	0,60-0,80	0,55-0,70	0,55-0,75
Cacahuete	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,10	0,75-0,85	0,55-0,60	0,75-0,80
Maíz						
Dulce	0,30-0,50	0,70-0,90	1,05,1,20	1,00-1,15	0,95-1,10	0,80-0,95
Grano	0,30-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	0,80-0,95	0,55-0,60	0,75-0,90
Cebolla						
Seca	0,40-0,60	0,70-0,80	0,95-1,10	0,85-0,90	0,75-0,85	0,80-0,90
Verde	0,40-0,60	0,60-0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,80
Guisante fresco	0,40-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	1,00-1,15	0,95-1,10	0,80-0,95
Pimentón fresco	0,30-0,40	0,60-0,75	0,95-1,10	0,85-1,00	0,80-0,90	0,70-0,80
Papas	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,20	0,85-0,95	0,70-0,75	0,75-0,90
Arroz	1,10-1,50	1,10-1,50	1,10-1,30	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,20
Cártamo	0,30-0,40	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,70	0,20-0,25	0,65-0,70
Sorgo	0,30-0,40	0,70-0,75	1,00-1,15	0,75-0,80	0,50-0,55	0,75-0,85
Soja	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,15	0,70-0,80	0,40-0,50	0,75-0,90
Remolacha azúcar	0,40-0,50	0,75-0,85	1,05-1,20	0,90-1,00	0,60-0,70	0,80-0,90
Caña de azúcar	0,40-0,50	0,70-1,00	1,00-1,30	0,75-0,80	0,50-0,60	0,85-1,05
Girasol	0,30-0,40	0,70-0,80	1,05-1,20	0,70-0,80	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabaco	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,20	0,90-1,00	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,95	0,60-0,65	0,75-0,90
Sandía	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,05	0,80-0,90	0,65-0,75	0,75-0,85
Trigo	0,30-0,40	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,75	0,20-0,25	0,80-0,90
Alfalfa	0,30-0,40				1,05-1,20	0,85-1,05
Cítricos						
Desyerbe total sin control de malezas						0,65-0,75
						0,85-0,90
						0,40-0,60

En cuanto a la duración de las diferentes etapas de crecimiento para los cultivos, éstas se ajustaron de acuerdo a la duración del ciclo vegetativo en la zona de estudio.

• **Factor de efecto sobre el rendimiento (ky)**

El efecto del déficit hídrico sobre el rendimiento se basa en un abundante número de evidencias experimentales que muestran la relación que existe entre la producción máxima de los cultivos, Y_m , y la evapotranspiración máxima, E_{tm} . Según lo expresado por Grassi (1998) el agua por ser un recurso escaso, los cultivos frecuentemente se ven sometidos a restricciones, no sólo en cantidad de agua, sino también en oportunidad del riego, en cuyo caso se obtiene la relación entre la producción real, Y , y la evapotranspiración real, E_t .

La representación de los valores relativos Y/Y_m vs E_t/E_{tm} se acostumbra hacerla como la disminución del rendimiento relativo ($1-Y/Y_m$), en función del déficit de evapotranspiración relativa ($1-E_t/E_{tm}$). El parámetro K_y se expresa como una fracción, y su valor ($K_y = 1$, $K_y < 1$ ó $K_y > 1$), tiene una gran importancia práctica. En efecto $K_y < 1$ significa una menor disminución del rendimiento relativo para un determinado déficit de evapotranspiración relativa, mientras un $K_y > 1$ significa una mayor incidencia de dicho déficit en la producción, Grassi (1988).

En la Tabla 6.5, se presenta valores de K_y para diferentes cultivos y etapas de sensibilidad al déficit hídrico.

Tabla 6.5. Factor del efecto sobre el rendimiento (K_y). Según Doorembos y Kassan (1979)

Cultivos	Período vegetativo (1)			Período de florac. (2)	Formac. de la cosecha (3)	Maduración (4)	Período vegetativo total
	Inicial (1a)	Final (1b)	Total				
Alfalfa			0,7-1,1				0,7-1,10
Banana							1,2-1,35
Frijol			0,20	1,10	0,75	0,20	1,15
Col	0,20				0,45	0,60	0,95
Cítricos							0,8-1,10
Algodón			0,20	0,50		0,25	0,85
Vid							0,85
Maní			0,20	0,80	0,60	0,20	0,70
Maíz			0,40	1,50	0,50	0,20	1,25
Cebolla			0,45		0,80	0,30	1,10
Guisante	0,20			0,90	0,70	0,20	1,15
Pimentero							1,10
Papa	0,45	0,80			0,70	0,20	1,10
Cártamo		0,30		0,55	0,60		0,80
Sorgo			0,20	0,55	0,45	0,20	0,90
Soja			0,20	0,80	1,00		0,85
Remolacha az.							0,6-1,00
Remolacha							
Azúcar							0,7-1,10
Caña de azúcar			0,75		0,50	0,1	1,20
Girasol	0,25	0,50		1,00	0,80		0,95
Tabaco	0,20	1,00			0,50		0,90
Tomate			0,40	1,10	0,80	0,40	1,05
Sandía		0,70		0,80	0,80	0,30	1,10
Trigo	0,45						
invierno			0,20	0,60	0,50		1,00
primavera			0,20	0,65	0,55		1,15

- **Factor de agotamiento del agua en el suelo (p)**

Este factor se refiere a la relación entre el agua fácilmente disponible (RAM), y el total de agua disponible (TAM). La relación establece la fracción del TAM que es fácilmente disponible y por lo tanto puede ser usada de manera de mantener la tasa de transpiración. Algunos cultivos, tales como muchas hortalizas, continuamente necesitan suelos relativamente húmedos para mantener la tasa de evapotranspiración real del cultivo (E_t) igual a la tasa de evapotranspiración potencial. TAM es la diferencia entre la humedad a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente; para el caso de la estimación de demandas de riego de los cultivos del sistema de riego Pueblo Nuevo se asumió de $p = 0,40$.

En las Figuras 6.5 a 6.12 se presentan las curvas únicas ajustables que relacionan los coeficientes culturales K_c , de rendimiento K_y con las respectivas etapas de desarrollo del los cultivos.

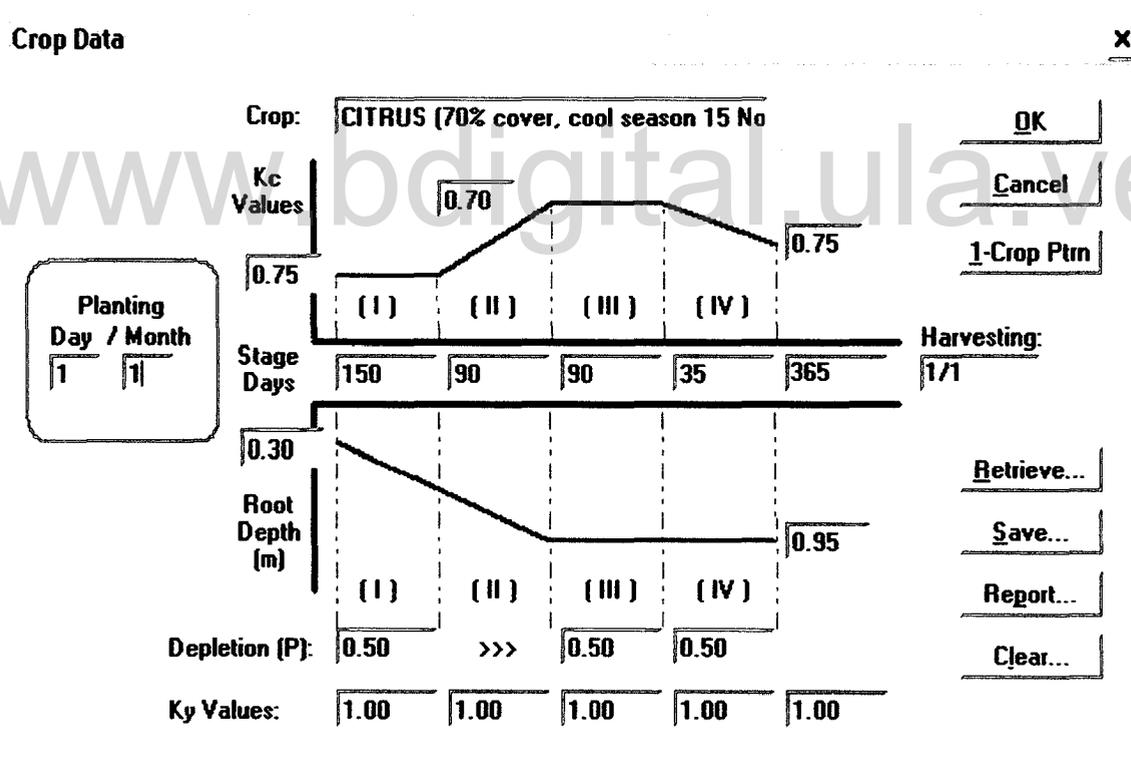


Figura 6.5. Curva única del cultivo de Cítricos

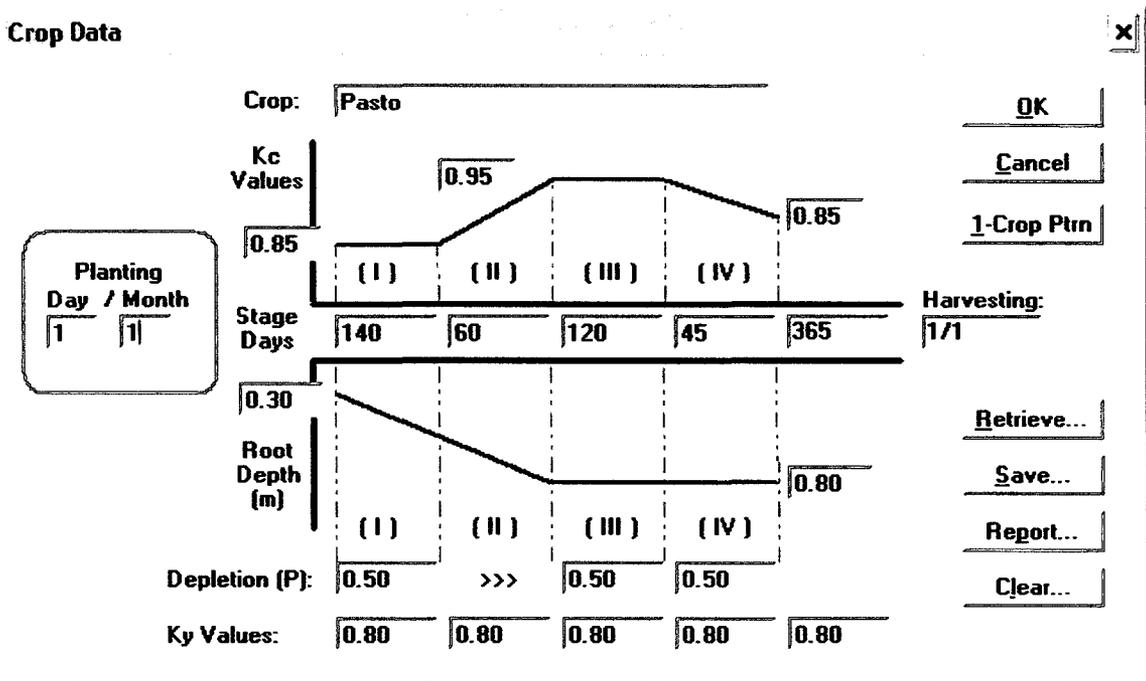


Figura 6.6. Curva única del cultivo de Pastos

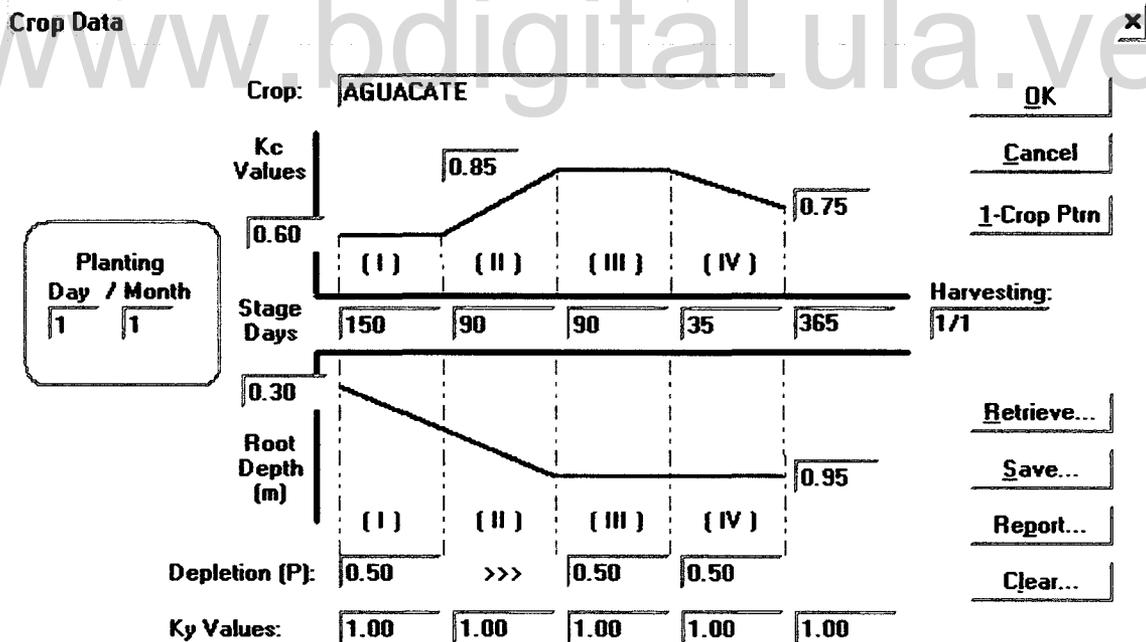


Figura 6.7. Curva única del cultivo de Aguacate

Crop Data

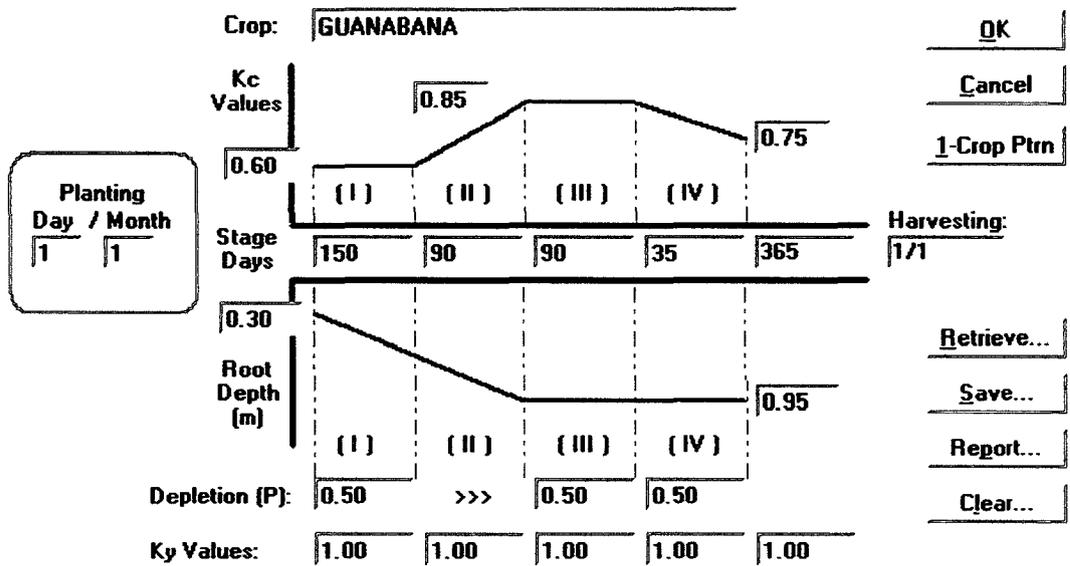


Figura 6.8. Curva única del cultivo de Guanábana

Crop Data

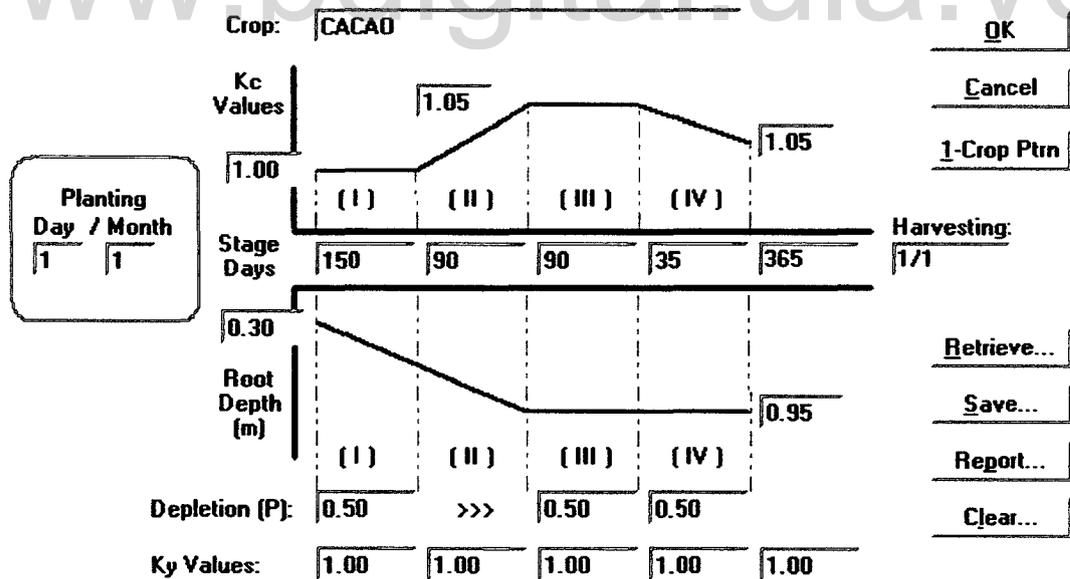


Figura 6.9. Curva única del cultivo de Cacao

Crop Data

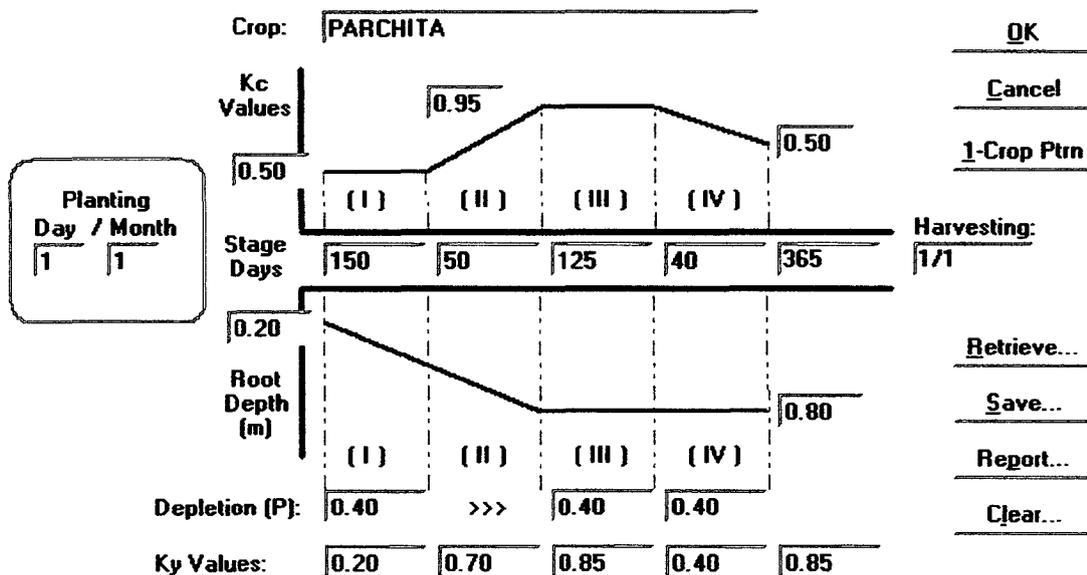


Figura 6.10. Curva única del cultivo de Parchita

Crop Data

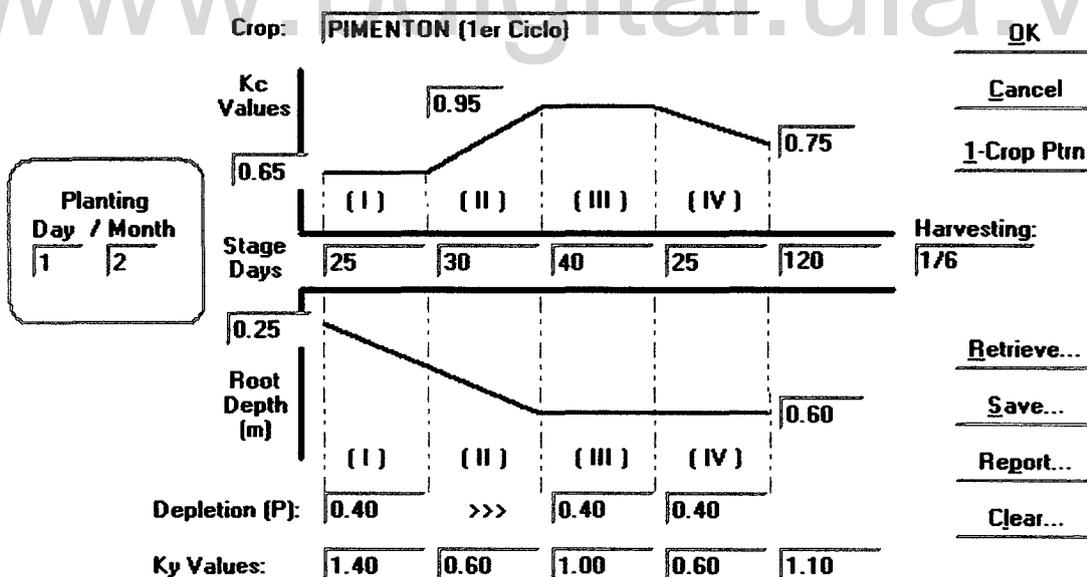


Figura 6.11. Curva única del cultivo de Pimentón

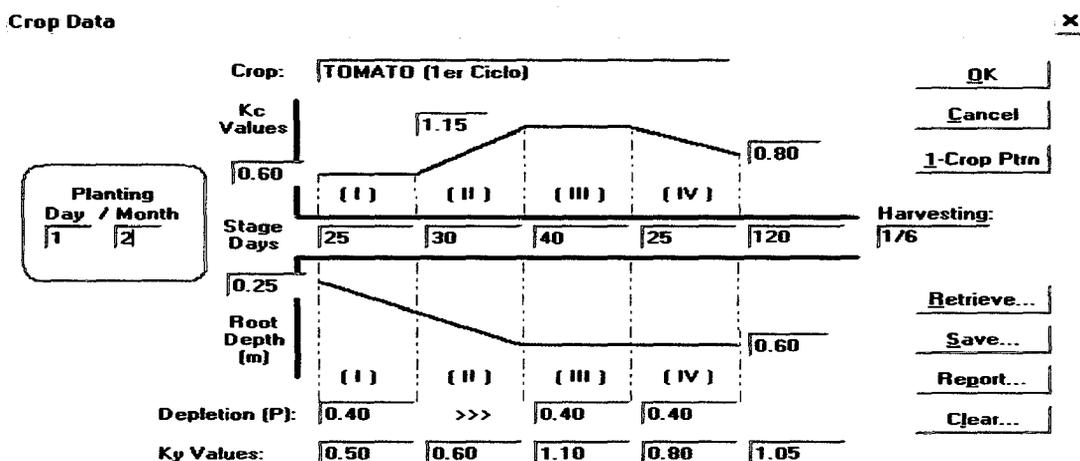


Figura 6.12. Curva única del cultivo de Tomate

Las características de suelo fueron consideradas con base en estudio de suelo en que se establece un suelo franco-arcillo-arenoso, cuyas características son:

Capacidad de campo (CC) = 28 %
 Punto de marchitez permanente (PMP) = 15,5%
 Densidad aparente = 1,45 gr/cm³
 Infiltración Básica = 0,8 cm/h

6.3. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE RIEGO A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO CROPWAT

El cálculo de las demandas de riego de cada uno de los cultivos considerados, se realizó a través de esta herramienta de computación que permite en forma rápida, precisa y sistemática realizar determinaciones para diferentes condiciones de manejo.

Para la aplicación del modelo se establecieron una serie de supuestos, determinados según consideraciones técnicas, la información recopilada en la zona de estudio, así como la experiencia y el componente práctico. Estos supuestos fueron:

- La humedad inicial del suelo se estableció en un 100 %.
- El valor p se asumió en un 40%.
- El criterio de oportunidad y profundidad en la aplicación de la lámina de riego, se supone cuando se halla agotado el cien por ciento del agua fácilmente disponible (RAM), regándose hasta llevar la humedad del suelo a capacidad de campo. Este riego se considera un riego óptimo ya que se aplica el agua de acuerdo a las necesidades que se presenta tanto en el momento oportuno, es decir “cuando se va a regar”, así como en la cantidad requerida “Cuanto se va a aplicar”.

- No se prevé disminución de la producción por restricciones de agua, ni manejo del riego en déficit. Toda el agua que necesite el cultivo la tendrá disponible.

La Tabla 6.6 y la Figura 6.13 muestran los resultados de demanda de riego mensual para una eficiencia de riego de 90 %, en vista que en la zona se implementará un sistema de riego tecnificado que optimiza el uso del recurso agua. Asimismo la Tabla 6.7 y la Figura 6.14 presentan el mismo parámetro pero a una escala diaria para los distintos cultivos.

Tabla 6.6. Resumen de las demandas de riego a nivel mensual (mm) para los cultivos considerados para una eficiencia de riego del 90%

Meses	Días	Cítricos	Pasto	Tomate	Pimentón	Cacao	Aguacate	Parchita	Guanábana	Total
Enero	31	43,2	57,4	0,0	0,0	79,0	21,6	7,3	21,6	261,0
Febrero	28	39,5	53,0	19,8	26,3	73,2	19,2	5,7	19,2	283,7
Marzo	31	46,8	62,6	77,6	60,7	86,2	23,2	7,4	23,2	418,9
Abril	30	49,4	65,5	113,7	81,6	89,6	25,2	9,1	25,2	489,4
Mayo	31	53,6	71,6	97,4	73,7	97,1	27,5	10,2	27,5	489,7
Junio	30	49,3	75,9	0,0	0,0	95,8	32,9	33,4	32,9	350,1
Julio	31	42,3	81,5	0,0	0,0	97,0	43,5	74,2	43,5	413,1
Agosto	31	30,1	73,5	13,2	21,1	90,1	49,6	73,5	49,6	431,6
Septiembre	30	18,4	60,0	65,0	44,5	76,7	43,4	60,0	43,4	441,4
Octubre	31	11,9	52,7	85,4	52,7	69,0	36,4	52,7	36,4	428,1
Noviembre	30	10,8	46,6	49,9	31,8	62,5	32,8	45,3	32,8	342,5
Diciembre	31	22,9	45,1	0,0	0,0	69,0	32,2	14,7	32,2	247,0

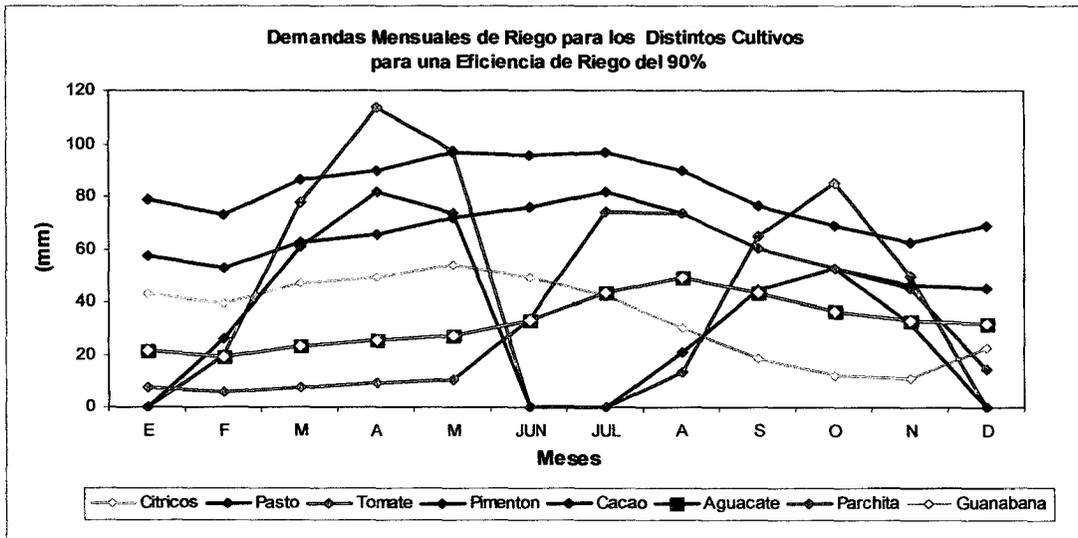


Figura 6.13. Demandas de riego mensuales para los cultivos considerados

Tabla 6.7. Resumen de las demandas de riego a nivel diario (mm) para los cultivos considerados, para una eficiencia de riego del 90%

Meses	Días	Cítricos	Pasto	Tomate	Pimentón	Cacao	Aguacate	Parchita	Guanábana	Total
Enero	31	1,4	1,9	0,0	0,0	2,5	0,7	0,2	0,7	7,4
Febrero	28	1,4	1,9	0,7	0,9	2,6	0,7	0,2	0,7	9,1
Marzo	31	1,5	2,0	2,5	2,0	2,8	0,7	0,2	0,7	12,5
Abril	30	1,6	2,2	3,8	2,7	3,0	0,8	0,3	0,8	15,3
Mayo	31	1,7	2,3	3,1	2,4	3,1	0,9	0,3	0,9	14,8
Junio	30	1,6	2,5	0,0	0,0	3,2	1,1	1,1	1,1	10,7
Julio	31	1,4	2,6	0,0	0,0	3,1	1,4	2,4	1,4	12,3
Agosto	31	1,0	2,4	0,4	0,7	2,9	1,6	2,4	1,6	12,9
Septiembre	30	0,6	2,0	2,2	1,5	2,6	1,4	2,0	1,4	13,7
Octubre	31	0,4	1,7	2,8	1,7	2,2	1,2	1,7	1,2	12,8
Noviembre	30	0,4	1,6	1,7	1,1	2,1	1,1	1,5	1,1	10,4
Diciembre	31	0,7	1,5	0,0	0,0	2,2	1,0	0,5	1,0	7,0

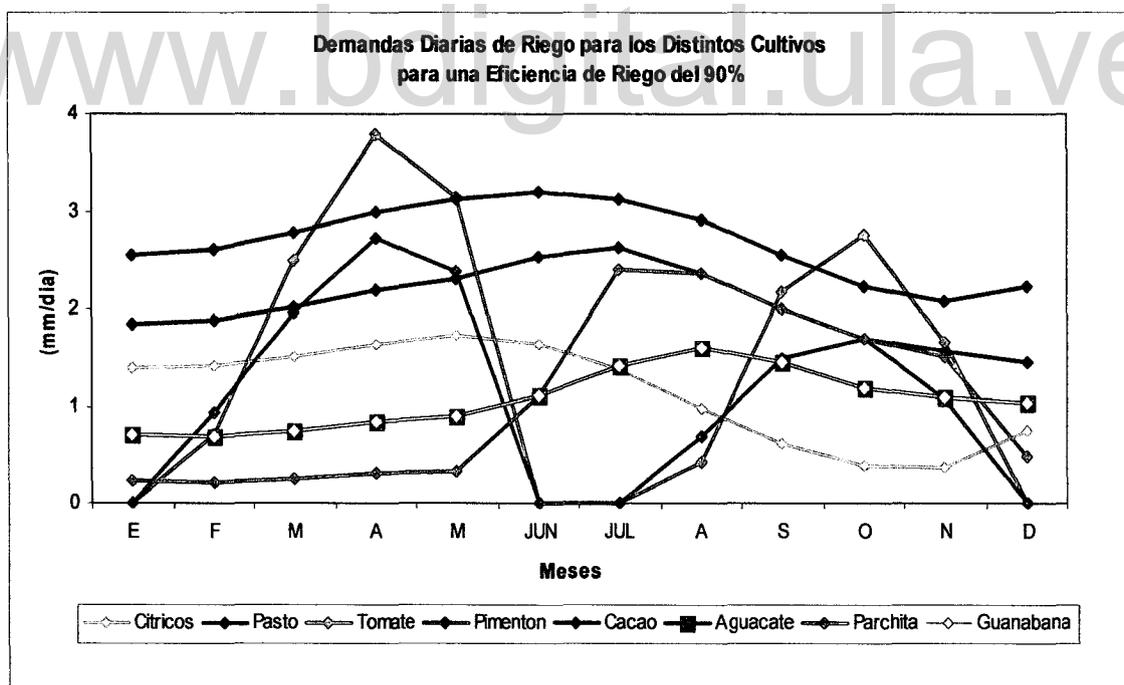


Figura 6.14. Demandas de riego diarias para los cultivos considerados

6.3.1. Cálculo del Caudal Módulo

Con el fin de sintetizar los procedimientos de cálculo de la demanda de riego para el área, y de ésta forma compatibilizar dichas unidades con las disponibilidades de agua, se estimó esta demanda de riego por unidad de superficie, como caudal módulo en l/s/ha. Este cálculo se basó en los resultados dados por el modelo CROPWAT. Las estimaciones se realizaron para los ocho cultivos considerados: cítricos, pasto, guanábana, aguacate, cacao, parchita, tomate y pimentón.

La ecuación para transformar dichas demandas, de mm, a l/s/ha es:

$$Demanda (l / s / ha) = \frac{Nr}{8,64 NDEf} \quad (6.6)$$

Donde:

- Nr La necesidades mensuales de riego en mm.
- ND El número de días del período considerado
- Ef La eficiencia de riego

En la Tabla 6.8 y Figura 6.15 se presentan las demandas mensuales en l/s/ha respectivamente, para los diferentes cultivos.

Tabla 6.8. Caudal módulo en l/s/ha para los diferentes cultivos para 12 h de operación

Meses	Cítricos	Pasto	Tomate	Pimentón	Cacao	Aguacate	Parchita	Guanábana
Enero	0,32	0,43	0,00	0,00	0,59	0,16	0,05	0,16
Febrero	0,33	0,44	0,16	0,22	0,60	0,16	0,05	0,16
Marzo	0,35	0,47	0,58	0,45	0,64	0,17	0,06	0,17
Abril	0,38	0,51	0,88	0,63	0,69	0,19	0,07	0,19
Mayo	0,40	0,53	0,73	0,55	0,73	0,21	0,08	0,21
Junio	0,38	0,59	0,00	0,00	0,74	0,25	0,26	0,25
Julio	0,32	0,61	0,00	0,00	0,72	0,33	0,55	0,33
Agosto	0,22	0,55	0,10	0,16	0,67	0,37	0,55	0,37
Septiembre	0,14	0,46	0,50	0,34	0,59	0,33	0,46	0,33
Octubre	0,09	0,39	0,64	0,39	0,52	0,27	0,39	0,27
Noviembre	0,08	0,36	0,39	0,25	0,48	0,25	0,35	0,25
Diciembre	0,17	0,34	0,00	0,00	0,52	0,24	0,11	0,24

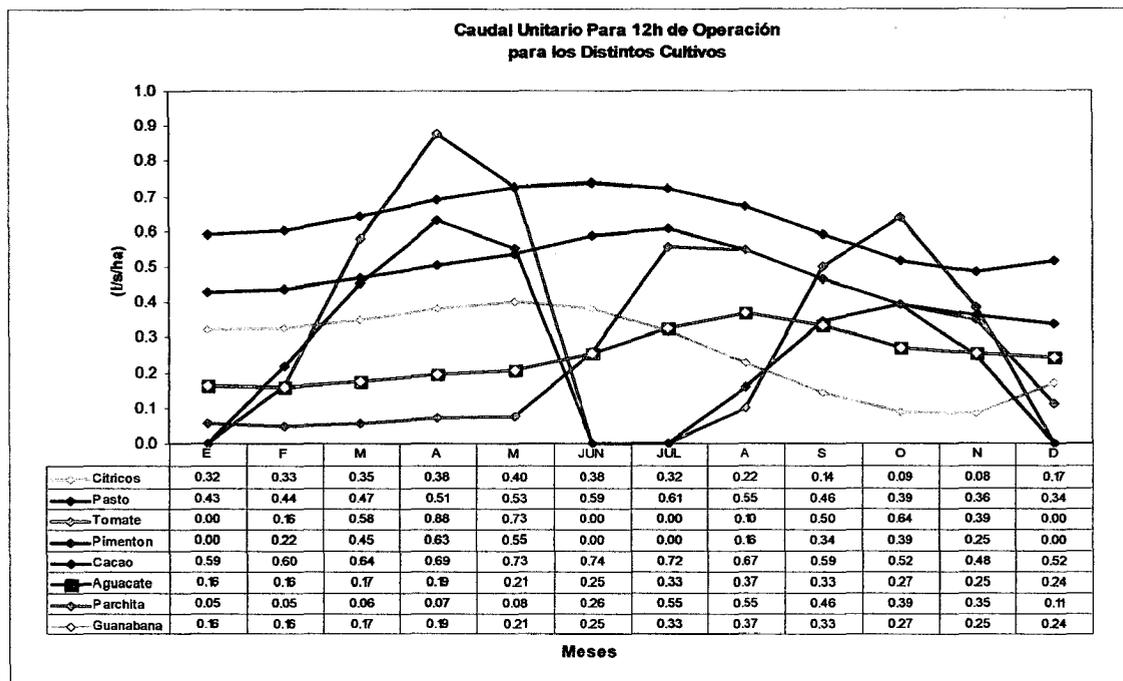


Figura 6.15. Caudal módulo en l/s/ha para cada uno de los cultivos considerados

6.3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al observar los resultados se puede concluir que la máxima demanda se presenta en los meses de Abril y Junio con una demanda de riego de 3,8 mm/día, representando un caudal módulo de 0,88 l/s/ha, esto se debe fundamentalmente al hecho de que es en estos meses que la zona presenta mayor evapotranspiración, basada en que las condiciones de clima en estas dos épocas del año, se favorecen las altas tasas evapotranspirativas, y los cultivos están en el máximo desarrollo vegetativo y por ende en el máximo consumo hídrico.

Para fines de este estudio se realizó un balance del agotamiento del agua en el suelo en donde se ilustró el comportamiento de la humedad y consumo de agua para cada cultivo a lo largo de los ciclos de siembra, durante el año, que para el caso del tomate y pimentón, fueron dos periodos al año.

En esta parte se evaluó el consumo hídrico, desde el momento de la siembra hasta la cosecha, en donde se evidencia como el suelo va perdiendo humedad desde capacidad de campo hasta llegar a un porcentaje del total de agua aprovechable (TAM), esta fracción del agua que es consumida por los cultivos es lo que se denomina agua fácilmente aprovechable (RAM). Este procedimiento de optimización del agua garantiza que el cultivo no va sufrir un estrés hídrico y por lo tanto los niveles de producción no se verán afectados por falta de agua.

En las Figuras 6.16 a 6.23 se ilustra el comportamiento de la humedad en el suelo con base en el ciclo vegetativo de los cultivos.

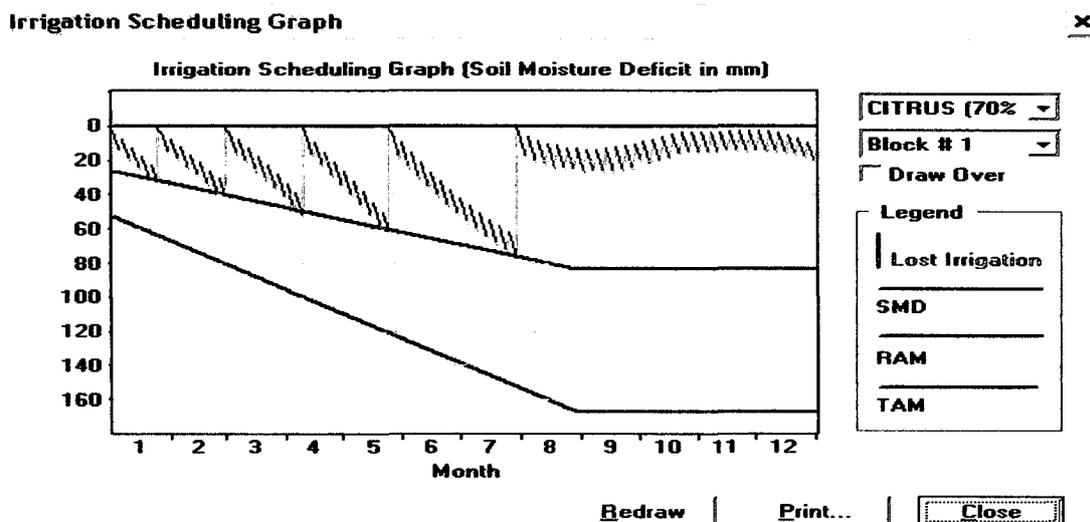


Figura 6.16. Comportamiento de la humedad en el suelo para los Cítricos

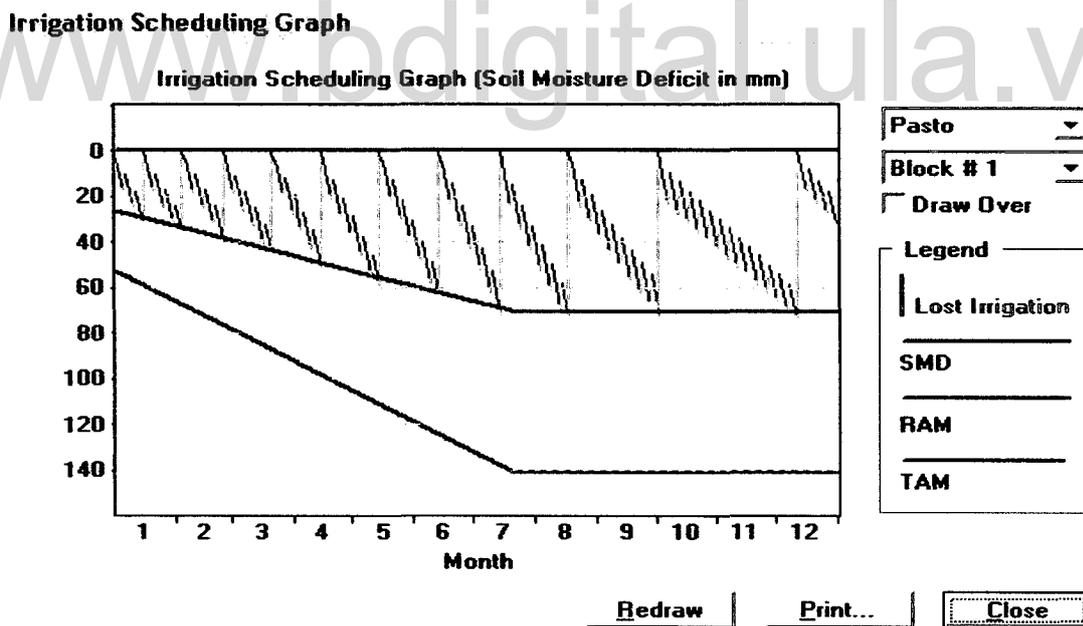


Figura 6.17. Comportamiento de la humedad en el suelo para el Pasto

Irrigation Scheduling Graph

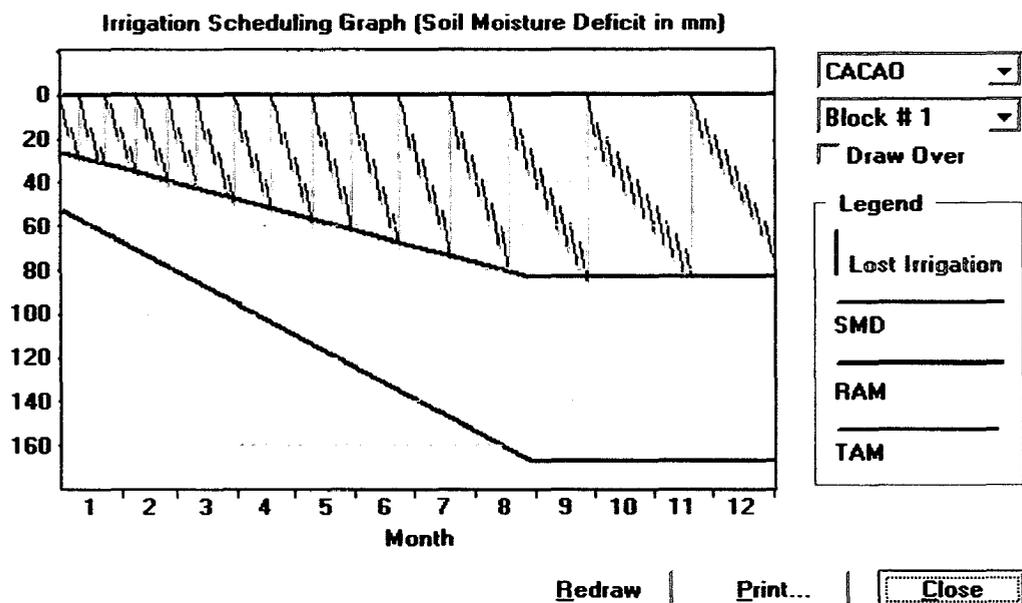


Figura 6.18. Comportamiento de la humedad en el suelo para el Cacao

Irrigation Scheduling Graph

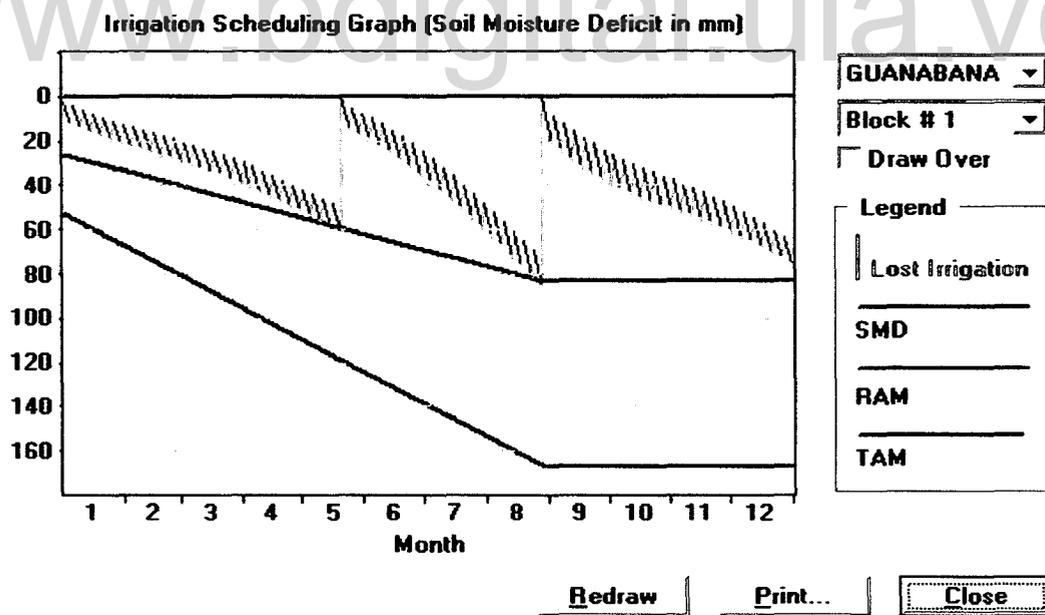


Figura 6.19. Comportamiento de la humedad en el suelo para la Guanábana

Irrigation Scheduling Graph

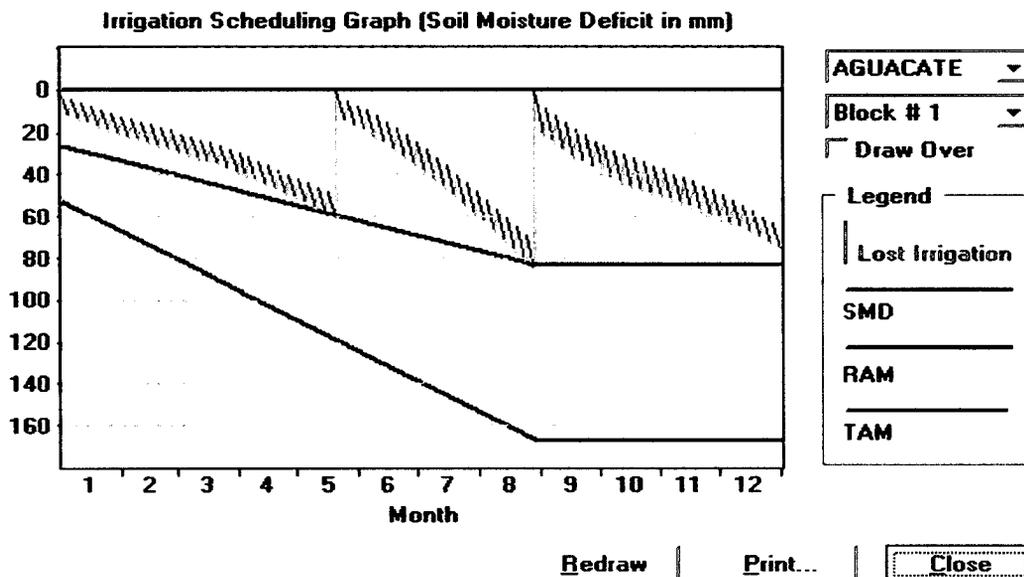


Figura 6.20. Comportamiento de la humedad en el suelo para el Aguacate

Irrigation Scheduling Graph

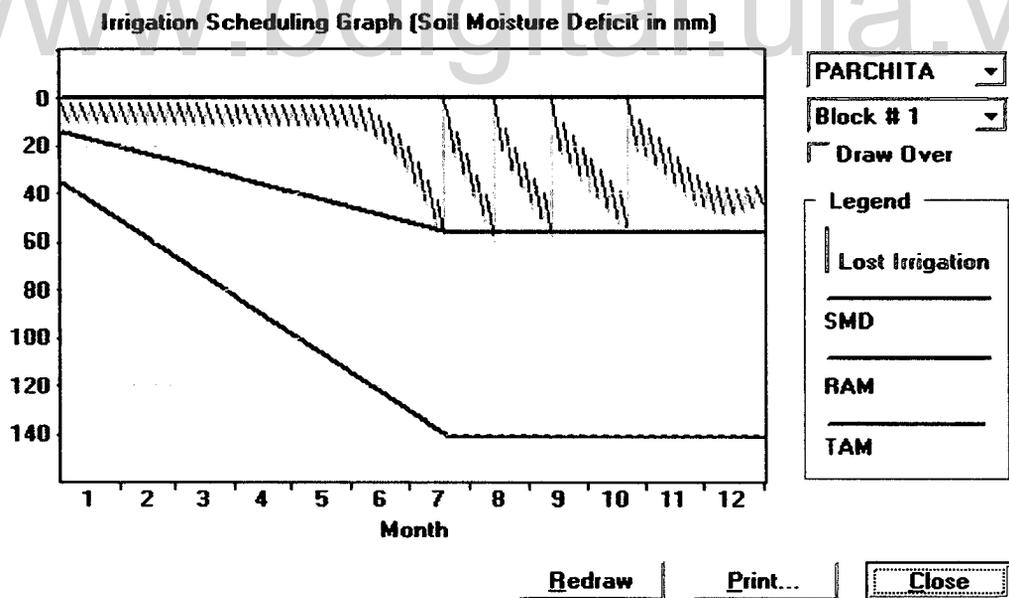


Figura 6.21. Comportamiento de la humedad en el suelo para la Parchita

Irrigation Scheduling Graph

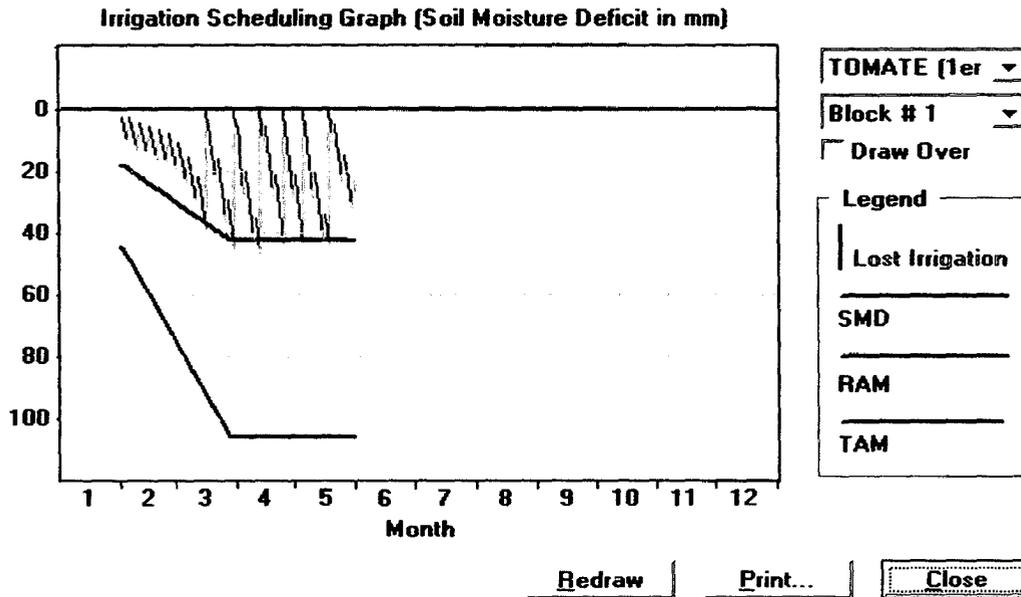


Figura 6.22. Comportamiento de la humedad en el suelo para el Tomate 1er. Ciclo

Irrigation Scheduling Graph

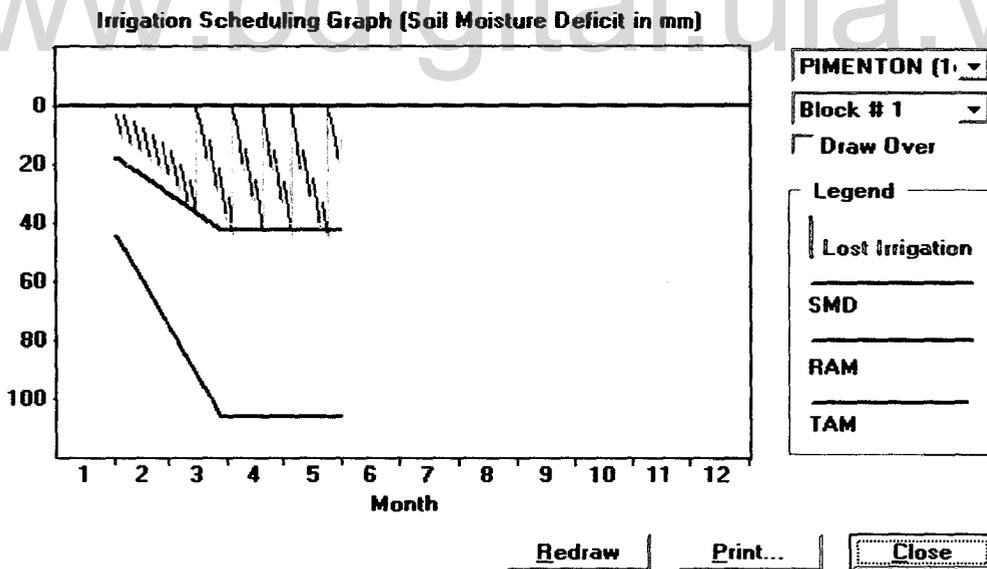


Figura 6.23. Comportamiento de la humedad en el suelo para el Pimentón 1er. ciclo

Para realizar el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos a ser regados en el área de estudio, se emplearon los datos mensuales de la evapotranspiración de referencia (Eto) y de las precipitaciones calculadas anteriormente. De esta manera, el modelo CROPWAT arroja los resultados de la demanda de agua de los cultivos, traducidas en mm, a través de los valores de evapotranspiración real (ETc) o en forma de caudal módulo en l/s/ha a nivel diario, decádicos o mensual. Para efectos del cálculo de los volúmenes de agua requeridos por los cultivos, desde el punto de vista de la operación del sistema, estos volúmenes se calcularon a nivel mensual, tomando en cuenta la lámina de riego requerida a nivel diario, obtenidas éstas a partir del modelo CROPWAT, el cual determinó dichas láminas, en función del balance de agua en el suelo tomando en cuenta los aportes de la lluvia y la demanda evapotranspiratoria de los cultivos.

Los resultados de las láminas de riego decádicas requeridas, para cada cultivo, se presentan en el Anexo XIII. La Tabla 6.9 muestra el resultado de las láminas de riego requeridas, a nivel diario y para los primeros quince días del ciclo vegetativo de los cítricos.

Tabla 6.9. Requerimientos de agua para el cultivo de Cítricos

12/03/2009 CropWat 4 Windows Ver 4.3

Crop Water Requirements Report

- Crop # 1 : CITRICO
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 1/1
- Calculation time step = 1 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 70%

Date	ETo	Planted Area	Crop	Kc	CWR (ETm)	Total Rain	Effect. Rain	Irr. Req.	FWS
	(mm/period)	(%)			(mm/period)	(mm/period)	(mm/period)	(l/s/ha)	
1/1	4.09	100.00	0.75	3.07	2.02	1.80	1.27	0.21	
2/1	4.10	100.00	0.75	3.07	2.03	1.81	1.26	0.21	
3/1	4.10	100.00	0.75	3.08	2.04	1.81	1.26	0.21	
4/1	4.11	100.00	0.75	3.08	2.05	1.82	1.26	0.21	
5/1	4.11	100.00	0.75	3.08	2.05	1.82	1.26	0.21	
6/1	4.11	100.00	0.75	3.09	2.06	1.83	1.26	0.21	
7/1	4.12	100.00	0.75	3.09	2.07	1.83	1.26	0.21	
8/1	4.12	100.00	0.75	3.09	2.08	1.84	1.26	0.21	
9/1	4.13	100.00	0.75	3.10	2.08	1.84	1.26	0.21	
10/1	4.13	100.00	0.75	3.10	2.09	1.84	1.25	0.21	
11/1	4.14	100.00	0.75	3.10	2.10	1.85	1.25	0.21	
12/1	4.14	100.00	0.75	3.11	2.11	1.85	1.25	0.21	
13/1	4.15	100.00	0.75	3.11	2.11	1.86	1.25	0.21	
14/1	4.15	100.00	0.75	3.11	2.12	1.86	1.25	0.21	
15/1	4.16	100.00	0.75	3.12	2.13	1.87	1.25	0.21	
16/1	4.16	100.00	0.75	3.12	2.14	1.87	1.25	0.21	

Con los valores de las láminas de riego requeridas por los cultivos se determinaron los volúmenes de agua necesarios para su desarrollo, es decir, el volumen queda determinado por el producto entre la lámina requerida y al área cultivada para el periodo considerado, el cual para efectos de este estudio se estableció a nivel mensual. La Tabla 6.10 presenta las demandas mensuales de riego en mm, con una eficiencia de riego del 90%, para cada uno de los cultivos establecidos.

Tabla 6.10. Demandas mensuales de riego en mm, eficiencia de riego 90%

Meses	Días	Cítricos	Pasto	Tomate	Pimentón	Cacao	Aguacate	Parchita	Guanábana
Enero	31	43,2	57,4	0,0	0,0	79,0	21,6	7,3	21,6
Febrero	28	39,5	53,0	19,8	26,3	73,2	19,2	5,7	19,2
Marzo	31	46,8	62,6	77,6	60,7	86,2	23,2	7,4	23,2
Abril	30	49,4	65,5	113,7	81,6	89,6	25,2	9,1	25,2
Mayo	31	53,6	71,6	97,4	73,7	97,1	27,5	10,2	27,5
Junio	30	49,3	75,9	0,0	0,0	95,8	32,9	33,4	32,9
Julio	31	42,3	81,5	0,0	0,0	97,0	43,5	74,2	43,5
Agosto	31	30,1	73,5	13,2	21,1	90,1	49,6	73,5	49,6
Septiembre	30	18,4	60,0	65,0	44,5	76,7	43,4	60,0	43,4
Octubre	31	11,9	52,7	85,4	52,7	69,0	36,4	52,7	36,4
Noviembre	30	10,8	46,6	49,9	31,8	62,5	32,8	45,3	32,8
Diciembre	31	22,9	45,1	0,0	0,0	69,0	32,2	14,7	32,2

La Figura 6.24 muestra una representación gráfica de las demandas mensuales de riego de los cultivos establecidos, para una eficiencia del 90%.

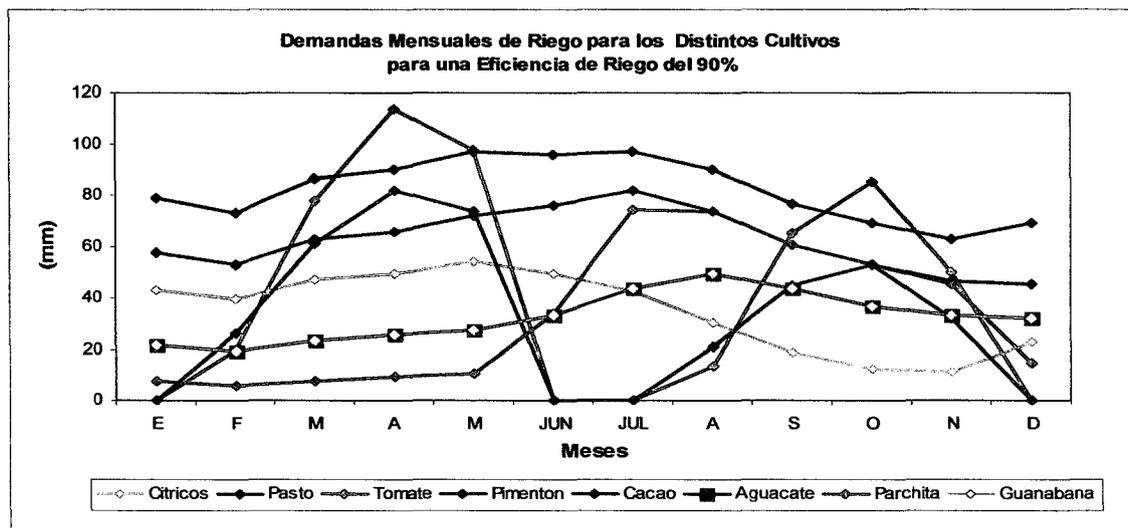


Figura 6.24. Demandas mensuales de riego en mm de los cultivos

La Tabla 6.11 muestra los volúmenes de agua mensuales requeridos por los cultivos para cada uno de los sectores de riego y las Figuras 6.25 a 6.36 la representación gráfica de dichos valores.

Tabla 6.11. Demanda mensual de agua ($10^3 m^3$), por Sector de riego

Sector	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
I	172,79	159,48	190,45	200,83	218,18	214,83	212,20	177,91	136,32	113,17	99,72	116,84
II	32,51	29,83	35,34	37,15	40,45	39,18	36,84	29,27	20,88	16,24	14,48	20,13
III	6,39	5,81	6,92	7,34	7,99	8,17	8,58	6,82	4,69	3,51	3,10	3,76
IV	108,25	99,40	117,74	123,67	134,81	134,13	131,90	110,05	82,72	67,40	59,93	72,98
V	43,86	40,33	47,75	50,09	54,66	55,72	56,90	49,31	38,54	32,46	28,81	31,82

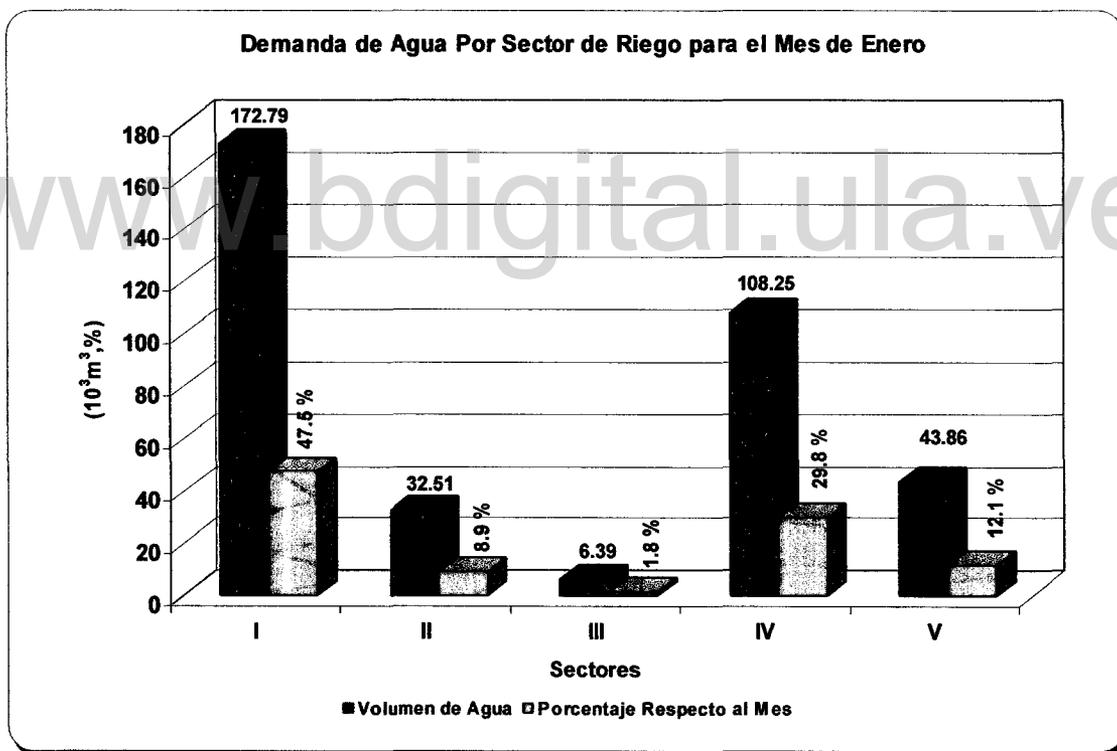


Figura 6.25. Demandas de agua por sector, mes de Enero

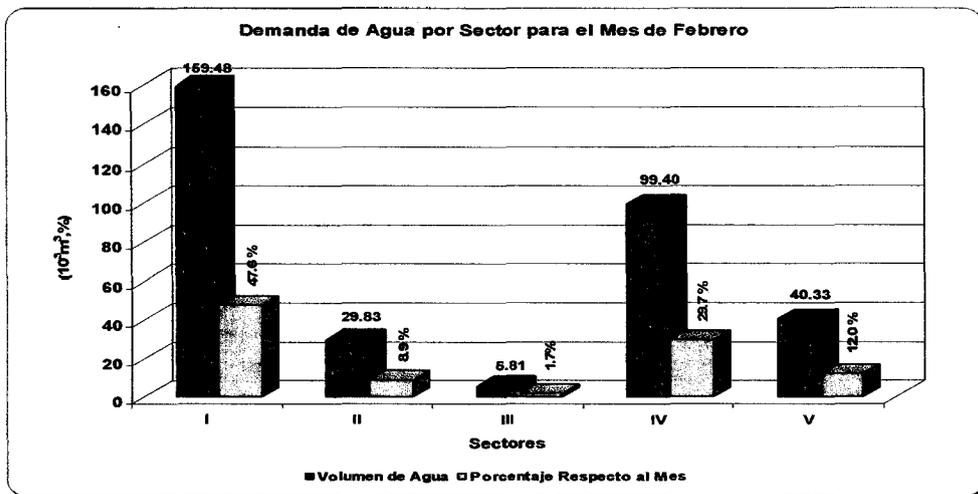


Figura 6.26. Demandas de agua por sector, mes de Febrero

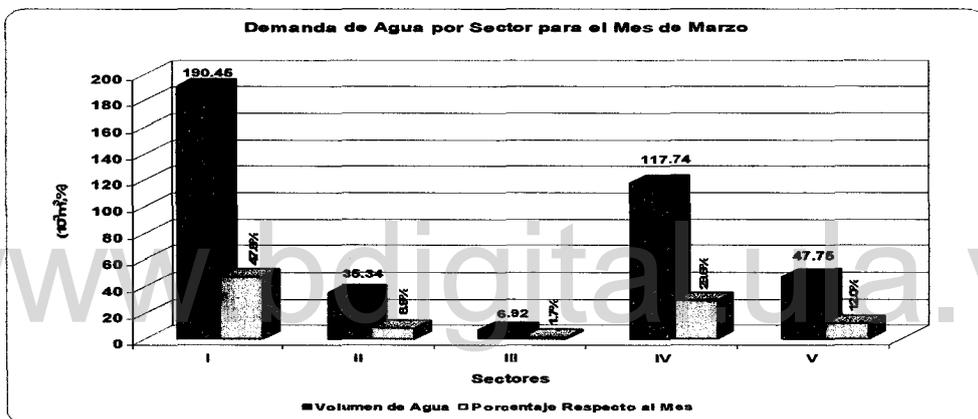


Figura 6.27. Demandas de agua por sector, mes de Marzo

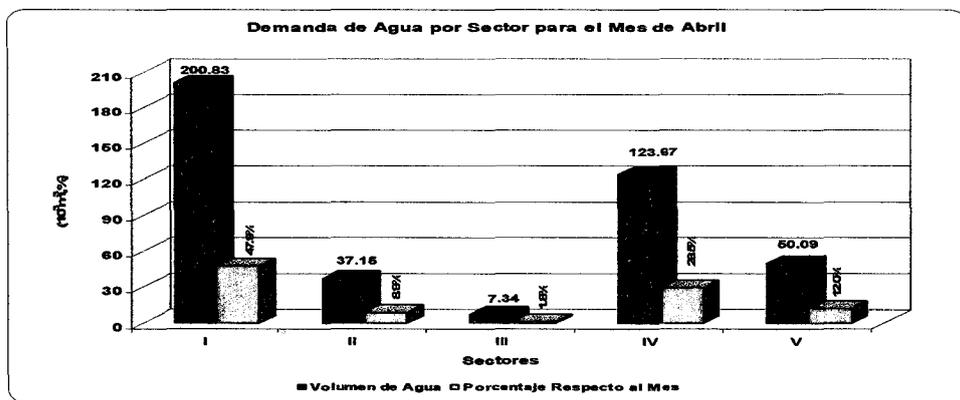


Figura 6.28. Demandas de agua por sector, mes de Abril

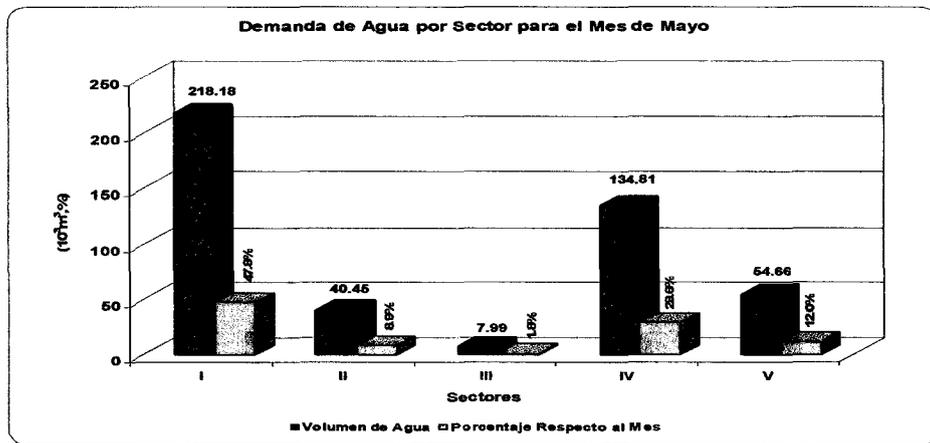


Figura 6.29. Demandas de agua por sector, mes de Mayo

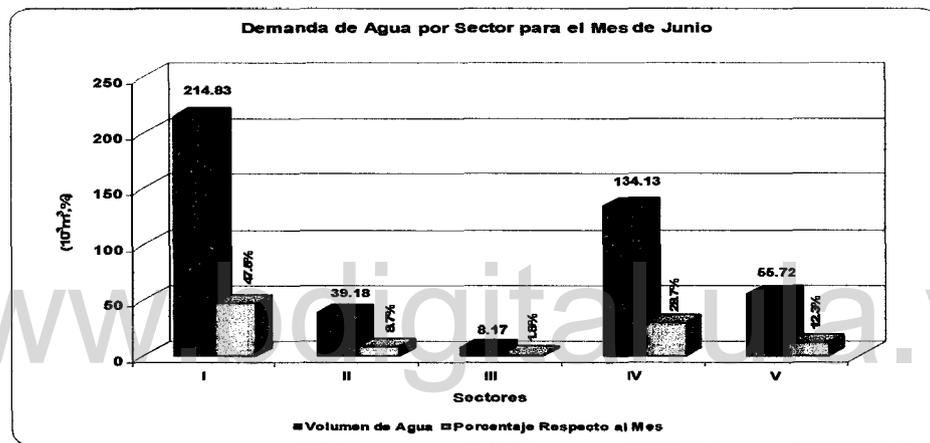


Figura 6.30. Demandas de agua por sector, mes de Junio

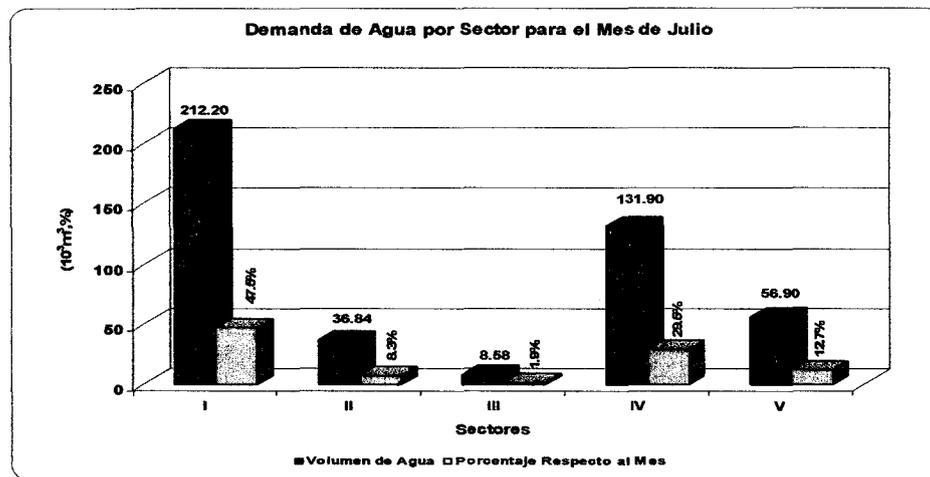


Figura 6.31. Demandas de agua por sector, mes de Julio

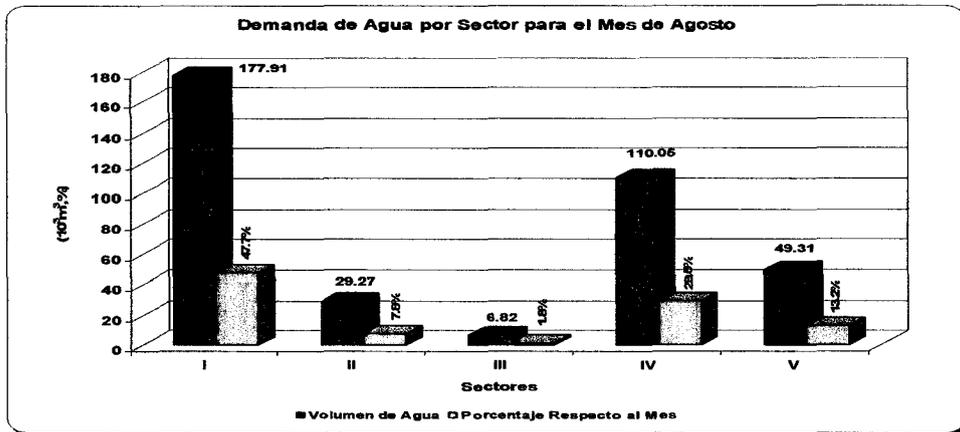


Figura 6.32. Demandas de agua por sector, mes de agosto

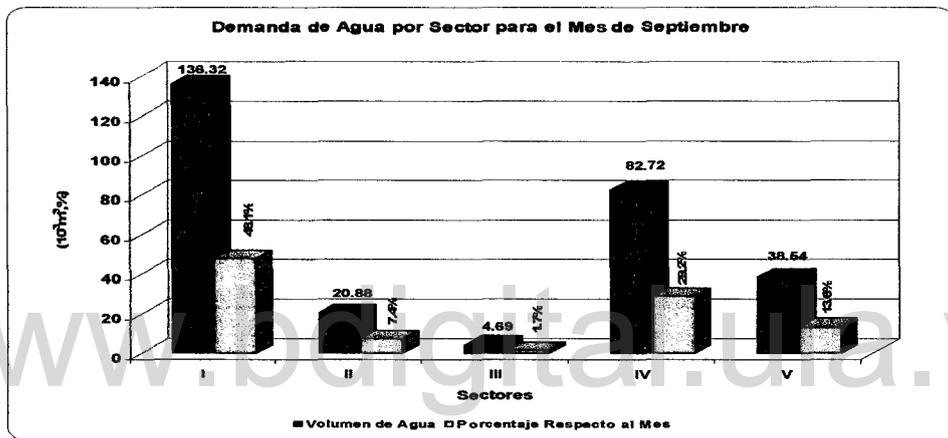


Figura 6.33. Demandas de agua por sector, mes de Septiembre

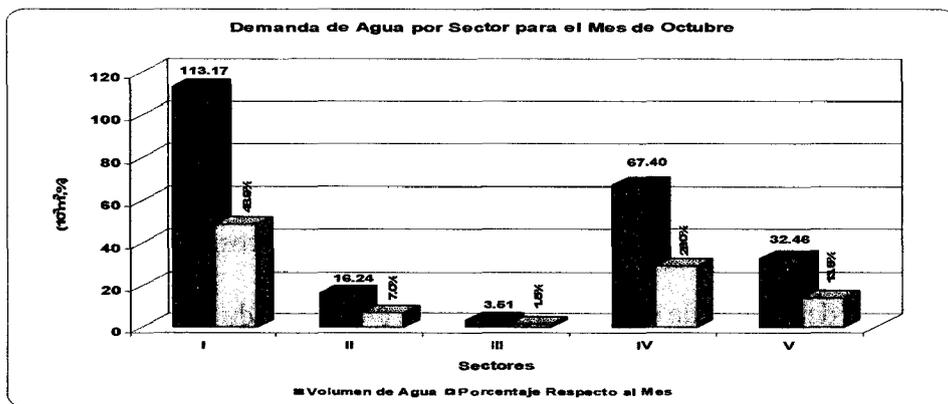


Figura 6.34. Demandas de agua por sector, mes de Octubre

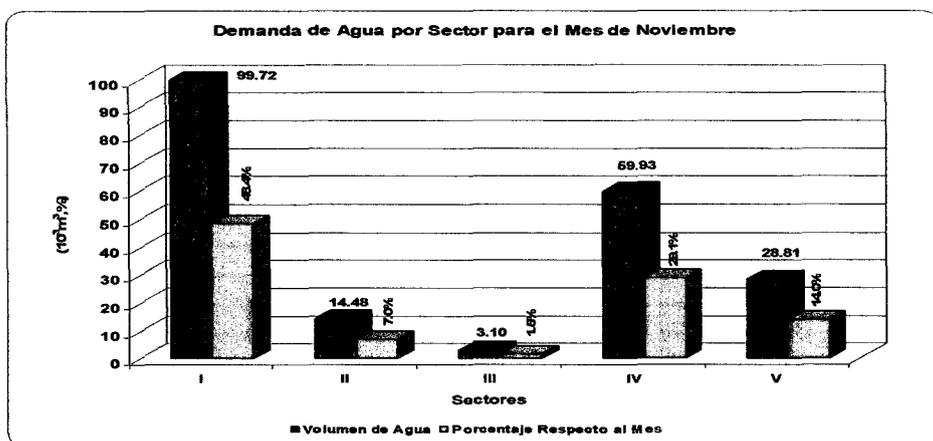


Figura 6.35. Demandas de agua por sector, mes de Noviembre

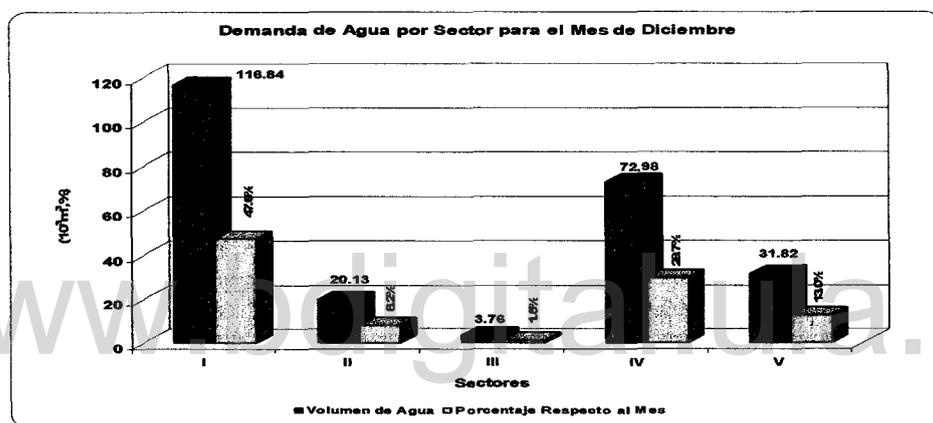


Figura 6.36. Demandas de agua por sector, mes de Diciembre

Como se puede observar en la Tabla 6.11 y la Figura 6.37, el Sector I, para todos los meses del año, comprende las mayores demandas de agua con respecto a los cuatro sectores restantes, es decir que, la laguna 1 por ser la de mayor almacenamiento, tiene un área de influencia mayor. El Sector IV, ocupa el segundo lugar en volúmenes de agua requeridos, por tanto, es surtido con la laguna 4. El Sector V, sigue en importancia con un volumen menor, al igual que los Sectores II y III. El período de mayor demanda para los cinco sectores de riego corresponde al mes de Mayo.

Este estudio de demandas de agua de los cultivos por sector de riego, es indispensable y de extrema importancia para que, junto con otras variables como el escurrimiento superficial, la lluvia directa sobre el espejo de agua y la evaporación, se establezcan los criterios de manejo y operación de cada una de las lagunas, a fin de garantizar la suplencia de agua a cada parcela tanto en cantidad, como en oportunidad.

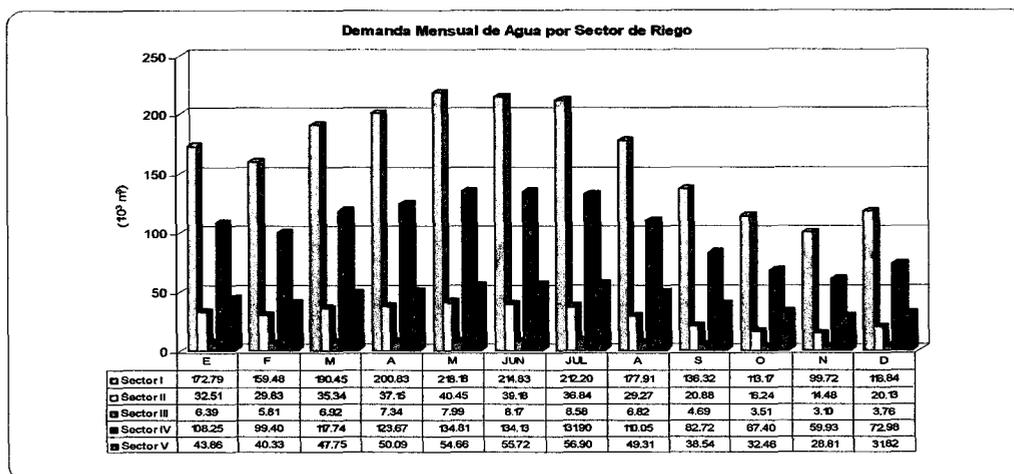


Figura 6.37. Demanda mensual de agua por Sector de riego.

6.4. MANEJO Y OPERACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ALMACENAMIENTO

6.4.1. Balance Hídrico

Según Tenreiro (2003), es preciso hacer un balance hídrico a lo largo de un año, considerando las aportaciones, consumos y pérdidas. Este balance se estudia mes a mes calculándose, al final de cada uno, el remanente de agua como diferencia entre las aportaciones y deducciones ocurridas durante el mismo.

Las aportaciones son las producidas por el escurrimiento desde la superficie del suelo y la captación directa de la lluvia sobre el vaso y la oferta desde la fuente, las pérdidas son ocasionadas por la evaporación directa desde el espejo de agua, y por la infiltración del agua hacia estratos más profundos. Los consumos están referidos, en nuestro caso, a las demandas de agua para riego.

Cada laguna representa un reservorio o almacenamiento con el que se cuenta para realizar la distribución de agua para el riego a cada parcela del asentamiento, en este entendido, es necesario conocer:

- Las demandas de agua de los cultivos
- Los volúmenes de entrada de agua a cada laguna desde la fuente
- Los aportes directos de la lluvia sobre el vaso de cada laguna
- Los aportes por efecto del escurrimiento superficial de la lluvia
- Las pérdidas o salidas por efecto de la evaporación
- Las pérdidas por infiltración

Las variables descritas representan los componentes del balance hídrico, que ha de realizarse a cada una de las lagunas, con el fin de determinar si su capacidad de almacenamiento de agua es apta para poder abastecer permanentemente la demanda de agua de los cultivos. Así, entonces se define la ecuación del balance:

$$V_f = V_i \pm \Delta V \qquad \Delta V = V_e - V_s \qquad (6.7)$$

Donde:

- V_f El volumen final para el mes considerado
- V_i El volumen inicial para el mes considerado
- ΔV La variación de almacenamiento para el mes considerado
- V_e El volumen de entrada para el mes considerado
- V_s El volumen de salida para el mes considerado

El volumen inicial es aquel con que se cuenta para el inicio del balance, que en nuestro caso, se parte de una condición inicial de laguna llena. Los volúmenes de entrada para un mes considerado, representan la sumatoria de todos los aportes, por lluvia y por la oferta de caudal desde la fuente. Los volúmenes de salida están constituidos por la sumatoria de las pérdidas, debidas a la evaporación solamente, ya que, en este caso se desprecia la pérdida por infiltración; y los consumos son referidos exclusivamente a las demandas de agua para riego.

Para la realización del balance hídrico, se establecen ciertas condiciones de borde, las cuales van referidas a definir un volumen mínimo, un volumen útil y un volumen máximo de almacenamiento, de tal manera que, se establezcan límites en cuanto al movimiento del embalse y así, tener la certeza de dos momentos importantes en la operación: el primero, en qué momento ya no se puede bombear agua, porque se alcanzó la cota mínima de succión de la bomba, es decir el nivel de aguas correspondiente al volumen muerto, y el segundo, cuando el nivel de aguas supera la cota de máximo almacenamiento y comienza el proceso de alivio.

Por otro lado se establecen las condiciones de operación, lo que es en realidad el “Escenario de Operación”, referidas al tiempo de bombeo, días de bombeo y la entrega de agua a las parcelas, es decir, si se entregará el 100% de la demanda de los cultivos o un poco menos.

El volumen mínimo de almacenamiento está referido al volumen muerto, el cual se estableció en función de dos parámetros importantes a saber, la cota mínima para la succión de la bomba y el depósito de los sólidos en suspensión debido al arrastre de sedimentos producto del escurrimiento superficial de las aguas de lluvia. En el caso de las lagunas 1, 2, 4, y 5, este nivel corresponde a las cotas 317, 327, 312 y 304 m.s.n.m, respectivamente, quedando en 343 m.s.n.m, para la laguna 3.

El volumen útil corresponde al volumen comprendido entre la cota del nivel muerto y la cota de comienzo del borde libre, con el fin de establecer un volumen de almacenamiento inicial para la realización de los balances hídricos. Para las lagunas 1, 2, 3, 4, y 5, las cotas de comienzo de los bordes libres son 327, 333, 345, 319 y 311 m.s.n.m. El volumen máximo de almacenamiento está referido al volumen obtenido entre la cota máxima de almacenamiento del vaso de cada laguna y la cota referida al volumen muerto, el nivel de aguas máximas es necesario precisarlo ya que, es a partir de éste cuando comienza el proceso de alivio.

6.4.2. Determinación del Escurrimiento Superficial

- *Método del Número de Curva del SCS*

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, en 1969, después del análisis de un gran número de cuencas experimentales, desarrolló un método para la estimación de la escorrentía basándose en el complejo suelo-cobertura-humedad antecedente de las cuencas.

Este método se basa en la relación que existe entre la Infiltración Real (F) y la Infiltración Potencial (S) y la Esorrentía Real (Pe) y la Esorrentía Potencial (Pp), así pues la relación fundamental es:

$$\frac{F}{S} = \frac{P_e}{P_p} \quad (6.8)$$

Donde:

- F La infiltración real
- S La infiltración potencial
- P_e La esorrentía real
- P_p La esorrentía potencial

La ecuación (6.8) es válida sólo a partir del inicio de la esorrentía, ya que toda la precipitación que ocurre antes del inicio de ésta se considera como pérdida y no contribuye al escurrimiento o flujo superficial.

Las pérdidas también denominadas abstracciones iniciales constan de varios componentes, tales como: la intercepción, la evaporación, el almacenamiento en depresiones y la infiltración inicial. Es de hacer notar que en cuencas grandes parte del agua infiltrada retorna a los cauces como flujo subsuperficial o interflujo y como flujo subterráneo o caudal base, pero no se consideran en el análisis de eventos ya que tienen un tiempo de retardo suficientemente largo como para no influenciar la esorrentía directa.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se tiene:

$$P_p = P_T - I_a \quad (6.9)$$

$$F = P_p - P_e \quad (6.10)$$

Donde:

P_T La precipitación total en mm

I_a Las pérdidas iniciales en mm

Combinando las ecuaciones anteriores (6.8), (6.9), (6.10), se tiene:

$$P_e = \frac{(P_T - I_a)^2}{(P_T + S - I_a)} \quad (6.11)$$

El estudio de gran cantidad de tormentas permitió obtener una relación empírica entre las pérdidas iniciales (I_a) y la infiltración potencial (S), según la cual las pérdidas iniciales corresponden al 20% de la infiltración potencial ecuación (6.12), sustituyendo la ecuación (6.12), en la ecuación (6.11), se tiene que la precipitación efectiva o lámina de escorrentía:

$$I_a = 0,2S \quad (6.12)$$

$$P_e = \frac{(P_T - 0,2S)^2}{(P_T + 0,8S)} \quad (6.13)$$

La infiltración potencial (S) depende de factores edáficos, de las condiciones de la superficie del suelo y de la humedad antecedente, y su valor máximo puede considerarse igual a la capacidad útil del almacenamiento de humedad del suelo. El SCS después de analizar gran cantidad de hidrogramas en cuencas experimentales ha confeccionado un procedimiento para estimar el valor de S en base al llamado número de curva (CN) tal como se presenta en la ecuación (6.14).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (6.14)$$

Donde la infiltración potencial (S) viene expresada en mm y el valor del número de curva (CN) se obtiene de tablas que lo relacionan con el complejo suelo-cobertura y con la condición de humedad antecedente. Los factores que conforman el complejo suelo-cobertura son:

1. Grupo de Suelos: Los suelos se clasifican en cuatro grupos de acuerdo al potencial de escurrimiento.

➤ **Grupo A.** (Bajo potencial de escorrentía).

Es el que ofrece menor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad, incluso, cuando están saturados, comprendiendo los terrenos profundos, sueltos, con predominio de arena o grava y muy poco limo o arcilla.

➤ **Grupo B.** (Moderadamente bajo potencial de escorrentía).

Incluye los suelos con infiltración moderada cuando están saturados, presentan moderada permeabilidad aún cuando muy húmedos, comprenden los terrenos arenosos menos profundos que los del grupo A, aquellos otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos.

➤ **Grupo C.** (Moderadamente alto potencial de escorrentía).

Incluye los suelos que ofrecen poca permeabilidad cuando están saturados, porque presentan un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque en conjunto su textura es franco-arcillosa o arcillosa.

➤ **Grupo D.** (Alto potencial de escorrentía).

Incluye los suelos que presentan gran impermeabilidad, tales como los terrenos muy arcillosos y profundos, terrenos que presentan en la superficie o cerca de la misma una capa de arcilla muy impermeable y aquellos con subsuelo muy impermeable próximo a la superficie.

2. Cobertura Vegetal: En este factor se consideran las condiciones que presenta la cubierta del suelo, es decir, la parte superficial del terreno, en relación con su mayor o menor capacidad de infiltración, que depende de la clase y densidad de vegetación y de la forma y tipo de labores realizadas.

En la Tabla 6.12 se presenta el valor del número de curva (CN) para diferentes coberturas vegetales, prácticas culturales y condición hidrológica.

La condición hidrológica se refiere al grado de cobertura vegetal, y de allí que cuanto más densa es la cobertura vegetal, mejor es su condición hidrológica para la infiltración y menor es el valor del número de curva (CN) representativo de la escorrentía. Se consideran tres grados en cuanto a la condición hidrológica, ellos son:

- Condición hidrológica buena, más del 75 %
- Condición hidrológica regular, entre 50 y 75 %
- Condición hidrológica mala, menos del 50 %

Tabla 6.12. Valores del número de curva (CN) para los complejos suelo – cobertura. Condición de humedad antecedente II

Cobertura			Grupo de Suelos			
Uso de la Tierra	Tratamiento o Práctica	Condición Hidrológica para la Infiltración	A	B	C	D
			Número de Curva (CN)			
Rastrojo	Hileras Rectas		77	86	91	94
Cultivo en hileras	Hileras Rectas	Mala	71	81	88	91
	Hileras Rectas	Buena	67	78	85	89
	C/Curvas de Nivel	Mala	70	79	84	88
	C/Curvas de Nivel	Buena	65	75	82	86
	C/Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	66	74	80	82
	C/Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	62	71	78	81
Cultivo en hileras estrechas	Hileras Rectas	Mala	65	76	84	88
	Hileras Rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de Nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de Nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	61	72	79	82
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hileras estrechas o forraje en rotación ¹	Hileras Rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras Rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de Nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de Nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastos de Pastoreo	Curvas de Nivel	Mala	68	79	86	89
	Curvas de Nivel	Regular	49	69	79	84
	Curvas de Nivel	Buena	39	61	74	80
	Curvas de Nivel	Mala	47	67	81	88
	Curvas de Nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de Nivel	Buena	6	35	70	79
Pasto de Corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Patios		-----	59	74	82	86
Caminos de tierra		-----	72	82	87	89
Pavimentos		-----	74	84	90	92

¹ Siembra tupida o al voleo

² Incluyendo derecho de vía

3. Condición de Humedad Antecedente: Se refiere al estado de humedad del suelo previo a la lluvia en estudio, considerando la cantidad de lluvia caída en el período de los cinco (5) días anteriores en la Tabla 6.13, se muestran las tres clases en relación con dicha cantidad que son:

Tabla 6.13. Condición de humedad antecedente

Condición de humedad antecedente (CHA)	Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración
I	0.0 a 33.0 mm
II	33.0 a 52.5 mm
III	Más de 52.5 mm

Los valores del número de curva (CN) presentados en la Tabla 6.12, se refieren a la condición de humedad antecedente promedio, es decir, a la condición II; sin embargo estos valores se pueden pasar a la condición I o a la condición III usando la Tabla 6.14.

La mayor limitación para el uso de este método es la determinación de la condición de humedad antecedente que según se presentó anteriormente, tiene límites muy definidos lo que conlleva a cometer errores en la estimación de la escorrentía cuando los valores de la precipitación antecedente se encuentran en algún punto intermedio. Así pues, un valor de precipitación antecedente de 0 condiciona un valor de S similar al de la precipitación antecedente de 30 mm; en otras palabras, ambas condiciones producen la misma escorrentía para una determinada precipitación, lo cual no es cierto.

Para el cálculo de los volúmenes de agua aportados por la lluvia, a través del escuerrimiento, para cada laguna, se determinó el área colectora o que drena en función de la topografía del terreno, de igual manera, se tomo en cuenta el tipo de vegetación, las prácticas de manejo, el tipo de cobertura vegetal y la condición hidrológica de los suelos. Con base en los datos recabados, se aplicó la metodología del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, antes descrita. Las Tablas 6.15 a 6.19, muestran los resultados del análisis del método de Número de Curva para cada una de las lagunas. La Tabla 6.20, presenta los valores calculados de escorrentía, tanto en mm, como en volumen a nivel mensual, para cada una de las lagunas. Las Figuras 6.38 a 6.42, muestran en forma gráfica dichos valores.

Tabla 6.14. Número de curva (CN) para casos de condición de humedad antecedente I y III

CN para condición	CN para condiciones		CN para condición	CN para condiciones	
	I	III		I	III
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84			
68	48	84	25	12	43
67	47	83	20	9	37
66	46	82	15	6	30
65	45	82	10	4	22
64	44	81	5	2	13
63	43	80	0	0	0
62	42	79			
61	41	78			

Tabla 6.15. Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 1

Nº Parcela	Cultivo	Área (ha)	Uso de la Tierra	Práctica	Condición hidrológica	Grupo de Suelo	(CN) Cond.humd.ant.(II)	% Resp.Total	Producto	(CN) ponderado	(S) Inf.Poten.
SL-R-31	Cítricos	4.12	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	11,5	9,74	82,58	53,57
SL-R-32	Cítricos	2.05	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	5,7	4,86		
	Pasto	1.79			Buena	C	74	5,0	3,70		
SL-R-33	Cítricos	2.93	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	8,1	6,93		
	Pasto	0.88			Buena	C	74	2,5	1,82		
SL-R-34	Cítricos	3.96	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	11,0	9,36		
SL-R-35	Cítricos	3.81	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	10,6	9,02		
SL-R-36	Cítricos	3.72	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	10,3	8,80		
SL-R-37	Cítricos	3.25	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	9,1	7,70		
SL-R-38	Cítricos	3.05	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	8,5	7,21		
SL-R-39/40	Pasto	4.88			Buena	C	74	13,6	10,05		
SL-R-41/42/43(A)	Pasto	0.45			Buena	C	74	1,3	0,94		
SL-R-41/42/43(B)	Cítricos	0.62	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	1,7	1,46		
	Aguacate	0.42	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Mala	C	88	1,2	1,02		
Total (ha)		35.93						100,0			

Tabla 6.16. Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 2

Nº Parcela	Cultivo	Área (ha)	Uso de la Tierra	Práctica	Condición hidrológica	Grupo de Suelo	(CN) Cond.humd.ant.(II)	% Resp.Total	Producto	CN ponderado	(S) Inf.Poten.
SL-R-31	Cítricos	2.93	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	6,1	5,19	81,30	58,43
SL-R-32	Cítricos	1.55	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	3,2	2,74		
	Pasto	1.55			Buena	C	74	3,2	2,39		
SL-R-33	Cítricos	3.12	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	6,5	5,53		
SL-R-34	Cítricos	3.01	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	6,3	5,34		
SL-R-35	Cítricos	3.18	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	6,6	5,63		
SL-R-36	Cítricos	3.52	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	7,3	6,24		
SL-R-37	Cítricos	3.69	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	7,7	6,54		
SL-R-38	Cítricos	3.36	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	7,0	5,96		
SL-R-39/40	Pasto	1.84			Buena	C	74	3,8	2,83		
SL-A-3	Cítricos	7.46	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	15,6	13,22		
SL-A-4	Pasto	5.31			Buena	C	74	11,1	8,19		
SL-A-5	Pasto	5.02			Buena	C	74	10,5	7,75		
SL-A-6	Pasto	2.43			Buena	C	74	5,1	3,74		
Total (ha)		47.96						100,0			

Tabla 6.17. Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 3

Nº Parcela	Cultivo	Área (ha)	Uso de la Tierra	Práctica	Condición hidrológica	Grupo de Suelo	(CN) Cond.humd.ant.(II)	% Resp.Total	Producto	CN ponderado	(S) Inf.Poten.
SL-R-76	Cítricos	1.73	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	14,5	12,31	79,39	65,94
SL-R-77	Pasto	3.03			Buena	C	74	25,3	18,74		
SL-R-78	Cítricos	4.13	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	34,5	29,34		
SL-R-79/80	Pasto	3.07			Buena	C	74	25,7	19,00		
Total (ha)		11.97						100,0			

Tabla 6.18. Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 4

Nº Parcela	Cultivo	Área (ha)	Uso de la Tierra	Práctica	Condición hidrológica	Grupo de Suelo	(CN) Cond.humd.ant.(II)	% Resp.Total	Producto	CN ponderado	(S) Inf.Poten.
SL-R-84	Cítricos	0.39	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	1,91	1,62	85,00	44,82
SL-R-85	Cítricos	2.01	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	9,85	8,38		
SL-R-86	Cítricos	3.26	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	15,97	13,57		
SL-R-87	Cítricos	4.00	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	19,59	16,66		
SL-R-88	Cítricos	4.39	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	21,51	18,28		
SL-R-89/90 (A)	Cítricos	5.73	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	28,10	23,88		
SL-R-91 (A)	Cítricos	0.63	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	3,07	2,61		
Total (ha)		20.40						100,00			

Tabla 6.19. Número de curva CN para el área colectora de la Laguna 5

Nº Parcela	Cultivo	Área (ha)	Uso de la Tierra	Práctica	Condición hidrológica	Grupo de Suelo	(CN) Cond.humd.ant.(II)	% Resp.Total	Producto	CN ponderado	(S) Inf.Poten.
SL-R-41/42/43 (A)	Pasto	2.95			Buena	C	74	27,02	19,99	77,39	74,22
SL-R-44	Cítricos	3.37	Cultivo en hileras	Hileras rectas	Buena	C	85	30,80	26,18		
SL-R-45	Pasto	2.95			Buena	C	74	26,99	19,97		
SL-R-46	Pasto	1.29			Buena	C	74	11,78	8,72		
SL-R-47	Pasto	0.37			Buena	C	74	3,41	2,52		
Total (ha)		10.93						100,00			

Tabla 6.20. Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía en cada Laguna

		E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Laguna 1	Esc.(mm)	16,29	14,46	16,11	83,20	48,13	34,47	41,88	39,51	49,27	89,55	84,47	33,56
	Vol.Esc. (x10 ² m ³)	58,54	51,97	57,88	298,95	172,93	123,85	150,47	141,96	177,04	321,76	303,49	120,57
Laguna 2	Esc.(mm)	14,86	13,12	14,69	80,07	45,64	32,35	39,55	37,25	46,76	86,33	81,32	31,46
	Vol.Esc. (x10 ² m ³)	71,27	62,94	70,44	384,04	218,91	155,14	189,69	178,63	224,27	414,06	390,01	150,90
Laguna 3	Esc.(mm)	12,90	11,30	12,74	75,52	42,10	29,36	36,24	34,03	43,17	81,64	76,74	28,51
	Vol.Esc. (x10 m ³)	154,40	135,22	152,47	903,93	503,87	351,39	433,79	407,36	516,76	977,17	918,49	341,30
Laguna 4	Esc.(mm)	19,25	17,25	19,05	89,23	53,02	38,71	46,49	44,01	54,22	95,74	90,53	37,74
	Vol.Esc. (x10 m ³)	392,79	351,97	388,72	1820,45	1081,70	789,64	948,53	897,88	1106,03	1953,09	1846,87	769,97
Laguna 5	Esc.(mm)	11,04	9,57	10,89	70,86	38,55	26,41	32,95	30,85	39,58	76,82	72,04	25,61
	Vol.Esc. (x10 m ³)	120,59	104,59	118,98	774,30	421,23	288,59	360,07	337,09	432,51	839,45	787,25	279,88

www.bdigital.ula.ve

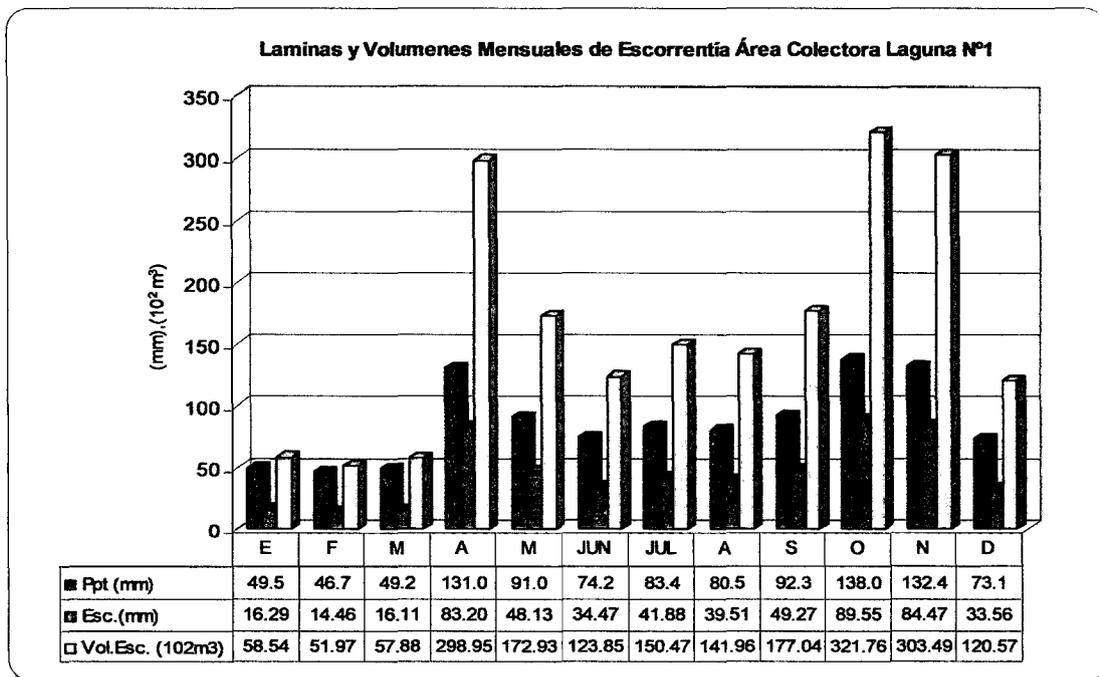


Figura 6.38. Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 1

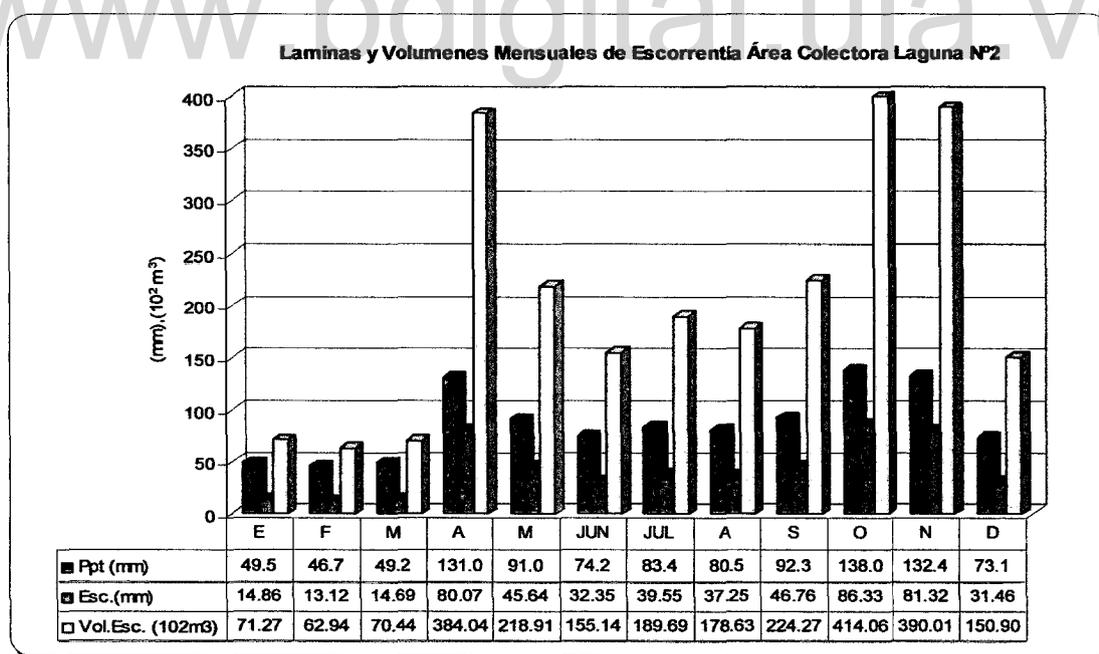


Figura 6.39. Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 2

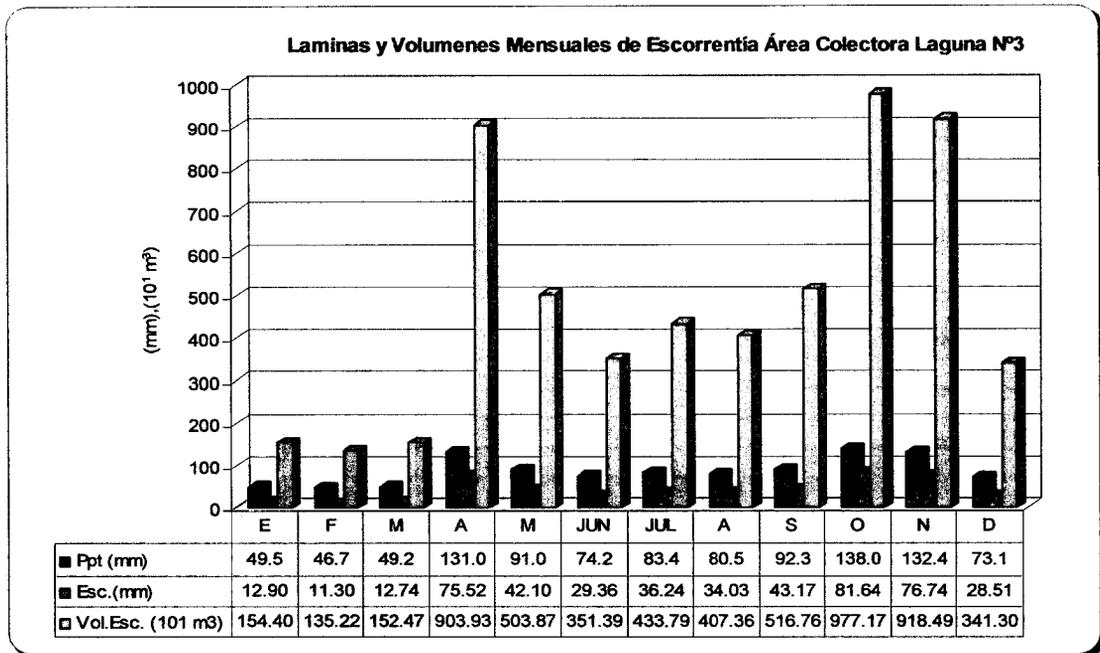


Figura 6.40. Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 3

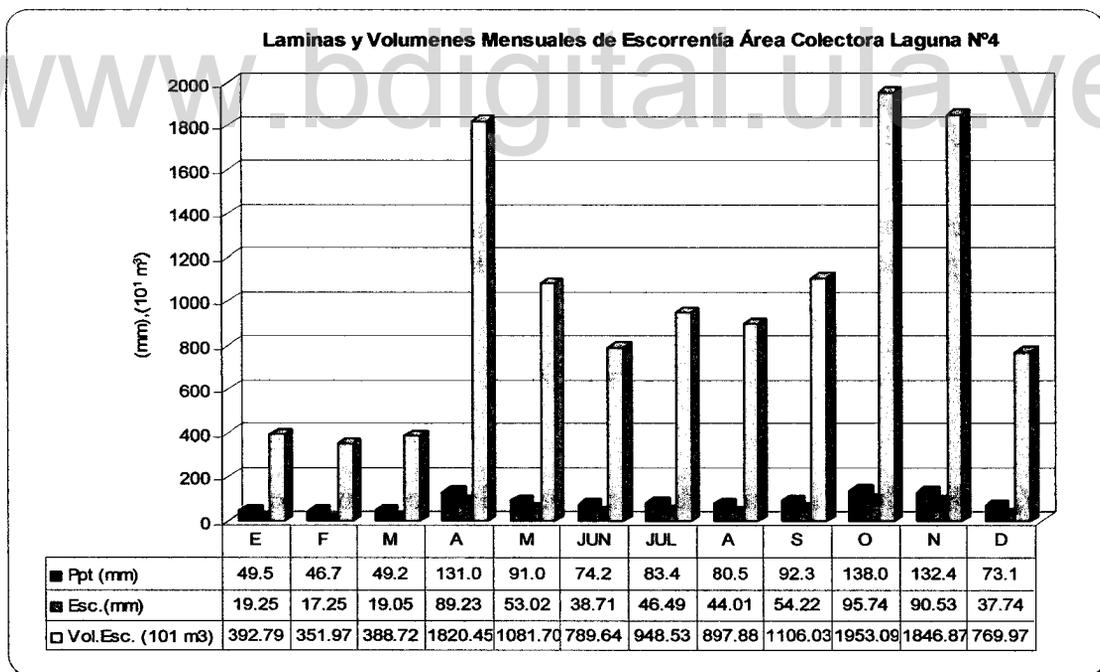


Figura 6.41. Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 4

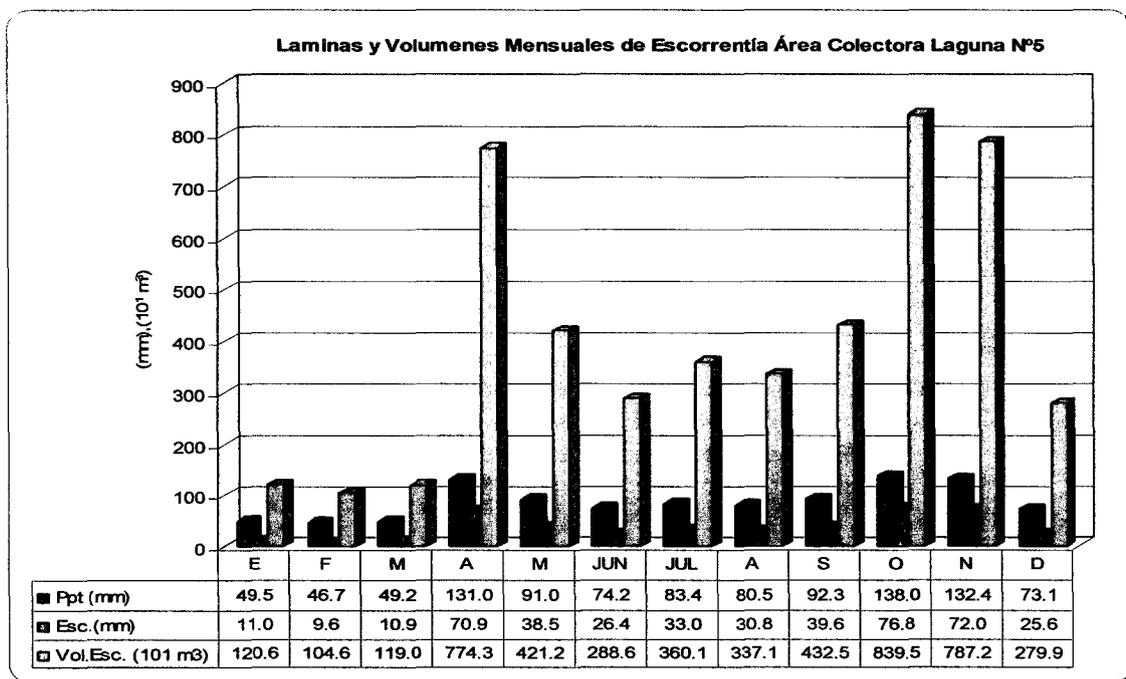


Figura 6.42. Láminas y volúmenes mensuales de escorrentía Laguna 5

6.5. DETERMINACIÓN DE LOS APORTES DE LA LLUVIA SOBRE EL VASO DE LAS LAGUNAS

Los volúmenes de agua aportados por la lluvia quedan determinados por el producto entre la lámina de precipitación y el área del vaso; mediante la ecuación:

$$V_p = P_{pt} A_{vaso} \quad (6.15)$$

Donde:

- V_p El volumen precipitado en m^3 , para el periodo considerado
- P_{pt} La lámina de lluvia en m., para el periodo considerado
- A_{vaso} El área del vaso en m^2 .

La Tabla 6.21, muestra los volúmenes de agua aportados por la lluvia directa sobre el vaso de almacenamiento de cada laguna, para todos los meses del año.

Tabla 6.21. Aportes por precipitación en cada laguna a nivel mensual.

		E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Laguna	Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
1	Área Vaso (ha)	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27
	Vol.Ppt (m ³)	2113,36	1993,87	2101,57	5591,39	3883,36	3169,52	3562,04	3438,12	3941,46	5889,61	5650,94	3120,09
2	Área Vaso (ha)	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
	Vol.Ppt (m ³)	735,28	693,71	731,18	1945,36	1351,10	1102,74	1239,31	1196,19	1371,31	2049,11	1966,07	1085,54
3	Área Vaso (ha)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	Vol.Ppt (m ³)	393,6	371,4	391,4	1041,4	723,3	590,3	663,5	640,4	734,1	1097,0	1052,5	581,1
4	Área Vaso (ha)	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
	Vol.Ppt (m ³)	1559,08	1470,93	1550,38	4124,91	2864,86	2338,24	2627,81	2536,39	2907,72	4344,92	4168,84	2301,77
5	Área Vaso (ha)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Vol.Ppt (m ³)	433,64	409,13	431,23	1147,31	796,84	650,36	730,90	705,47	808,76	1208,50	1159,53	640,22

6.6. VOLÚMENES DE ENTRADA DESDE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Del estudio hidrológico se determinó un caudal disponible de 274 l/s con una probabilidad de ocurrencia del 80%, del cual se dispondrá para el riego, la cantidad de 250 l/s. La distribución hacia cada laguna se calculó en función del área de influencia de ellas, es decir, la magnitud del caudal a derivar es función del área de cada sector de riego. La Tabla 6.22, presenta los valores del caudal a derivar para cada laguna, así como, el área cultivada y su porcentaje respecto del total.

Tabla 6.22. Caudales a derivar para cada laguna.

	Laguna 1	Laguna 2	Laguna 4	Laguna 5	Total (ha,%,l/s)
Área Cultivada	364,54	68,79	222,83	86,57	742,74
% de Área	49,08	9,26	30,00	11,66	100,00
Caudal (l/s)	122,70	23,16	75,00	29,14	250,00

Como se puede ver en la Tabla 6.22, a la laguna 1, por abastecer agua al Sector I de mayor superficie sembrada, le corresponde un caudal mayor, igual a 122,70 l/s, le sigue la laguna 4 con un caudal de 75,0 l/s; 29,14 l/s para la laguna 5, y finalmente 23,16 l/s para la laguna 2. La laguna 3, por estar más alejada y de menor capacidad de almacenamiento, se surtirá de la laguna 1, mediante una aducción simple.

El volumen de entrada a cada laguna queda determinado por el producto entre el caudal derivado y el tiempo de bombeo desde la fuente. Así se tiene:

$$V_e = Q_{der} T_{Bomb} \quad (6.16)$$

Donde:

- V_e El volumen de entrada en m^3
- Q_{der} El caudal derivado en m^3/h
- T_{Bomb} El tiempo de bombeo desde la fuente en horas

La Tabla 6.23 muestra los valores de volúmenes mensuales de entrada, desde la fuente, a cada laguna, para un tiempo de bombeo de 12 h por día y 7 días por semana.

Tabla 6.23. Volúmenes mensuales de entrada a cada laguna en m^3 , tiempo de bombeo 12 h, 7 días por semana

LAGUNA	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
1	164.322,83	148.420,62	164.322,83	159.022,09	164.322,83	159.022,09	164.322,83	164.322,83	159.022,09	164.322,83	159.022,09	164.322,83
2	31.009,79	28.008,84	31.009,79	30.009,47	31.009,79	30.009,47	31.009,79	31.009,79	30.009,47	31.009,79	30.009,47	31.009,79
3	3.749,76	3.386,88	3.749,76	3.628,80	3.749,76	3.628,80	3.749,76	3.749,76	3.628,80	3.749,76	3.628,80	3.749,76
4	100.443,08	90.722,78	100.443,08	97.202,98	100.443,08	97.202,98	100.443,08	100.443,08	97.202,98	100.443,08	97.202,98	100.443,08
5	39.024,31	35.247,76	39.024,31	37.765,46	39.024,31	37.765,46	39.024,31	39.024,31	37.765,46	39.024,31	37.765,46	39.024,31

6.7. PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN

Los volúmenes referidos a las pérdidas por evaporación desde la superficie del espejo de agua, se determinaron por el producto entre las láminas de evaporación en la zona y el área del espejo de agua en el vaso de cada laguna, de la manera siguiente:

$$V_{Evap} = Ev A_{esp} \quad (6.17)$$

Donde:

- V_{Evap} El volumen de agua evaporado en m^3
- Ev La lámina de evaporación en m, para el mes considerado
- A_{esp} El área del espejo de agua en m^2

La Tabla 6.24 muestra las láminas y volúmenes mensuales de agua evaporada para cada laguna.

Tabla 6.24. Láminas y Volúmenes mensuales de agua evaporada en cada laguna.

		E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Laguna	Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
1	Esp. Agua (ha)	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27
	Vol.Evap. (m ³)	4857,4	4669,3	5405,4	5023,0	5774,0	5569,3	5949,4	6279,6	6171,1	5608,8	4767,3	4825,4
2	Esp. Agua (ha)	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
	Vol.Evap. (m ³)	1689,98	1624,53	1880,65	1747,59	2008,89	1937,68	2069,90	2184,80	2147,04	1951,41	1658,65	1678,84
3	Esp. Agua (ha)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	Vol.Evap. (m ³)	904,72	869,68	1006,80	935,56	1075,45	1037,33	1108,11	1169,62	1149,41	1044,68	887,95	898,76
4	Esp. Agua (ha)	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
	Vol.Evap. (m ³)	3583,43	3444,63	3987,72	3705,57	4259,64	4108,64	4389,00	4632,63	4552,57	4137,75	3516,99	3559,80
5	Esp. Agua (ha)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Vol.Evap. (m ³)	996,70	958,09	1109,15	1030,67	1184,78	1142,78	1220,76	1288,53	1266,26	1150,88	978,22	990,13

6.7.1. Volúmenes de Consumo

Los volúmenes de consumo están referidos a la demanda mensual de agua de los cultivos, las cuales se calcularon mediante el empleo del modelo CROPWAT, y presentados en el capítulo referente a la estimación de las demandas de agua de los cultivos.

La Tabla 6.25 muestra los volúmenes de agua mensuales requeridos por los cultivos para cada uno de los sectores de riego, en el entendido de que, el Sector I es abastecido por la laguna 1, el Sector II, III, IV y V, por las lagunas 2, 3, 4 y 5, respectivamente.

Tabla 6.25. Demanda mensual de agua (10³m³), por Sector de riego

Sector	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
I	172,79	159,48	190,45	200,83	218,18	214,83	212,20	177,91	136,32	113,17	99,72	116,84
II	32,51	29,83	35,34	37,15	40,45	39,18	36,84	29,27	20,88	16,24	14,48	20,13
III	6,39	5,81	6,92	7,34	7,99	8,17	8,58	6,82	4,69	3,51	3,10	3,76
IV	108,25	99,40	117,74	123,67	134,81	134,13	131,90	110,05	82,72	67,40	59,93	72,98
V	43,86	40,33	47,75	50,09	54,66	55,72	56,90	49,31	38,54	32,46	28,81	31,82

6.7.2. Balance hídrico Laguna 2-Sector II

Se comienza por esta laguna, ya que el alivio de ésta, surte a la laguna 1. Así, se tiene entonces para la laguna 2:

Escenario 1:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 6 días por semana (domingos libres)
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 327 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 370,53 m³
- Cota borde libre: 333 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 25.738,63 m³
- Volumen útil: 25.368,1 m³
- Área del espejo de agua: 1.49 ha
- Área productora de escurrimiento: 47,96 ha
- Cota Volumen máximo: 333,5 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 32.266,83 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 23,27 l/s

La Tabla 6.26, muestra los resultados del balance hídrico laguna 2 escenario 1, donde se puede observar que, con este criterio de operación se satisfacen plenamente las demandas de agua de los cultivos en el Sector II, esto queda de manifiesto por el valor de los volúmenes almacenados al final de cada mes, los cuales no llegan a ser negativos, de lo contrario, ocurre el proceso de alivio de agua hacia la laguna 1 durante los meses de abril a diciembre, el cual es aprovechado y tomado en cuenta en el respectivo balance hídrico de la laguna 1.

Tabla 6.26. Balance hídrico Laguna 2, Escenario 1

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
Esc (mm)	14,86	13,12	14,69	80,07	45,64	32,35	39,55	37,25	46,76	86,33	81,32	31,46
Área Colec.(ha)	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96
Vol.Ppt (m ³)	735,28	693,71	731,18	1.945,36	1.351,10	1.102,74	1.239,31	1.196,19	1.371,31	2.049,11	1.966,07	1.085,54

Tabla 6.26. Continuación

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Vol.Evap. (m ³)	1.689,98	1.624,53	1.880,65	1.747,59	2.008,89	1.937,68	2.069,90	2.184,80	2.147,04	1.951,41	1.658,65	1.678,84
Vol.Oferta.(m ³)	27.008,52	24.007,58	26.008,21	26.008,21	26.008,21	26.008,21	27.008,52	26.008,21	26.008,21	27.008,52	25.007,89	27.008,52
Demanda de riego.(m ³)	32.514,06	29.827,09	35.339,37	37.154,50	40.451,91	39.175,00	36.841,73	29.269,69	20.876,23	16.240,02	14.477,13	20.131,28
Vol.Escurr.(m ³)	7.127,34	6.294,46	7.043,89	38.403,53	21.891,05	15.514,46	18.968,54	17.863,12	22.427,43	41.405,56	39.000,82	15.089,86
Variac. Almac (m ³)	667,10	-455,87	-3.436,75	27.455,00	6.789,55	1.512,72	8.304,74	13.613,02	26.783,67	52.271,76	49.839,01	21.373,80
Vol.Inic. (m ³)	25.368,10	26.035,20	25.579,33	22.142,58	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83
Vol.Fin (m ³)	26.035,20	25.579,33	22.142,58	49.597,58	39.056,38	33.779,55	40.571,57	45.879,85	59.050,50	84.538,59	82.105,84	53.640,63
Vol.Max. (m ³)	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	17.330,75	6.789,55	1.512,72	8.304,74	13.613,02	26.783,67	52.271,76	49.839,01	21.373,80

6.7.3. Balance Hídrico Laguna 1-Sector I

Para la realización de este balance se toma en cuenta el aporte de la laguna 2 mediante el alivio que ésta presenta, y también el volumen de salida hacia la laguna 3, así se tiene entonces:

Escenario 1:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 6 días por semana (domingos libres)
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 317 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 2.503,12 m³
- Cota borde libre: 327 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 180.893,53 m³
- Volumen útil: 178.390,41 m³
- Área del espejo de agua: 4,27 ha
- Área productora de escurrimiento: 35,93 ha
- Cota Volumen máximo: 328 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 218.623,64 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 122,09 l/s
- Caudal de salida hacia la laguna 3: 2,80 l/s

La Tabla 6.27 muestra los resultados del balance hídrico laguna 1 escenario 1, donde se puede observar que, con este criterio de operación no se satisfacen las demandas de agua de los cultivos en los meses de mayo a octubre, ya que los volúmenes almacenados al final de cada uno de ellos es negativo, es decir, se consume plenamente el almacenamiento y se presenta un déficit bien marcado. Bajo este criterio solo se satisface plenamente la demanda de riego durante los meses de enero a abril y de noviembre a diciembre. En los meses de mayo a octubre se satisface parcialmente las demandas. No ocurre el proceso de alivio en ninguno de los meses del año. En conclusión, con este criterio de operación, no se puede entregar el agua ni en oportunidad ni en cantidad para garantizar el desarrollo de los cultivos.

Tabla 6.27. Balance hídrico Laguna 1, Escenario 1

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	130,9	90,9	74,2	83,4	80,5	92,3	137,9	132,3	73,0
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27
Esc (mm)	16,29	14,46	16,11	83,20	48,13	34,47	41,88	39,51	49,27	89,55	84,47	33,56
Área Colec.(ha)	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93
Vol.Ppt (m ³)	2.113,36	1.993,87	2.101,57	5.591,39	3.883,36	3.169,52	3.562,04	3.438,12	3.941,46	5.889,61	5.650,94	3.120,09
Vol.Evap. (m ³)	4.857,40	4.669,25	5.405,42	5.022,97	5.774,01	5.569,33	5.949,36	6.279,61	6.171,08	5.608,79	4.787,34	4.825,37
Vol.Oferta (m ³)	143.119,88	127.217,67	137.819,14	137.819,14	137.819,14	137.819,14	143.119,88	137.819,14	137.819,14	143.119,88	132.518,41	143.119,88
Demanda de riego (m ³)	176.058,19	162.386,78	193.593,25	203.970,66	221.322,49	217.979,39	215.487,52	181.058,55	139.489,39	118.435,38	102.745,74	120.109,84
Vol.Escorr. (m ³)	5.853,84	5.197,05	5.788,14	47.226,18	24.082,27	13.897,42	23.352,18	27.809,47	44.487,84	84.448,13	80.188,45	33.430,37
Variac.Almac (m ³)	-29.828,50	-32.647,44	-53.289,82	-18.356,92	-61.311,72	-68.662,63	-51.382,77	-18.271,42	40.607,97	111.413,45	110.844,71	54.735,13
Vol.Inic. (m3)	178.390,41	148.561,91	115.914,46	62.624,64	44.267,73	-17.043,99	-85.706,63	-137.089,4	-155.360,8	-114.752,8	-3.339,40	107.505,32
Vol.Fin (m3)	148.561,91	115.914,46	62.624,64	44.267,73	-17.043,99	-85.706,63	-137.089,4	-155.360,8	-114.752,8	-3.339,40	107.505,32	162.240,44
Vol.Max. (m ³)	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.7.4. Balance Hídrico Laguna 3-Sector III

Escenario 1:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 6 días por semana (domingos libres)
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 343 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 296,41 m³
- Cota borde libre: 345 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 7.381,35 m³
- Volumen útil: 7.084,94 m³
- Área del espejo de agua: 0,80 ha
- Área productora de escurrimiento: 11,97 ha
- Cota Volumen máximo: 345,5 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 10.531,39 m³
- Caudal de oferta desde la laguna 1: 2,80 l/s

La Tabla 6.28 muestra los resultados del balance hídrico laguna 3 escenario 1, donde se puede observar que, los aportes por escurrimiento del agua de lluvia son bien importantes y, según el balance, se puede decir que, con este criterio de operación se satisfacen las demandas de agua de los cultivos en todos los meses del año. El proceso de alivio del excedente de agua, producto del escurrimiento de la lluvia, ocurre solo en los meses de Octubre a Diciembre.

Tabla 6.28. Balance hídrico Laguna 3, Escenario 1.

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Esc (mm)	12,90	11,30	12,74	75,52	42,10	29,36	36,24	34,03	43,17	81,64	76,74	28,51
Área Colec.(ha)	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97
Vol.Ppt (m ³)	393,63	371,37	391,43	1.041,44	723,30	590,35	663,46	640,37	734,13	1.096,98	1.052,53	581,14
Vol.Evap. (m ³)	904,72	869,68	1.006,80	935,56	1.075,45	1.037,33	1.108,11	1.169,62	1.149,41	1.044,68	887,95	898,76
Vol.Oferta.(m ³)	3.265,92	2.903,04	3.144,96	3.144,96	3.144,96	3.144,96	3.265,92	3.144,96	3.145	3.266	3.024	3.266
Demanda de riego.(m ³)	6.393,28	5.813,05	6.921,56	7.343,99	7.985,22	8.170,86	8.584,34	6.822,21	4.692,48	3.513,99	3.096,46	3.762,49
Vol.Escorr.(m ³)	1.544,00	1.352,20	1.524,74	9.039,30	5.038,70	3.513,93	4.337,87	4.073,61	5.167,63	9.771,74	9.184,93	3.413,03
Variac.Almac (m ³)	-2.094,46	-2.056,12	-2.867,23	4.946,14	-153,71	-1.958,95	-1.425,20	-132,89	3.204,83	9.575,98	9.277,05	2.598,84
Vol.Inic. (m3)	7.084,94	4.990,48	2.934,36	67,13	5.013,27	4.859,56	2.900,61	1.475,41	1.342,52	4.547,35	10.531,39	10.531,39
Vol.Fin (m3)	4.990,48	2.934,36	67,13	5.013,27	4.859,56	2.900,61	1.475,41	1.342,52	4.547,35	14.123,33	19.808,44	13.130,23
Vol.Max. (m ³)	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.592	9.277,05	2.598

6.7.5. Balance Hídrico Laguna 4-Sector IV

Escenario 1:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 6 días por semana (domingos libres)
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 312 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 1.550,89 m³
- Cota borde libre: 319 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 89.053,49 m³
- Volumen útil: 87.502,6 m³
- Área del espejo de agua: 3,15 ha
- Área productora de escurrimiento: 20,40 ha
- Cota Volumen máximo: 320 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 116.401,53 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 75,37 l/s

La Tabla 6.29 muestra los resultados del balance hídrico laguna 4 escenario 1, donde se puede observar que, los aportes por escurrimiento del agua de lluvia son importantes, sin embargo, según el balance, durante los meses de Abril a Noviembre, el almacenamiento no es suficiente para satisfacer plenamente la demanda de agua de los cultivos, presentándose un marcado déficit de abril a noviembre. En conclusión, con este criterio de operación, no se puede entregar el agua ni en oportunidad ni en cantidad para garantizar el desarrollo de los cultivos.

Tabla 6.29. Balance hídrico Laguna 4, Escenario 1

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Esc (mm)	19,25	17,25	19,05	89,23	53,02	38,71	46,49	44,01	54,22	95,74	90,53	37,74
Área Cotec. (ha)	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40
Vol.Ppt (m ³)	1.559,08	1.470,93	1.550,38	4.124,91	2.864,86	2.338,24	2.627,81	2.536,39	2.907,72	4.344,92	4.168,84	2.301,77
Vol.Evap. (m ³)	3.583,43	3.444,63	3.987,72	3.705,57	4.259,64	4.108,64	4.389,00	4.632,63	4.552,57	4.137,75	3.516,99	3.559,80
Vol.Oferta.(m ³)	87.482,68	77.762,38	84.242,58	84.242,58	84.242,58	84.242,58	87.482,68	84.242,58	84.242,58	87.482,68	81.002,48	87.482,68

Tabla 6.29. Continuación

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Demanda de riego.(m ³)	108.248,29	99.402,14	117.736,23	123.668,64	134.810,86	134.126,07	131.904,26	110.054,20	82.723,65	67.403,57	59.926,80	581,51
Vol.Escurr.(m ³)	3.927,92	3.519,68	3.887,19	18.204,48	10.816,97	7.896,37	9.485,30	8.978,76	11.060,31	19.530,94	18.468,70	7.699,70
Variac. Almac (m ³)	-18.862,03	-20.093,77	-32.043,79	-20.802,24	-41.146,09	-43.757,52	-36.697,46	-18.929,10	10.934,39	39.817,23	40.196,24	93.342,84
Vol.Inic.(m3)	87.502,60	68.640,57	48.546,80	16.503,01	-4.299,23	-45.445,32	-89.202,84	-125.900,3	-144.829,4	-133.895,0	-94.077,78	-53.881,54
Vol.Fin (m3)	68.640,57	48.546,80	16.503,01	-4.299,23	-45.445,32	-89.202,84	-125.900,3	-144.829,4	-133.895,0	-94.077,78	-53.881,54	39.461,30
Vol.Max.(m ³)	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53
Vol Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.7.6. Balance Hídrico Laguna 5-Sector V

Escenario 1:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 6 días por semana (domingos libres)
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 304 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 1.394,46 m³
- Cota borde libre: 311 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 34.915,87 m³
- Volumen útil: 33.521,41 m³
- Área del espejo de agua: 0,88 ha
- Área productora de escurrimiento: 10,93 ha
- Cota Volumen máximo: 312 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 41.711,24 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 29,28 l/s

La Tabla 6.30, muestra los resultados del balance hídrico laguna 5 escenario 1, en función del cual, se puede observar que, durante los meses de Abril a Diciembre, el almacenamiento no es suficiente para satisfacer la demanda de agua de los cultivos. En conclusión, con este criterio de operación, no se puede entregar el agua ni en oportunidad ni en cantidad para garantizar el desarrollo de los cultivos.

Tabla 6.30. Balance hídrico Laguna 5, Escenario 1

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Esc (mm)	11,04	9,57	10,89	70,86	38,55	26,41	32,95	30,85	39,58	76,82	72,04	25,61
Área Colec.(ha)	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93
Vol.Ppt (m ³)	433,64	409,13	431,23	1.147,31	796,84	650,36	730,90	705,47	808,76	1.208,50	1.159,53	640,22
Vol.Evap. (m ³)	996,70	958,09	1.109,15	1.030,67	1.184,78	1.142,78	1.220,76	1.288,53	1.266,26	1.150,88	976,22	990,13
Vol.Oferta.(m ³)	33.988,91	30.212,37	32.730,06	32.730,06	32.730,06	32.730,06	33.988,91	32.730,06	32.730,06	33.988,91	31.471,22	33.988,91
Demanda de riego.(m ³)	43.862,97	40.331,49	47.746,18	50.086,85	54.661,40	55.721,34	56.896,43	49.305,57	38.535,88	32.455,02	28.806,95	31.822,85
Vol.Escorr.(m ³)	1.205,90	1.045,90	1.189,79	7.743,05	4.212,25	2.885,94	3.600,72	3.370,94	4.325,06	8.394,52	7.872,48	2.798,78
Variac. Almac (m ³)	-9.231,21	-9.622,19	-14.504,3	-9.497,11	-18.107,0	-20.597,8	-19.796,7	-13.787,6	-1.938,25	9.988,04	10.718,06	4.614,93
Vol.Inic. (m3)	33.521,41	24.290,20	14.668,01	163,76	-9.333,35	-27.440,4	-48.038,1	-67.834,8	-81.622,4	-83.560,7	-73.574,6	-62.856,6
Vol.Fin (m3)	24.290,20	14.668,01	163,76	-9.333,35	-27.440,4	-48.038,1	-67.834,8	-81.622,4	-83.560,8	-73.574,6	-62.856,6	-58.241,6
Vol.Max. (m ³)	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En conclusión las lagunas 1, 4, y 5, bajo el esquema de operación del escenario 1, no son capaces de suplir las demandas de agua de los cultivos en sus respectivos sectores de riego. Lo contrario sucede con las lagunas 2 y 3, que si satisfacen plenamente dichas demandas. Sin embargo, es especial el caso de la laguna 2, cuyo volumen de alivio, recarga o surte a su vez, la laguna 1. Por estas razones se plantea otra directriz operativa referida al escenario 2, el cual propone elevar los días de bombeo a siete días por semana, manteniendo las mismas 12 horas de bombeo por día y la suplencia del 100% de la demanda de agua de los cultivos.

6.7.7. Balance Hídrico Laguna 2-Sector II

Escenario 2:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 7 días por semana
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 327 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 370,53 m³

- Cota borde libre: 333 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 25.738,63 m³
- Volumen útil: 25.368,1 m³
- Área del espejo de agua: 1.49 ha
- Área productora de escurrimiento: 47,96 ha
- Cota Volumen máximo: 333,5 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 32.266,83 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 23,27 l/s

La Tabla 6.31, muestra los resultados del balance hídrico laguna 2 escenario 2, donde se puede observar que, con este criterio de operación se satisfacen las demandas de agua de los cultivos en el Sector II, con una situación especial referida a que, los volúmenes de alivio hacia la laguna 1, son un poco mayores respecto al escenario 1, lo que contribuye con el almacenamiento en dicha laguna y elevando su capacidad para suplir las demandas de riego del Sector I.

Tabla 6.31. Balance hídrico Laguna 2, Escenario 2.

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
Esc (mm)	14,86	13,12	14,69	80,07	45,64	32,35	39,55	37,25	46,76	86,33	81,32	31,46
Área Colcc.(ha)	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96	47,96
Vol.Ppt (m ³)	735,28	693,71	731,18	1.945,36	1.351,10	1.102,74	1.239,31	1.196,19	1.371,31	2.049,11	1.966,07	1.085,54
Vol.Evap. (m ³)	1.689,98	1.624,53	1.880,65	1.747,59	2.008,89	1.937,68	2.069,90	2.184,80	2.147,04	1.951,41	1.638,65	1.678,84
Vol.Oferta.(m ³)	31.009,79	28.008,84	31.009,79	30.009,47	31.009,79	30.009,47	31.009,79	31.009,79	30.009,47	31.009,79	30.009,47	31.009,79
Demanda de riego.(m ³)	32.514,06	29.827,09	35.339,37	37.154,50	40.451,91	39.175,00	36.841,73	29.269,69	20.876,23	16.240,02	14.477,13	20.131,28
Vol.Escorr.(m ³)	7.127,34	6.294,46	7.043,89	38.403,53	21.891,05	15.514,46	18.968,54	17.863,12	22.427,43	41.405,56	39.000,82	15.089,86
Variac. Almac (m ³)	4.668,36	3.545,40	1.564,83	31.456,27	11.791,13	5.513,90	12.306,01	18.814,80	30.784,94	56.273,02	54.840,59	25.375,06
Vol.Inic. (m ³)	25.368,10	30.036,46	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83
Vol.Fin (m ³)	30.036,46	33.581,85	33.831,66	63.723,10	44.057,96	37.780,82	44.572,84	50.881,43	63.051,77	88.539,85	87.107,42	57.841,89
Vol.Max (m ³)	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83	32.266,83
Vol.Alivio (m ³)	0,00	1.315,02	1.864,83	31.456,27	11.791,13	5.513,90	12.306,01	18.814,80	30.784,94	56.273,02	54.840,59	25.375,06

6.7.8. Balance Hídrico Laguna 1-Sector I

En este balance se toma en cuenta el aporte de la laguna 2 mediante los volúmenes de alivio que ésta presenta, y también el volumen de salida hacia la laguna 3, así se tiene entonces:

Escenario 2:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 7 días por semana
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 317 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 2.503,12 m³
- Cota borde libre: 327 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 180.893,53 m³
- Volumen útil: 178.390,41 m³
- Área del espejo de agua: 4,27 ha
- Área productora de escurrimiento: 35,93 ha
- Cota Volumen máximo: 328 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 218.623,64 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 122,09 l/s
- Caudal de salida hacia la laguna 3: 2,80 l/s

La Tabla 6.32, muestra los resultados del balance hídrico para la laguna 1 escenario 2, donde se puede observar que, con este criterio de operación sí se logra satisfacer las demandas de agua de los cultivos a lo largo de todo el año, ya que los volúmenes almacenados al final de cada mes son positivos, es decir, no se agota la reserva de agua y, según el balance, también se puede observar que no se generan pérdidas por efecto del alivio a lo largo de los meses de Enero a Septiembre.

Tabla 6.32. Balance hídrico Laguna 1, Escenario 2

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27
Esc (mm)	16,29	14,46	16,11	83,20	48,13	34,47	41,88	39,51	49,27	89,55	84,47	33,56
Área Colec.(ha)	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93	35,93
Vol.Ppt (m ³)	2.113,36	1.963,87	2.101,57	5.591,39	3.883,36	3.169,52	3.562,04	3.438,12	3.941,46	5.889,61	5.650,94	3.120,09

Tabla 6.32. Continuación

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Vol.Evap. (m ³)	4.857,40	4.669,25	5.405,42	5.022,97	5.774,01	5.569,33	5.949,36	6.279,61	6.171,08	5.608,79	4.767,34	4.825,37
Vol.Oferta.(m ³)	164.322,83	148.420,62	164.322,83	159.022,09	164.322,83	159.022,09	164.322,83	164.322,83	159.022,09	164.322,83	159.022,09	164.322,83
Demanda de riego.(m ³)	176.542,03	162.870,62	194.198,05	204.454,50	221.927,29	218.463,23	215.951,36	181.663,35	139.953,23	116.919,22	103.350,54	120.593,68
Vol.Escorr.(m ³)	5.853,84	6.512,07	7.352,96	61.351,70	29.083,85	17.898,68	27.353,44	32.811,05	48.489,10	88.449,39	85.190,03	37.431,63
Variac Almac (m ³)	-9.109,40	-10.613,31	-25.826,11	16.487,71	-30.411,26	-43.942,27	-26.662,40	12.629,04	65.328,34	136.133,82	141.745,17	79.455,50
Vol.Inic. (m ³)	178.390,41	169.281,01	158.667,70	132.841,58	149.329,29	118.918,03	74.975,76	48.313,37	60.942,40	126.270,74	218.623,64	218.623,64
Vol.Fin (m ³)	169.281,01	158.667,70	132.841,58	149.329,29	118.918,03	74.975,76	48.313,37	60.942,40	126.270,74	262.404,56	360.368,81	298.079,14
Vol.Max. (m ³)	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64	218.623,64
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.780,82	141.745,17	79.455,50

6.7.9. Balance Hídrico Laguna 3-Sector III

Escenario 2:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 7 días por semana
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 343 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 296,41 m³
- Cota borde libre: 345 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 7.381,35 m³
- Volumen útil: 7.084,94 m³
- Área del espejo de agua: 0,80 ha
- Área productora de escurrimiento: 11,97 ha
- Cota Volumen máximo: 345,5 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 10.531,39 m³
- Caudal de oferta desde la laguna 1: 2,80 l/s

La Tabla 6.33 muestra los resultados del balance hídrico laguna 3 escenario 2, donde se puede observar que, los aportes por escurrimiento del agua de lluvia son bien importantes y, según el balance, se puede decir que, con este criterio de operación se satisfacen las demandas de agua de los cultivos en todos los meses del año. El proceso de alivio del excedente de agua, producto del escurrimiento de la lluvia, ocurre solo en los meses de Octubre a Diciembre.

Tabla 6.33. Balance hídrico Laguna 3, Escenario 2

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Esc (mm)	12,90	11,30	12,74	75,52	42,10	29,36	36,24	34,03	43,17	81,64	76,74	28,51
Área Colec. (ha)	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97	11,97
Vol.Ppt (m ³)	393,63	371,37	391,43	1.041,44	723,30	590,35	663,46	640,37	734,13	1.096,98	1.052,53	581,14
Vol.Evap. (m ³)	904,72	869,68	1.006,80	935,56	1.075,45	1.037,33	1.108,11	1.169,62	1.149,41	1.044,68	887,95	898,76
Vol.Oferta.(m ³)	3.749,78	3.386,88	3.749,76	3.628,80	3.749,76	3.628,80	3.749,76	3.749,76	3.628,80	3.749,76	3.628,80	3.749,76
Demanda de riego.(m ³)	6.393,28	5.813,05	6.921,56	7.343,99	7.985,22	8.170,86	8.584,34	6.822,21	4.692,48	3.513,99	3.096,46	3.762,49
Vol.Escorr.(m ³)	1.544,00	1.352,20	1.524,74	9.039,30	5.038,70	3.513,93	4.337,87	4.073,61	5.167,63	9.771,74	9.184,93	3.413,03
Variac.Almac (m ³)	-1.610,62	-1.572,28	-2.262,43	5.429,98	451,09	-1.475,11	-941,36	471,91	3.688,67	10.059,82	9.881,85	3.082,68
Vol.Inic. (m ³)	7.084,94	5.474,32	3.902,04	1.639,61	7.069,59	7.520,68	6.045,57	5.104,21	5.576,12	9.264,79	10.531,39	10.531,39
Vol.Fin (m ³)	5.474,32	3.902,04	1.639,61	7.069,59	7.520,68	6.045,57	5.104,21	5.576,12	9.264,79	19.324,61	20.413,24	13.614,07
Vol.Max. (m ³)	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39	10.531,39
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.795	3.891,35	3.082

6.7.10. Balance Hídrico Laguna 4-Sector IV

Escenario 2:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 7 días por semana
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 312 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 1.550,89 m³
- Cota borde libre: 319 m.s.n.m.

- Volumen al borde libre: 89.053,49 m³
- Volumen útil: 87.502,6 m³
- Área del espejo de agua: 3,15 ha
- Área productora de escurrimiento: 20,40 ha
- Cota Volumen máximo: 320 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 116.401,53 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 75,37 l/s

La Tabla 6.34 muestra los resultados del balance hídrico para la laguna 4 escenario 2, donde se puede observar que, los aportes por escurrimiento del agua de lluvia son importantes, sin embargo, según el balance, durante los meses de Junio a Septiembre, el almacenamiento no es suficiente para satisfacer la demanda de agua de los cultivos y en el mes de diciembre se presenta un exagerado volumen de alivio. En conclusión, con este criterio de operación, no se puede entregar el agua ni en oportunidad ni en cantidad para garantizar el desarrollo de los cultivos, por tanto se descarta su implementación.

Tabla 6.34. Balance hídrico Laguna 4, Escenario 2

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Esc (mm)	19,25	17,25	19,05	89,23	53,02	38,71	46,49	44,01	54,22	95,74	90,53	37,74
Área Colec.(ha)	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40
Vol.Ppt (m ³)	1.559,08	1.470,93	1.550,38	4.124,91	2.864,86	2.338,24	2.627,81	2.536,39	2.907,72	4.344,92	4.168,84	2.301,77
Vol.Evap. (m ³)	3.583,43	3.444,63	3.987,72	3.705,57	4.259,64	4.108,64	4.389,00	4.632,63	4.552,57	4.137,75	3.516,99	3.559,80
Vol.Oferta.(m ³)	100.443,08	90.722,78	100.443,08	97.202,98	100.443,08	97.202,98	100.443,08	100.443,08	97.202,98	100.443,08	97.202,98	100.443,08
Demanda de riego.(m ³)	108.248,29	99.402,14	117.736,23	123.668,64	134.810,86	134.126,07	131.904,26	110.054,20	82.723,65	67.403,57	59.926,80	581,51
Vol.Escorr.(m ³)	3.827,92	3.519,68	3.887,19	18.204,48	10.816,97	7.896,37	9.485,30	8.978,76	11.060,31	19.530,94	18.468,70	7.699,70
Variac.Almac (m ³)	-5.901,63	-7.133,37	-15.843,30	-7.841,84	-24.945,59	-30.797,12	-23.737,06	-2.728,61	23.894,79	52.777,63	56.396,73	106.303,24
Vol.Inic. (m ³)	87.502,60	81.600,97	74.467,60	58.624,30	50.782,46	25.836,87	-4.960,25	-28.697,31	-31.425,92	-7.531,13	45.246,49	101.643,23
Vol.Fin (m ³)	81.600,97	74.467,60	58.624,30	50.782,46	25.836,87	-4.960,25	-28.697,31	-31.425,92	-7.531,13	45.246,49	101.643,23	207.946,46
Vol.Max. (m ³)	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81.544,93

6.7.11. Balance Hídrico Laguna 5-Sector V

Escenario 2:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 7 días por semana
- Entrega de agua a parcelas: el 100% de la demanda de los cultivos

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 304 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 1.394,46 m³
- Cota borde libre: 311 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 34.915,87 m³
- Volumen útil: 33.521,41 m³
- Área del espejo de agua: 0,88 ha
- Área productora de escurrimiento: 10,93 ha
- Cota Volumen máximo: 312 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 41.711,24 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 29,28 l/s

La Tabla 6.35, muestra los resultados del balance hídrico para la laguna 5 escenario 2, en ella, se puede observar que, durante los meses de Junio a Noviembre, el almacenamiento no es suficiente para satisfacer la demanda de agua de los cultivos, solamente existe un buen aporte durante los meses de Diciembre a Mayo, por tanto, no se asume este criterio de operación, al contrario esto sugiere establecer otro escenario de manejo.

Tabla 6.35. Balance hídrico Laguna 5, Escenario 2

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Esc (mm)	11,04	9,57	10,89	70,86	38,55	26,41	32,95	30,85	39,58	76,82	72,04	25,61
Área Colec.(ha)	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93
Vol.Ppt (m ³)	433,84	409,13	431,23	1.147,31	796,84	650,36	730,90	705,47	808,76	1.208,50	1.159,53	640,22
Vol.Evap. (m ³)	996,70	958,09	1.109,15	1.030,67	1.184,78	1.142,78	1.220,76	1.288,53	1.266,26	1.150,88	978,22	990,13
Vol.Oferta (m ³)	39.024,31	35.247,76	39.024,31	37.765,46	39.024,31	37.765,46	39.024,31	39.024,31	37.765,46	39.024,31	37.765,46	39.024,31
Demanda de riego (m ³)	43.882,97	40.331,49	47.746,16	50.098,85	54.661,40	55.721,34	56.896,43	49.305,57	38.535,88	32.455,02	28.806,85	31.822,85

Tabla 6.35. Continuación

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Vol.Escorr.(m ³)	1.205,90	1.045,90	1.189,79	7.743,05	4.212,25	2.885,94	3.600,72	3.370,94	4.325,06	8.394,52	7.872,48	2.798,78
Variac.Almac (m ³)	-4.195,82	-4.586,79	-8.210,01	-4.461,71	-11.812,8	-15.562,4	-14.761,3	-7.493,38	3.097,14	15.021,43	17.012,30	9.650,32
Vol.Inic. (m3)	33.521,41	29.325,59	24.738,80	16.528,79	12.067,07	254,28	-15.308,1	-30.069,3	-37.562,7	-34.465,6	-19.444,1	-2.431,84
Vol.Fin (m3)	29.325,59	24.738,80	16.528,79	12.067,07	254,28	-15.308,1	-30.069,3	-37.562,7	-34.465,6	-19.444,1	-2.431,84	7.218,49
Vol.Max. (m ³)	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Debido a los resultados obtenidos de los balances hídricos de las lagunas 4 y 5, para los escenarios 1 y 2, es condición obligatoria establecer otro esquema operativo para dichas lagunas. Así, se establece el Escenario 3, el cual se fundamenta en utilizar un factor de entrega de agua a las parcelas, en función del cultivo, es decir, se puede disminuir o sacrificar su aporte hídrico en un porcentaje lo menor posible, de manera tal, de no afectar su desarrollo y producción de forma significativa.

6.7.12. Balance Hídrico Laguna 4-Sector IV

Escenario 3:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 7 días por semana
- Entrega de agua a parcelas:
 - a. El 100% de la demanda de los cultivos distintos al pasto para todo el año
 - b. El 100% de la demanda del pasto para los meses de Septiembre a Marzo
 - c. El 95% de la demanda del pasto para los meses de Abril y Agosto
 - d. El 90% de la demanda del pasto para el mes de Julio
 - e. El 85% de la demanda del pasto para los meses de Mayo y Junio

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 312 m.s.n.m.

- Volumen muerto: 1.550,89 m³163
- Cota borde libre: 319 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 89.053,49 m³
- Volumen útil: 87.502,6 m³
- Área del espejo de agua: 3,15 ha
- Área productora de escurrimiento: 20,40 ha
- Cota Volumen máximo: 320 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 116.401,53 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 75,37 l/s

La Tabla 6.36 muestra los resultados del balance hídrico para la laguna 4 escenario 3, donde se puede ver que, bajo esta condición de entrega de agua a los cultivos, la laguna 4 es apta para garantizar el agua de riego al Sector IV, sin menoscabo del desarrollo y producción del pasto. También se puede observar que no existen pérdidas por alivio de volúmenes de agua en exceso durante los meses de Enero a Octubre, lo que indica que los aportes por lluvia son importantes y se aprovechan efectivamente.

Tabla 6.36. Balance hídrico Laguna 4, Escenario 3

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
Esc (mm)	19,25	17,25	19,05	89,23	53,02	38,71	46,49	44,01	54,22	95,74	90,53	37,74
Área Colec.(ha)	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40
Vol.Ppt (m ³)	1.559,08	1.470,93	1.550,38	4.124,91	2.864,86	2.338,24	2.627,81	2.536,39	2.907,72	4.344,92	4.168,84	2.301,77
Vol.Evap. (m ³)	3.583,43	3.444,63	3.987,72	3.705,57	4.259,64	4.108,64	4.389,00	4.632,63	4.552,57	4.137,75	3.516,99	3.559,80
Vol.Oferta.(m ³)	100.443,08	90.722,78	100.443,08	97.202,98	100.443,08	97.202,98	100.443,08	100.443,08	97.202,98	100.443,08	97.202,98	100.443,08
Demanda de riego.(m ³)	108.248,29	99.402,14	117.736,23	120.532,72	124.518,88	123.220,86	124.095,80	106.535,14	82.723,65	67.403,57	59.926,80	581,51
Vol.Escorr.(m ³)	3.927,92	3.519,68	3.887,19	18.204,48	10.816,97	7.896,37	9.485,30	8.978,76	11.060,31	19.530,94	18.468,70	7.689,70
Variac.Almac (m ³)	-5.901,63	-7.133,37	-15.843,30	-4.705,82	-14.653,41	-19.891,92	-15.928,40	790,45	23.894,79	52.777,63	56.396,73	106.303,24
Vol.Inic. (m ³)	87.502,60	81.600,97	74.487,60	58.624,30	53.918,38	39.264,96	19.373,05	3.444,65	4.235,10	28.129,90	80.907,52	116.401,53
Vol.Fin (m ³)	81.600,97	74.487,60	58.624,30	53.918,38	39.264,96	19.373,05	3.444,65	4.235,10	28.129,90	80.907,52	137.304,25	222.704,77
Vol.Max. (m ³)	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53	116.401,53
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.503	108.308

6.7.13. Balance Hídrico Laguna 5-Sector V

Escenario 3:

- Tiempo de bombeo: 12 h/día
- Días de bombeo: 7 días por semana
- Entrega de agua a parcelas:
 - a. El 100% de la demanda de los cultivos distintos al pasto para todo el año
 - b. El 100% de la demanda del pasto para los meses de Septiembre a Diciembre
 - c. El 90% de la demanda del pasto para los meses de Enero a Febrero
 - d. El 85% de la demanda del pasto para los meses de Marzo a Agosto

Condiciones de borde:

- Condición inicial: Llena
- Cota volumen muerto: 304 m.s.n.m.
- Volumen muerto: 1.394,46 m³
- Cota borde libre: 311 m.s.n.m.
- Volumen al borde libre: 34.915,87 m³
- Volumen útil: 33.521,41 m³
- Área del espejo de agua: 0,88 ha
- Área productora de escurrimiento: 10,93 ha
- Cota Volumen máximo: 312 m.s.n.m.
- Volumen máximo: 41.711,24 m³
- Caudal de oferta desde la fuente: 29,28 l/s

Como se puede ver este criterio de operación, se fundamenta en sacrificar en un leve porcentaje la entrega de agua al cultivo de pasto, no en todo el año, sino para algunos meses. Así, para los meses de Septiembre a Diciembre se tiene un factor de entrega (Fe) igual a 1, es decir, el 100% de la demanda de riego. Para los meses de Enero y Febrero se establece un factor de entrega igual a 0,9 y para los meses de Marzo a Agosto de 0,85.

La Tabla 6.37, muestra los resultados del balance hídrico para la laguna 5 escenario 3, en éste, se puede observar que, bajo este esquema de operación se satisfacen plenamente las demandas de agua para riego, no se presentan en todo el año pérdidas por alivio de la laguna, solo en el mes de Diciembre.

Tabla 6.37. Balance hídrico Laguna 5, Escenario 3

	E	F	M	A	M	JUN	JUL	A	S	O	N	D
Ppt (mm)	49,5	46,7	49,2	131,0	91,0	74,2	83,4	80,5	92,3	138,0	132,4	73,1
Ev (mm)	113,8	109,4	126,6	117,7	135,3	130,5	139,4	147,1	144,6	131,4	111,7	113,0
Esp. Agua (ha)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Esc (mm)	11,04	9,57	10,89	70,86	38,55	26,41	32,95	30,85	39,58	76,82	72,04	25,61
Área Colec.(ha)	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93	10,93
Vol.Ppt (m ³)	433,64	409,13	431,23	1.147,31	796,84	650,36	730,90	705,47	808,76	1.208,50	1.159,53	640,22
Vol.Evap. (m ³)	996,70	958,09	1.109,15	1.030,67	1.184,78	1.142,78	1.220,76	1.288,53	1.266,26	1.150,88	978,22	990,13
Vol.Oferta.(m ³)	39.024,31	35.247,76	39.024,31	37.765,46	39.024,31	37.765,46	39.024,31	39.024,31	37.765,46	39.024,31	37.765,46	39.024,31
Demanda de riego.(m ³)	40.963,11	37.656,02	43.002,55	45.127,80	49.236,14	49.972,94	50.722,22	43.740,62	38.535,88	32.455,02	28.806,95	31.822,85
Vol.Escorr.(m ³)	1.205,90	1.045,90	1.189,79	7.743,05	4.212,25	2.885,94	3.600,72	3.370,94	4.325,06	8.394,52	7.872,48	2.798,78
Variac. Almac (m ³)	-1.295,95	-1.911,33	-3.466,38	497,34	-6.387,53	-9.813,96	-8.587,04	-1.928,43	3.097,14	15.021,43	17.012,30	9.650,32
Vol.Inic. (m3)	33.521,41	32.225,46	30.314,12	26.847,75	27.345,09	20.957,56	11.143,59	2.556,55	628,12	3.725,26	18.746,69	35.758,99
Vol.Fin (m3)	32.225,46	30.314,12	26.847,75	27.345,09	20.957,56	11.143,59	2.556,55	628,12	3.725,26	18.746,69	35.758,99	45.409,32
Vol.Max. (m ³)	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24	41.711,24
Vol.Alivio (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De esta manera se concluye que las lagunas 1, 2 y 3, se operarán bajo el Escenario 2, es decir, el bombeo desde la fuente será de 12 horas por día, siete días por semana y suministrando el 100% de la demanda de los cultivos de sus respectivos Sectores I, II y III.

La laguna 4 con el Escenario 3, para 12 horas por día de bombeo desde la fuente, siete días por semana, y para una condición especial de entrega de agua, que es la siguiente:

- a. El 100% de la demanda de los cultivos distintos al pasto para todo el año
- b. El 100% de la demanda del pasto para los meses de Septiembre a Marzo
- c. El 95% de la demanda del pasto para los meses de Abril y Agosto
- d. El 90% de la demanda del pasto para el mes de Julio
- e. El 85% de la demanda del pasto para los meses de Mayo y Junio

La Laguna 5 operará bajo el Escenario 3, el mismo esquema operativo de la laguna 4, en cuanto al tiempo de bombeo por día desde la fuente y los días de bombeo por semana, pero con otra condición especial de entrega de agua, la cual es la siguiente:

- a. El 100% de la demanda de los cultivos distintos al pasto para todo el año
- b. El 100% de la demanda del pasto para los meses de Septiembre a Diciembre
- c. El 90% de la demanda del pasto para los meses de Enero a Febrero
- d. El 85% de la demanda del pasto para los meses de Marzo a Agosto

En la Tabla 6.38, se presenta el esquema de manejo y operación para las lagunas, según los Escenarios propuestos.

Tabla 6.38. Escenarios de operación elegidos para las Lagunas

Escenario	Laguna	HBDF	DPS	Fe	Citricos	Pasto	Tomate	Pimentón	Cacao	Aguacate	Parchita	Guanábana
2	1	12	7	1	Todo el año	Todo el año	Todo el año	Todo el año	Todo el año			Todo el año
	2	12	7	1	Todo el año	Todo el año						
	3	12	7	1	Todo el año						Todo el año	
3	4	12	7	1	Todo el año					Todo el año		Todo el año
				1		Sept. a Marz.						
				0,95		Abril y Agost.						
				0,90		Julio						
				0,85		Mayo y Junio						
3	5	12	7	1	Todo el año				Todo el año			Todo el año
				1		Sept. a Dic.						
				0,90		Ener. y Feb						
				0,85		Marz. a Agot.						

Las siglas HBDF, DPS y Fe, presentadas en la Tabla 6.38 significan horas de bombeo por día desde la fuente, días por semana y Factor de entrega respectivamente.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 7

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO

El objetivo de esta fase del estudio es seleccionar el método de riego más adecuado para el desarrollo agrícola de las tierras, ubicadas en el ámbito del sistema de riego del Asentamiento Campesino Santa Lucía, Municipio Zea del Estado Mérida.

7.1. EL SISTEMA DE RIEGO

El sistema de riego está compuesto por un conjunto de elementos físicos, personas y modos de actuar que obran sobre el agua, la tierra y diversos insumos, para producir bienes bajo determinadas restricciones, y sin generar efectos adversos (Lobo, 1974). El sistema comprende la naturaleza y el estado del sistema físico como infraestructura hidráulica, vial, de comunicaciones y de servicio, que considera también los aspectos humanos, sociales, institucionales, ambientales y económicos, para tener seguridad de que el área beneficiada será apropiadamente gerenciada y garantice una agricultura sustentable.

Esta sustentabilidad depende de factores de orden físico, factores financieros resultantes del flujo de recursos, y de factores institucionales en la que se considera una apropiada organización para la administración, operación y mantenimiento, por lo que la formulación de un proyecto de riego debe ajustarse a la política agrícola e hidráulica que el país se ha trazado a corto, mediano y largo plazo.

El riego y el drenaje, al permitir el aumento del número de especies que comprenden el patrón de cultivos e incrementar notablemente su producción, dando lugar a la obtención de una mayor riqueza en la misma área del proyecto y consecuentemente, a la elevación del nivel de vida de la población.

Una decisión importante que se debe tomar al formular un proyecto de riego es en lo relativo a la superficie a beneficiar con el agua disponible, lo cual depende del patrón de cultivos y del régimen de riego.

Si en la zona existe presión social, por ser elevado el número de agricultores sin tierra, pero la tierra no es el factor limitante, sino el agua, el riego no tendrá como propósito alcanzar el máximo rendimiento, sino favorecer a un mayor número de agricultores y sostener el ingreso por medio de una agricultura diversificada.

7.2. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO

La selección del método de riego constituye un paso importante del proceso de formulación del proyecto, ya que una decisión respecto al método tiene incidencia en todas las fases del mismo, particularmente en las características de la red de riego. Una primera resolución está en determinar si se adopta un sistema de riego por gravedad o presurizado, es decir, si la conducción y distribución de agua procede de una red de canales que funcionan por gravedad o de tuberías a presión o una combinación de ellas.

La selección del método de riego depende de muchos factores entre los cuales los que se consideran más relevantes son:

- ❖ Cultivo.
- ❖ Topografía del terreno.
- ❖ Características físicas del suelo.
- ❖ Contenidos significativos de sales en el suelo y calidad del agua de riego.
- ❖ Disponibilidad de agua.
- ❖ Costos de instalación y de operación.
- ❖ Otros factores.

Cada uno de estos criterios, que ayudan a seleccionar el método de riego, tienen las siguientes implicaciones:

7.2.1. Cultivos

En ciertos casos, el cultivo prácticamente determina el método de riego. Por ejemplo, el arroz se riega en la casi generalidad de los casos por melgas en contorno o por melgas a nivel. En cultivos en hileras, como la papa, las labores mecanizadas de aporque dejan el terreno conformado para regar por surcos, aún cuando también puede emplearse la aspersion y el goteo. Otros cultivos, como ciertos frutales, no soportan la inundación temporal debida al riego, por lo tanto deben ser regados por surco, por aspersion o por goteo. Contrariamente, los pastos y cereales sembrados densamente pueden ser regados por melgas y por aspersion, pero no por surco y menos aún por goteo o riego localizado.

7.2.2 Costo del agua

En teoría, parece normal que el agua de riego tenga un costo, especialmente cuando es escasa y su despilfarro por mal uso alcanza niveles inaceptables para la colectividad. Sin embargo, cuando se pretende imponer el pago del agua, surgen múltiples dificultades, tales como:

- Se plantea la cuestión de ¿por qué pagar un agua que siempre ha sido gratuita? Cuando, para garantizar el suministro, ha sido preciso construir obras específicas, y a menudo muy costosas (presas, tomas, canales de transporte, tanques, estaciones de bombeo, etc.), el argumento de poner un precio al agua puede defenderse con cierta validez pero, a veces, dichas obras distan muchos kilómetros de las zonas regables, y los usuarios no siempre asocian, o no quieren hacerlo, el costo de tales obras a los beneficios que obtienen de ellas.
- El despilfarro de agua sólo es voluntario en raras ocasiones, lo cual es otro problema diferente; sin embargo, es preciso enseñar a los usuarios a utilizar menos agua, siendo éste el papel principal de los Servicios de Extensión y Divulgación, aún cuando estos mismos servicios no estén suficientemente sensibilizados con el problema, o sean poco competentes en cuanto al dominio del agua de riego en la parcela.
- A menos de que se pueda medir el agua consumida de una manera fiable, con instrumentos sencillos, baratos y fáciles de mantener, resulta difícil cuantificar el agua utilizada.
- Para riegos a presión, aspersión o localizado, se utilizan contadores de tipo clásico, de derivación o de paso total con molinete, tanto totalizadores volumétricos como caudalímetros, los cuales se consideran en el proyecto.

7.2.3. Condiciones específicas del tipo de explotación

El tipo de explotación, en el sentido más amplio, puede venir determinado por la situación personal del agricultor, por la importancia relativa de los cultivos bajo riego, por el tipo de explotación, por su estructura parcelaria y por el conjunto de medios financieros, humanos y materiales disponibles en ella.

Todo parcelamiento se caracteriza por el tamaño, la forma y la dispersión de las parcelas, así como por los obstáculos fijos que contengan. Todas estas características influyen, a veces interactivamente, en la elección de los sistemas de riego, y sobre ellas deben hacerse algunas consideraciones:

- ***Dimensión o tamaño de la parcela***

En forma general, se puede establecer que:

- Por debajo de unas 10 ha, los más adecuados son los equipos de aspersores (móviles, semimóviles, fijos) o el riego localizado.

- Por encima de 10 ha, en principio, cualquier sistema puede ser bueno, teniendo en cuenta que existen dos categorías principales de sistemas:
 - ❖ Aquellos en los que el costo de inversión por hectárea no depende de la superficie regada, como ocurre con los equipos de aspersores (móviles, semifijos, fijos, etc.).
 - ❖ Aquellos en los que el costo unitario por hectárea se reduce al aumentar el tamaño de la parcela, como ocurre con las máquinas de riego (enrollables y alas de avance frontal). Este efecto puede ser aún más acentuado cuando se utilizan los Pivote Central.

En todo caso, para superficies por debajo de 20 ha, no se suelen emplear alas frontales.

- ***Forma de la parcela***

Con respecto a este aspecto se puede mencionar que:

- En parcelas de formas geométricas simples se puede utilizar cualquier sistema: equipos de aspersores clásicos, cañones gigantes, alas giratorias gigantes, riego localizado, máquinas de riego por fajas, alas frontales, o incluso pivote central, en movimiento sectorial.
- Para parcelas de forma muy irregular deberán utilizarse equipos de aspersores o de riego localizado, que son los únicos capaces de adaptarse a cualquier figura. Por lo tanto, en principio, no son adecuados los sistemas pivote, ni las máquinas de riego por franjas, a menos que estén dotados de sofisticados elementos para el riego de las esquinas, formando parte de las mismas las alas, brazos plegables, o que las esquinas queden cubiertas por equipos de aspersores clásicos.

- ***Dispersión parcelaria***

Se pueden considerar dos casos:

- El de un parcelamiento concentrado, para el que las condiciones más importantes son el tamaño y la forma de las parcelas.
- El de un parcelamiento disperso, aparte de las limitaciones por la forma y tamaño de las parcelas, para el que la elección puede orientarse, o hacia el “todo fijo”, o hacia el “todo móvil”.

- ***Impedimentos físicos***

Además de la “pendiente”, que puede constituir una limitación importante, y que se considerará dentro de las ligadas a los suelos, existen también determinados obstáculos físicos que pueden llevar a descartar ciertos tipos de materiales o, cuando menos, dificultar su puesta en funcionamiento en condiciones óptimas.

7.2.4. Condiciones específicas del tipo de suelo

Cualquier actividad relacionada con los suelos, tanto si se trata de estudios edafológicos, como de recuperación, plantea enfoques diferentes según se trate de suelos no homogéneos o de suelos difíciles de manejar.

Esto es especialmente aplicable en materia de riegos, en donde las soluciones serán diferentes según se trate de suelos de uno u otro tipo.

En los suelos difíciles, el riego manual se complica cuando las aplicaciones de agua han de ser frecuentes y con dosis variables. En estos casos son más convenientes los sistemas de riego mecanizados y automatizados.

En los suelos de escasa homogeneidad, la tendencia general es la misma, aunque no se puede recomendar ningún sistema de riego mecanizado, especialmente si su variabilidad es muy marcada. Así, por ejemplo, las alas de avance radial o frontal no se adaptan bien a estos suelos, a menos que presenten zonas muy regulares; por el contrario, los equipos de cobertura total, capaces de adaptarse a casi cualquier situación posible, permiten jugar, tanto con el propio diseño de la red, como con los parámetros del riego (tipo de goteo, aspersor o de cañón, duración del riego, etc.). De todos modos, la adaptación no siempre puede ser total porque la red, en la práctica, tampoco puede complicarse excesivamente.

Las características del suelo que pueden suponer limitaciones para su uso son de tres tipos: hidrodinámicas, estructurales y topográficas.

- ***Características hidrodinámicas del suelo***

Las más importantes son: la capacidad de almacenamiento, que determina la lámina de riego y la infiltración básica, que determinan el caudal de aplicación, es decir:

- La pluviometría, para la aspersión.
- El caudal en la cabecera del surco, para el riego de superficie.
- El caudal del emisor, para el riego localizado.

1. Capacidad de campo

Esta propiedad expresa el volumen máximo de agua que puede retener un suelo. De ella depende su capacidad de reserva útil ($AU = \text{capacidad de campo} - \text{punto de marchitez permanente}$), y afecta al propio cultivo según su fase vegetativa (profundidad de las raíces), e incluso de la forma de regar. Conviene destacar que, como las raíces prefieren absorber el agua de la zona que se humedece con mayor frecuencia, el riego tiende, paradójicamente, a estimular el mal aprovechamiento de las reservas efectivas utilizables de los horizontes más profundos.

A este respecto es particularmente importante definir el momento óptimo del último riego de la temporada.

Una característica de la capacidad de almacenamiento es la que se conoce como Agua Fácilmente Utilizable (AFU), lo que lleva a distinguir las siguientes condiciones:

a. Cuando la capacidad de almacenamiento es alta se puede, a igualdad de los demás factores, aumentar las láminas de riego, reduciendo el espaciamiento entre aspersores o aumentando sus pluviometrías, siempre que no se sobrepasen ciertos valores máximos, a partir de los cuales las pérdidas por escorrentía y los riesgos de erosión alcanzan niveles inaceptables. Los volúmenes de riego, dependen del método utilizado; de manera que:

En los sistemas de aspersión, la duración, tr (h), de un riego viene definida por la pluviometría aplicada, en mm, y por el caudal por unidad de área en mm/h. Este valor de tr influye en las condiciones de aplicación del agua en las siguientes circunstancias:

- Si el valor de tr es alto (superior a 6 u 8 horas), resultará fácil regar durante la noche con equipos clásicos y sin necesidad de hacer en ellos ningún cambio.
- Si, por el contrario, tr es bajo, o si el caudal disponible es tan pequeño que exige un riego continuo, será preciso adoptar sistemas que no precisen atención durante la noche, como los de cobertura total o cualquier otro más o menos automatizado.
- El riego localizado, por estar diseñado para aplicar láminas pequeñas y frecuentes, no es el más adecuado para la aplicación de volúmenes elevados.
- En cuanto al riego por superficie, las técnicas de inundación, pozas, son mejores que las de escorrentía, melgas y surcos, para que los suelos con alto poder retentivo alcancen su capacidad de campo.

b. Por el contrario, cuando la capacidad de campo del suelo es pequeña, es preciso reducir la lámina de aplicación de agua o distanciar los riegos, sin bajar de una pluviometría mínima, por debajo de la cual las pérdidas por evaporación llegarían a ser inadmisibles.

En estos casos es aconsejable emplear:

- Riego localizado, que permite aplicar, dependiendo de cada cultivo, riegos frecuentes o, incluso, hasta varias veces al día.
- Pequeñas alas de riego, frontales o pivotes que permiten aplicar riegos diarios, lo que resulta especialmente adecuado para los cultivos de cereales, en zonas desérticas y arenosas.

Por todo lo expuesto, se ve claramente que la capacidad de almacenamiento del suelo es muy importante para la elección de un sistema de riego, por ser el factor que más directamente determina la frecuencia de los riegos, tal es así que:

- En suelos con gran capacidad de almacenamiento y riegos espaciados, los tiempos de trabajo para maniobras y desplazamientos del equipo son menores. Por ello, se puede optar por sistemas más exigente en mano de obra, como los de cobertura semifija, pudiendo, incluso, ser adecuados los de superficie.
- En suelos con baja capacidad de almacenamiento y dependiendo de la frecuencia de los riegos, los tiempos de maniobra y de desplazamiento de los materiales son muy importantes, lo que puede llegar a hacer prohibitivo el empleo de sistemas exigentes en mano de obra. En tales casos son recomendables equipos, más o menos automatizados, como los de cobertura total, las alas frontales, los pivotes o los de riego localizado.

De manera general, se puede decir que la capacidad de almacenamiento de un suelo condiciona más el grado de automatización del sistema que el tipo de riego.

2. Infiltración

Es la velocidad con la que el agua de riego se infiltra verticalmente en el suelo, debiendo, por lo tanto, distinguirse los suelos ligeros y los suelos pesados.

a. En suelos muy permeables, las limitaciones dependen del método de riego:

- En riego por aspersión, una permeabilidad elevada puede hacer posible, a igualdad de todos los demás factores, utilizar pluviometrías de riego altas, lo que, en algunos casos, permite superar los valores máximos de aplicación recomendados y reducir la presión de servicio en la red.
- En los riegos por superficie y localizados, se deben evitar, ante todo, las pérdidas por percolación profunda que pudieran producirse.
- En riego de superficie no son aconsejables las técnicas de inundación, debiéndose emplear las de escorrentía.

- En riego localizado, en algunos suelos de textura gruesa y que carecen de matriz fina, los bulbos húmedos son de diámetro muy pequeño. En estos casos es necesario reducir, tanto el espaciado entre goteros como las láminas de riego, por el peligro de llegar a tener unas pérdidas excesivas por percolación, solución ésta que, sin embargo, supone una inversión muy elevada. Otra solución más simple y barata consiste en sustituir los goteros por microaspersores, tal como se emplea normalmente en el riego de frutales.

b. En suelos poco, o muy poco permeables, y dependiendo también del método de riego, las limitaciones son las siguientes:

- En riego por aspersión, a igualdad del resto de los factores, una permeabilidad baja obliga a regar con pluviometrías pequeñas, respetando, en todo caso, la lámina mínima de aplicación y, por supuesto, sin superar tampoco el citado umbral de pluviometría máxima. Para estos suelos, obviamente, deben descartarse los aspersores de pluviometría elevada y, en especial, los cañones; igualmente, en las alas son preferibles los aspersores que los difusores o boquillas, a menos que se fraccione el caudal de éstos últimos entre 2 ó 3 de menor gasto y se monten en pequeñas conducciones verticales, perpendiculares al ala de riego.
- El riego localizado se adapta bien a los suelos poco permeables por ser los caudales unitarios de los distribuidores normalmente pequeños. Sin embargo, en suelos con arcillas y expansivas (vertisoles), la formación de grietas de retracción puede alterar la formación del bulbo, en cuyo caso es recomendable emplear microaspersores o difusores, en lugar de goteros.
- En riegos de superficie, si la permeabilidad del suelo es baja, se pueden producir pérdidas por escorrentía. En este caso es aconsejable regar por pozas de inundación mejor que por melgas o surcos. En resumen, la permeabilidad del suelo es un factor importante a la hora de elegir el tipo y sistema de riego más adecuado.

Los suelos limosos son especialmente frágiles; el horizonte afectado por las labores, o la costra que se crea en su superficie, pueden perjudicar a las plantas en los estadios iniciales de su desarrollo (nascencia), así como favorecer la escorrentía. Para estos suelos, son especialmente perjudiciales y no aconsejables los sistemas de riego con altas pluviometrías y con gran energía cinética de las gotas, como sucede con los cañones, tanto en posiciones fijas de cobertura total, como móviles en equipos enrolladores, y más aún si la presión real de trabajo es pequeña y produce una mala pulverización del chorro.

Por el contrario, son recomendables los equipos de aspersores pequeños, con un marco de distribución adecuado, y con una presión de servicio que asegure una buena pulverización del chorro y una distribución homogénea del agua. El único inconveniente es que las gotas, cuanto

más pequeñas, más susceptibles son de ser arrastradas por el viento, lo que reduce la pluviometría que realmente llegan a las plantas.

El riego localizado, por la propia esencia del método, se adapta muy bien a estos suelos, en los que es preferible utilizar goteros clásicos mejor que microaspersores o difusores.

- ***Características topográficas del terreno***

En terrenos ondulados, con pendientes variables, deben considerarse las coberturas totales con aspersores. Las alas articuladas, pivotes o frontales, pueden instalarse en terrenos con pendientes de hasta el 20%, siempre y cuando:

- a. Se empleen motores muy potentes para el arrastre de las torres.
- b. Se utilicen neumáticos especiales.
- c. Los equipos sean de gran robustez. En todo caso, las alas de avance frontal son menos estables que las de avance en círculo o pivotes.

En terrenos de pendiente uniforme, las dificultades que se encuentran pueden deberse a:

- La mayor velocidad de circulación del agua sobre el suelo, que se traduce en mayores pérdidas por escorrentía y mayores riesgos de erosión, lo cual obliga a establecer unos toques máximos para la pluviometría de la aspersión y para los caudales aplicados en riego por superficie.
- Las variaciones de la presión de servicio que, como consecuencia de la pendiente, se pueden observar entre aspersores o emisores de la red fija; estas variaciones deben compensarse instalando reguladores de presión o de caudal en los sistemas de aspersión, o goteros autocompensados, en los de riego localizado.
- La mayor dificultad del trabajo: la manipulación de los tubos, aspersores, cañones o alas gigantes es una tarea particularmente tediosa en terrenos en pendiente, por lo que los equipos de cobertura total son preferibles a los semifijos y, sobre todo, a los móviles.
- La estabilidad de los sistemas móviles: las máquinas que riegan por fajas, como los enrolladores, son bastante estables, siempre que se desplacen en el sentido de la pendiente. Sin embargo cuando el riego es en el sentido de la pendiente, aumenta los problemas de erosión, especialmente cuando se producen vías de circulación preferente

para el agua, como pueden ser las rodadas de cualquier tipo de maquinaria. Estos peligros pueden, sin embargo, reducirse sustituyendo el cañón del enrollador por un ala pequeña, con varios aspersores de baja pluviometría, con lo que se logra una uniformidad de riego casi igual a la que se alcanza en terreno llano.

- Defectos de verticalidad y estabilidad de ciertos elementos de riego: en las instalaciones en pendiente es difícil lograr y, sobre todo, mantener verticales los tubos elevadores que portan los aspersores, por lo que las uniformidades de riego suelen ser de baja calidad.

En los suelos con pendientes fuertes o muy fuertes el único método adecuado es el riego localizado con goteros. Al respecto, existen ejemplos espectaculares, como el del cultivo de aguacates en California, con pendientes de entre el 50 y el 100 %, o el de zonas verdes en taludes de carreteras con el 100 % y hasta el 200%.

7.2.5. Condiciones impuestas por el clima

Dentro de esta categoría se incluyen las relacionadas con las necesidades hídricas de las plantas, los efectos del viento y temperatura y medio ambiente.

- *Necesidades hídricas de los cultivos*

1. Clima/Eto/Et/Coeficiente de cultivo

El microclima del lugar donde se encuentra la explotación considerada juega un papel fundamental en la determinación de las necesidades de agua, calculadas de la manera clásica, en base a la evapotranspiración del cultivo de referencia, Eto. A partir de este concepto, fundamentalmente climático, se pasa al concepto biológico de la evapotranspiración real, Et, que expresa, en función de los denominados coeficientes de cultivo, Kc, las necesidades máximas de una planta dada, para una fase vegetativa dada.

2. Necesidades de agua de riego

Las necesidades de agua pueden satisfacerse de diversas fuentes, tales como la precipitación atmosférica, los movimientos ascendentes de agua por capilaridad, desde capas subyacentes, freáticas, o no y por supuesto, del riego, que puede ser un complemento de todas las anteriores. Por eso conviene distinguir bien entre las necesidades de agua de un cultivo y sus necesidades de riego.

3. Optimización del uso de las reservas hídricas del suelo

Los diferentes métodos de riego, superficie, aspersión y riego localizado, no sacan el mismo provecho de las reservas de agua del suelo.

- Tanto en riego de superficie como por aspersión, al menos en teoría, se utilizan las reservas de agua contenidas en la totalidad de la superficie regada y, en consecuencia, las necesidades de riego se expresan en m^3/ha ; por otra parte, la frecuencia de riego varía entre 4 y 10 días, por lo que, en estas circunstancias, el dimensionamiento de la red se realiza en base a las necesidades de agua por períodos de 10 días, o mensuales.
- En el riego localizado sólo se utiliza una parte de las reservas de agua que corresponde a la parte de suelo, alrededor de la planta, lo que se llama bulbo húmedo, y el dimensionamiento de la red se realiza, más bien, en base a las necesidades máximas diarias, ya que el agua se aplica, por lo general, también diariamente, e incluso, hasta varias veces en un mismo día.

4. Riego integral y riego complementario

En las zonas templadas, cabe distinguir el riego complementario y el riego integral.

- El riego complementario tiene como principal objetivo regularizar y optimizar la producción agrícola en los años secos, con independencia de que en los años húmedos puedan obtenerse buenas cosechas sin regar. También reduce el peligro de llegar al nivel de cosecha escasa en años de excepcional sequía. Por su movilidad y facilidad de funcionamiento en situaciones muy diversas, las máquinas de riego por fajas, como los cañones gigantes autodesplazables, se adaptan bien a este tipo de riegos. Sin embargo no deben excluirse otros métodos, pues el agricultor siempre puede preferir sacrificar algo como, por ejemplo, los tiempos de trabajo, sobre todo en situaciones excepcionales.
- El riego integral se aplica particularmente a las regiones en las que, si no se regase, la producción agrícola sería imposible o insignificante. En este caso el riego permanente tiene por objeto realizar varias aportaciones de agua durante la época de cultivo, en todo el conjunto de las parcelas en riego.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todas las posibilidades técnicas, debe elegirse el sistema que ofrezca la mejor opción económica.

El concepto de riego integral y complementario puede evolucionar con el tiempo, al variar los objetivos agrícolas. Evidentemente, estos cambios dependen muy estrechamente de la evolución de los mercados, pero también de decisiones políticas, como pueden ser las relacionadas con la autosuficiencia alimentaria de los países.

- **Efectos del viento**

Las limitaciones debidas al viento pueden ser muy importantes, especialmente en ciertos climas, pero influyen de diferente forma, según el sistema de riego que se considere.

El viento no afecta, lógicamente, a ningún sistema de riego que aplique el agua directamente sobre el suelo, como son los superficiales y los riegos localizados, con goteros. Por el contrario, sí afecta y mucho, a todos los que aplican el agua por el aire, como son los que utilizan microaspersores, y todos los sistemas de aspersión, especialmente si están diseñados para arrojar gotas de tamaño reducido a fin de evitar los efectos negativos de su impacto sobre suelos frágiles. El efecto del viento sobre estos últimos sistemas se potencia cuando, en terrenos en pendiente, las tuberías elevadoras tienen problemas de verticalidad.

Con vientos fuertes, de más de 30 Km/h, deben suspenderse los riegos, aunque esto pueda resultar desastroso para los cultivos en ciertos períodos fenológicos críticos.

Con vientos medios, de entre 10 y 15 Km/h, es posible continuar regando, pero se reduce la uniformidad de distribución, con unas consecuencias que varían con la clase de suelo y con el cultivo y, por supuesto con el tipo de equipo de aspersión utilizado.

- Los aspersores gigantes, por su propia concepción de brazos muy largos, en “voladizo suspendido”, con aspersores y un cañón final, girando sobre un eje central y vertical, son especialmente sensibles al viento.
- Análogamente, los cañones gigantes son tanto más sensibles al viento, cuanto mayor es su alcance. Según esto, los enrolladores pueden continuar empleándose si se sustituyen los cañones por alas con aspersores giratorios, pero no con difusores, que son demasiado sensibles al viento.
- Por el contrario, las alas, tanto de avance radial como frontal, se comportan bien en condiciones ventosas, siempre que no se utilicen difusores, pudiendo reducirse aún más su sensibilidad al viento con sistemas del nuevo tipo LEPA, que utilizan tubos portaspersores suspendidos, o tubos de polietileno que cuelgan hasta el suelo o, incluso, van arrastrados por su superficie.

Los efectos del viento, también se pueden paliar con soluciones como:

- Elegir aspersores de chorro más tendido, es decir, con menor ángulo de salida.
- Reducir los espaciamientos de los aspersores, con el fin de disminuir el alcance de los mismos.

- Adoptar disposiciones en triángulo (tresbolillo) o en rectángulo, mejor que en cuadrado.
- Colocar las alas de riego perpendicularmente a los vientos dominantes.
- Regar por la noche, aprovechando que los vientos nocturnos suelen ser más débiles que durante el día.
- Colocar cortavientos, si bien estos dispositivos pueden entorpecer tanto las labores de cultivo como el movimiento de los equipos de riego.

Sin embargo, los efectos del viento pueden no ser muy importantes, como ocurre cuando:

- Las necesidades máximas de riego no coinciden con las épocas de vientos más fuertes, en cuyo caso se pueden interrumpir los riegos durante un cierto tiempo siempre que previamente se haya tenido la precaución de mantener llena, o suficientemente llena, la reserva de agua del suelo.
- Cuando se cultivan especies menos sensibles a una reducción (o interrupción) temporal del riego, como ocurre con los frutales, debido a la potencia y extensión de sus raíces.

- ***Efectos de la temperatura y del ambiente (Control atmosférico)***

Aún cuando el riego por aspersión se utiliza en algunos países, para proteger la fruta contra el recalentamiento, sin embargo, es muy corriente su empleo como medio de defensa contra las heladas, trabajando simultáneamente, con otros procedimientos tradicionales, como estufas, ventiladores, etc.

No obstante, los sistemas para defensa contra las heladas deben cumplir una serie de requisitos muy concretos, lo que exige sistemas de aspersión elevados por encima de las plantas muy especializados, densos y automatizados.

Cuando simultáneamente se presentan unas condiciones de vientos fuertes y temperaturas muy bajas, ninguno de los tres métodos de riego puede, por sí solo, resolver el problema y se impone la instalación de una doble red, lo cual sólo es económicamente aceptable para cultivos muy rentables.

Cuando las disponibilidades hídricas son limitadas, la única solución es la de economizar agua, y para ello es necesario:

- Elegir la técnica más eficiente; normalmente se acepta que esta técnica puede alcanzar una eficiencia hidráulica de baja a media, 30 al 60 %, para el riego de superficie, aceptable 70 al 80%, para la aspersión, o muy alta, > 90%, para el riego localizado. Sin embargo hay que llamar la atención sobre la relatividad de estos valores medios, e incluso, en lo criticable de algunos de ellos.
- En opinión, todo sistema de riego bien concebido y bien gestionado debe tener una, eficiencia hidráulica alta en la parcela, no inferior al 80%, pudiendo llegar, en ciertos casos, a más del 90%. Así, en riegos por superficie modernos y bien explotados se han podido conseguir eficiencias del 84 al 87%, mientras que en los riegos de superficie tradicionales, esta eficiencia puede ser muy inferior al 50%. En los riegos localizados se alcanzan eficiencias muy altas, pudiendo llegar a 95 % o más.

7.2.6. Calidad del agua

En cuanto a las aguas naturales, no residuales, hay que distinguir tres tipos de calidad: biológicas, físicas y químicas.

- **Calidad biológica**

En riego de superficie y en aspersión la calidad biológica del agua no plantea, por lo general, ningún problema. Por el contrario, en los sistemas de riego localizado, especialmente el goteo, las bacterias pueden encontrar, en las tuberías y en los emisores, condiciones particularmente favorables para su desarrollo. En tales casos el conjunto de la red debe esterilizarse a fondo y frecuentemente, y en casos excepcionales de forma continua.

- **Calidad física**

Deben considerarse dos aspectos principales:

- a. La naturaleza y la concentración de las materias sólidas en suspensión.

- Cuando se trata de aguas subterráneas, las tomas desde pozos se diseñan para que retengan los elementos potencialmente perjudiciales, arenas, bastando para ello, por lo general, con una filtración ligera.
- En el caso de aguas superficiales los riesgos son mayores y más variables, tanto en el tiempo como en el espacio, pudiendo ser necesario tener que montar dispositivos más o menos complejos (rejillas y mallas, tanques de decantación, filtros, etc.), los cuales, económicamente, sólo son de aplicación en redes colectivas o en grandes redes individuales.

Por orden creciente de sensibilidad al contenido del agua en materias sólidas en suspensión, los diferentes métodos de riego se pueden clasificar como sigue:

- ❖ **Riego por gravedad:** las materias sólidas en suspensión no les perturban en absoluto y pueden, incluso, ser beneficiosas para el enriquecimiento de ciertos suelos.
- ❖ **Riego por aspersión:** pueden presentar algunos problemas para las plantas (depósitos de limos sobre los frutos, lo que requiere su lavado), pero sobre todo para los aspersores, tanto por el rápido desgaste que ocasionan a sus piezas giratorias las partículas más abrasivas, como las silíceas, como por el riesgo de obturación, parcial o total, de las boquillas por partículas más gruesas.
- ❖ **Riego localizado:** sólo se puede utilizar con aguas convenientemente filtradas para el tipo de emisores instalados; tanto los goteros como los difusores o nebulizadores, por su pequeño caudal de salida, requieren una filtración muy perfecta; en cambio, los orificios calibrados y los microaspersores de caudal mayor no precisan un filtrado tan perfecto.

b. Temperatura del agua

- El uso de aguas demasiado calientes (procedentes, por ejemplo, de acuíferos termales profundos), o demasiado frías, pueden producir retrasos o paradas vegetativas. Este riesgo es especialmente importante en aspersión, más débil en gravedad y despreciable en riego localizado.

• **Calidad química del agua**

La composición química del agua puede afectar a:

- Los materiales, y especialmente a los tubos, aunque también a los aspersores por corrosión por aguas agresivas y a los emisores de riego localizado; incrustación y obturación de los goteros por un exceso de Ca^{++} , cuando el $\text{pH} > 6$.
- El suelo, en el que un exceso de Na^+ puede reducir su permeabilidad y llegar a crear condiciones de asfixia por la dispersión del complejo arcillo-húmico; también los SO^- y los Cl^- , en general, no sólo el NaCl , constituyen peligros reales para los suelos regados. Para evaluar la aptitud de un suelo para ser regado con un agua determinada, se emplea como indicador la Relación de Absorción del Sodio o RAS.

- Los cultivos, en donde procede hacer la siguiente observación:
 - ❖ Con aguas salinas es preferible, en teoría, el riego localizado a los otros dos métodos debido a sus mecanismos de difusión, pues el bulbo húmedo corresponde a la zona de la que con preferencia se alimenta de agua la planta; en ella los iones presentes en el agua y en el suelo tienen dinámicas diferentes y, por lo general, distintas a su vez de la del agua.

7.3. FACTORES QUE FAVORECEN LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO

Como se ha mencionado anteriormente los métodos de riego más utilizados hasta la fecha, se pueden agrupar en cuatro tipos que son:

1. Gravedad.
2. Aspersión.
3. Goteo y microaspersión.
4. Subirrigación.

Los métodos de aspersión, microaspersión y goteo, también se denominan riego presurizado, ya que el agua se conduce a presión hasta las salidas por donde se distribuye a las plantas. En estos métodos es común que se utilice el sistema presurizado de conducción para hacer llegar a los cultivos, diferentes tipos de agroquímicos solubles en el agua, tales como fertilizantes, herbicidas y plaguicidas, por lo cual deben considerarse no solamente métodos de riego, sino sistemas de producción.

Asimismo, al referirse a estos métodos de riego, es importante considerar los diferentes sistemas que pueden utilizarse, así en aspersión, existen las variantes de sistemas movidos manualmente, autopropulsados, fijos, cañones de alta presión, de desplazamiento lateral, alas, pivotes centrales, etc.; en general en todos los métodos hay diferentes tipos que habrá que tomar en cuenta.

A continuación se presenta la Tabla 6.1, producida por Turner y Anderson citada por Palacios V. E (1993), de utilidad para un análisis comparativo de los distintos métodos de riego que se usan actualmente.

La agricultura más tecnificada está adoptando preferentemente los métodos de riego presurizados, debido a que estos permiten regar frecuentemente, aplicando láminas reducidas de

agua y manteniendo los cultivos a bajas retenciones de humedad por el suelo, favoreciendo los rendimientos y la aplicación de fertilizantes y plaguicidas adecuadamente dosificados, además que mediante la automatización maximiza el tiempo de operación diario del sistema.

En la Tabla 7.2 se muestra una comparación entre diversos sistemas de riego en función de los factores mencionados anteriormente, en la Tabla 7.3 se indican dentro de cada factor las variables más importantes a considerar.

Tabla 7.1. Factores que afectan la selección del método de riego. Adaptado por Palacios (1993) de Planning for an irrigation system, Turner y Anderson, 1980

Método de Riego	Efecto del Terreno	Velocidad de infiltración	Tolerancia al agua de los cultivos	Efecto del viento
Gravedad	Preferentemente, la superficie debe estar nivelada o trabajada según curvas de nivel, pendientes de 0 a 1%.	No se recomienda para suelos con velocidad de infiltración mayor de 6,5 cm por hora.	Adaptable a la mayoría de los cultivos. Puede afectar a los muy sensibles a la humedad en la raíz.	No afecta en forma significativa la eficiencia de aplicación.
Aspersión	Adaptable a terrenos nivelados o desnivelados, con pendientes variables.	Se adapta a cualquier velocidad de infiltración del suelo.	Puede propiciar la caída de flores y enfermedades en algunos frutales.	Afecta considerablemente la eficiencia de aplicación bajándola.
Micro-Aspersión	Adaptable a todo tipo de pendiente.	Adaptable a todas las velocidades de infiltración.	Puede propiciar el desarrollo de algunas enfermedades fungosas.	Puede afectar la eficiencia de aplicación pero menos que en la aspersión.
Goteo	Adaptable a todo tipo de pendiente.	Adaptable a todas las velocidades de infiltración.	Sin problemas.	No afecta.
Sub-Irrigación	El área debe estar nivelada o en curvas de nivel.	Adaptable a suelos con buena capilaridad.	Adaptable a la mayoría de los cultivos.	No afecta.

Tabla 7.2. Comparación entre diversos sistemas de riego

	RIEGO SUPERFICIAL		RIEGO POR ASPERSION			RIEGO LOCALIZADO		
	Rediseñado	Inundación a Nivel	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	
SUELO	Uniforme, con baja a moderada infiltración		Todos	Alta infiltración	Todos	Todos		
TOPOGRAFIA	Pendientes Moderada. Baja		Nivelados para poder moverse			Todos, caro en terrenos en pendiente		
CULTIVOS	Todos		Porte bajo	Todos menos viña y árboles	Todos	De alto valor comercial		
SUMINISTRO DE AGUA	Caudal grande muy grande		Caudal Continuo corto medio corto a mediano			Caudales cortos, agua limpia		
CALIDAD DEL AGUA	No las muy salinas	Todas	No las aguas salinas				Todas, pueden usarse muy salinas	
EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA %	60-70	80	70-80	80	70-80	80-90		
NECESIDADES DE MANO DE OBRA	Mucha Algún transporte de equipo	Poca	Moder. Algún transporte de equipo	Poca	Poca	De poca a mucha	Poca	
INVERSION US\$/ha	250-350	450-950	650-800	1500-1800	Más de 2000	Superior a 2500		
	Solo el equipo de riego							
CONSUMO ENERGETICO	Bajo	Bajo	Moder. a alto	Moder.	Moder. a alto	Bajo	Bajo a moderado	

Tabla 7.2. Continuación

	RIEGO SUPERFICIAL			RIEGO POR ASPERSION		RIEGO LOCALIZADO	
	Rediseñado	Inundación a Nivel	TIPO A		TIPO C	TIPO D	TIPO E
CAPACITACION PARA SU MANEJO	Moderada		Moderada.	Moder. a alto	Moderada.	Alta	Alta
LABORES DE CULTIVO	Longitudes largas	Longitudes cortas	Longitudes medias pocas interferencia	Longitudes largas	Algo de Interferencia	Pueden haber muchas interferencias	
DURACION DEL EQUIPO	Corta a larga.	Larga	Corta a media.	Corta a media.	Larga.	Larga, duración indeterminada	
CLIMA	Todos	Todos	Peor con viento	Con el mejor en aspersión	Viento menos útil, bueno contra el solano	Todos	
APLICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS	Regular	Buena	Buena	Muy buena	Buena	Muy buena	

En la Tabla 7.2 se comparan tres tipos de riego por aspersión; el Tipo A corresponde a sistemas de aspersión con movimiento mecanizado intermitente, incluye los laterales con ruedas y los remolcados; el Tipo B, aspersión con movimiento continuo, incluye pivote central y máquinas de movimiento lateral. La utilización de pivotes está restringida en algunos casos debido a las descargas pluviométricas altas en su extremo y a que generalmente no riega las esquinas; el Tipo C, son los sistemas permanentes que proporcionan una cobertura total.

Tabla 7.3. Descripción de las variables más importantes dentro de cada factor

FACTOR	VARIABLES MÁS IMPORTANTES A CONSIDERAR
SUELO	Velocidad de infiltración; textura y uniformidad del suelo tanto en profundidad como a nivel de parcela; capacidad de almacenamiento de agua en relación con la frecuencia del riego.
TOPOGRAFIA	Pendientes longitudinales necesarias y movimientos de tierra para las nivelaciones; los terrenos ondulados son problemáticos para nivelar.
CULTIVOS	Marco de plantación y necesidades hídricas para el diseño del riego; el porte de algunos cultivos limitan la elección de algunos tipos de riegos por aspersión.
AGUA DISPONIBLE	Aforo; disponibilidad por turnos o continua; variación a lo largo de la temporada de riego.
CALIDAD DEL AGUA	Sales totales, iones específicos.
EFICIENCIA	Potencialmente alta con buenos diseños y manejo del sistema de riego; capacitación suficiente del regante para el sistema de riego adoptado.
NECESIDADES DE MANO DE OBRA	Número de trabajadores y jornada para el manejo de riego; costes de la mano de obra, tipo de equipo y distancia de los desplazamientos a efectuar.
INVERSION	Coste de los materiales; costes de instalación de los equipos y automatismos en su caso, costes de motobombas; obras accesorias canales, desagües, etc.; disponibilidad de capital propio y costos financieros.

Tabla 7.3. Continuación

FACTOR	VARIABLES MÁS IMPORTANTES A CONSIDERAR
CONSUMO ENERGIA	Dependiente de la solución adoptada, el que consume más es el riego por aspersión; costes de instalación de la fuente de energía, acometida de energía eléctrica u otra en su caso.
CAPACITACION PARA SU MANEJO	Características propias de manejo del sistema de riego; experiencia del personal en ese manejo; disponibilidad de información y formación del personal.
LABORES DE CULTIVO	Longitudes cortas reducen el rendimiento de la maquinaria; el equipo de riego puede interferir con las operaciones de cultivo; la maquinaria puede dañar el equipo de riego.
DURACION DEL EQUIPO	Campañas durante las que puede ser usado el equipo; duración de la red de suministro de agua.
CLIMA	Los vientos reducen la uniformidad de riego en los sistemas de aspersión o pueden ocasionar averías en los equipos; necesidad de lucha contra heladas o solanos; incidencia sobre las necesidades del agua.
APLICACION DE PRO- DUCTOS QUIMICOS	Posibilidad de que el sistema de riego distribuya y aplique convenientemente abonos, herbicidas u otros productos químicos, con efectividad y uniformidad.

Los sistemas de riego localizado aplican el agua directamente a la planta y son fáciles de automatizar, pero deben estar bien diseñados y manejados para conseguir altas producciones, las mejores respuestas se han conseguido en suelos arenosos o marginales y/o con problemas de sales.

La Tabla 7.2 también considerada dos tipos de riego localizado; el Tipo D agrupa a goteros y tuberías perforadas, con pequeños orificios que permiten descargas bajas, pero que requieren instalaciones de filtrado; el Tipo E, corresponde a microaspersores y difusores, los cuales poseen mayores diámetros de orificio y los problemas de obturaciones se reducen considerablemente. Estas dos modalidades se han considerado con un mismo nivel de automatización por volumen de agua aplicado, protección contra sobrepresiones y limpieza automática de filtros.

Para la selección del método de riego más conveniente, se tomó en cuenta la información mostrada en las Tablas 7.1, 7.2 y 7.3. Ahora bien, en el Asentamiento Campesino Santa Lucía existen las condiciones idóneas tanto de cultivos; como de suelo, topografía y disponibilidad de agua, para la selección de métodos de riego a presión. El 52,1% del área cultivada está sembrada de Cítricos y el 45,0% de Pasto, lo que significa que el 97,1% del área total sembrada está ocupada por estos cultivos y solo el 2,9% por otras especies frutales, por tanto, la selección del método de riego se enfoca en estos dos cultivos.

Las características de suelo en cuanto a textura, infiltración, profundidad, contenido de sales y capacidad de almacenamiento, así como; la topografía con pendientes entre el 3 y 8%, los cultivos explotados, la presencia de lagunas de almacenamiento y las condiciones climáticas, proponen la implementación del riego por aspersión para pastos y el riego localizado por microaspersión para los cítricos.

Dos de los métodos de entrega de agua, a presión, versátiles y adaptables a condiciones topográficas irregulares son la aspersión y la microaspersión; cuyas ventajas se adaptan perfectamente al cultivo de pastos, el primero, y al cultivo de cítricos, aguacate, guanábana y cacao, el segundo.

7.4. EL RIEGO POR ASPERSIÓN

Es un método de riego que distribuye el agua en forma de lluvia sobre el terreno, el agua es conducida hasta el aspersor y desde éste, por el aire hasta el suelo, infiltrándose y sin producir escurrimiento, es decir el agua debe ser aplicada a una intensidad que no supere la infiltración básica del suelo. Éste método es uno de los más versátiles, ya que existen desde los sistemas mas sencillos hasta los mas complicados y totalmente automáticos.

7.4.1. Ventajas e Inconvenientes del Riego por Aspersión

- ***Ventajas***
 - ❖ Alta eficiencia de aplicación
 - ❖ Uniformidad de distribución
 - ❖ Factibilidad de regar tierras de topografía ondulada o con pendientes elevadas, y limitaciones de suelo
 - ❖ Permite el riego de terrenos que no es posible nivelar
 - ❖ Prevención de la escorrentía y la erosión
 - ❖ Se pueden utilizar pequeños caudales
 - ❖ Mayor superficie disponible al no construirse canales
 - ❖ Aplicación de abonos
 - ❖ Economía en mano de obra
 - ❖ Factibilidad de automatización
 - ❖ Control de temperatura de los cultivos
 - ❖ Menor tiempo para su implementación

- ***Inconvenientes***
 - ❖ Elevado costo inicial
 - ❖ Alto requerimiento de energía
 - ❖ La movilización del equipo en terrenos humedecidos es problemática
 - ❖ El viento afecta la distribución y eficiencia en la aplicación del agua
 - ❖ Pérdidas por evaporación
 - ❖ Dependencia de equipos mecánicos
 - ❖ Problemas con la calidad del agua
 - ❖ Desarrollo de enfermedades
 - ❖ Impacto de las gotas sobre el cultivo y el suelo

7.4.2. Componentes de un Sistema por Aspersión

Una instalación de riego por aspersión comprende las siguientes partes:

- ❖ Fuente de agua
- ❖ Fuente de energía
- ❖ Cabezal Principal
- ❖ Sistema de distribución de agua
- ❖ Rociadores o aspersores
- ❖ Accesorios

• *Fuente de Agua*

El riego por aspersión, para ser económicamente factible, requiere de un caudal continuo, siendo las características más influyentes de la fuente de agua:

- La ubicación
- La calidad del agua
- El costo del agua
- El caudal disponible

En cuanto a la ubicación, los factores más importantes que influyen en el diseño son; el desnivel entre la fuente y el terreno, la distancia y los accidentes topográficos.

La calidad química y física del agua condicionan el diseño y funcionamiento del sistema, las características más importantes a tomar en cuenta son; el contenido de sedimentos, materia orgánica y sales.

Por otra parte, cuando el agua es muy costosa se sugiere un diseño que optimice el uso de la misma y, consecuentemente se requerirá un mayor control del manejo. Para realizar un buen diseño que optimice el uso del agua y de la tierra, se debe contar con un buen estudio hidrológico que determine el caudal seguro con una determinada probabilidad de ocurrencia.

• *Fuente de Energía*

El riego por aspersión requiere de relativamente altas presiones para su funcionamiento. La presión se logra utilizando bombas o aprovechando el desnivel existente entre la fuente de agua y el terreno. La electricidad es la fuente de energía utilizada para el funcionamiento de las bombas, con menores costos de mantenimiento de equipos y facilita la automatización.

- ***Cabzal Principal***

Es el conjunto de elementos que dominan toda la instalación, cuya función es la de proveer presión y caudal al sistema, filtrar el agua, inyectar fertilizantes y sustancias químicas (fungicidas, insecticidas, etc) y medir volúmenes, entre otras. Sus componentes principales son:

- El equipo de bombeo que provee el caudal y la presión para el funcionamiento del sistema
- Sistema de filtrado
- Unidad de fertilización
- Equipos de control y medición

- ***Sistemas de Distribución de agua***

El sistema de distribución del agua esta constituido por tuberías principales y laterales. La tubería principal conduce el agua hasta los laterales y éstos contienen los aspersores. Las tuberías pueden ser metálicas o plásticas. En conclusión el sistema está constituido por tuberías, aspersores y boquillas, cuya descarga de agua es a alta velocidad, en función de la presión de operación, la cual es generada por efecto de la gravedad o del bombeo.

- ***Aspersores***

Son los dispositivos que tienen como finalidad la aplicación directa del agua en forma de gotas, consiste de una o mas boquillas, cuya forma y dimensiones varían de acuerdo al modelo y marca del mismo. Los aspersores pueden ser fijos o móviles, de baja o alta presión y de diversos materiales. Las características del aspersor son factor determinante en el diseño, cada aspersor tiene unas características de aplicación de agua de riego que lo hacen más adecuado para uno u otro sistema.

El aspersor rotatorio común está constituido por una o dos boquillas, de tamaño variable (diámetro de 2 a 20 mm), que forman un ángulo determinado con la horizontal. El número de boquillas instaladas y el ángulo que forman con la horizontal influyen en la calidad del riego, por lo que es necesario, antes de instalar un determinado diseño, el conocer si es el mas adecuado para las condiciones climáticas de la parcela.

El aspersor rotario común posee las siguientes características:

- De 1 ó 2 boquillas
- Amplia gama en presiones de operación, caudales, espaciamentos e intensidad de aplicación

- Adaptación a casi todos los cultivos, suelos y tipos de sistemas
- Amplio uso en sistemas semiportátiles, portátiles, sólidos y máquinas móviles

Según el mecanismo de giro pueden diferenciarse los siguientes tipos:

- Aspersores de impacto o de brazo oscilante
- Aspersores de reacción
- Aspersores de turbina

Según la presión de funcionamiento pueden ser:

- De baja presión (200 kPa)
- De mediana presión (200-400 kPa)
- De alta presión (>400 kPa)

- **Accesorios**

La realización de un buen diseño de riego por aspersión requiere de la utilización de cierto tipo de accesorios que facilitan la conducción y distribución del agua, así como también el control del sistema. Entre los accesorios mas importantes se mencionan los siguientes:

- Conexiones (uniones, codos, tee, elevadores, etc.)
- Válvulas
- Ventosas
- Reguladores de presión
- Medidores de flujo y de presión
- Sistemas de control
- Filtros
- Inyectores de fertilizante, etc.

7.4.3. Tipos de sistemas de riego por aspersión

Desde el punto de vista de la movilidad del sistema en la parcela se presenta la siguiente clasificación:

- **Sistemas permanentes**

Todos los elementos del sistema son fijos (bombeo, red de riego, y aspersores), salvo en algunos casos donde los aspersores son desmontables y van ocupando sucesivas posiciones a lo largo de los ramales de riego.

La red de riego puede instalarse únicamente para la campaña o ser permanente. Dentro de los sistemas permanentes se pueden distinguir dos tipos los sistemas aéreos y los enterrados:

- ❖ Los sistemas permanentes aéreos que constan de una red de tuberías principales enterradas y unos ramales de riego que se encuentran sobre el terreno.
- ❖ Los sistemas permanentes enterrados que tienen toda la red de riego bajo la superficie del terreno.

- ***Sistema portátil***

Es un sistema englobado dentro de la clasificación de estacionario. En este caso todos los elementos de la instalación son móviles, incluso el grupo de bombeo. Los laterales de riego suelen ser de lámina de acero LAGL, aluminio o de PVC y se instalan sobre la superficie del terreno. Cuando acaba el riego de una posición, los laterales con los aspersores se trasladan a la siguiente posición.

- ***Sistema Semiportátil***

En este sistema son fijos el grupo de bombeo y las tuberías principales, que normalmente se encuentran enterradas, aunque pueden estar superficiales.

La tubería principal suele ser de LGAL, PVC o PE, de ella derivan los hidrantes, en donde se conectan los ramales de distribución (fijos o móviles), a los que se conectan los laterales, que son móviles.

- ***Cañones de Riego***

El cañón motorizado de riego consta de un aspersor de gran alcance, montado sobre un carro o patín y conectado al suministro de agua mediante una manguera.

Este sistema utiliza aspersores rotativos de gran tamaño, que funcionan con una elevada presión y forman gotas bastante grandes.

- ***Pivote Central***

Forma parte de los sistemas de riego por aspersión mecanizados. Es un ramal de riego con un extremo fijo, por el que recibe el agua y la energía eléctrica, y otro móvil que describe un círculo girando alrededor del primero.

El equipo de riego se basa en el movimiento de una tubería porta emisores que se apoya en unas torres automotrices. Estas torres están dotadas de un motor eléctrico y dos ruedas neumáticas.

El equipo de riego se basa en el movimiento de una tubería porta emisores que se apoya en unas torres automotrices. Estas torres están dotadas de un motor eléctrico y dos ruedas neumáticas.

La tubería, que normalmente es de acero galvanizado, sirve junto con barras o cables, de elemento resistente para vencer el vano o luz entre torres. La distancia entre torres va desde 35 a 75 m, aunque lo normal son las torres de 38m (tramo corto) y 55m (tramo largo). La longitud total del equipo varía de 60 a 800m.

El recorrido del pivote lo controla un automatismo que suele estar instalado en el centro pivote. Este mecanismo hace avanzar las torres de una en una y dispone de un mecanismo de alineamiento para ello.

La velocidad de avance del equipo se regula actuando sobre el motor de la torre extrema, haciéndola funcionar en fracciones de minuto. Esto hace que el avance sea “a saltos”, excepto cuando funciona al 100%, caso en el que la torre exterior no se detiene, alcanzando una velocidad máxima de 1,5-1,8 m/min, e incluso 3 m/min cuando se trata de equipos de gran longitud.

7.5. EL RIEGO LOCALIZADO POR MICROASPERSIÓN

El riego por microaspersión es un sistema de riego presurizado que tiene gran aplicación en el riego de árboles frutales e invernaderos. Se le puede considerar como el resultado o híbrido de cruzar el sistema de riego por goteo con el sistema de riego por aspersión. Este sistema nace a causa de los problemas que presenta el riego por goteo en terrenos con textura arenosa, ya que en este tipo de suelos no se forma bien el bulbo de mojado característico de éste sistema de riego.

En los sistemas de riego por microaspersión, el agua es aplicada sobre una superficie limitada de terreno en forma de lluvia y se desplaza en el suelo en función de tres factores fundamentales referidos a: las propiedades y características del perfil físico del suelo, el volumen de agua aplicado y el caudal del microaspersor.

Los difusores de los microaspersores tienen varias formas de asperjar el agua, en círculos o sectores de círculos, la nebulización y los chorros.

Los microaspersores deben seleccionarse con gastos adecuados para evitar encharcamientos y escurrimientos de agua. Deben de utilizarse láminas precipitadas horarias que no excedan la velocidad de infiltración de agua en el suelo.

El microaspersor riega un espacio más amplio y más uniforme dentro de la zona radicular de los árboles frutales.

7.5.1. Características del Sistema de Riego por Microaspersión

Las características más sobresalientes de los sistemas de riego por microaspersión son:

- Aplica el agua en forma de rocío.
- Un mismo microaspersor tiene accesorios necesarios que pueden ir cambiando y adaptando las distintas etapas de desarrollo de cada especie de frutal en particular. De esta manera puede irse controlando el diámetro de rociado del microaspersor
- Fácil de identificarse, porque cada diámetro de boquilla tiene un color específico y determina el gasto en litros por hora en los microaspersores regulados o compensados.
- Es el único sistema de riego en el mundo que cuenta con regulador integrado, que hace la función de obtener un flujo constante a diferentes presiones y/o diferentes cotas de terreno.
- Pueden ser usados para moderar microclimas:
 - ❖ En días cálidos y secos se pueden producir un rociado por encima del árbol, las gotas de rocío absorben el calor del aire circulante, enfriándolo y aumentando la humedad del ambiente.
 - ❖ En una noche fría y helada el agua, al aplicarse por encima del follaje, “calienta” el ambiente, esto es debido a que el agua aplicada pierde calorías al enfriarse.
- La microaspersión se utiliza más en árboles frutales, donde en riego por goteo, para cumplir los requerimientos de agua se tiene que utilizar doble manguera o doble línea por surco de árboles.
- Gran aplicación a toda clase de texturas de suelos.
- Tiene bastante uso en riego de invernaderos donde la humedad y temperatura de los mismos debe estar bien controlada.
- Se pueden aplicar fertilizantes a través del sistema.

7.5.2. Ventajas e inconvenientes del riego por microaspersión

• *Ventajas*

Dentro de las ventajas que presenta este sistema en comparación con los sistemas de aspersión, goteo y gravedad se encuentran las siguientes:

- Es un sistema muy versátil, se adapta a todas las etapas de desarrollo de los frutales.
- Ahorro de agua, fertilizantes, mano de obra y energía.
- Aumento de la producción, mejora de la calidad, uniformidad de los tamaños y adelantamiento de las cosechas.
- Reduce la contaminación de ríos y mares por el uso irracional de los fertilizantes y agroquímicos en general.
- Permite el cultivo en terrenos arenosos y con gran capacidad de filtración.

- Ayuda a una mejor lixiviación y alejamiento de las sales fuera de la zona radicular de la planta.
- Se puede usar para mejorar microclimas dentro de la misma huerta.
- Tiene un amplio uso en riego de invernaderos y en viveros.
- Tiene un control más estricto de malezas, estas malas hierbas sólo crecen donde se aplica el agua.
- Permite el riego de terrenos que no es posible nivelar.

- ***Inconvenientes***

Entre los principales inconvenientes del sistema de riego por microaspersión se encuentran las siguientes.

- Alto costo inicial.
- Interfiere las labores de cultivo y preparación del terreno una vez establecido el riego.
- Un sistema fijo que está expuesto a averías y a ser destrozadas las mangueras y microaspersores por los animales y aún por el mismo hombre.
- Cuando el sistema se deja de trabajar las boquillas y reguladores de presión se tapan debido a que se llenan de insectos principalmente hormigas.
- La uniformidad de mojado es afectada por el viento.

7.5.3. Componentes del sistema de riego por microaspersión

Son los mismos componentes del sistema de aspersión, solo con la variante en cuanto a los materiales de construcción de las tuberías de distribución y los laterales, ya que el material utilizado en el diseño es generalmente el polietileno y en menor proporción el PVC; y los dispositivos de aplicación del agua que son los microaspersores.

- ***Microaspersores***

Son los dispositivos de aplicación del agua cerca de la base del tronco del árbol, los microaspersores aplican el agua en forma de lluvia fina, a través del aire, mojando una superficie limitada de suelo.

Existen en el mercado gran variedad de microaspersores, pero en común suelen tener una boquilla o tobera que pulveriza el agua y un difusor, elemento que distribuye el agua en forma de círculo completo o sectorialmente.

Algunas de sus piezas pueden ser cambiables con lo que se modifica el funcionamiento del emisor. Cambiando la boquilla se modifica el caudal, cambiando el difusor se modifica el radio de alcance y el sector regado, y cambiando el antibruma se modifica el tamaño de las gotas.

Estas piezas se suministran generalmente de diferentes colores según los caudales, radios, etc.

Los microaspersores trabajan normalmente a presiones de 10 a 20 m.c.a, pero hoy en día existe un amplio rango de presiones de trabajo que van desde 10 a los 40 m.c.a.; y caudales entre 20-250 l/h.

Ventajas

- ❖ En suelos ligeros donde el bulbo se desarrolla mas en profundidad que en anchura (riego por goteo), permite mojar un amplio espacio de superficie del suelo
- ❖ Son mucho menos propensos a las obturaciones que los goteros
- ❖ La mayor extensión del bulbo hace que las sales estén mas alejadas de las raíces de la planta
- ❖ Alta uniformidad del riego
- ❖ Fácil detección de anomalías en su funcionamiento

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 8

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

El mejoramiento de la actividad agrícola en cualquier región, ha de fundamentarse en la conservación de los recursos agua y suelo y en la elevación de los rendimientos de los cultivos, con un mínimo aumento de los costos. Esto debe ir acompañado por un paquete tecnológico que permita un uso eficiente de los recursos existentes, que en la mayoría de los casos son escasos y competidos, lo que hace más necesario una optimización de los objetivos perseguidos con dicho fin.

Una parte de la producción agrícola en Venezuela se obtiene en zonas donde las precipitaciones no satisfacen los requerimientos de los cultivos, siendo necesaria la aplicación de agua mediante el riego. Planificar la aplicación de agua, requiere realizar anticipadamente un correcto balance entre los volúmenes o caudales disponibles y los que se consideran necesarios, tomando la información estadística de lluvias, evaporación, etc. y aquellos factores que influyen en el tipo de cultivo y áreas que habrán de sembrarse.

En el Asentamiento Campesino Santa Lucía existen demandas de agua durante todo el año, existiendo una fuente de agua, como lo es el río Escalante, con un caudal en el sitio de toma, de acuerdo al análisis hidrológico, de 274 l/s, que se utilizará con fines de desarrollar una agricultura bajo riego, y así satisfacer las demandas de los cultivos considerados.

Hacer realidad un proyecto de esta naturaleza implica una inversión considerable, es por lo tanto necesario, realizar diseños donde se consideran tanto los aspectos hidráulicos como económicos, de tal manera de obtener diseños óptimos, eficientes y de bajo costo.

8.1. PLANIFICACIÓN DEL RIEGO

La aducción para el sistema de riego contará con un abastecimiento constante de 250 l/s del río Escalante en el sitio de toma, según el estudio hidrológico realizado para a una probabilidad de ocurrencia del 80 %, el cual cubre plenamente los requerimientos del sistema.

El sistema de riego se dividió en cinco sectores:

- Sector I: Zona de riego de la laguna 1, con una superficie sembrada de 346,86 ha, para un total de 58 parcelas beneficiadas.
- Sector II: Zona de riego de la laguna 2, con una superficie sembrada de 68,79 ha, para un total de 11 parcelas beneficiadas.
- Sector III: Zona de riego de la laguna 3, con una superficie sembrada de 17,69 ha, para un total de 11 parcelas beneficiadas.

- Sector IV: Zona de riego de la laguna 4, con una superficie sembrada de 222,83 ha, para un total de 74 parcelas beneficiadas.
- Sector V: Zona de riego de la laguna 5, con una superficie sembrada de 86,57 ha, para un total de 36 parcelas beneficiadas.

8.2. DISEÑO AGRONÓMICO DEL SISTEMA DE RIEGO

El diseño agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego, especialmente en riegos presurizados, ya que es la parte del proyecto que más dificultades presenta, tanto del tipo conceptual, como la de cuantificar mediante fórmulas coeficientes, tablas, etc., una serie de cuestiones en las que interviene la biología, debiendo garantizarse las necesidades hídricas del cultivo en el período de máxima demanda.

Como se determinó a través de la evaluación de campo, en la zona de riego el 45% del área total cultivada esta constituida por pasto, el 52.1% por cítricos, 0,9% de guanábana, 0,8% de aguacate, 0,3% de cacao, 0,5% de parchita, 0,4% de tomate, y por último un 0,1% de pimentón. Esta claro que la mayor superficie de siembra corresponde a pastos y cítricos, por esta razón, el diseño agronómico del sistema esta referido a estos cultivos. De esta manera, se empleará para el cultivo de pastos el sistema de riego por aspersión y para el cultivo de cítricos y los otros menores la microaspersión.

El diseño agronómico en el sistema por aspersión, es la parte del proyecto en la que se decide una serie de elementos, tales como, tiempo de riego, número de posiciones del lateral en campo, número de posiciones del lateral por día, número de posiciones en la frecuencia de riego y el número de laterales que operan en forma simultanea, los cuales son datos básicos para el posterior diseño hidráulico.

El aprovechamiento de las ventajas de cualquier sistema de riego depende en gran medida del conocimiento de la cantidad de agua que consumen los cultivos y del momento oportuno para aplicarla, con el objetivo de no perjudicar su rendimiento.

Es importante para los técnicos y agricultores conocer cuáles son los períodos sensibles del cultivo al déficit hídrico, esto con el objeto de planificar la aplicación de agua, especialmente en períodos de escasez de ella, ya que cuando ésta es escasa o no se aplica oportunamente, el cultivo detiene su crecimiento y afecta su productividad.

Las relaciones entre el agua, el suelo y la planta que conducen al diseño agronómico, lo hacen fundamental, debido a que por medio de este diseño debe garantizarse las necesidades hídricas en el período de máxima demanda.

El riego por aspersión y microaspersión consiste en la aplicación de agua al suelo en forma de lluvia, semejándose a la precipitación natural. Cuando el diseño es apropiado, el agua se puede aplicar uniformemente a una intensidad basada en la velocidad de infiltración del suelo, de tal manera de prevenir el escurrimiento y el daño resultante a las tierras y los cultivos.

Cabe destacar algo muy importante, en el área del proyecto se benefician 190 parcelas, sin embargo, el diseño del sistema de riego por aspersión, a nivel de parcela, para el cultivo de pasto, se realizó para 6 parcelas tipo, las cuales difieren entre sí en cuanto a su tamaño, esto para determinar el caudal necesario por parcela, para unas condiciones óptimas de operación, y compararlo con los caudales de entrega que se calcularon con la demanda máxima evapotranspirativa, para garantizar el correcto abastecimiento de agua a cada una de las parcelas sembradas con pasto. En cuanto a los requerimientos de presión, igualmente se calcularon para las 6 parcelas tipo, asumiendo que las restantes parcelas; en función de sus tamaños, requerirán cargas de entrada similares.

Este mismo procedimiento se aplicó para el caso de las parcelas cultivadas con cítricos, cuyo diseño del sistema de riego por microaspersión, se realizó para 5 parcelas tipo, diferenciadas también, significativamente por sus tamaños. Se determinó los caudales necesarios por parcela, bajo condiciones óptimas de operación y se compararon éstos con los caudales calculados en función de la demanda máxima evapotranspiratoria, garantizando el correcto abastecimiento de agua a cada una de las parcelas cultivadas con cítricos. Igualmente se calcularon los requerimientos de carga de entrada a las parcelas y se asume que, las restantes parcelas cultivadas con cítricos, en función de sus tamaños, requerirán cargas de entradas similares.

El criterio empleado para establecer las parcelas tipo, se basó en la clase de cultivo y la superficie o área sembrada; tomando en cuenta que la mayoría de las parcelas del Asentamiento se encuentran en torno a estos valores de áreas cultivadas. En la Tabla 8.1 se presentan las características de las parcelas tipo seleccionadas para diseño; así mismo, las Tabla 8.2 a 8.6 muestran cada parcela, por sector de riego, y su correspondencia con las parcelas tipo. Para establecer el correspondiente tipo para las parcelas restantes, éste se asignó ubicando el valor del área de dicha parcela entre el rango superior e inferior de las áreas tipo, redondeando al valor inmediatamente superior.

El diseño agronómico se desarrolla en tres fases:

1. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos.
2. Determinación de los parámetros de riego referidos a láminas, frecuencia, tiempo de riego, número de aspersores y caudal necesario.
3. Disposición de los aspersores en campo.

Tabla 8.1. Características de las parcelas tipo

Nº Parcela	Tipo	Cultivo	Área cultivada (ha)
SL-A-53 (A)	P1	Pasto	1,363
SL-A-51 (A)	P2	Pasto	2,68
SL-R-77	P3	Pasto	4,692
SL-R-28	P4	Pasto	6,861
SL-A-114	P5	Pasto	9,254
SL-A-4	P6	Pasto	15,042
SL-A-97 (C)	C1	Cítricos	1,00
SL-A-153	C2	Cítricos	2,51
SL-R-78	C3	Cítricos	4,74
SL-A-31	C4	Cítricos	7,05
SL-A-3	C5	Cítricos	15,18

Tabla 8.2. Parcelas tipo Sector I

Nº Parcela	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Tipo
SL-A-3	Cítrico	14,624	C5
SL-A-4	Pasto	15,042	P6
SL-A-5	Pasto	14,880	P6
SL-A-6	Pasto	15,068	P6
SL-A-7	Pasto	14,534	P6
SL-A-8	Cítrico y Pasto	13,641	C5
SL-A-9	Cítrico	6,525	C4
SL-A-10	Pasto	6,318	P4
SL-A-11	Cítrico	6,254	C4
SL-A-12	Cítrico	6,187	C4
SL-R-31	Cítrico	6,529	C4
SL-R-32	Cítrico y Pasto	6,504	P4
SL-R-33	Cítrico y Pasto	6,607	P4
SL-R-34	Cítrico	6,296	C4
SL-R-35	Cítrico	6,463	C4
SL-R-36	Cítrico	6,424	C4
SL-R-37	Cítrico	6,292	C4
SL-R-38	Cítrico	6,679	C4
SL-R-39/40	Pasto	11,167	P6
SL-R-41/42/43 (A)	Pasto	14,685	P6
SL-R-75	Pasto	6,479	P4
SL-R-76	Cítrico	6,102	C4
SL-R-77	Pasto	4,550	P3
SL-R-78	Cítrico	4,195	C3
SL-R-79/80	Pasto	10,248	P5
SL-A-113 (A)	Cítrico y Cacao	2,652	C2
SL-A-113 (B)	Cítrico y Cacao	3,566	C3
SL-A-114	Cítrico y Pasto	8,915	P5
SL-A-137	Cítrico y Guanábana	4,711	C3
SL-A-138	Cítrico, Guanábana, tomate y pimentón	1,813	P2
SL-A-139 (A)	Cítrico	1,363	C1
SL-A-139 (B)	Cítrico	5,182	C3
SL-A-140	Cítrico y Pasto	6,576	P4
SL-A-141	Cítrico y Pasto	6,554	P4
SL-A-142	Cítrico	6,665	C4
SL-A-143	Cítrico y Pasto	7,077	P4
Máximo H.	Cítrico	1,500	C2

Tabla 8.2. Continuación

Nº Parcela	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Tipo
SL-A-144 (A)	Cítrico y Cacao	1,711	C2
SL-A-144 (B)	Cítrico y Tomate	3,363	P3
SL-A-144 (C)	Cítrico	2,063	C2
SL-A-145	Cítrico	6,566	C4
SL-A-146	Pasto	3,757	P3
SL-A-147	Cítrico	5,552	C4
SL-A-149	Cítrico y Pasto	3,929	P3
SL-A-150	Cítrico	3,040	C3
SL-A-151	Cítrico	3,635	C3
SL-A-152	Cítrico	3,862	C3
SL-A-153	Cítrico	2,644	C2
SL-A-154	Cítrico y Pasto	3,131	P3
SL-A-155	Cítrico y Pasto	2,671	P2
SL-A-156	Cítrico	4,097	C3
SL-A-157/158	Cítrico	2,240	C2
SL-A-159	Cítrico	0,510	C1
SL-A-160	Pasto	1,871	P2
SL-A-161	Cítrico y Pasto	4,298	P3
SL-A-162	Cítrico	2,999	C2
SL-A-163	Pasto	2,087	P2
SL-A-164	Cítrico y Pasto	3,967	P3

Tabla 8.3. Parcelas tipo Sector II

Nº Parcela	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Tipo
SL-A-1	Cítrico	13,273	C5
SL-A-2	Cítrico y Pasto	14,592	P6
SL-R-27(A)	Cítrico	2,626	C2
SL-R-27(B)	Cítrico	1,024	C1
SL-R-27(C)	Cítrico	2,485	C2
SL-R-28	Cítrico y Pasto	6,678	P4
SL-R-29	Cítrico	6,915	C4
SL-R-30	Cítrico	6,050	C4
SL-R-72	Cítrico	3,899	C3
SL-R-73	Cítrico	5,456	C4
SL-R-74	Cítrico y Pasto	5,796	P4

Tabla 8.4. Parcelas tipo Sector III

Nº Parcela	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Tipo
SL-R-81 (A)	Parchita	3,458	C3
SL-R-81 (B)	Cítrico	1,926	C2
SL-R-81 (C)	Cítrico	0,752	C1
SL-R-82 (B)	Cítrico	1,759	C2
SL-A-115	Cítrico	0,947	C1
SL-A-116 (A)	Cítrico	1,346	C1
SL-A-116 (B)	Cítrico	2,277	C2
SL-A-117 (A)	Cítrico	1,138	C1
SL-A-117 (B)	Cítrico	1,552	C1
SL-A-118	Cítrico	1,175	C1
SL-A-119	Cítrico	1,357	C1

Tabla 8.5. Parcelas tipo Sector IV

Nº Parcela	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Tipo	Nº Parcela	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Tipo
SL-A-13 (A)	Cítrico	4,586	C3	SL-A-94/95 (A)	Cítrico	3,565	C3
SL-A-13 (B)	Cítrico	1,478	C2	SL-A-94/95 (B)	Cítrico	2,450	C2
SL-A-14	Cítrico y Aguacate	6,335	C4	SL-A-95 (C)	Cítrico	1,021	C1
SL-A-15	Cítrico, Guanábana y pasto	6,359	C4	SL-A-96 (A)	Cítrico	0,587	C1
SL-A-16	Cítrico, Guanábana y pasto	6,185	C4	SL-A-96 (B)	Cítrico	0,685	C1
SL-A-17	Pasto y Cítrico	6,693	P4	SL-A-96 (C)	Cítrico	1,005	C1
SL-A-18/19	Pasto	20,669	P6	SL-A-97 (A)	Cítrico	0,570	C1
SL-A-20	Pasto	15,828	P4	SL-A-97 (B)	Pasto	0,753	P1
Suc.Roa	Cítrico	1,065	C1	SL-A-97 (C)	Cítrico	1,000	C1
SL-A-21	Cítrico y Pasto	12,952	C5	SL-A-98 (A)	Pasto	0,536	P1
SL-A-22	Cítrico y Pasto	13,976	C5	SL-A-98 (B)	Cítrico	0,346	C1
SL-A-23	Pasto	15,087	P4	SL-A-99 (A)	Cítrico	0,212	C1
SL-R-41/42/43 (B)	Cítrico y Aguacate	1,533	C2	SL-A-99 (B)	Pasto	0,355	P1
SL-R-44	Cítrico	3,793	C3	SL-A-104	Cítrico	0,748	C1
SL-R-45	Pasto	4,357	P3	SL-A-125	Cítrico	1,355	C1
SL-R-46	Pasto	4,302	P3	SL-A-126	Cítrico	1,406	C1
SL-R-47	Pasto	4,106	P3	SL-A-127	Cítrico	1,931	C2
SL-A-48 (A)	Pasto	1,594	P2	SL-A-128	Cítrico	2,156	C2
SL-A-48 (B)	Pasto	1,760	P2	SL-A-129	Cítrico	1,983	C2
SL-A-49 (A)	Pasto y Cítrico	2,267	P2	SL-A-130	Cítrico	0,712	C1
SL-A-49 (B)	Pasto	1,779	P2	SL-A-131	Cítrico	0,302	C1
SL-A-50 (A)	Pasto	2,961	P3				
SL-A-50 (B)	Pasto	1,549	P2				
SL-A-51 (A)	Pasto	2,681	P2				
SL-A-51 (B)	Pasto	0,735	P1				
SL-A-52 (A)	Cítrico	1,771	C2				
SL-A-52 (B)	Cítrico	0,774	C1				
SL-A-53 (B)	Cítrico	0,742	C1				
SL-A-53 (C)	Cítrico	0,745	C1				
SL-A-54 (B)	Cítrico	0,684	C1				
SL-A-54 (C)	Cítrico	0,753	C1				
SL-A-55 (B)	Cítrico	0,383	C1				
SL-A-55 (C)	Cítrico	0,387	C1				
SL-A-56 (B)	Cítrico	0,448	C1				
SL-R-82 (A)	Cítrico	3,448	C3				
SL-R-84	Cítrico	4,217	C3				
SL-R-85	Cítrico	4,282	C3				
SL-R-86	Cítrico	3,346	C3				
SL-R-87	Cítrico	4,054	C3				
SL-R-88	Cítrico	4,350	C3				
SL-R-89/90 (A)	Cítrico	5,847	C4				
SL-R-89/90 (B)	Cítrico	3,439	C3				
SL-R-90 (A)	Cítrico	0,599	C1				
SL-R-91 (A)	Cítrico	2,554	C2				
SL-R-91 (B)	Cítrico	4,092	C3				
SL-R-91 (C)	Cítrico	0,564	C1				
SL-R-92 (A)	Cítrico	0,570	C1				
SL-A-92 (B)	Cítrico	1,384	C1				
SL-A-93 (A)	Cítrico	1,797	C2				
SL-A-93 (B)	Cítrico	1,027	C1				
SL-A-93 (C)	Cítrico	0,891	C1				
SL-A-93 (D)	Cítrico	0,486	C1				
SL-A-94 (C)	Cítrico	0,890	C1				

Tabla 8.6. Parcelas tipo Sector V

Nº Parcela	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Tipo
SL-A-24	Pasto	22,883	P6
SL-A-53 (A)	Pasto	1,363	P1
SL-A-54 (A)	Pasto	2,034	P2
SL-A-55 (A)	Cítrico	2,550	C2
SL-A-56 (A)	Cítrico	2,751	C2
SL-A-57 (A)	Cacao	0,767	C1
SL-A-57 (B)	Pasto	0,871	P1
SL-A-57 (C)	Pasto	1,303	P1
SL-A-58 (A)	Pasto y Guanábana	2,384	P2
SL-A-58 (B)	Pasto	1,433	P1
SL-A-59 (A)	Guanábana	2,101	C2
SL-A-59 (B)	Guanábana	2,409	C2
SL-A-60 (A)	Cítrico	1,979	C2
SL-A-60 (B)	Pasto	2,830	P2
SL-A-61 (A)	Pasto	1,716	P2
SL-A-61 (B)	Pasto	0,946	P1
SL-A-61 (C)	Pasto	3,371	P3
SL-A-62 (A)	Pasto	1,951	P2
SL-A-62 (B)	Pasto	1,322	P1
SL-A-62 (C)	Pasto	2,082	P2
SL-A-63 (A)	Cítrico	2,593	C2
SL-A-63 (B)	Cítrico	1,272	C1
SL-A-63 (C)	Cítrico	0,900	C1
SL-A-64 (A)	Cítrico	3,330	C3
SL-A-64 (B)	Cítrico	0,518	C1
SL-A-65 (A)	Cítrico	1,766	C2
SL-A-65 (B)	Cítrico	2,085	C2
SL-A-66 (A)	Cítrico	1,439	C1
SL-A-66 (B)	Cítrico	2,550	C2
SL-A-67 (A)	Cítrico	0,694	C1
SL-A-67 (B)	Pasto	3,528	P3
SL-A-68	Pasto y Cítrico	0,935	P1
SL-A-107 (A)	Cítrico	0,316	C1
SL-A-107 (B)	Cítrico	2,046	C2
SL-A-108 (A)	Cítrico	1,317	C1
SL-A-108 (B)	Cítrico	2,240	C2

8.2.1. Necesidades o dotaciones de riego

La valoración de las dotaciones hídricas tiene por objeto suministrar la información, referente al agua de riego de los cultivos, que permita definir determinadas cuestiones básicas del proyecto tales como las características de las obras de infraestructura hidráulica.

Las características climatológicas del Asentamiento Santa Lucía, entre las que destaca el déficit hídrico como factor limitante de la producción agraria, la elevada cuantía de los requerimientos de agua de riego, consecuencia no sólo de dichas características climatológicas, sino también de la condición permanente del pasto y los cítricos, y de la magnitud de las inversiones requeridas, hacen que se conceda una gran importancia al estudio de las dotaciones de riego.

La carencia total de datos experimentales y la ausencia, prácticamente total, de riegos en la zona, que impide la obtención de datos reales de consumo, ha obligado a utilizar métodos de cálculo e información no contrastada en el área del proyecto. En consecuencia, los cálculos se han realizado con un buen detalle y los resultados obtenidos son razonables.

En tal sentido la publicación de la FAO, Necesidades de Agua de los Cultivos, indica que: “se han ideado unas metodologías que permiten predecir el volumen exacto de agua que se requiere para obtener una producción óptima de los distintos cultivos. Estos métodos se refieren a las condiciones climáticas, agronómicas y edafológicas propias de una zona dada”.

Para lograr un buen diseño de riego, tanto para aspersión como para microaspersión, se requiere de una adecuada estimación de las necesidades de agua, siendo ésta calculada para el período crítico, es decir, para el periodo de máxima demanda.

La estimación de la evapotranspiración real del cultivo es un factor importante a considerar en el diseño; ésta se tomó de los resultados arrojados por el modelo CROPWAT con base a los datos de la estación Caño Negro, correspondiente a valores diarios en mm, y para el periodo de máxima demanda.

- **Uso consuntivo máximo**

El cálculo de este parámetro se realizó con base a los datos climatológicos de la Estación meteorológica Caño Negro y cuyo procedimiento se presentó en capítulos anteriores; el valor obtenido fue de 3,9 mm/d para los cítricos, y de 5,0 mm/d para el pasto.

- **Necesidades de riego, Nr**

Las necesidades de riego se obtienen mediante la ecuación de balance de agua:

$$Nr = ETc - Pe - dca - Pp \pm \Delta H \quad (8.1)$$

Donde:

Nr	Las necesidades de riego en mm
ETc	La evapotranspiración real del cultivo en mm
Pe	La precipitación efectiva en mm
dca	El aporte capilar
Pp	La pérdida por percolación
ΔH	La variación de almacenamiento de agua en el suelo

Aunque estadísticamente en el mes de máximas necesidades se produzca cierta lluvia que de lugar a una precipitación efectiva (Pe), ésta no se considera en el diseño del sistema, ya que puede no llover en el intervalo entre dos riegos. El aporte capilar (dca), en este caso no se toma en cuenta ya que, los niveles freáticos se encuentran muy profundos. La variación de almacenamiento de agua en el suelo (ΔH), no se considera para el cálculo de las necesidades punta. Las pérdidas de agua por percolación también se desprecian en el diseño del sistema, ya que, en la zona de riego el suelo se caracteriza por no presentar problemas de salinidad y además, el agua de riego proviene de una fuente superficial, sin problema de sales.

Por todo esto se tiene que, las necesidades de riego (Nr) están representadas básicamente por la evapotranspiración máxima del cultivo (Etc). Sin embargo, aunque por motivos económicos o por falta de agua se quiera reducir el aporte de agua al cultivo en un momento dado, para crear un cierto déficit en el mismo y obligarle a un menor consumo de agua (Etc), no debe considerarse este valor para dimensionar el sistema de riego, ya que, éste tiene que prever situaciones cambiantes en el futuro.

- **Determinación de los parámetros de riego**

Para la determinación de los parámetros de riego con fines de diseño y para el dimensionamiento del equipo de riego es necesaria la información agrotécnica referida a la capacidad de campo, punto de marchites permanente, densidad aparente, profundidad radicular, umbral de riego, evapotranspiración del cultivo, eficiencia de aplicación, lámina para el lixiviado de sales, área de mojado y porcentaje de humedecimiento.

Además se requiere de información técnica relativa a: área total a regar, caudal disponible, tiempo disponible de riego al día, días libres de riego durante el ciclo, lámina útil o intervalo de humedad disponible, lámina neta, lámina bruta, intervalo o frecuencia de riego y caudal necesario. La Tabla 8.7 muestra la información referida al tipo de suelo.

Tabla 8.7. Características del perfil de suelo.

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	CC (%)	PMP (%)	Da (g/cm ³)	Prof.(mm)
A1	0-18	FAa	25	16	1,6	180
B1	18-50	FA	27	13	1,35	320
B2	50-70	A	35	17	1,25	200
BC	70-95	FAa	25	16	1,6	250

Lámina útil. Corresponde a la parte de la lámina total de agua en la capa del suelo que exploran las raíces de los cultivos. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$da = \frac{(CC - PMP)}{100} Da D \quad (8.2)$$

Donde:

- da La lámina útil en mm
- CC La capacidad de campo en %
- PMP El punto de marchites permanente en %
- Da La densidad aparente en gr/cm^3
- D La profundidad radicular en mm

En la determinación de la lámina útil (da), se empleó una profundidad de exploración radicular de 0,8 m para el pasto y 0,9 para los cítricos. De esta manera se obtuvo para cada horizonte las láminas de agua útil, así como, el agua útil por metro de profundidad que se muestran en las Tablas 8.8 y 8.9.

Tabla 8.8. Láminas de agua útil para cada horizonte cultivo de cítricos

Horizonte	Prof. (cm)	da (mm)	AU/D (mm/m)
A1	0-18	25,92	178,0
B1	18-50	60,48	
B2	50-70	45	
BC	70-90	28,8	
	Total	160,2	

Tabla 8.9. Láminas de agua útil para cada horizonte cultivo de pasto

Horizonte	Prof. (cm)	da (mm)	AU/D (mm/m)
A1	0-18	25,92	182,25
B1	18-50	60,48	
B2	50-70	45	
BC	70-80	14,4	
	Total	145,8	

Lámina neta. Es la lámina de agua que corresponde a cada riego y queda determinada por la siguiente ecuación:

$$dn = \frac{da \cdot Ur}{100} \quad (8.3)$$

- dn La lámina neta en mm
- da La lámina útil en mm
- Ur El umbral de riego en %

Lámina bruta. Es la lámina de riego que relaciona la lámina a reponer (dn) y las pérdidas de agua expresadas a través de la eficiencia de aplicación (Efa). Así se tiene que:

$$db = \frac{dn}{Efa} \quad (8.4)$$

Donde:

- db La lámina bruta de riego en mm
- dn La lámina neta en mm
- Efa La eficiencia de aplicación en %

Frecuencia de riego. Es el tiempo en días que tarda la lámina neta en consumirse, es decir, el tiempo que existe entre dos riegos consecutivos, cuando no existe aporte de precipitación. Para el proyecto se ha considerado 6 días de operación por semana, no regando los domingos, es decir un rendimiento del sistema de riego de 0,86. Esta queda determinada por la relación entre la lámina neta y la evapotranspiración real del cultivo, a través de la ecuación siguiente:

$$Fr_{\max} = \frac{dn}{Etc} \quad (8.5)$$

Donde:

- Fr_{max} La frecuencia de riego en días
- dn La lámina neta en mm
- Etc La evapotranspiración real del cultivo en mm/día

Para el cultivo de pasto se adoptó una frecuencia de riego de 3 días, considerando que debido al tamaño de las parcelas y a las limitaciones de caudal, el diseño del sistema se realizó de tal manera que, cada parcela se regará en la frecuencia de riego, es decir, en tres partes regando una parte por día, lo cual implica la entrega de agua a cada parcela los seis días de cada semana de operación del sistema.

En el caso del cultivo de cítricos se adoptó también una frecuencia de riego de 3 días pero con una operación y manejo que lleva a ocupar el mayor tiempo del día en la operación del riego y a utilizar el menor caudal posible. De esta manera, cada parcela se regará en un día, lográndose así, una óptima distribución de caudales de entrega, lo que repercute satisfactoriamente en un diseño más económico de las redes de distribución.

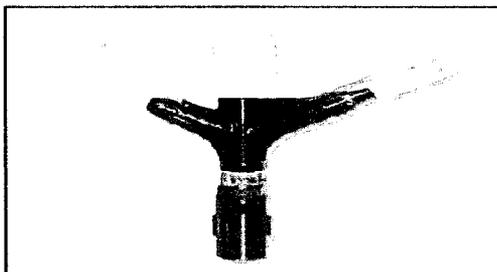
8.2.2. Selección del aspersor

En el aspersor la presión aprovechable es convertida en una carga de velocidad, los chorros eyectados desde las boquillas, para una velocidad inicial dada, se descomponen en gotas de diferentes tamaños las cuales caen sobre un área alrededor de cada aspersor. El tamaño del área mojada y la distribución del agua sobre el terreno dependen principalmente de la presión de operación y del tipo, ángulo y diámetro de la boquilla del aspersor. Para la selección del aspersor se tomó en cuenta las condiciones de suelo referidas a la condición de infiltración básica del mismo y las experiencias en cuanto a su uso en el cultivo de pasto.

Para el cultivo de pastos se plantea utilizar un aspersor de las siguientes características:

- Marca: SENNINGER
- Modelo: 7025 RD-1 EFF
- Boquilla: N° 24 (9,5 mm)
- Caudal nominal: 1,56 l/s
- Presión de trabajo: 3,0 bar
- Diámetro de cobertura: 45,3 m
- Altura desde el nivel del suelo: 0,5 m

En las Figuras 8.1 y 8.2 se presentan las características técnicas de este aspersor.



DESCRIPTION

The Senninger Irrigation Fluent-Master® sprinkler is designed specifically for disposing effluent by the land treatment method in accordance with EPA guidelines. It is suitable for use on solid-set systems. With minor modifications it can also be used on center pivots or other mechanical-move systems. The 70 series is designed to distribute water over a large diameter for higher volume systems.

SPECIFICATIONS

Sprinkler shall be of 360 degree rotation driven by impact splasharm and spring. It shall be capable of a distribution pattern of _____ (feet/meters) in diameter at a riser height of _____ (feet/meters) with a sprinkler base operating pressure of _____ (psi / bar) and a discharge rate of _____ (gpm / L/s). Trajectory shall be 25 degrees. Nozzle size shall be _____ (inch / nozzle # _____). Lower bearing plastic thread shall be 1" NPT male.

Sprinkler body shall be constructed of high-impact engineering-grade thermoplastics with stainless steel fulcrum pin and splasharm spring. Fulcrum pin shall be molded into the body for maximum support and stability. Splasharm spring and bearing shall be enclosed for trouble-free performance. Sprinkler shall be equipped with an effluent vane to minimize possible flow obstruction from water-borne solids. Sprinkler cap shall be lavender to correspond to industry standards denoting non-potable water.

Sprinkler shall carry a two-year manufacturer's warranty on materials, workmanship and performance.

Fluent-Master is a registered trademark of Senninger Irrigation Inc.

Fluent-Master.

70 SERIES 360° ROTATION IMPACT SPRINKLERS

FEATURES

- Flow range: 8.11 to 31.6 gpm (0.52 to 2.02 L/s)
- Sprinkler base pressure: 35 to 70 psi (2.5 to 5.0 bar)
- 25 degree modes:
7025RD-1-1 1/4" F EFF
 (Includes 1 1/4" x 1" female NPT plastic reducer coupling)
7025RD-1-1" F EFF
 (Includes 1" female NPT plastic coupling)
7025RD-1-3/4" F EFF
 (Includes 1" x 3/4" female NPT plastic reducer coupling)
7025RD-1-1" M EFF
 (Galvanized steel connection fittings not recommended)
- High-impact engineering-grade thermoplastic construction resists chemical degradation, scale buildup and UV effects
- Stainless steel springs and fulcrum pin enclosed to resist contamination; electrolysis eliminated by using no brass parts
- Lavender cap to correspond to industry standards denoting use of non-potable water
- Effluent vane minimizes obstruction from water-borne materials
- Nozzle sizes from 1/32" to 3/16" (#14 through #24) (5.6 to 9.5 mm)
- Two-year manufacturer's warranty on materials, workmanship and performance
- Also available in a double-nozzle model.
 Flow range: 10.7 to 39.1 gpm (0.66 to 2.50 L/s)

Available through leading irrigation dealers.

Designed and manufactured by:

Senninger
Irrigation Inc.

6416 Old Winter Garden Road
Orlando, FL 32835 U.S.A.
Phone: (407) 293-5555 • Fax: (407) 293-5740
www.senninger.com • e-mail: info@senninger.com

La Figura 8.1. Características del modelo, aspersor Senninger.

7025 RD-1 EFF		U.S. - Diameter (feet)							METRIC - Diameter (meters)							
SPRINKLER (psi)		35	40	45	60	65	80	85	70	(bar)	2.5	3.0	3.6	4.0	4.6	5.0
BASE PRESSURE										(psi)	36.25	43.50	50.75	58.00	65.25	72.50
#14 Nozzle - (7/8")																
Flow (gpm):		8.11	8.55	9.20	9.69	10.2	10.6	11.0	11.6							
Diam. at 1.5' height (ft):		105	111	113	115	117	119	121	123							
Diam. at 6.0' height (ft):		114	119	121	124	126	128	129	130							
#14 Nozzle - (6.8 mm)																
Flow (L/s):		0.52	0.57	0.61	0.66	0.70	0.74	0.77	0.83							
D.S.M. (m):		32.7	34.3	35.1	36.0	36.9	37.6	38.3	39.0							
2.0 m (m):		35.1	36.6	37.5	38.5	39.3	40.1	40.8	41.6							
#16 Nozzle - (1/4")																
Flow (gpm):		10.7	11.4	12.1	12.8	13.4	14.0	14.6	15.1							
Diam. at 1.5' height (ft):		111	117	120	123	126	129	131	133							
Diam. at 6.0' height (ft):		122	126	129	131	134	136	137	138							
#16 Nozzle - (6.4 mm)																
Flow (L/s):		0.69	0.75	0.81	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07							
D.S.M. (m):		34.3	36.3	37.5	39.0	40.0	41.0	41.8	42.6							
2.0 m (m):		37.5	39.0	40.1	41.2	41.8	42.4	42.9	43.4							
#18 Nozzle - (9/8")																
Flow (gpm):		13.3	14.2	15.0	15.9	16.6	17.4	18.1	18.8							
Diam. at 1.5' height (ft):		118	124	127	129	134	136	142	144							
Diam. at 6.0' height (ft):		128	132	135	137	141	144	146	147							
#18 Nozzle - (7.1 mm)																
Flow (L/s):		0.85	0.94	1.01	1.08	1.15	1.21	1.27	1.32							
D.S.M. (m):		36.4	38.4	39.5	41.2	43.3	44.5	44.8	45.0							
2.0 m (m):		39.3	40.9	41.9	43.5	44.5	45.0	45.4	45.8							
#20 Nozzle - (5/16")																
Flow (gpm):		16.0	17.1	18.2	19.2	20.1	21.0	21.8	22.7							
Diam. at 1.5' height (ft):		124	130	134	137	142	146	150	153							
Diam. at 6.0' height (ft):		133	137	140	143	147	151	154	155							
#20 Nozzle - (7.9 mm)																
Flow (L/s):		1.02	1.12	1.21	1.29	1.37	1.45	1.53	1.59							
D.S.M. (m):		38.3	40.5	42.0	44.0	45.8	47.4	48.3	49.1							
2.0 m (m):		40.8	42.4	43.6	45.5	47.0	47.4	47.8	48.2							
#22 Nozzle - (11/8")																
Flow (gpm):		19.3	20.5	21.5	22.9	24.1	25.1	26.1	27.1							
Diam. at 1.5' height (ft):		125	133	141	148	153	157	160	162							
Diam. at 6.0' height (ft):		135	141	145	150	155	159	162	164							
#22 Nozzle - (8.7 mm)																
Flow (L/s):		1.23	1.34	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85	1.95							
D.S.M. (m):		38.5	42.2	45.3	47.4	48.8	49.8	50.8	51.8							
2.0 m (m):		41.8	44.0	46.0	48.0	49.4	50.1	50.8	51.4							
#24 Nozzle - (9/8")																
Flow (gpm):		22.4	23.9	25.3	26.7	28.0	29.3	30.4	31.6							
Diam. at 1.5' height (ft):		130	138	145	151	156	160	166	169							
Diam. at 6.0' height (ft):		139	145	150	155	160	164	167	170							
#24 Nozzle - (8.6 mm)																
Flow (L/s):		1.43	1.56	1.69	1.80	1.91	2.02	2.13	2.24							
D.S.M. (m):		40.2	42.6	46.3	48.3	50.7	52.4	53.4	54.4							
2.0 m (m):		42.6	45.3	47.5	49.5	50.9	52.4	53.4	54.4							

Figures reflect actual test data obtained under ideal conditions. Stream heights range from 6.5 - 15.5 ft (2.0 - 4.7 m) above nozzle based on pressure and nozzle size. Sprinkler performance tests were conducted in accordance with the American Society of Agricultural Engineers standard S398.1 and are representative of production at the time of publication. Diameters shown are for standard straight bore nozzles and effluent vanes (brown). Other nozzles and/or vane combinations are available; consult factory for specific performance data.

La Figura 8.2. Características técnicas del aspersor senninger.

8.2.3. Espaciamiento entre aspersores y laterales

El espaciamiento entre aspersores y laterales se calculó con la siguiente expresión:

$$E_a = 0,65D_c \tag{8.6}$$

$$E_l = 0,65D_c \tag{8.7}$$

Donde:

- E_a El espaciamiento entre aspersores en m
- E_L El espaciamiento entre laterales en m
- D_c El diámetro de cobertura del aspersor en m

Como los espaciamientos se ven afectados por la velocidad del viento, en algunos casos se tiene que reducir el espaciamiento entre laterales para lograr una buena uniformidad en el riego. Estas reducciones vienen dadas de la forma siguiente:

- Vientos entre 3 y 6 Km/h, la reducción será de un 10% del espaciamiento.
- Vientos entre 6 y 12 Km/h, la reducción será de un 30 a 35% del espaciamiento.

Como la zona de estudio no se caracteriza por ser un área de fuertes vientos, para el diseño se adopta una velocidad del viento de 2 km/h, lo cual no hace necesario la reducción del espaciamiento entre laterales. De esta manera se establece para el diseño una separación entre aspersores y laterales de 30m x 30m para el cultivo de pasto.

8.2.4. Intensidad de aplicación del aspersor

La intensidad de aplicación del aspersor no debe exceder la infiltración básica del suelo, ya que de lo contrario se producirá un escurrimiento superficial, disminuyendo en consecuencia, la eficiencia en el riego. Así, la intensidad de aplicación queda determinada por la siguiente ecuación:

$$I_{aplic} = \frac{Q_{asp}}{E_a \cdot E_L} 1000 \quad (8.8)$$

Donde:

- I_{aplic} La intensidad de aplicación del aspersor en mm/h
- Q_{asp} El caudal del aspersor en m³/h
- E_a El espaciamiento entre aspersores en m
- E_L El espaciamiento entre laterales en m

8.2.5. Tiempo de riego

Es el tiempo que debe permanecer el aspersor regando para suministrar la lámina bruta al suelo y así, satisfacer las necesidades de agua del cultivo, en función de la intensidad de aplicación del aspersor.

De esta manera se tiene entonces:

$$T_r = \frac{db}{I_{aplic}} \quad (8.9)$$

Donde:

- T_r El tiempo de riego en h
- db La lámina bruta a aplicar mm
- I_{aplic} La intensidad de aplicación del aspersor en mm/h

8.2.6. Número de aspersores

Es el número de aspersores a utilizar en campo, está definido por la relación entre la longitud de la tubería lateral y el espaciamiento entre aspersores. Así, se tiene:

$$N_{asp} = \frac{L_C}{E_a} \quad (8.10)$$

Donde:

- N_{asp} El número de aspersores
- L_C La longitud del lateral en campo m
- E_a El espaciamiento entre aspersores en m

8.2.7. Longitud de la tubería lateral

Está determinada por la siguiente ecuación:

$$L_L = N_{asp} E_a - \frac{E_a}{2} \quad (8.11)$$

Donde:

- L_L La longitud de la tubería lateral en m
- N_{asp} El número de aspersores
- E_a El espaciamiento entre aspersores en m

8.2.8. Número de posiciones del lateral en campo

Se refiere al número de posiciones que puede ocupar un lateral en campo, está determinado por la siguiente ecuación:

$$N_{pos/Lat} = \frac{L_{Ts} N_{Lados}}{E_L} \quad (8.12)$$

Donde:

$N_{pos/Lat}$	El número de posiciones del lateral en campo m
L_{Ts}	La longitud de la tubería secundaria en m
N_{Lados}	El número de lados a regar
E_L	El espaciamiento entre laterales en m

8.2.9. Número de posiciones del lateral por día

Está referido al número de posiciones en las que se mueve un lateral en un día de riego, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N_{pos/día} = \frac{T_o}{T_r + T_c} \quad (8.13)$$

Donde:

$N_{pos/día}$	El número de posiciones del lateral por día
T_o	El tiempo de operación por día del sistema en h
T_r	El tiempo de riego en h
T_c	El tiempo de cambio de posición de los laterales en h

8.2.10. Número de posiciones del lateral en la frecuencia de riego

Se refiere al número de posiciones total en los que se mueve el lateral durante los días correspondientes a la frecuencia de riego. Se determina de la siguiente manera:

$$N_{pos/Frec} = N_{pos/día} Fr \quad (8.14)$$

Donde:

$N_{\text{pos/Frec}}$	El número de posiciones del lateral en la frecuencia de riego
$N_{\text{pos/día}}$	El número de posiciones del lateral por día
Fr	La frecuencia de riego en días

8.2.11. Selección del microaspersor

El microaspersor seleccionado para el cultivo de cítricos presenta las siguientes características:

- Marca: PLASTRO
- Modelo: Tornado Mini-Sprinkler
- Color de boquilla: Azul
- Tamaño de boquilla: 1,3 mm
- Caudal nominal: 48 l/h
- Presión de trabajo: 2,5 bar
- Diámetro de cobertura: 3,8 m
- Espaciamiento: 6m x 6m

Las Figuras 8.3 y 8.4 presentan las características técnicas de este microaspersor.

La determinación de los parámetros de riego, para el sistema por microaspersión, sigue la misma metodología utilizada para el riego por aspersión, solo con la variante de que en la microaspersión los laterales de riego permanecerán fijos y mojan una superficie limitada de suelo.

Para lograr un óptimo diseño del sistema, bajo el entendido de aprovechar el mayor tiempo posible para el riego durante el día, y así lograr el gasto mínimo, que reduce grandemente las dimensiones de las tuberías, se estableció como criterio de operación el regar toda la parcela en un día, es decir, mediante la subdivisión de la misma en cuatro unidades operacionales. Esto permite la entrega de agua a las parcelas dos veces por semana, lográndose hacer una distribución equilibrada en la entrega, de tal manera, que los ramales de distribución no trabajen en condiciones de sobrecarga de caudal y obtener los menores diámetros posibles.

8.2.12. Resultados del diseño agronómico

En la Tabla 8.10 se presenta el resultado del diseño agronómico para las parcelas tipo cultivadas con pasto, que se regarán con el sistema de aspersión, las cuales son SL-R-28, SL-A-4, SL-A-51(A), SL-A-114, SL-A-53(A) y SL-R-77.



Tornado Mini-Sprinkler

La configuración única del cuerpo del Mini-Aspersor Tornado proporciona el flujo torbellino del agua (vortex)

Características Principales:

- El mecanismo vortex permite grandes pasajes de agua, protege de obturaciones
- El rotor giratorio se retrae y hermetiza la salida de agua no estando en operación
- Gotas finas
- Cobertura uniforme del agua
- Fabricado en plásticos superiores de alta durabilidad para largo ciclo de vida
- Protegido contra degradación UV
- Resistente a los productos químicos y a los fertilizantes usualmente utilizados en agricultura

Especificaciones:

- Cinco boquillas codificadas por colores
- Caudales a 2.0 bar: 34, 43, 76, 100, 115 lph
- Rango de presión de operación: 1.5 - 2.5 bar

Materiales:

- Cuerpo, puente, rotador: Polyacetal
- Cubierta: PBT
- Rotador: Poliuretano

Aplicaciones:

El bajo caudal y las finas gotas hacen del Mini-aspersor Tornado el más adecuado para invernaderos, viveros y jardines así como riego debajo de las copas en huertas.



Figura 8.3. Características del modelo, microaspersor Tornado

Tornado Mini-Sprinkler



Mini-Aspersor Tornado - Datos de Performance

Tamaño y Color de la Boquilla (mm)	Presión (bar)	Caudal (l/h)	Diámetro de Huesaca (mm)	Diámetro Exterior del Tubo (mm)	No. Mínimo Recomendado de Mini-Aspersores Tornado sobre Líneas de Riego Espaciamiento entre Mini-Aspersores (m)																																																																									
					2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5																																																																
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																																															
1/2 Negro	1.5	30	2.8	16	24	22	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																																				
1 Negro	2.0	33	32	17.8	23	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																																				
1/2 Negro	2.5	36	35	19	25	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																																		
1 Negro	3.0	39	38	21	27	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																																
1/2 Negro	3.5	42	41	23	29	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																														
1 Negro	4.0	45	44	25	31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																												
1/2 Negro	4.5	48	47	27	33	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																										
1 Negro	5.0	51	50	29	35	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																								
1/2 Negro	5.5	54	53	31	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																						
1 Negro	6.0	57	56	33	39	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																				
1/2 Negro	6.5	60	59	35	41	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																		
1 Negro	7.0	63	62	37	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																																
1/2 Negro	7.5	66	65	39	45	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																														
1 Negro	8.0	69	68	41	47	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																												
1/2 Negro	8.5	72	71	43	49	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																										
1 Negro	9.0	75	74	45	51	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																								
1/2 Negro	9.5	78	77	47	53	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																						
1 Negro	10.0	81	80	49	55	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																				
1/2 Negro	10.5	84	83	51	57	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																		
1 Negro	11.0	87	86	53	59	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																
1/2 Negro	11.5	90	89	55	61	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1														
1 Negro	12.0	93	92	57	63	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1												
1/2 Negro	12.5	96	95	59	65	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1										
1 Negro	13.0	99	98	61	67	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
1/2 Negro	13.5	102	101	63	69	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
1 Negro	14.0	105	104	65	71	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
1/2 Negro	14.5	108	107	67	73	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
1 Negro	15.0	111	110	69	75	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1/2 Negro	15.5	114	113	71	77	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59																																																								

Las Tablas 8.11, 8.12 y 8.13 presentan el diseño agronómico para las parcelas tipo cultivadas con cítricos y que se regaran con el sistema de microaspersión, siendo estas las parcelas SL-A-31, SL-A-3, SL-R-38, SL-A-153 y SL-A-97(C).

Como se puede observar en las Tablas 8.12 y 8.13, las parcelas tipo SL-A-153 y SL-A-97(C), se subdividieron en cuatro unidades cada una, esto por la geometría propia de cada parcela y por las condiciones topográficas presentes, realizándose un diseño particular para cada unidad. El caudal demandado para cada parcela quedó determinado por aquella unidad cuya demanda es la mayor en comparación con las otras.

Tabla 8.10. Diseño agronómico para el cultivo de Pasto

Parcela	SL-R-28	SL-A-4	SL-A-51 (A)	SL-A-114	SL-A-53 (A)	SL-R-77
Cultivo	PASTOS	PASTOS	PASTOS	PASTOS	PASTOS	PASTOS
da/D [mm/m]	182,25	182,25	182,25	182,25	182,25	182,25
D [m]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Efa [%]	80	80	80	80	80	80
ETc [mm/día]	5	5	5	5	5	5
Ur [%]	50	50	50	50	50	50
RL	0	0	0	0	0	0
DL	1	1	1	1	1	1
To [h/día]	12	12	12	12	12	12
A [ha]	6,861	15,042	2,68	9,254	1,363	4,692
da [mm]	145,8	145,8	145,8	145,8	145,8	145,8
dn [mm]	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9	72,9
db [mm]	91,1	91,1	91,1	91,1	91,1	91,1
Fr [días]	18,23	18,23	18,23	18,23	18,23	18,23
Frj [días]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Frd [días]	3	3	3	3	3	3
dnj [mm]	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
dbj [mm]	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
U _{rj} [%]	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Ea [m]	30	30	30	30	30	30
Ei [m]	30	30	30	30	30	30
Q [m ³ /hr]	5,616	5,616	5,616	5,616	5,616	5,616
Iap [mm/h]	7,16	7,16	7,16	7,16	7,16	7,16
Ib [mm/hr]	8	8	8	8	8	8
tr [h]	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44
LTA [m]	375	810	360	550	210	205
Nº lados	2	2	1	2	2	2
tc [h]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
NPLC	24,00	54,00	12,00	36,00	14,00	12,00
NPLD	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
NPLFrd	12	12	12	12	12	12
NLOS	2,00	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00

Tabla 8.11. Diseño agronómico para el cultivo de Cítricos, parcelas SL-A-31, SL-A-3, SL-R-78

Parcela	SL-A-31	SL-A-3	SL-R-78
Cultivo	CITRICO	CITRICO	CITRICO
da/D [mm/m]	178	178	178
D [m]	0,9	0,9	0,9
Efa [%]	90	90	90
ETc [mm/día]	3,9	3,9	3,9
Ur [%]	50	50	50
RL	0	0	0
DL	1	1	1
To [h/día]	12	12	12
A [ha]	7,05	15,18	4,74
da [mm]	160,2	160,2	160,2
dn [mm]	80,1	80,1	80,1
db [mm]	89,0	89,0	89,0
Fr [días]	21,65	21,65	21,65
Frj [días]	3,5	3,5	3,5
Frd [días]	1	1	1
dnj [mm]	13,0	13,0	13,0
dbj [mm]	14,4	14,4	14,4
U_{rj} [%]	8,1	8,1	8,1
Ea [m]	6	6	6
E_l [m]	6	6	6
q [m³/h]	0,048	0,048	0,048
A_{moj} [m²]	10,75	10,75	10,75
I_{ap} [mm/hr]	4,46	4,46	4,46
I_b [mm/hr]	8	8	8
tr [h]	3	3	3
LTA [m]	970	2030	496
N° lados	1	1	1
tc [h]	0	0	0
NPLC	161,00	338,00	82,00
NPLD	4	4	4
NPLFrd	4	4	4
N° Unid/día	4	4	4
Ph (%)	30	30	30
NLOS1	40,25	84,5	20,5
NLOS	40,00	84,00	20,00

Tabla 8.12. Diseño agronómico para el cultivo de Cítricos, parcela SL-A-153

Parcela	SL-A-153			
N° Unidad	Unidad I	Unidad II	Unidad III	Unidad IV
Cultivo	CITRICO	CITRICO	CITRICO	CITRICO
da/D [mm/m]	178	178	178	178
D [m]	0,9	0,9	0,9	0,9
Efa [%]	90	90	90	90
ETc [mm/dia]	3,9	3,9	3,9	3,9
Ur [%]	50	50	50	50
RL	0	0	0	0
DL	1	1	1	1
To [h/dia]	3	3	3	3
A [ha]	0,58	0,59	0,75	0,59
da [mm]	160,2	160,2	160,2	160,2
dn [mm]	80,1	80,1	80,1	80,1
db [mm]	89,0	89,0	89,0	89,0
Fr [días]	21,65	21,65	21,65	21,65
Frj [días]	3,5	3,5	3,5	3,5
Frd [días]	1	1	1	1
dnj [mm]	13,0	13,0	13,0	13,0
dbj [mm]	14,4	14,4	14,4	14,4
Urj [%]	8,1	8,1	8,1	8,1
Ea [m]	6	6	6	6
El [m]	6	6	6	6
q [m ³ /h]	0,048	0,048	0,048	0,048
Amoj [m ²]	10,75	10,752126	10,752126	10,75
Iap [mm/hr]	4,46	4,46	4,46	4,46
Ib [mm/hr]	8	8	8	8
tr [h]	3	3	3	3
LTA [m]	135	105	85	135
N° lados	1	1	1	1
tc [h]	0	0	0	0
NPLC	22,00	17,00	14,00	22,00
NPLD	1	1	1	1
NPLFrd	1	1	1	1
N° Unid/dia	1	1	1	1
Ph (%)	30	30	30	30
NLOS1	22	17	14	22
NLOS	22,00	17,00	14,00	22,00

Tabla 8.13. Diseño agronómico para el cultivo de Cítricos, parcela SL-A-97(C)

Parcela	SL-A-97 (C)			
	Unidad I	Unidad II	Unidad III	Unidad IV
N° Unidad	CITRICO	CITRICO	CITRICO	CITRICO
Cultivo	CITRICO	CITRICO	CITRICO	CITRICO
da/D [mm/m]	178	178	178	178
D [m]	0,9	0,9	0,9	0,9
Efa [%]	90	90	90	90
ETc [mm/dia]	3,9	3,9	3,9	3,9
Ur [%]	50	50	50	50
RL	0	0	0	0
DL	1	1	1	1
To [h/dia]	3	3	3	3
A [ha]	0,23	0,27	0,25	0,25
da [mm]	160,2	160,2	160,2	160,2
dn [mm]	80,1	80,1	80,1	80,1
db [mm]	89,0	89,0	89,0	89,0
Fr [días]	21,65	21,65	21,65	21,65
Frj [días]	3,5	3,5	3,5	3,5
Frd [días]	1	1	1	1
dnj [mm]	13,0	13,0	13,0	13,0
dbj [mm]	14,4	14,4	14,4	14,4
Urj [%]	8,1	8,1	8,1	8,1
Ea [m]	6	6	6	6
El [m]	6	6	6	6
q [m³/hr]	0,048	0,048	0,048	0,048
A_{moj} [m²]	10,75	10,75	10,75	10,75
I_{ap} [mm/h]	4,46	4,46	4,46	4,46
I_b [mm/hr]	8	8	8	8
tr [h]	3	3	3	3
LTA [m]	54	60	41	80
N° lados	1	1	1	1
tc [hr]	0	0	0	0
NPLC	9,00	10,00	6,00	13,00
NPLD	1	1	1	1
NPLFrd	1	1	1	1
N° Unid/dia	1	1	1	1
Ph (%)	30	30	30	30
NLOS1	9	10	6	13
NLOS	9,00	10,00	6,00	13,00

Los términos empleados en las Tablas 8.10 a 8.13 significan lo siguiente:

- da/D [mm/m], es lámina almacenable en el suelo por metro de profundidad
- D [m], es la profundidad radicular del cultivo en metros
- Efa [%], es la eficiencia de aplicación en %
- ETc [mm/día], es la evapotranspiración máxima del cultivo en milímetros por día
- Ur [%], es el umbral de riego en %
- RL , es la relación de lixiviación
- DL , son los días libres por semana
- To [h/día], es el tiempo de operación del sistema en horas por día
- A [ha], es el área en hectáreas
- da [mm], es la lámina de agua útil en el suelo en milímetros
- dn [mm], es la lámina neta en milímetros
- db [mm], es la lámina bruta en milímetros
- Fr [días], es la frecuencia de riego en días
- Frj [días], es la frecuencia de riego ajustada en días
- Frd [días], es la frecuencia de riego de diseño en días
- dnj [mm], es la lámina neta ajustada en milímetros
- dbj [mm], es la lámina bruta ajustada en milímetros
- Urj [%], es el umbral de riego ajustado en %
- Ea [m], es el espaciamiento entre aspersores o microaspersores en metros
- El [m], es el espaciamiento entre laterales en metros
- q [m³/h], es el caudal del aspersor o microaspersor en metros cúbicos por hora
- $Amoj$ [m²], es el área mojada por el microaspersor en metros cuadrados
- Iap [mm/h], es la intensidad de aplicación en milímetros por hora
- Ib [mm/h], es la infiltración básica del suelo en milímetros por hora
- tr [h], es el tiempo de riego en horas
- LTA [m], es la longitud total de la tubería de alimentación en metros
- N° lados, es el número de lados a regar el lateral en campo
- tc [h], es el tiempo de cambio del lateral de una posición a otra en horas
- $NPLC$, es el número de posiciones del lateral en campo
- $NPLD$, es el número de posiciones del lateral por día
- $NPLFrd$, es el número de posiciones del lateral en la frecuencia de riego
- N° Unid/día, es el número de unidades a regar por día
- Ph [%], es el porcentaje de humedecimiento
- $NLOS1$, es el número de laterales que operan simultáneamente por unidad de riego
- $NLOS$, es el número de laterales que operan simultáneamente (R. aspersión)

8.3. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO A NIVEL PARCELARIO

El trazado del sistema de riego a nivel parcelario se realizó tomando en consideración las condiciones topográficas presentes en cada una de las parcelas seleccionadas para el diseño. Debido a la uniformidad que tienen las parcelas en relación a su área, se consideró realizar el diseño del riego a nivel de parcela con seis (6) tipos para pastos y cinco (5) para cítricos. Las parcelas tipo cultivadas con pasto son SL-R-28, SL-A-4, SL-A-51(A), SL-A-114, SL-A-53(A) y SL-R-77; y las cultivadas tipo con cítricos son SL-A-31, SL-A-3, SL-R-38, SL-A-153 y SL-A-97(C).

Las parcelas cultivadas con pasto se dividieron en tres unidades, de tal manera que, se ocupe el mayor tiempo del día en la operación del riego y se emplee el menor caudal posible. Así el riego de toda la parcela se logra en la frecuencia de riego, y por tanto, requerirán de una entrega de agua diaria durante los seis días de la semana.

Las parcelas cultivadas con cítricos se dividieron en cuatro unidades de riego, lográndose regar cada una de ellas, en un día. Esta subdivisión en unidades operacionales se realizó en función del tiempo de operación, el tiempo de riego y la frecuencia de riego, lo cual permite una entrega de agua a cada parcela dos veces por semana durante las 12 horas de operación del sistema. De esta manera, mediante una entrega de agua equilibrada, no se sobrecargarán los ramales constituyentes de las redes de distribución, lográndose un diseño económico.

8.3.1. Diseño de las tuberías laterales

El diseño de los laterales depende del número de aspersores o microaspersores, de la topografía del terreno y del viento, este proceso consiste en determinar el diámetro en función de un caudal (Q), y de una pérdida de carga hidráulica máxima permisible (hf_{max}), cuyo valor limite deberá estar en concordancia con una buena distribución de las presiones y de los caudales en los emisores a lo largo de dicha tubería.

Es conveniente resaltar algunos aspectos relacionados con la selección del diámetro del lateral:

- El diseño se realizó seleccionando aquel lateral que trabaje en condiciones más desfavorables, es decir, el de mayor longitud y/o con el mayor desnivel a vencer.
- El criterio básico de selección del diámetro de las tuberías estipula que la diferencia de presión entre el primer y último aspersor no debe ser superior al 20%, de manera de lograr una diferencia en caudal no mayor al 10%

El diseño se realizó calculando las pérdidas por fricción (hf) utilizando la ecuación de Hazen-Willians, afectada por un factor de corrección por salidas múltiples (F) (Christiansen (1942), considerando un caudal constante a lo largo de la tubería. En consecuencia, la pérdida de carga en el lateral queda determinada por la ecuación:

$$hf = 1,131 \times 10^9 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852} D^{-4,872} L F \quad (8.15)$$

Donde:

- hf La pérdida de carga en m
- Q El caudal del lateral m^3/h
- C El coeficiente de fricción
- D El diámetro de la tubería en mm
- L La longitud de la tubería m
- F El factor de corrección por salidas múltiples

El caudal del lateral (Q) esta dado por la siguiente expresión:

$$Q = N^{\circ} Asp q_{asp} \quad (8.16)$$

Donde:

- Q El caudal del lateral en m^3/h
- $N^{\circ} Asp$ El número de aspersores
- q_{asp} El caudal del aspersor en m^3/h

Las pérdidas máximas permisibles (hf_{max}), están dadas por la siguiente ecuación:

$$hf_{max} = 0.20 P_o \pm \Delta Z \quad (8.17)$$

Donde:

- hf_{max} Las pérdidas máximas permisibles en m
- P_o La presión de operación del emisor en m
- ΔZ La diferencia de nivel entre el inicio y final del lateral en m

El diámetro exacto de la tubería esta dado por la siguiente expresión:

$$D_{\text{exac}} = \left\{ \frac{1,131 \times 10^9 (Q/C)^{1,852} L F}{h_{f_{\text{max}}}} \right\}^{1/4,872} \quad (8.18)$$

Donde:

D _{exac}	El diámetro exacto de la tubería en mm
h _{f_{max}}	La pérdida máxima de carga permisible en m
F	El factor de corrección por salidas múltiples
Q	El caudal del lateral en m ³ /h
C	El coeficiente de fricción
L	La longitud de la tubería en m

La carga de entrada al lateral (he), está determinada por la ecuación:

$$h_e = P_o + 3/4 h_f \pm (\Delta Z/2) + \text{alt.elev} \quad (8.19)$$

Donde:

h _e	La carga de entrada al lateral en m
P _o	La presión de operación del aspersor en m
ΔZ	La diferencia de nivel entre el inicio y el final del lateral en m
alt.elev	La altura de la tubería elevadora en m
h _f	Las pérdidas de carga en el lateral en m

La carga de operación del último aspersor o carga distal esta dada por:

$$h_d = h_e - h_f \pm \Delta Z \quad (8.20)$$

Donde:

h _d	La carga distal en m
h _e	La presión de entrada al lateral en m
h _f	La pérdidas de carga en la tubería en m
ΔZ	La diferencia de nivel entre el inicio y final del lateral en m

En las Tablas 8.14 a 8.16 se presentan los diseños de las tuberías laterales para las parcelas tipo cultivadas con cítricos y en la Tabla 8.17 para las parcelas tipo cultivadas con pasto respectivamente.

Tabla 8.14. Diseño de la tubería lateral de las parcelas tipo SL-A-31, SL-A-3, SL-R-78

Campo	75*602	266*603	124*412
Parcela	SL-A-31	SL-A-3	SL-R-78
Cultivo	CITRICO	CITRICO	CITRICO
Microaspersor	TORNADO	TORNADO	TORNADO
Boquilla	Boquilla Azul (48 l/h)	Boquilla Azul (48 l/h)	Boquilla Azul (48 l/h)
Ho [m]	25	25	25
Dc [m]	3,7	3,7	3,7
Q [m3/hr]	0,048	0,048	0,048
Ea [m]	2,41	2,41	2,41
El [m]	2,41	2,41	2,41
U2max [Km/hr]	2	2	2
El [m]	2,41	2,41	2,41
Ea [m]	6	6	6
El [m]	6	6	6
Lcampo [m]	75	77	105
Eo [m]	6	6	6
N	12	12	17
Llat [m]	72	72	102
Qlat [m3/hr]	0,576	0,576	0,816
F	0,406	0,406	0,389
C	140	140	140
&Hmax [m]	6,00	6,00	6,00
&Z [m]	0	1,00	1,00
hfp [m]	6,00	5,00	5,00
Dex [mm] (H-W)	12,37	12,37	15,04
Dex [mm] (D-W)	12,39	12,87	15,61
Dcom [mm]	16/14.0	16/14.0	20/18.0
D int (mm)	14	14	18
hf [m]	3,36	3,4	2,5
elev [m]	0,25	0,25	0,25
he [m]	32,77	33,27	32,65
hd [m]	29,41	28,91	29,12

Tabla 8.15. Diseño de la tubería lateral de la parcela tipo SL-A-153

Campo	132*172	86*137	85*87	87*133
Parcela	SL-A-153			
N° Unidad	Unidad I	Unidad II	Unidad III	Unidad IV
Cultivo	CITRICO	CITRICO	CITRICO	CITRICO
Microaspersor	TORNADO	TORNADO	TORNADO	TORNADO
Boquilla	Boquilla Azul (48 l/h)			
Ho [m]	25	25	25	25
Dc [m]	3,7	3,7	3,7	3,7
q [m3/hr]	0,048	0,048	0,048	0,048
Ea [m]	2,41	2,41	2,41	2,41
El [m]	2,41	2,41	2,41	2,41
U2max [Km/hr]	2	2	2	2
El [m]	2,41	2,41	2,41	2,41
Ea [m]	6	6	6	6
El [m]	6	6	6	6
Lcampo [m]	50	77	105	45
Eo [m]	6	6	6	6
N	8	12	17	7
Llat [m]	48	72	102	42
Qlat [m3/hr]	0,384	0,576	0,816	0,336
F	0,415	0,406	0,398	0,415
C	140	140	140	140
&Hmax [m]	6,00	6,00	6,00	6,00
&Z [m]	0	-2	1	0
hfp [m]	6,00	8,00	5,00	6,00
Dex [mm] (H-W)	9,80	12,37	15,11	9,07
Dex [mm] (D-W)	9,84	11,66	15,68	9,11
Dcom [mm]	16/14,0	16/14,0	20/17,4	16/14,0
D int (mm)	14	14	17,4	14
hf [m]	1,12	3,36	3,05	0,78
elev [m]	0,25	0,25	0,25	0,25
he [m]	31,09	31,77	33,04	30,83
hd [m]	29,97	26,07	28,99	30,06

Tabla 8.16. Diseño de la tubería lateral de la parcela tipo SL-A-97(C)

Campo	44*53	44*61	35*82	58*78
Parcela	SL-A-97 (C)			
N° Unidad	Unidad I	Unidad II	Unidad III	Unidad IV
Cultivo	CITRICO	CITRICO	CITRICO	CITRICO
Microaspersor	TORNADO	TORNADO	TORNADO	TORNADO
Boquilla	Boquilla Azul (48 l/h)			
Ho [m]	25	25	25	25
Dc [m]	3,7	3,7	3,7	3,7
q [m ³ /hr]	0,048	0,048	0,048	0,048
Ea [m]	2,41	2,41	2,41	2,41
El [m]	2,41	2,41	2,41	2,41
U _{2max} [Km/hr]	2	2	2	2
El [m]	2,41	2,41	2,41	2,41
Ea [m]	6	6	6	6
El [m]	6	6	6	6
Lcampo [m]	50	50	70	35
Eo [m]	6	6	6	6
N	8	8	11	5
Llat [m]	48	48	66	30
CLAT [m ³ /hr]	0,384	0,384	0,528	0,24
F	0,415	0,37	0,37	0,37
C	140	140	140	140
&Hmax [m]	6,00	6,00	6,00	6,00
&Z [m]	0	0	0	0
hfp [m]	6,00	6,00	6,00	6,00
Dex [mm] (H-W)	9,80	9,58	11,54	7,27
Dex [mm] (D-W)	9,84	9,61	11,55	7,32
Dcom [mm]	16/14	16/14	16/14	16/14
D int (mm)	14	14	14	14
hf [m]	1,12	1,00	2,41	0,28
elev [m]	0,25	0,25	0,25	0,25
he [m]	31,09	31,00	32,06	30,46
hd [m]	29,97	30,00	29,65	30,18

Tabla 8.17. Diseño de la tubería lateral de las parcelas tipo cultivadas con pasto.

Campo	125*596	270*602	123*259	276*355	113*152	123*412
Parcela	SL-R-28	SL-A-4	SL-A-51 (A)	SL-A-114	SL-A-53 (A)	SL-R-77
Cultivo	PASTOS	PASTOS	PASTOS	PASTOS	PASTOS	PASTOS
Aspersor	SENNINGER 7025 RD-1 EFF	SENNINGER 7025 RD-1 EFF	SENNINGER 7025 RD-1 EFF	SENNINGER 7025 RD -1 EFF	SENNINGER 7025 -1 EFF	SENNINGER 7025 -1 EFF
Boquilla	N° 24 (9.5 mm) (1.56 l/s)	N° 24 (9.5 mm) (1.56 l/s)	N° 24 (9.5 mm) (1.56 l/s)			
Ho [m]	30	30	30	30	30	30
Dc [m]	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3	45,3
q [m3/hr]	5,616	5,616	5,616	5,616	5,616	5,616
Ea [m]	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45
El [m]	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45
U2max [Km/hr]	2	2	2	2	2	2
El [m]	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45
Ea [m]	30	30	30	30	30	30
El [m]	30	30	30	30	30	30
Lcampo [m]	100	100	83	83	30	124
Eo [m]	15	15	15	15	15	15
N	3	3	3	3	1	4
Llat [m]	75	75	75	75	15	105
Qlat [m3/hr]	16,848	16,848	16,848	16,848	5,616	22,464
F	0,410	0,410	0,410	0,410	0,410	0,410
C	140	140	140	140	140	140
&Hmax [m]	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
&Z [m]	0	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00
hfp [m]	6,00	5,50	5,50	5,50	6,00	6,00
Dex [mm] (H-W)	45,12	45,12	45,12	45,12	21,36	53,93
Dex [mm] (D-W)	43,43	44,23	44,23	44,23	20,65	51,83
Dcom [mm]	50/45.2	50/45.2	50/45.2	50/45.2	32/29.2	63/58.4
D int (mm)	45,2	45,2	45,2	45,2	29,2	58,4
Hf [m]	4,96	4,96	4,96	4,96	1,16	3,40
elev [m]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
hc [m]	34,22	34,47	34,22	34,22	31,37	33,05
Hd [m]	29,26	29,01	28,76	28,76	30,21	29,65

Los términos empleados en las Tablas 8.14 a 8.17 significan lo siguiente:

- Ho [m], es la presión de operación del emisor en metros de columna de agua
- Dc [m], es el diámetro de cobertura en metros
- q [m³/h], es el caudal del emisor en metros cúbicos por hora
- Ea [m], es el espaciamiento entre emisores en metros
- El [m], es el espaciamiento entre laterales en metros
- U2max [Km/h], es la velocidad del viento en kilómetros por hora
- Lcampo [m], longitud en campo en metros
- Eo [m], distancia desde la alimentación del lateral al primer emisor en metros
- N, número de emisores por lateral
- Llat [m], longitud del lateral en metros
- Qlat [m³/h], caudal del lateral en metros cúbicos por hora
- F, es el factor de salidas múltiples
- C, coeficiente de fricción
- &Hmax [m], máxima variación de carga permisible
- &Z [m], diferencia de nivel en metros
- hfp [m], pérdidas máximas permisibles en metros
- Dex [mm] (H-W), diámetro exacto por Hazen-Willians en milímetros
- Dex [mm] (D-W), diámetro exacto por Darcy-weisbach en milímetros
- Dcom [mm], diámetro comercial en milímetros
- D int (mm), diámetro interno en milímetros
- hf [m], pérdidas por fricción en metros
- elev [m], altura del elevador en metros
- he [m], carga de entrada al lateral en metros
- hd [m], carga distal en metros

8.3.2. Diseño de la tubería secundaria, terciaria y principales

Para el cálculo de las tuberías secundarias, terciarias y principales del sistema de riego a nivel de parcela, se calculó la pérdida de carga por fricción mediante la ecuación de Darcy-Weisbach expresada por:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} 10^3 \quad (8.21)$$

Donde:

Hf	La pérdida de carga por fricción en m
f	El factor de fricción
L	La longitud de la tubería en m

- D El diámetro de la tubería en mm
- V La velocidad de flujo en la tubería en m/s
- g La aceleración de la gravedad en m/s²

La ecuación de Blasius, para tuberías lisas, expresada en forma monomía es:

$$f = \frac{0,32}{R^{0,25}} \quad (8.22)$$

Ecuación válida para $R \leq 10^5$

$$R = \frac{VD}{\nu} = \frac{4}{\pi \nu} \frac{Q}{D} \quad (8.23)$$

Donde:

- R El número de Reynolds
- ν La viscosidad cinemática en m²/s

Para agua a 20 °C; $\nu = 1,004 \times 10^{-6}$ m²/s

$$R = 1,26 \times 10^6 \frac{Q}{D} \quad (8.24)$$

Reemplazando las ecuaciones anteriores se tiene:

$$Hf = 7,89 \times 10^5 L \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (8.25)$$

En la Tabla 8.18 se presentan los diseños de las tuberías principales y secundarias para las parcelas tipo cultivadas con cítricos y en la Tabla 8.19 para las parcelas tipo cultivadas con pasto respectivamente.

En el Anexo XIV, se presentan los trazados y diseño de tubería principal, secundaria y terciarias de cada una de las parcelas tipo seleccionadas, a escala adecuada.

Tabla 8.18. Diseño de la tubería principal y secundaria de las parcelas tipo cultivadas con cítricos

TUBERIA SECUNDARIA	SL-A-31			SL-A-3			SL-R-78		
	Longitud (m)	125,00			133,00			125	
Caudal (m ³ /h)	11,52			12,10			16,32		
F	0,389			0,376			0,389		
C	140			140			140		
Dex (mm)	45,14			46,25			53,72		
Dcom [mm]	50/45.2			50/45.3			63/57.0		
D int (mm)	45,2			45,2			57,0		
SDR	21			21			21		
Pérdida Carga (m)	4,65			5,24			2,86		
&Z [m]	3,50			5,00			2,50		
Carga Ent.(m)	40,92			43,50			38,02		
Velocidad (m/s)	1,99			2,09			1,78		
TUBERIA PRINCIPAL									
Longitud (m)	528			669			311		
Caudal (m ³ /h)	23,04			48,38			16,32		
Diámetro ex (mm)	73,71			106,81			62,03		
Dcom [mm]	90/83.0			125/117.4			75/69.2		
D int [mm]	81,4			113,00			69,2		
SDR	21			21			26		
Pérdida Carga (m)	10,39			10,51			7,12		
&Z [m]	1,00			3,00			0,5		
Carga Ent. Parcela(m)	52,3			57,0			45,6		
Velocidad (m/s)	1,23			1,34			1,21		
TUBERIA SECUNDARIA									
	SL-A-153								
	Unidad I	Unidad I	Unidad I	Unidad I					
Longitud (m)	172,00	133,00	90	130					
Caudal (m ³ /h)	8,45	9,79	11,42	7,39					
F	0,415	0,406	0,389	0,415					
C	140	140	140	140					
Dex (mm)	38,65	41,61	44,95	36,16					
Dcom [mm]	50/46.4	50/46.5	50/46.6	40/37.2					
D int (mm)	46,4	46,4	46,4	37,2					
SDR	33	33	33	33					
Pérdida Carga (m)	3,38	3,37	2,90	5,86					
&Z [m]	-3,00	-4,00	-3,00	-4,00					
Carga Ent.(m)	31,48	31,13	32,94	32,70					
Velocidad (m/s)	1,39	1,61	1,88	1,89					

Tabla 8.18. Continuación

TUBERIA PRINCIPAL				
Longitud (m)	269			
Caudal (m ³ /h)	11,42			
Diámetro ex (mm)	51,90			
Dcom [mm]	63/57.0			
D int [mm]	57,0			
SDR	33			
Pérdida Carga (m)	8,19			
&Z [m]	-7,5			
Carga Ent. Parcela(m)	33,4			
Velocidad (m/s)	1,24			
TUBERIA TERCIARIA	SL-A-97 (C)			
	Unidad I	Unidad I	Unidad I	Unidad I
Longitud (m)	52,00	57,00	47	63
Caudal (m ³ /h)	3,46	3,84	3,17	3,12
F	0,415	0,415	0,415	0,469
C	140	140	140	140
Dex (mm)	24,72	26,06	23,67	23,49
Dcom [mm]	32/29.2	32/29.2	32/29.2	32/29.2
D int (mm)	29,2	29,2	29,2	29,2
SDR	33	33	33	33
Pérdida Carga (m)	1,87	2,49	1,44	2,11
&Z [m]	-0,50	-0,50	0	0
Carga Ent.(m)	32,46	32,99	33,49	32,57
Velocidad (m/s)	1,43	1,59	1,31	1,29
TUBERIA SECUNDARIA		TUBERIA PRINCIPAL		
Longitud (m)	52	Longitud (m)	50	
Caudal (m ³ /h)	3,84	Caudal (m ³ /h)	3,84	
Diámetro ex (mm)	30,09	Diámetro ex (mm)	30,09	
Dcom [mm]	32/29.2	Dcom [mm]	32/29.2	
D int [mm]	29,2	D int [mm]	29,2	
SDR	33	SDR	33	
Pérdida Carga (m)	5,47	Pérdida Carga (m)	5,26	
&Z [m]	0	&Z [m]	0	
Carga Ent.(m)	39,0	Carga Ent. Parcela (m)	44,2	
Velocidad (m/s)	1,59	Velocidad (m/s)	1,59	

Tabla 8.19. Diseño de la tubería principal y secundaria de las parcelas tipo cultivadas con pasto

TUBERIA SECUNDARIA	SL-R-28	SL-A-4	SL-A-51 (A)	SL-A-114	SL-A-53 (A)	SL-R-77
Longitud (m)	105	255	105	255	210	210
Caudal (m³/h)	33,696	84,24	16,85	50,54	5,62	22,46
Dex (mm)	77,19	122,05	54,58	94,54	36,39	72,78
Dcom [mm]	90/84.4	160/150.2	63/58.4	110/103.2	40/37.2	75/70.4
D int (mm)	84,4	150,2	58,4	103,2	37,2	70,4
SDR	33	33	33	33	33	33
Pérdida Carga (m)	3,50	2,80	5,83	6,76	13,72	7,99
&Z [m]	2,50	7,00	-2,00	-3,50	-2,50	-2,50
Carga Ent.(m)	40,22	44,27	38,05	37,48	42,59	38,54
Velocidad (m/s)	1,67	1,32	1,75	1,68	1,44	1,60
TUBERIA PRINCIPAL						
Longitud (m)	500	505	177	256	93	252
Caudal (m³/h)	33,70	84,24	16,85	50,54	5,62	22,46
Diámetro ex (mm)	89,13	140,93	63,03	109,17	36,39	72,78
Dcom [mm]	110/99.4	160/144.6	75/69.2	110/103.2	40/37.2	90/83.0
D int [mm]	99,4	144,60	69,2	103,2	37,2	83,0
SDR	21	21	26	21	21	26
Pérdida Carga (m)	7,51	6,67	4,30	6,79	6,08	4,30
&Z [m]	1,00	1,00	0,5	-1,5	0	0
Carga Ent. Parcela(m)	48,73	51,93	42,9	42,8	48,7	42,8
Velocidad (m/s)	1,21	1,42	1,24	1,68	1,44	1,15

La Tabla 8.20 presenta el resultado del diseño de la tubería de abastecimiento de las parcelas tipo seleccionada, con cultivos de pasto y cítrico.

Tabla 8.20. Diseño de la tubería de abastecimiento, parcelas tipo seleccionadas.

Nº Parcela	Tipo	Diámetro (mm)	Cultivo	Área Cult.(ha)
SL-R-28	P4	110	Pasto	6,86
SL-A-4	P6	160	Pasto	15,04
SL-A-51 (A)	P2	75	Pasto	2,68
SL-A-114	P5	110	Pasto	9,25
SL-A-53 (A)	P1	40	Pasto	1,36
SL-R-77	P3	90	Pasto	4,69
SL-A-31	C4	90	Cítricos	7,05
SL-A-3	C5	125	Cítricos	15,18
SL-R-78	C3	75	Cítricos	4,74
SL-A-153	C2	63	Cítricos	2,51
SL-A-97(C)	C1	32	Cítricos	1,00

8.3.3. Componentes del sistema de riego

Los principales componentes del sistema de riego, a nivel de parcela, para cítricos y pasto son:

- Cabezal principal de control y sistema de filtrado.
- Tubería principal de PEAD.
- Tubería secundaria de PEAD.
- Tubería terciaria de PEAD.
- Tubería lateral de PEAD.
- Aspersores y microaspersores

En la Figura 8.5 se presenta un esquema de los componentes del cabezal de riego, constituido por las ventosas, válvula de mariposa, hidrómetro regulador de presión, sistema de filtrado y el equipo de inyección de fertilizantes.

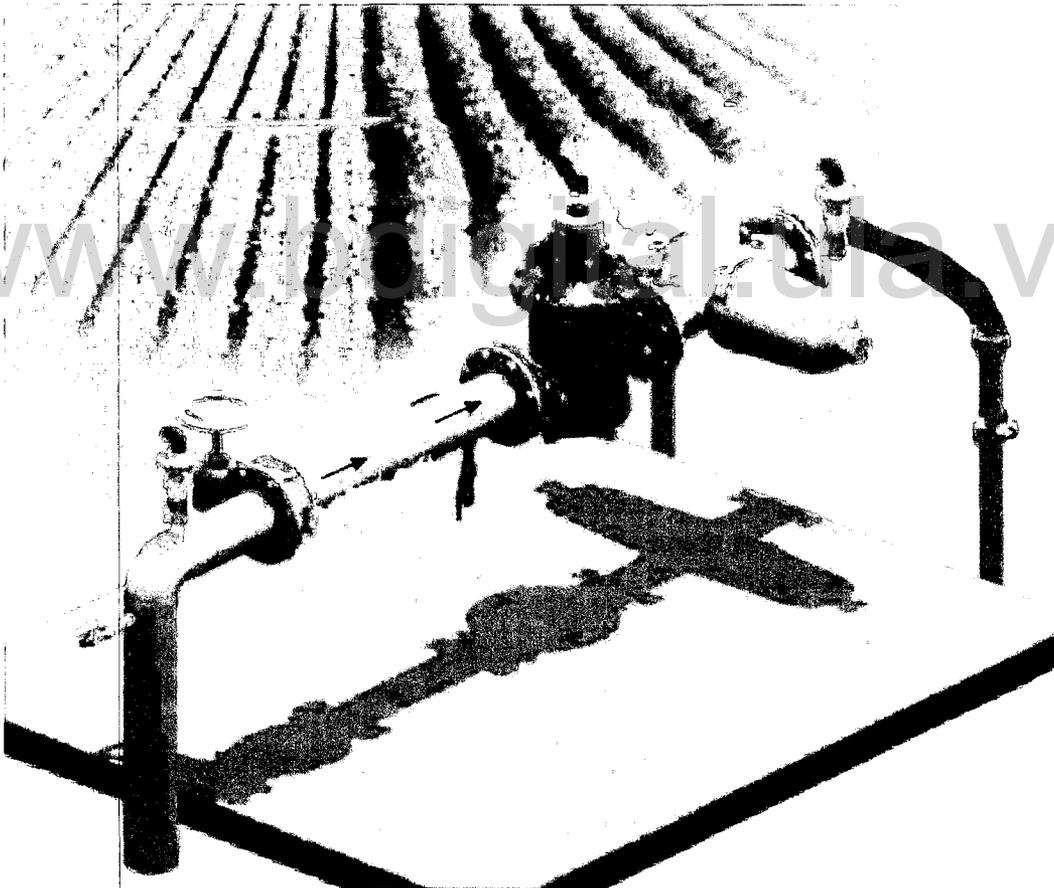


Figura 8.5. Cabezal de riego con sus componentes

8.3.4 Diseño de las tomas de abastecimiento a parcela

Las dotaciones asignadas a cada una de las tomas y la elección de los elementos que conforman, se ha realizado, de tal manera que garanticen en todo momento el caudal y la presión dentro de los intervalos para los cuales han sido proyectadas.

La ubicación de las tomas de cada parcela, se muestra en los mapas de trazado en planta del sistema de riego.

- ***Selección de las tomas***

Una vez determinada la dotación o caudal de las tomas de cada una de las parcelas, se han elegido los componentes que configurarán las mismas. El elemento encargado de las funciones de maniobra será una válvula de mariposa por la facilidad de maniobra y fiabilidad.

La conexión con la red de distribución se realizará con una válvula de mariposa, que permitan su aislamiento manual de la red y el desmontaje de la toma sin necesidad de parar la instalación, en caso de avería de alguno de sus componentes. A continuación de esta válvula, estará colocado el sistema de inyección de fertilizantes, el cual se considera será del tipo venturi, un hidrómetro regulador de presión; y además se colocará un filtro de anillas de dimensiones acordes con la toma, esto con el fin de prevenir el paso de elementos gruesos introducidos en la tubería por avería u otra causa diversa, que terminarían dañando los demás componentes especialmente el contador. Todas las tomas llevarán dos ventosas de $\frac{3}{4}$ " a la entrada y salida de los cabezales; la descripción de ellas se hace en el capítulo Diseño de la Red de Distribución.

- ***Funcionamiento general y composición de la toma***

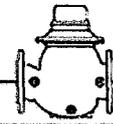
Control del consumo y presión. El control de los consumos, tanto puntuales como acumulados de cada toma, podrá ser detectado. En todas las tomas se colocará una Válvula Hidrómetro Reductor de Presión marca BERMAD 920, con el fin de controlar el consumo de forma individualizada a cada agricultor.

El modelo 920 reduce la presión de aguas arriba a una presión preestablecida aguas abajo, independiente de los cambios que puedan originarse en el caudal o en la presión de aguas arriba.

La reducción de presión en las tomas se realizará colocando un piloto reductor de presión, adaptable a la válvula hidráulica de 1,5".

En la Figura 8.6 se presenta las características técnicas de la válvula 920 BERMAD.

BERMAD Irrigation



IR 920-MO-R

For full technical details, refer to Engineering Section.

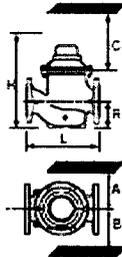
900 Series

Pressure Reducing

Technical Specifications

Dimensions and Weights

Size	DN Inch	80 3	100 4	150 6	200 8	250 10
L	mm	300	350	500	600	600
	Inch	11.8	13.8	19.7	23.6	23.6
H	mm	252	247	202	177	177
	Inch	10	9.7	8.0	7.0	7.0
C	mm	240	240	240	240	240
	Inch	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
R	mm	123	137	215	228	225
	Inch	4.8	5.4	8.5	9	8.9
A, B	mm	305	325	390	390	415
	Inch	12	12.8	15.4	15.4	16.3
Weight	Kg	29	31	71	93	141
	Lb	63.7	68.3	155.5	205	310.0



Details for Globe Flanged FN 16 Hydrometer.
For test data, refer to Engineering Section.

Accuracy & Flow Data (ISO 4064-I, Class B)

Size	Accuracy	DN Inch	80 3	100 4	150 6	200 & 250 8 & 10
Q min (Minimum flow)	5%	m ³	1.2	1.8	4	5.3
Qn ISO 4064-1 (Nominal flow)	2%	gpm	90	50	150	250
Qper=Q8 (Permanent flow)	2%	m ³	100	150	250	400
		gpm	440	704	1100	1750

Pulse Option

Size	One pulse per	Liter : Gallon			m ³ : Gallon		
		1; 0.1	10; 1	100; 10	1; 100	10; 1000	
3-4" DN80-100		•	•	•	•		
6-10" DN150-250		•	•	•	•	•	•

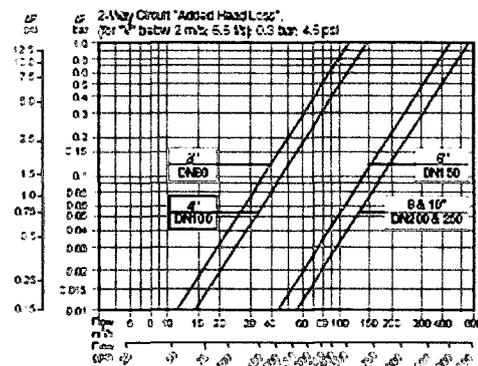
* R.S. = Reed-Switch * O.E. = Opto-Electric
Two partial pulses are transmitted; other pulse rates are available on request.

Technical Data

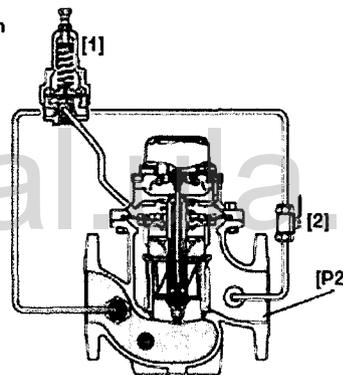
Patterns and Sizes:
Globe: 3-10"; DN50-250
Angle 90°: 3-6"; DN50-200
Angle 120°: 4"; DN100
End Connections:
Ranged: 3-10"; DN50-250
Pressure Rating: 10 bar, 232 psi
Minimum Operating Pressure:
0.5 bar, 7 psi
For lower pressure requirements,
consult factory
Balling Range: 1-10 bar; 15-145 psi
Setting ranges vary according to specific jet
spring. Please consult factory

Materials:
Body and Cover:
Polyester Coated Cast or Ductile Iron
Internal:
St. St. & Glass Fiber Reinforced Nylon
Impeller: Polypropylene
Elastomer: Reinforced NR Diaphragm
& NBR (Buna-N) Seals
Pivot and Bearings: Tungsten Carbide
Control Accessories: Brass
Tubing and Fittings:
Reinforced Plastic and Brass

Flow Chart



Operation



The Hydrometer continuously transmits flow data to the irrigation controller. The Pressure Reducing Pilot [1] commands the Hydrometer to throttle closed when Downstream Pressure [P2] rises above pilot setting, and to modulate open when it drops below pilot setting. The downstream Cock Valve [2] enables manual closing.

How to Order

Please specify the requested valve in the following sequence: (for more options, refer to Ordering Guide.)

Sector	Size	Primary Feature	Control Category	Additional Feature	Pattern Construction Material	End Connections	Coating	Voltage & Position	Tubing & Fittings	Dist Capacity	Pulse Rate	Additional Attributes	
IR	3-10"	920	MO	OO	G	I	16	PG	-	PB	WAT	R23	R

Figura 8.6. Características técnicas de la válvula 920 BERMAD

- **Presión garantizada en toma**

La presión o carga mínima a garantizar en todas la toma, de acuerdo con las características de la zona proyectada, del tamaño medio de parcela y/o unidad de riego, además de los parámetros intrínsecos al sistema de riego, será de 59 m de acuerdo al siguiente cálculo:

Presión necesaria en la toma:

- Presión mínima requerida a la entrada de la parcela: 46 m (Presión promedio calculada)
- Pérdida de carga en filtros: 3 m
- Pérdida de carga en ventura: 10 m

Esta presión se considera suficiente para regar con un sistema de riego por aspersión o microaspersión. No obstante, es recomendable un diseño racional del sistema de riego en parcela, de forma que cumpla los requerimientos de diferencia de presión permitidos en la subunidad, a fin de no incurrir en una desuniformidad de distribución de agua excesiva. Además, la red permite normalmente incrementar esa presión en toma sin ninguna modificación de las infraestructuras, con tan sólo variar la presión de trabajo de los dispositivos de regulación. Las presiones o cargas en exceso de 59 m, serán reguladas por la válvula reductora de presión colocada en el cabezal de riego.

En la Tabla 8.21 se presentan las cargas de entrada a cada una de las parcelas tipo seleccionadas.

Tabla 8.21. Carga de entrada a las parcelas tipo seleccionadas para diseño

Nº Parcela	Tipo	Carga (mm)	Cultivo
SL-R-28	P4	48,73	Pasto
SL-A-4	P6	51,93	Pasto
SL-A-51 (A)	P2	42,85	Pasto
SL-A-114	P5	42,77	Pasto
SL-A-53 (A)	P1	48,66	Pasto
SL-R-77	P3	42,84	Pasto
SL-A-31	C4	52,31	Cítrico
SL-A-3	C5	57,02	Cítrico
SL-R-78	C3	45,64	Cítrico
SL-A-153	C2	33,38	Cítrico
SL-A-97(C)	C1	38,96	Cítrico

En las Tablas 8.22 a 8.26 se muestran las cargas de entrada, caudales requeridos, diámetros de la tubería de abastecimiento y tipo de parcela por sector de riego, como resultado de los valores adoptados en función de las parcelas tipo diseñadas, en correspondencia con sus tamaños y las condiciones topográficas particulares de cada una de ellas.

Tabla 8.22. Carga de entrada, caudal requerido y tipo de parcelas del Sector I

Nº Parcela	Tipo	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Carga (m)	Caudal (m ³ /h)	Diám.(mm)
SL-A-3	C5	Cítrico	14,624	57,02	52,27	125
SL-A-4	P6	Pasto	15,042	51,93	69,50	160
SL-A-5	P6	Pasto	14,880	51,93	68,75	160
SL-A-6	P6	Pasto	15,068	51,93	69,62	160
SL-A-7	P6	Pasto	14,534	51,93	67,15	160
SL-A-8	C5	Cítrico y Pasto	13,641	51,93	61,23	110
SL-A-9	C4	Cítrico	6,525	52,31	23,32	90
SL-A-10	P4	Pasto	6,318	48,73	29,19	90
SL-A-11	C4	Cítrico	6,254	52,31	22,35	75
SL-A-12	C4	Cítrico	6,187	52,31	22,11	75
SL-R-31	C4	Cítrico	6,529	52,31	23,33	75
SL-R-32	P4	Cítrico y Pasto	6,504	48,73	26,70	110
SL-R-33	P4	Cítrico y Pasto	6,607	48,73	24,54	110
SL-R-34	C4	Cítrico	6,296	52,31	22,50	90
SL-R-35	C4	Cítrico	6,463	52,31	23,10	90
SL-R-36	C4	Cítrico	6,424	52,31	22,96	90
SL-R-37	C4	Cítrico	6,292	52,31	22,49	90
SL-R-38	C4	Cítrico	6,679	52,31	23,87	90
SL-R-39/40	P6	Pasto	11,167	42,77	51,59	125
SL-R-41/42/43 (A)	P6	Pasto	14,685	51,93	67,85	125
SL-R-75	P4	Pasto	6,479	48,73	29,93	110
SL-R-76	C4	Cítrico	6,102	52,31	21,81	90
SL-R-77	P3	Pasto	4,550	42,84	21,02	90
SL-R-78	C3	Cítrico	4,195	45,64	14,99	90
SL-R-79/80	P5	Pasto	10,248	42,77	47,35	110
SL-A-113 (A)	C2	Cítrico y Cacao	2,652	33,38	9,72	63
SL-A-113 (B)	C3	Cítrico y Cacao	3,566	45,64	13,80	63
SL-A-114	P5	Cítrico y Pasto	8,915	42,77	41,02	110
SL-A-137	C3	Cítrico y Guanábana	4,711	45,64	16,91	63
SL-A-138	P2	Cítrico, Guanábana, tomate y pimentón	1,813	44,21	7,89	50
SL-A-139 (A)	C1	Cítrico	1,363	44,21	4,87	40
SL-A-139 (B)	C3	Cítrico	5,182	45,64	18,52	75
SL-A-140	P4	Cítrico y Pasto	6,576	48,73	29,45	110
SL-A-141	P4	Cítrico y Pasto	6,554	48,73	27,89	110
SL-A-142	C4	Cítrico	6,665	52,31	23,82	90
SL-A-143	P4	Cítrico y Pasto	7,077	48,73	26,93	110
Máximo H.	C2	Cítrico	1,500	44,21	5,36	50
SL-A-144 (A)	C2	Cítrico y Cacao	1,711	44,21	7,13	50
SL-A-144 (B)	P3	Cítrico y Tomate	3,363	45,64	15,97	90
SL-A-144 (C)	C2	Cítrico	2,063	45,64	7,37	50
SL-A-145	C4	Cítrico	6,566	52,31	23,47	90
SL-A-146	P3	Pasto	3,757	42,85	17,36	90
SL-A-147	C4	Cítrico	5,552	45,64	19,84	90
SL-A-149	P3	Cítrico y Pasto	3,929	42,85	16,72	75
SL-A-150	C3	Cítrico	3,040	42,85	10,86	75
SL-A-151	C3	Cítrico	3,635	42,85	12,99	90
SL-A-152	C3	Cítrico	3,862	42,85	13,80	90
SL-A-153	C2	Cítrico	2,644	33,38	9,45	63
SL-A-154	P3	Cítrico y Pasto	3,131	42,85	13,89	90
SL-A-155	P2	Cítrico y Pasto	2,671	42,85	9,78	75
SL-A-156	C3	Cítrico	4,097	45,64	14,64	90
SL-A-157/158	C2	Cítrico	2,240	33,38	8,01	63
SL-A-159	C1	Cítrico	0,510	33,38	1,82	32
SL-A-160	P2	Pasto	1,871	42,85	8,65	63
SL-A-161	P3	Cítrico y Pasto	4,298	45,64	19,32	90
SL-A-162	C2	Cítrico	2,999	42,85	10,72	63
SL-A-163	P2	Pasto	2,087	42,85	9,64	63
SL-A-164	P3	Cítrico y Pasto	3,967	42,84	16,30	90

Tabla 8.23. Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector II

Nº Parcela	Tipo	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Carga (m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)
SL-A-1	C5	Cítrico	13,273	57,02	47,44	110
SL-A-2	P6	Cítrico y Pasto	14,592	51,93	64,67	160
SL-R-27(A)	C2	Cítrico	2,626	44,21	9,38	63
SL-R-27(B)	C1	Cítrico	1,024	44,21	3,66	32
SL-R-27(C)	C2	Cítrico	2,485	44,21	8,88	63
SL-R-28	P4	Cítrico y Pasto	6,678	48,73	30,69	110
SL-R-29	C4	Cítrico	6,915	52,31	24,72	90
SL-R-30	C4	Cítrico	6,050	52,31	21,62	90
SL-R-72	C3	Cítrico	3,899	45,64	13,94	75
SL-R-73	C4	Cítrico	5,456	52,31	19,50	90
SL-R-74	P4	Cítrico y Pasto	5,796	48,73	22,04	110

Tabla 8.24. Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector III

Nº Parcela	Tipo	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Carga (m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)
SL-R-81 (A)	C3	Parchita	3,458	45,64	15,98	75
SL-R-81 (B)	C2	Cítrico	1,926	44,21	6,88	50
SL-R-81 (C)	C1	Cítrico	0,752	44,21	2,69	32
SL-R-82 (B)	C2	Cítrico	1,759	44,21	6,29	50
SL-A-115	C1	Cítrico	0,947	44,21	3,38	40
SL-A-116 (A)	C1	Cítrico	1,346	44,21	4,81	40
SL-A-116 (B)	C2	Cítrico	2,277	45,64	8,14	63
SL-A-117 (A)	C1	Cítrico	1,138	44,21	4,07	40
SL-A-117 (B)	C1	Cítrico	1,552	44,21	5,55	50
SL-A-118	C1	Cítrico	1,175	44,21	4,20	40
SL-A-119	C1	Cítrico	1,357	44,21	4,85	40

Tabla 8.25. Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector IV

Nº Parcela	Tipo	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Carga (m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)
SL-A-13 (A)	C3	Cítrico	4,586	45,64	16,39	63
SL-A-13 (B)	C2	Cítrico	1,478	44,21	5,28	50
SL-A-14	C4	Cítrico y Aguacate	6,335	52,31	22,92	90
SL-A-15	C4	Cítrico, Guanábana y pasto	6,359	52,31	23,63	90
SL-A-16	C4	Cítrico, Guanábana y pasto	6,185	52,31	23,83	90
SL-A-17	P4	Pasto y Cítrico	6,693	48,73	29,94	110
SL-A-18/19	P6	Pasto	20,669	51,93	95,50	160
SL-A-20	P4	Pasto	15,828	51,93	73,13	160
Suc.Roa	C1	Cítrico	1,065	44,21	3,81	32
SL-A-21	C5	Cítrico y Pasto	12,952	57,02	49,33	110
SL-A-22	C5	Cítrico y Pasto	13,976	57,02	57,28	110
SL-A-23	P4	Pasto	15,087	51,93	69,71	160
SL-R-41/42/43 (B)	C2	Cítrico y Aguacate	1,533	44,21	5,67	50
SL-R-44	C3	Cítrico	3,793	45,64	13,56	75
SL-R-45	P3	Pasto	4,357	42,84	20,13	90
SL-R-46	P3	Pasto	4,302	42,84	19,88	90
SL-R-47	P3	Pasto	4,106	42,84	18,97	90
SL-A-48 (A)	P2	Pasto	1,594	48,66	7,37	50
SL-A-48 (B)	P2	Pasto	1,760	48,66	8,13	50
SL-A-49 (A)	P2	Pasto y Cítrico	2,267	42,85	9,58	63
SL-A-49 (B)	P2	Pasto	1,779	48,66	8,22	50
SL-A-50 (A)	P3	Pasto	2,961	42,85	13,68	75
SL-A-50 (B)	P2	Pasto	1,549	48,66	7,16	50

Tabla 8.25. Continuación

N° Parcela	Tipo	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Carga (m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)
SL-A-51 (A)	P2	Pasto	2,681	42,85	12,39	75
SL-A-51 (B)	P1	Pasto	0,735	42,85	3,39	32
SL-A-52 (A)	C2	Cítrico	1,771	44,21	6,33	50
SL-A-52 (B)	C1	Cítrico	0,774	44,21	2,77	32
SL-A-53 (B)	C1	Cítrico	0,742	44,21	2,65	32
SL-A-53 (C)	C1	Cítrico	0,745	44,21	2,66	32
SL-A-54 (B)	C1	Cítrico	0,684	44,21	2,44	32
SL-A-54 (C)	C1	Cítrico	0,753	44,21	2,69	32
SL-A-55 (B)	C1	Cítrico	0,383	44,21	1,37	32
SL-A-55 (C)	C1	Cítrico	0,387	44,21	1,38	32
SL-A-56 (B)	C1	Cítrico	0,448	44,21	1,60	32
SL-R-82 (A)	C3	Cítrico	3,448	45,64	12,32	75
SL-R-84	C3	Cítrico	4,217	45,64	15,07	75
SL-R-85	C3	Cítrico	4,282	45,64	15,30	90
SL-R-86	C3	Cítrico	3,346	45,64	11,96	75
SL-R-87	C3	Cítrico	4,054	45,64	14,49	75
SL-R-88	C3	Cítrico	4,350	45,64	15,55	90
SL-R-89/90 (A)	C4	Cítrico	5,847	45,64	20,90	90
SL-R-89/90 (B)	C3	Cítrico	3,439	45,64	12,29	63
SL-R-90 (A)	C1	Cítrico	0,599	44,21	2,14	32
SL-R-91 (A)	C2	Cítrico	2,554	45,64	9,13	63
SL-R-91 (B)	C3	Cítrico	4,092	45,64	14,62	63
SL-R-91 (C)	C1	Cítrico	0,564	44,21	2,02	32
SL-R-92 (A)	C1	Cítrico	0,570	44,21	2,04	32
SL-A-92 (B)	C1	Cítrico	1,384	44,21	4,95	50
SL-A-93 (A)	C2	Cítrico	1,797	44,21	6,42	50
SL-A-93 (B)	C1	Cítrico	1,027	44,21	3,67	40
SL-A-93 (C)	C1	Cítrico	0,891	44,21	3,18	32
SL-A-93 (D)	C1	Cítrico	0,486	44,21	1,74	32
SL-A-94 (C)	C1	Cítrico	0,890	44,21	3,18	32
SL-A-94/95 (A)	C3	Cítrico	3,565	45,64	12,74	75
SL-A-94/95 (B)	C2	Cítrico	2,450	45,64	8,76	63
SL-A-95 (C)	C1	Cítrico	1,021	44,21	3,65	40
SL-A-96 (A)	C1	Cítrico	0,587	44,21	2,10	32
SL-A-96 (B)	C1	Cítrico	0,685	44,21	2,45	32
SL-A-96 (C)	C1	Cítrico	1,005	44,21	3,59	40
SL-A-97 (A)	C1	Cítrico	0,570	44,21	2,04	32
SL-A-97 (B)	P1	Pasto	0,753	42,85	3,48	32
SL-A-97 (C)	C1	Cítrico	1,000	44,21	3,57	32
SL-A-98 (A)	P1	Pasto	0,536	42,85	2,48	32
SL-A-98 (B)	C1	Cítrico	0,346	44,21	1,23	32
SL-A-99 (A)	C1	Cítrico	0,212	44,21	0,76	32
SL-A-99 (B)	P1	Pasto	0,355	42,85	1,64	32
SL-A-104	C1	Cítrico	0,748	44,21	2,67	32
SL-A-125	C1	Cítrico	1,355	44,21	4,84	50
SL-A-126	C1	Cítrico	1,406	44,21	5,02	50
SL-A-127	C2	Cítrico	1,931	44,21	6,90	50
SL-A-128	C2	Cítrico	2,156	45,64	7,71	63
SL-A-129	C2	Cítrico	1,983	44,21	7,09	50
SL-A-130	C1	Cítrico	0,712	44,21	2,54	32
SL-A-131	C1	Cítrico	0,302	42,85	1,08	32

Tabla 8.26. Carga de entrada, caudales requeridos y tipo de parcelas del Sector V

Nº Parcela	Tipo	Cultivo	Área Cultivada (ha)	Carga (m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)
SL-A-24	P6	Pasto	22,883	51,93	105,73	160
SL-A-53 (A)	P1	Pasto	1,363	48,66	6,30	40
SL-A-54 (A)	P2	Pasto	2,034	48,66	9,40	63
SL-A-55 (A)	C2	Cítrico	2,550	45,64	9,11	63
SL-A-56 (A)	C2	Cítrico	2,751	45,64	9,83	63
SL-A-57 (A)	C1	Cacao	0,767	44,21	3,85	32
SL-A-57 (B)	P1	Pasto	0,871	42,85	4,02	32
SL-A-57 (C)	P1	Pasto	1,303	48,66	6,02	50
SL-A-58 (A)	P2	Pasto y Guanábana	2,384	48,66	10,98	75
SL-A-58 (B)	P1	Pasto	1,433	48,66	6,62	50
SL-A-59 (A)	C2	Guanábana	2,101	48,66	8,48	63
SL-A-59 (B)	C2	Guanábana	2,409	48,66	9,72	63
SL-A-60 (A)	C2	Cítrico	1,979	44,21	7,07	50
SL-A-60 (B)	P2	Pasto	2,830	48,66	13,08	75
SL-A-61 (A)	P2	Pasto	1,716	48,66	7,93	50
SL-A-61 (B)	P1	Pasto	0,946	42,85	4,37	32
SL-A-61 (C)	P3	Pasto	3,371	48,66	15,57	90
SL-A-62 (A)	P2	Pasto	1,951	48,66	9,02	63
SL-A-62 (B)	P1	Pasto	1,322	48,66	6,11	40
SL-A-62 (C)	P2	Pasto	2,082	48,66	9,62	63
SL-A-63 (A)	C2	Cítrico	2,593	45,64	9,27	63
SL-A-63 (B)	C1	Cítrico	1,272	44,21	4,54	40
SL-A-63 (C)	C1	Cítrico	0,900	44,21	3,21	32
SL-A-64 (A)	C3	Cítrico	3,330	45,64	11,90	75
SL-A-64 (B)	C1	Cítrico	0,518	44,21	1,85	32
SL-A-65 (A)	C2	Cítrico	1,766	44,21	6,31	50
SL-A-65 (B)	C2	Cítrico	2,085	45,64	7,45	63
SL-A-66 (A)	C1	Cítrico	1,439	44,21	5,14	50
SL-A-66 (B)	C2	Cítrico	2,550	45,64	9,11	63
SL-A-67 (A)	C1	Cítrico	0,694	44,21	2,48	32
SL-A-67 (B)	P3	Pasto	3,528	48,66	16,30	63
SL-A-68	P1	Pasto y Cítrico	0,935	42,85	3,90	32
SL-A-107 (A)	C1	Cítrico	0,316	44,21	1,13	32
SL-A-107 (B)	C2	Cítrico	2,046	45,64	7,31	63
SL-A-108 (A)	C1	Cítrico	1,317	44,21	4,71	40
SL-A-108 (B)	C2	Cítrico	2,240	45,64	8,00	63

CAPÍTULO 9

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

Una de las actividades fundamentales de un sistema de riego es la distribución de agua a cada parcela con el propósito de satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, tanto en cantidad y oportunidad, de acuerdo con las disponibilidades.

La distribución de agua a las parcelas, involucra directamente el funcionamiento de la red del sistema, así como su dimensionamiento, la organización de todas las actividades que de ello se derive y el manejo del personal responsable de la entrega de agua.

En el caso del Sistema del Asentamiento Campesino Santa Lucía, se ha considerado el método de entrega por rotación o turnos de riego atendiendo a la solicitud formulada por técnicos de IMDERURAL.

El riego por turnos es la forma específica de las redes de riego colectivas formadas, en este caso, por tuberías. Con el turno de riego de módulo variable, condición del sistema tratado, el módulo no es uniforme en toda la red, sino específico de cada tubería ramal o secundaria. Éste se calculó de forma que se obtiene un funcionamiento continuo del elemento ramal a lo largo del turno de agua, considerando el total de superficies dominadas.

El problema del “supervisor” del turno de riego debe examinarse con cuidado. En el caso de riego por superficie, un regante difícilmente puede derivar un caudal módulo fuera de sus horas de riego que tiene asignadas; esto es debido a que el caudal en la cabecera del terciario es ajustado por el “tomero” al módulo de riego, y toda derivación alterada es inmediatamente detectada en las cercanías de la disminución registrada.

En el caso de conducciones a presión, como es este caso, la situación es diferente; en las zonas bajas de la red, un parcelero puede emplear su toma fuera de las horas que tiene asignadas, sin que se vean afectados los parceleros vecinos, dado que priva de suministro de agua a un parcelero más lejano, de las zonas altas, que debería estar normalmente servido de agua. De manera, que al no se preveer una organización adaptada a la red, el “tomero” tendrá un trabajo muy supeditado a los usuarios; por lo tanto, deberá existir una organización muy bien establecida que norme las entregas de agua en el turnado respectivo. La ventaja que tendrían, el riego por aspersión y microaspersión, con turno de riego, es la menor inversión a realizar.

El turno de riego supone obligaciones bien conocidas tanto para el regante (horarios prefijados) como para el que explota la red colectiva (“tomero”). Es importante señalar también, la extrema rigidez de una distribución con turno de riego, desde el punto de vista de su adaptación a una dispersión de las condiciones específicas de cada unidad de explotación.

Si existe una fuerte dispersión en el tamaño de las unidades y en sus necesidades de agua, se puede esperar que las características del riego impuestas por el turno y calculadas para las condiciones medias, puedan adaptarse mal a unidades de riego que se alejen mucho de estas condiciones medias.

Las redes de riego con turno son específicas de perímetros con estructura territorial homogénea, con una agricultura poco diversificada y abundante mano de obra disponible.

Entre la flexibilidad de una distribución a la demanda y la rigidez de una distribución con turno, se adoptó una solución intermedia, basada en los siguientes principios:

- La toma de la parcela respectiva, únicamente puede ser utilizada libremente dentro de cierto intervalo horario.
- El caudal asignado a cada toma es función de la superficie de la parcela servida.

En este caso el sistema proyectado se ha diseñado con duraciones de entrega de agua de 12 horas por día, seis días por semana con los días domingo libres y con una jornada de riego comprendida entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m.

El diseño para las parcelas, se realizó con criterios basados en el mínimo consumo de caudal, es decir, para una operación óptima, de allí resultó que, las parcelas cultivadas con cítricos se regarán en un día, para una frecuencia de riego de tres días, lo que permite la entrega de agua a la parcela dos veces por semana, y esto permite distribuir los caudales en la red de forma equilibrada y no sobrecargar ramales, lo que se traduce en un diseño económico.

Este mismo criterio se empleo para el diseño de los sistemas de las parcelas cultivadas con pasto, las cuales se regarán en la frecuencia de riego (3 días), y requerirán de una entrega de agua diaria durante la semana.

En conclusión se establece como Turno 1, la entrega de agua a las parcelas cultivadas con pasto, las cuales se regarán diariamente durante los seis días de operación del sistema por semana.

El Turno 2 corresponderá a las parcelas cultivadas con cítricos, cuyos riegos serán dos veces por semana. Las entregas de agua se realizarán en un tiempo de 12 horas, en función de la óptima operación de los sistemas de riego de cada parcela.

En las Tablas 9.1 a la 9.5, se presentan los turnos de riego para cada una de las parcelas, de los sectores de riego, en 6 días a la semana de lunes a sábado.

Tabla 9.1. Turnos de riego para el Sector I

N° Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Cultivo
SL-A-3			X			X	Cítrico
SL-A-4	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-5	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-6	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-7	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-8	X	X	X	X	X	X	Cítrico y Pasto
SL-A-9	X			X			Cítrico
SL-A-10	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-11			X			X	Cítrico
SL-A-12	X			X			Cítrico
SL-R-31		X			X		Cítrico
SL-R-32	X	X	X	X	X	X	Cítrico y Pasto
SL-R-33	X	X	X	X	X	X	Cítrico y Pasto
SL-R-34		X			X		Cítrico
SL-R-35	X			X			Cítrico
SL-R-36		X			X		Cítrico
SL-R-37			X			X	Cítrico
SL-R-38	X			X			Cítrico
SL-R-39/40	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-R-41/42/43 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-R-75	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-R-76	X			X			Cítrico
SL-R-77	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-R-78			X			X	Cítrico
SL-R-79/80	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-113 (A)		X			X		Cítrico y Cacao
SL-A-113 (B)	X			X			Cítrico y Cacao
SL-A-114	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-137			X			X	Cítrico y Guanábana
SL-A-138	X	X	X	X	X	X	Cítrico, Guanábana, tomate y pimentón
SL-A-139 (A)	X			X			Cítrico
SL-A-139 (B)		X			X		Cítrico
SL-A-140	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-141	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-142		X			X		Cítrico
SL-A-143	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
Máximo H.	X			X			Cítrico
SL-A-144 (A)	X			X			Cítrico y Cacao
SL-A-144 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-144 (C)			X			X	Cítrico
SL-A-145	X			X			Cítrico
SL-A-146	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-147		X			X		Cítrico
SL-A-149	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-150			X			X	Cítrico
SL-A-151			X			X	Cítrico
SL-A-152		X			X		Cítrico
SL-A-153			X			X	Cítrico
SL-A-154	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-155	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-156	X			X			Cítrico
SL-A-157/158		X			X		Cítrico
SL-A-159			X			X	Cítrico
SL-A-160	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-161	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-162		X			X		Cítrico
SL-A-163	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-164	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico

Tabla 9.2. Turnos de riego para el Sector II

N° Parcela	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Cultivo
SL-A-1	X			X			Cítrico
SL-A-2	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-R-27(A)		X			X		Cítrico
SL-R-27(B)			X			X	Cítrico
SL-R-27(C)			X			X	Cítrico
SL-R-28	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-R-29		X			X		Cítrico
SL-R-30			X			X	Cítrico
SL-R-72			X			X	Cítrico
SL-R-73		X			X		Cítrico
SL-R-74	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico

Tabla 9.3. Turnos de riego para el Sector III

N° Parcela	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Cultivo
SL-R-81 (A)	X			X			Parchita
SL-R-81 (B)		X			X		Cítrico
SL-R-81 (C)			X			X	Cítrico
SL-R-82 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-115		X			X		Cítrico
SL-A-116 (A)			X			X	Cítrico
SL-A-116 (B)	X			X			Cítrico
SL-A-117 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-117 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-118			X			X	Cítrico
SL-A-119		X			X		Cítrico

Tabla 9.4. Turnos de riego para el Sector IV

N° Parcela	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Cultivo
SL-A-13 (A)	X			X			Cítrico
SL-A-13 (B)		X			X		Cítrico
SL-A-14			X			X	Cítrico y Aguacate
SL-A-15	X			X			Cítrico, Guanábana y pasto
SL-A-16		X			X		Cítrico, Guanábana y pasto
SL-A-17	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-18/19	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-20	X	X	X	X	X	X	Pasto
Suc.Roa			X			X	Cítrico
SL-A-21			X			X	Cítrico y Pasto
SL-A-22		X			X		Cítrico y Pasto
SL-A-23	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-R-41/42/43 (B)			X			X	Cítrico y Aguacate
SL-R-44	X			X			Cítrico
SL-R-45	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-R-46	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-R-47	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-48 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-48 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-49 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-49 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-50 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-50 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-51 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto

Tabla 9.4. Continuación

Nº Parcela	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Cultivo
SL-A-51 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-52 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-52 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-53 (B)	X			X			Cítrico
SL-A-53 (C)		X			X		Cítrico
SL-A-54 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-54 (C)	X			X			Cítrico
SL-A-55 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-55 (C)			X			X	Cítrico
SL-A-56 (B)	X			X			Cítrico
SL-R-82 (A)		X			X		Cítrico
SL-R-84	X			X			Cítrico
SL-R-85	X			X			Cítrico
SL-R-86		X			X		Cítrico
SL-R-87			X			X	Cítrico
SL-R-88	X			X			Cítrico
SL-R-89/90 (A)		X			X		Cítrico
SL-R-89/90 (B)		X			X		Cítrico
SL-R-90 (A)	X			X			Cítrico
SL-R-91 (A)			X			X	Cítrico
SL-R-91 (B)			X			X	Cítrico
SL-R-91 (C)	X			X			Cítrico
SL-R-92 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-92 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-93 (A)	X			X			Cítrico
SL-A-93 (B)		X			X		Cítrico
SL-A-93 (C)	X			X			Cítrico
SL-A-93 (D)	X			X			Cítrico
SL-A-94 (C)		X			X		Cítrico
SL-A-94/95 (A)			X			X	Cítrico
SL-A-94/95 (B)	X			X			Cítrico
SL-A-95 (C)		X			X		Cítrico
SL-A-96 (A)	X			X			Cítrico
SL-A-96 (B)	X			X			Cítrico
SL-A-96 (C)		X			X		Cítrico
SL-A-97 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-97 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-97 (C)	X			X			Cítrico
SL-A-98 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-98 (B)		X			X		Cítrico
SL-A-99 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-99 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-104	X			X			Cítrico
SL-A-125		X			X		Cítrico
SL-A-126			X			X	Cítrico
SL-A-127	X			X			Cítrico
SL-A-128		X			X		Cítrico
SL-A-129			X			X	Cítrico
SL-A-130	X			X			Cítrico

Tabla 9.5. Turnos de riego para el Sector V

N° Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Cultivo
SL-A-24	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-53 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-54 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-55 (A)	X			X			Cítrico
SL-A-56 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-57 (A)			X			X	Cacao
SL-A-57 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-57 (C)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-58 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto y Guanábana
SL-A-58 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-59 (A)	X			X			Guanábana
SL-A-59 (B)		X			X		Guanábana
SL-A-60 (A)			X			X	Cítrico
SL-A-60 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-61 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-61 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-61 (C)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-62 (A)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-62 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-62 (C)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-63 (A)	X			X			Cítrico
SL-A-63 (B)		X			X		Cítrico
SL-A-63 (C)			X			X	Cítrico
SL-A-64 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-64 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-65 (A)			X			X	Cítrico
SL-A-65 (B)	X			X			Cítrico
SL-A-66 (A)		X			X		Cítrico
SL-A-66 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-67 (A)			X			X	Cítrico
SL-A-67 (B)	X	X	X	X	X	X	Pasto
SL-A-68	X	X	X	X	X	X	Pasto y Cítrico
SL-A-107 (A)			X			X	Cítrico
SL-A-107 (B)			X			X	Cítrico
SL-A-108 (A)	X			X			Cítrico
SL-A-108 (B)	X			X			Cítrico

CAPÍTULO 10

DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución de agua es un conjunto de elementos hidráulicos tales como tubos, válvulas, llaves, etc., que se encuentran conectadas entre sí y cuya función primordial es transportar el caudal de agua necesario a todos los sectores del área del proyecto, a la presión requerida para hacer funcionar todas las líneas en condiciones de máximo consumo.

Para realizar el diseño de la red de distribución, lo primero que se definió es el tipo de red, éstas se pueden clasificar atendiendo a los siguientes criterios: tipo de conducción, modalidad de riego, topología, trazado y sistema de inyección y regulación. Los factores que influyen en la elección entre diferentes tipos de redes, se encuentran interrelacionados entre sí y son: la escasez de agua, la protección del medio ambiente, los nuevos sistemas de riego, la mejora de la calidad de vida de los agricultores y la seguridad en el suministro.

El tipo de red que se ha considerado adecuada, para el sistema de cultivo en el Asentamiento Campesino Santa Lucía se define como una red de tuberías a presión, modalidad de riego por rotación o turnos, topología mixta, trazado por linderos y con abastecimiento desde lagunas de almacenamiento.

Los criterios para la elección de redes de distribución a presión son evidentes. Con tuberías a presión, se reducen las pérdidas por evaporación directa y por filtraciones en los canales de riego. Además, los nuevos sistemas de riego presurizado y las tendencias hacia la automatización de la agricultura intensiva, exigen unas características de suministro distintas de las que pueden ofrecer las redes de distribución por acequias, como son: presión en los nudos y caudal variable.

Como se mencionó en capítulos anteriores, en la zona de riego existen cinco lagunas, las cuales serán centros de distribución del agua, de tal manera que, con relación a la tipología de la red, se ha optado por una red ramificada de acuerdo a las características de la ubicación parcelaria.

Para el diseño de una red de riego de estas características es fundamental obtener todos los datos de la situación actual, es decir, conocer lo máximo posible todos los parámetros que pueden influir en el diseño de la red, puesto que la falta o el desconocimiento de alguno de estos datos puede dar como resultado una red mal dimensionada. Este conocimiento implicó un trabajo de campo importante.

Debido a las singulares características del sistema de cultivos presente en la zona, es fundamental que el diseño de redes de riego proporcione una buena seguridad en el suministro.

El criterio recomendado para realizar el trazado de la red es el de linderos. Consiste en trazar las conducciones por los bordes de los caminos y por los linderos de las parcelas.

Con este tipo de trazado se evitan las servidumbres de los propietarios en la red y se mejora la conservación futura de la misma, además de tener un rápido acceso a las tuberías que conforman la red, garantizando así las labores de operación y mantenimiento.

En la fase de diseño de una red de distribución de agua, es imprescindible conocer la función de demanda de la zona de riego. Para su cálculo se utilizaron los datos de cultivo, superficie cultivada y consumos de cada cultivo.

Otro parámetro que se calculó fue el caudal utilizado en parcela. Este parámetro es importante puesto que con el se calculan posteriormente los caudales exigidos por la red. Este se obtuvo a partir de la demanda máxima evapotranspiratoria, traducida a caudal por unidad de superficie para un tiempo de operación de 12 horas por día y una eficiencia de riego del 90%.

Los caudales calculados, mediante el diseño de los sistemas de riego, para las parcelas seleccionadas, tanto las cultivadas con pasto como las de cítricos, son similares a los caudales módulos determinados en función de la máxima demanda evapotranspiratoria, esto específicamente para las condiciones de operación establecidas en el diseño. Los caudales individuales en cada toma de parcela y para cada uno de los sectores de riego, quedan determinados por el producto entre el área cultivada en dicha parcela y el caudal módulo calculado en función del cultivo presente.

En las Tablas 10.1 a 10.5, se presenta la información del caudal en m^3/h y el turno correspondiente.

En cuanto a la presión mínima necesaria en la cabecera de la parcela, para garantizar una buena calidad de funcionamiento, se calculó mediante la metodología que se utiliza para el cálculo de los sistemas de riego por aspersión y microaspersión respectivamente. Los datos necesarios para obtener dicha variable son las pérdidas de carga en los elementos del cabezal del sistema, longitudes y diámetros de las tuberías principales, secundarias, terciarias y laterales, características de los aspersores y microaspersores, y la topografía del terreno.

El dimensionamiento de la red consiste en determinar los diámetros de las tuberías que la forman para satisfacer los requisitos de caudal y presión en las tomas. Para el diseño de la red se eligió el valor máximo del caudal que transita por cada tramo o ramal, con base en el turno.

Tabla 10.1. Caudales (m³/h) para cada toma de parcela. Sector I

Nº Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
SL-A-3			52,27			52,27
SL-A-4	69,50	69,50	69,50	69,50	69,50	69,50
SL-A-5	68,75	68,75	68,75	68,75	68,75	68,75
SL-A-6	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62	69,62
SL-A-7	67,15	67,15	67,15	67,15	67,15	67,15
SL-A-8	61,23	61,23	61,23	61,23	61,23	61,23
SL-A-9	23,32			23,32		
SL-A-10	29,19	29,19	29,19	29,19	29,19	29,19
SL-A-11			22,35			22,35
SL-A-12	22,11			22,11		
SL-R-31		23,33			23,33	
SL-R-32	26,70	26,70	26,70	26,70	26,70	26,70
SL-R-33	24,54	24,54	24,54	24,54	24,54	24,54
SL-R-34		22,50			22,50	
SL-R-35	23,10			23,10		
SL-R-36		22,96			22,96	
SL-R-37			22,49			22,49
SL-R-38	23,87			23,87		
SL-R-39/40	51,59	51,59	51,59	51,59	51,59	51,59
SL-R-41/42/43 (A)	67,85	67,85	67,85	67,85	67,85	67,85
SL-R-75	29,93	29,93	29,93	29,93	29,93	29,93
SL-R-76	21,81			21,81		
SL-R-77	21,02	21,02	21,02	21,02	21,02	21,02
SL-R-78			14,99			14,99
SL-R-79/80	47,35	47,35	47,35	47,35	47,35	47,35
SL-A-113 (A)		9,72			9,72	
SL-A-113 (B)	13,80			13,80		
SL-A-114	41,02	41,02	41,02	41,02	41,02	41,02
SL-A-137			16,91			16,91
SL-A-138	7,89	7,89	7,89	7,89	7,89	7,89
SL-A-139 (A)	4,87			4,87		
SL-A-139 (B)		18,52			18,52	
SL-A-140	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45
SL-A-141	27,89	27,89	27,89	27,89	27,89	27,89
SL-A-142		23,82			23,82	
SL-A-143	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93
Máximo H.	5,36			5,36		
SL-A-144 (A)	7,13			7,13		
SL-A-144 (B)	15,97	15,97	15,97	15,97	15,97	15,97
SL-A-144 (C)			7,37			7,37
SL-A-145	23,47			23,47		
SL-A-146	17,36	17,36	17,36	17,36	17,36	17,36
SL-A-147		19,84			19,84	
SL-A-149	16,72	16,72	16,72	16,72	16,72	16,72
SL-A-150			10,86			10,86
SL-A-151			12,99			12,99
SL-A-152		13,80			13,80	
SL-A-153			9,45			9,45
SL-A-154	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89
SL-A-155	9,78	9,78	9,78	9,78	9,78	9,78
SL-A-156	14,64			14,64		
SL-A-157/158		8,01			8,01	
SL-A-159			1,82			1,82
SL-A-160	8,65	8,65	8,65	8,65	8,65	8,65
SL-A-161	19,32	19,32	19,32	19,32	19,32	19,32
SL-A-162		10,72			10,72	
SL-A-163	9,64	9,64	9,64	9,64	9,64	9,64
SL-A-164	16,30	16,30	16,30	16,30	16,30	16,30

Tabla 10.2. Caudales (m³/h) para cada toma de parcela. Sector II

Nº Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
SL-A-1	47,44			47,44		
SL-A-2	64,67	64,67	64,67	64,67	64,67	64,67
SL-R-27(A)		9,38			9,38	
SL-R-27(B)			3,66			3,66
SL-R-27(C)			8,88			8,88
SL-R-28	30,69	30,69	30,69	30,69	30,69	30,69
SL-R-29		24,72			24,72	
SL-R-30			21,62			21,62
SL-R-72			13,94			13,94
SL-R-73		19,50			19,50	
SL-R-74	22,04	22,04	22,04	22,04	22,04	22,04

Tabla 10.3. Caudales (m³/h) para cada toma de parcela. Sector III

Nº Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
SL-R-81 (A)	15,98			15,98		
SL-R-81 (B)		6,88			6,88	
SL-R-81 (C)			2,69			2,69
SL-R-82 (B)			6,29			6,29
SL-A-115		3,38			3,38	
SL-A-116 (A)			4,81			4,81
SL-A-116 (B)	8,14			8,14		
SL-A-117 (A)		4,07			4,07	
SL-A-117 (B)			5,55			5,55
SL-A-118			4,20			4,20
SL-A-119		4,85			4,85	

Tabla 10.4. Caudales (m³/h) para cada toma de parcela. Sector IV

Nº Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
SL-A-13 (A)	16,39			16,39		
SL-A-13 (B)		5,28			5,28	
SL-A-14			22,92			22,92
SL-A-15	23,63			23,63		
SL-A-16		23,83			23,83	
SL-A-17	29,94	29,94	29,94	29,94	29,94	29,94
SL-A-18/19	95,50	95,50	95,50	95,50	95,50	95,50
SL-A-20	73,13	73,13	73,13	73,13	73,13	73,13
Suc.Roa			3,81			3,81
SL-A-21			49,33			49,33
SL-A-22		57,28			57,28	
SL-A-23	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71	69,71
SL-R-41/42/43 (B)			5,67			5,67
SL-R-44	13,56			13,56		
SL-R-45	20,13	20,13	20,13	20,13	20,13	20,13
SL-R-46	19,88	19,88	19,88	19,88	19,88	19,88
SL-R-47	18,97	18,97	18,97	18,97	18,97	18,97
SL-A-48 (A)	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37
SL-A-48 (B)	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13	8,13
SL-A-49 (A)	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58
SL-A-49 (B)	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22
SL-A-50 (A)	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68
SL-A-50 (B)	7,16	7,16	7,16	7,16	7,16	7,16
SL-A-51 (A)	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39

Tabla 10.4. Continuación

Nº Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
SL-A-51 (B)	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
SL-A-52 (A)		6,33			6,33	
SL-A-52 (B)			2,77			2,77
SL-A-53 (B)	2,65			2,65		
SL-A-53 (C)		2,66			2,66	
SL-A-54 (B)			2,44			2,44
SL-A-54 (C)	2,69			2,69		
SL-A-55 (B)			1,37			1,37
SL-A-55 (C)			1,38			1,38
SL-A-56 (B)	1,60			1,60		
SL-R-82 (A)		12,32			12,32	
SL-R-84	15,07			15,07		
SL-R-85	15,30			15,30		
SL-R-86		11,96			11,96	
SL-R-87			14,49			14,49
SL-R-88	15,55			15,55		
SL-R-89/90 (A)		20,90			20,90	
SL-R-89/90 (B)		12,29			12,29	
SL-R-90 (A)	2,14			2,14		
SL-R-91 (A)			9,13			9,13
SL-R-91 (B)			14,62			14,62
SL-R-91 (C)	2,02			2,02		
SL-R-92 (A)		2,04			2,04	
SL-A-92 (B)			4,95			4,95
SL-A-93 (A)	6,42			6,42		
SL-A-93 (B)		3,67			3,67	
SL-A-93 (C)	3,18			3,18		
SL-A-93 (D)	1,74			1,74		
SL-A-94 (C)		3,18			3,18	
SL-A-94/95 (A)			12,74			12,74
SL-A-94/95 (B)	8,76			8,76		
SL-A-95 (C)		3,65			3,65	
SL-A-96 (A)	2,10			2,10		
SL-A-96 (B)	2,45			2,45		
SL-A-96 (C)		3,59			3,59	
SL-A-97 (A)		2,04			2,04	
SL-A-97 (B)	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48
SL-A-97 (C)	3,57			3,57		
SL-A-98 (A)	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
SL-A-98 (B)		1,23			1,23	
SL-A-99 (A)		0,76			0,76	
SL-A-99 (B)	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
SL-A-104	2,67			2,67		
SL-A-125		4,84			4,84	
SL-A-126			5,02			5,02
SL-A-127	6,90			6,90		
SL-A-128		7,71			7,71	
SL-A-129			7,09			7,09
SL-A-130	2,54			2,54		
SL-A-131	1,08			1,08		

Tabla 10.5. Caudales para cada toma de parcela. Sector V

N° Parcela	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
SL-A-24	105,73	105,73	105,73	105,73	105,73	105,73
SL-A-53 (A)	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30
SL-A-54 (A)	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
SL-A-55 (A)	9,11			9,11		
SL-A-56 (A)		9,83			9,83	
SL-A-57 (A)			3,85			3,85
SL-A-57 (B)	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02
SL-A-57 (C)	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02
SL-A-58 (A)	10,98	10,98	10,98	10,98	10,98	10,98
SL-A-58 (B)	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62
SL-A-59 (A)	8,48			8,48		
SL-A-59 (B)		9,72			9,72	
SL-A-60 (A)			7,07			7,07
SL-A-60 (B)	13,08	13,08	13,08	13,08	13,08	13,08
SL-A-61 (A)	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93
SL-A-61 (B)	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
SL-A-61 (C)	15,57	15,57	15,57	15,57	15,57	15,57
SL-A-62 (A)	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02
SL-A-62 (B)	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11
SL-A-62 (C)	9,62	9,62	9,62	9,62	9,62	9,62
SL-A-63 (A)	9,27			9,27		
SL-A-63 (B)		4,54			4,54	
SL-A-63 (C)			3,21			3,21
SL-A-64 (A)		11,90			11,90	
SL-A-64 (B)			1,85			1,85
SL-A-65 (A)			6,31			6,31
SL-A-65 (B)	7,45			7,45		
SL-A-66 (A)		5,14			5,14	
SL-A-66 (B)			9,11			9,11
SL-A-67 (A)			2,48			2,48
SL-A-67 (B)	16,30	16,30	16,30	16,30	16,30	16,30
SL-A-68	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
SL-A-107 (A)			1,13			1,13
SL-A-107 (B)			7,31			7,31
SL-A-108 (A)	4,71			4,71		
SL-A-108 (B)	8,00			8,00		

Como aplicación de los criterios y metodologías indicados anteriormente, se realizó el diseño de una aducción desde la fuente en el río Escalante hasta un tanque australiano de transferencia, y de allí, hasta las lagunas de almacenamiento, y una red de distribución por cada Sector de Riego del Asentamiento Campesino Santa Lucía.

La diferencia de altura entre el sitio de toma y las lagunas es de 142 m, lo cual implica utilizar bombas de potencia muy elevadas, que incluso pueden ameritar su fabricación exclusiva y esto encarecería los costos del proyecto. A fin de evitar este inconveniente, se consideró el emplazamiento de un tanque australiano de transferencia del tipo TAB-26-3 de 24,5 m de diámetro, de 3 anillos, ubicado a 64 m por encima de la toma, en las coordenadas E-194.444,63; N-940.428,27, como se observa en el Mapa en, formato digital, de Trazado en Planta de la Aducción y las Redes de Distribución del Anexo XV. Las características estructurales y dimensionamiento se presentan en el Plano del Anexo XVI.

En el sitio de toma se instalará un sistema de bombeo, compuesto por 2 bombas en paralelo, que llevará el agua hasta el tanque de transferencia y de allí, con otro sistema de bombeo, también con 2 bombas en paralelo, se impulsará el agua hasta las lagunas de almacenamiento.

La superficie total cultivada de los sectores es de 742,74 ha, las cuales están distribuidas como sigue, con los caudales a derivar según la Tabla 10.6:

Tabla 10.6. Distribución de áreas a regar por Sector de riego y caudales a derivar.

Sector	Área (ha)	Caudal (m ³ /h)
I	346,86	1.086
II	68,79	171
III	17,69	24
IV	222,83	590
V	86,57	282

Los recursos hídricos con los que cuenta la zona regable son provenientes del río Escalante, sobre el cual se propone la construcción de una estructura de toma para captar 250 l/s. Este caudal, se transportará mediante bombeo a cuatro de las cinco lagunas presentes en el Asentamiento, para de allí abastecer las necesidades hídricas de las 742,74 ha de superficie de riego; las bombas deberán estar en funcionamiento 12 horas/día, siete días por semana.

En las Figuras 10.1 a la 10.6, se presentan los esquemas planteados de la aducción fuente-lagunas y las redes correspondientes a cada uno de los Sectores de Riego, en los cuales se especifican la nomenclatura adoptada para las tuberías de distinto orden.

10.1. DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA DE DISTRIBUCIÓN

La zona regable se ha dividido en 5 Sectores de Riego, cada uno de los cuales es abastecido por una laguna de almacenamiento; estas lagunas se surten con el agua proveniente del río Escalante. Desde las lagunas se impulsa el agua, mediante estaciones de bombeo, a cada red de riego, a través de tuberías de conducción a presión.

Es conveniente acompañar esta infraestructura con una formación hacia los agricultores en cuanto al manejo del riego y a las limitaciones con las que la red ha sido diseñada. Con ello se puede evitar el mal funcionamiento de la malla derivado de la falta de conocimientos sobre estas cuestiones.

Al establecer el valor de cada uno de los parámetros de riego no conviene olvidar que estos están referidos al periodo punta de consumo, por lo que la red quedará sobredimensionada para el resto de la campaña.



Figura 10.1. Aducción Toma-Tanque y Tanque-Lagunas



Figura 10.2. Red de distribución Sector I



Figura 10.3. Red de distribución Sector II

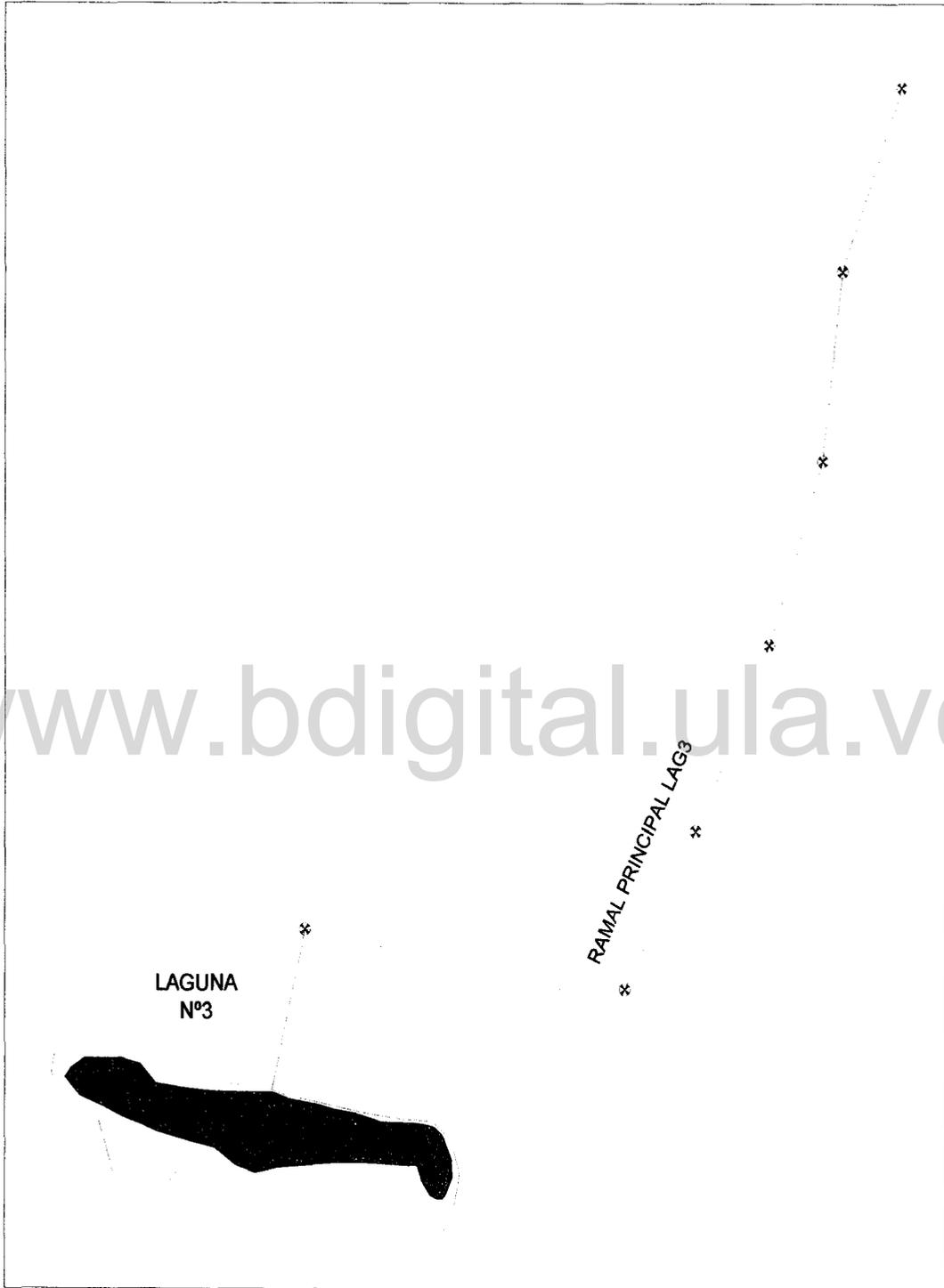


Figura 10.4. Red de distribución Sector III



Figura 10.5. Red de distribución Sector IV



Figura 10.6. Red de distribución Sector V

10.1.1. Trazado y cálculo de la red de distribución

Esta etapa del diseño constituye una de las partes claves de desarrollo del proyecto, ya que de ella depende, en buena parte, la economía de la obra y la funcionabilidad del sistema.

El objetivo principal durante el proceso de ejecución del trazado de la red de distribución es lograr el trazado óptimo en planta, que conecte cada una de la toma parcelaria de riego con la fuente de suministro de agua.

El problema, cuyas variables básicas son la longitud de la red y los precios de las tuberías, resulta, sin embargo, de una gran complejidad motivada por el alto número de condicionantes que intervienen.

Para el trazado de la red de distribución se han seguido los siguientes criterios:

- Geológicos-Geotécnicos: inestabilidad del terreno, pedregosidad, etc.
- Accesibilidad a los distintos puntos del trazado de tuberías, empleando para ello los caminos y, en los casos en que no es posible, los linderos.
- Mínima longitud en el trazado de la red para abastecer a todas las parcelas, con el fin de reducir en lo posible los costos de inversión.

El número de cruces de los caminos con las tuberías se ha tratado que sea el menor posible y siempre para derivar un caudal considerable, normalmente para abastecer a más de una parcela. El cruce de los caminos con tuberías de PEAD, se deberá hacer con las oportunas protecciones.

- Las tuberías se instalarán enterradas a 1,15 m de profundidad, para el mayor diámetro; el resto de tuberías se ubicarán a 1 m por debajo del nivel terreno

En el Anexo XV, se presenta el Mapa correspondiente al trazado en planta de la red de distribución por sectores, donde se ubican las respectivas toma de parcelas, y en el Anexo XVII se presentan los Perfiles Longitudinales correspondientes.

La red colectiva de riego, se ha proyectado para un manejo por turnos. El caudal de diseño para el dimensionado de tuberías, se ha obtenido siguiendo la programación de riego de acuerdo a un turnado.

- ***Dimensionamiento de tuberías***

El cálculo de los diámetros y espesores, así como la elección de los materiales de tuberías para los distintos tramos que forman la red, se ha abordado recurriendo a técnicas de diseño

óptimo. Considerando las siguientes restricciones de cálculo e instalación:

Material de las tuberías. Todas las tuberías de distribución serán de PEAD (PE 100); el diámetro mínimo a instalar será 32 mm, y el máximo 500 mm.

La presión mínima de trabajo para todas las tuberías de PEAD, será de 5 bar, SDR-33 y la máxima de 12,5 bar, SDR-13,6.

• **Restricciones de funcionamiento**

Para el correcto funcionamiento de la distribución de agua, la carga mínima a garantizar en todas las tomas de la red es de 59 m.

La tubería considerada es de Polietileno de Alta Densidad, PE-100, por ser una tubería de alta calidad y está normalizada. Basado en los requerimientos de operación del proyecto, se seleccionó la tubería con la correcta presión de diseño y se escogieron los diámetros para transportar el caudal requerido.

En el procedimiento de diseño se determinaron los espesores de tubería necesarios para satisfacer los requerimientos de presión del proyecto; y si fuese necesario, se redujo la resistencia de la tubería, espesor, basado en las condiciones de operación máxima del sistema.

La pérdida de carga por fricción se calculó mediante la ecuación de Darcy-Weisbach expresada por:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} 10^3 \quad (10.1)$$

Donde:

- H_f La pérdida de carga por fricción en m
- f El factor de fricción
- L La longitud de la tubería en m
- D El diámetro de la tubería en mm
- V La velocidad de flujo en la tubería en m/s
- g La aceleración de la gravedad en m/s²

La ecuación de Jain, para tuberías lisas, expresada en forma monomía es:

$$f = \frac{0,13}{R^{0,172}} \quad (10.2)$$

Ecuación válida para $10^5 \leq R \leq 10^7$

$$R = \frac{V D}{\nu} = \frac{4 Q}{\pi \nu D} \quad (10.3)$$

Donde:

R El número de Reynolds
 ν La viscosidad cinemática m^2/s

Para agua a 20 °C; $\nu = 1,004 \times 10^{-6} m^2/s$

$$R = 1,26 \times 10^6 \frac{Q}{D} \quad (10.4)$$

Reemplazando las ecuaciones anteriores se tiene:

$$H_f = 9,59 \times 10^5 L \frac{Q^{1,828}}{D^{4,828}} \quad (10.5)$$

Las pérdidas de carga por fricción, calculadas con esta última ecuación, se aumentaron en 5% para considerar las pérdidas menores.

En las Tablas 10.7 a la 10.10 se presenta la ubicación, diámetro, tipo de tubería y características hidráulicas para la aducción y los ramales principales de los Sectores I y III. La información del diseño hidráulico, para el resto de las redes de distribución, se presenta en el Anexo XVIII.

10.2. ACCESORIOS

Los accesorios a instalar en puntos estratégicos de la red principal son:

10.2.1. Ventosas

La presencia de cantidades incontrolables de aire en un sistema de abastecimiento de agua, puede reducir grandemente su rendimiento y en casos extremos se puede hasta detener el flujo de agua.

El exceso de aire en el sistema de tuberías, es la causa directa de la reducción de la sección y por lo tanto de su capacidad de conducción. Este exceso de aire puede ocasionar también errores en las lecturas de los manómetros y elementos de medición.

Hay casos en que el aire no puede entrar al sistema, cuando éste se drena, lo que crea un vacío, cuyo resultado puede ser un colapso y aplastamiento de la tubería.

En tuberías con variación de pendiente y bajas velocidades, como 0,5 m/s, el aire libre dentro del sistema se concentrará en forma de bolsas. Estas bolsas se localizan generalmente en los puntos de variación de pendiente de la tubería; en esos casos se reduce el área y la capacidad de conducción. Si el sistema es alimentado por una bomba, se requerirá una mayor presión con una menor eficiencia de la bomba.

El vaciado rápido de una tubería, intencional o accidentalmente, como roturas, etc., puede crear succión y vacío dentro de la línea, dando lugar al colapso de ella. Introduciendo aire por medio de ventosas anti-vacío, en zonas donde se espera, puede haber succión, lo cual evitará el colapso de las tuberías. El control del aire se realiza con una colocación adecuada de ventosas.

Para la entrada y salida de los cabezales de riego que lleva cada toma de las parcelas tipo, se seleccionaron ventosas de 3/4", marca ARI, modelo DG-10-P-NPT que permite la entrada de grandes caudales de aire al sistema durante el drenaje, y el modelo AV-010-NPT, que es una válvula de aire que combina en una sola unidad una válvula cinética y una automática.

Para el proceso de eliminación y entrada de aire de forma automática en la red de distribución, se consideró el diseño de ventosas tomando como principio que el caudal de aire expulsado es el mismo caudal de llenado de agua en la tubería, como los caudales son generados por impulsión, el caudal de llenado es el generado por el bombeo. Las ventosas estarán ubicadas en los puntos altos de la red y otras cercanas o coincidiendo con los nudos de conexión. El tipo de ventosas utilizadas corresponden a diámetros de 1", 2" y 3" doble efecto.

La ubicación y el tipo de ventosa para la aducción y los sectores de riego se presentan en la Tabla 10.11 y en los Planos de Perfil Longitudinal presentados en el Anexo XVII.

Tabla 10.7. Diseño hidráulico de la Aducción Toma-Tanque de transferencia

CARGA DE BOMBA: 70 m

Tramo	Coordenadas		Longitud Tramo (m)	Progresiva Horizontal	Cota Terreno (m.s.n.m)	Longitud corregida (m)	Diámetro Nominal (mm)	Tipo De Tubería	Clase De Tubería	Espesor Pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Caudal Tramo (m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Diferen. Nivel (m)	Diferen. Niv. Ac (m)	Pérdida Fricción (m)	Pérdida Acumul. (m)	Carga Dinám. (m)	Carga Estática (m)	Cota L. Piezom. (m)	Cota L. Energía. (m)	
	Este	Norte																				
0	194.275,57	940.496,46		0+000,00	187,81	0,00																
0-1	194.335,72	940.517,33	63,66	0+063,66	224,88	73,67	500	PEAD	SDR_21	23,90	452,20	900,00	1,56	-37,07	-37,07	0,27	0,27	32,66			257,54	257,66
1-2	194.359,85	940.511,73	24,78	0+088,44	234,15	26,46	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-9,27	-46,34	0,08	0,35	23,31			257,46	257,56
2-3	194.376,76	940.505,64	17,97	0+106,41	237,51	18,29	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-3,36	-49,70	0,06	0,41	19,89			257,40	257,51
3-4	194.389,68	940.499,45	14,33	0+120,74	240,47	14,63	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-2,96	-52,66	0,04	0,45	16,89			257,36	257,46
4-5	194.397,58	940.486,62	15,07	0+135,81	243,39	15,35	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-2,92	-55,58	0,05	0,50	13,92			257,31	257,42
5-6	194.403,55	940.475,82	12,34	0+148,15	245,34	12,49	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-1,96	-57,53	0,04	0,54	11,93			257,27	257,38
6-7	194.407,84	940.462,88	13,63	0+161,78	247,81	13,85	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-2,46	-60,00	0,04	0,58	9,42			257,23	257,33
7-8	194.411,33	940.458,08	5,93	0+167,71	249,16	6,09	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-1,35	-61,35	0,02	0,60	8,05			257,21	257,32
8-9	194.414,93	940.456,03	4,15	0+171,86	249,98	4,23	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-0,82	-62,17	0,01	0,61	7,22			257,20	257,30
9-10	194.421,81	940.449,16	9,73	0+181,59	250,91	9,77	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-0,93	-63,10	0,03	0,64	6,26			257,17	257,27
10-11	194.428,65	940.437,67	13,37	0+194,96	251,38	13,38	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-0,47	-63,57	0,04	0,68	5,75			257,13	257,23
11-12	194.432,75	940.430,79	8,00	0+202,96	251,77	8,01	500	PEAD	SDR_33	15,20	469,60	900,00	1,44	-0,39	-63,96	0,02	0,71	5,33			257,10	257,21

Tabla 10.8. Diseño hidráulico de la Aducción Tanque de transferencia-Lagunas

CARGA DE BOMBA: 95 m

Tramo	Coordenadas		Longitud Tramo (m)	Progresiva Horizontal	Cota Terreno (m.a.n.m)	Longitud corregida (m)	Diámetro Nominal (mm)	Tipo De Tubería	Clase De Tubería	Espesor Pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Caudal Tramo (m³/h)	Velocidad (m/s)	Diferen. Nivel (m)	Diferen. Niv. Ac (m)	Pérdida Fricción (m)	Pérdida Acumul (m)	Carga Dinám. (m)	Carga Estática (m)	Cota L. Piezom. (m)	Cota L. Energía. (m)	
	Este	Norte																				
0	194456,86	940428,81		0+000,00	254,25	0						900										
0-1	194501,55	940434,09	45,00	0+045,00	254,98	45,00	500	PEAD	SDR_17	29,7	440,6	900	1,64	-0,73	-0,73	0,19	0,19	94,08		349,06	349,20	
1-2	194520,31	940428,42	19,60	0+064,59	254,17	19,61	500	PEAD	SDR_17	29,7	440,6	900	1,64	0,81	0,08	0,08	0,27	94,81		348,98	349,12	
2-3	194543,63	940437,54	25,05	0+089,64	259,00	25,51	500	PEAD	SDR_17	29,7	440,6	900	1,64	-4,83	-4,75	0,11	0,38	89,87		348,87	349,01	
3-4	194561,89	940429,36	20,01	0+109,65	263,12	20,43	500	PEAD	SDR_17	29,7	440,6	900	1,64	-4,12	-8,87	0,09	0,46	85,67		348,79	348,93	
4-5	194590,58	940400,54	40,67	0+150,31	271,36	41,49	500	PEAD	SDR_21	23,9	452,2	900	1,56	-8,24	-17,11	0,15	0,61	77,27		348,64	348,76	
5-6	194608,57	940388,79	21,48	0+171,80	275,33	21,85	500	PEAD	SDR_21	23,9	452,2	900	1,56	-3,97	-21,08	0,08	0,70	73,22		348,55	348,68	
6-7	194655,17	940366,26	51,77	0+223,56	282,85	52,31	500	PEAD	SDR_21	23,9	452,2	900	1,56	-7,52	-28,60	0,19	0,89	65,51		348,36	348,49	
7-8	194685,63	940344,74	37,30	0+260,86	290,63	38,10	500	PEAD	SDR_26	19	462	900	1,49	-7,78	-36,38	0,13	1,01	57,61		348,24	348,35	
8-9	194702,86	940330,85	22,13	0+282,99	295,79	22,72	500	PEAD	SDR_26	19	462	900	1,49	-5,16	-41,54	0,08	1,09	52,37		348,16	348,27	
9-10	194712,63	940330,24	9,79	0+292,78	297,98	10,03	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-2,19	-43,73	0,03	1,12	50,15		348,13	348,24	
10-11	194740,20	940287,14	51,16	0+343,94	296,62	51,18	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	1,36	-42,37	0,16	1,28	51,35		347,97	348,08	
11-12	194769,89	940239,75	55,92	0+399,86	301,37	56,12	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-4,75	-47,12	0,17	1,45	46,43		347,80	347,91	
12-13	194789,34	940188,32	54,98	0+454,84	303,71	55,03	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-2,34	-49,46	0,17	1,62	43,92		347,63	347,74	
13-14	194801,39	940153,53	36,82	0+491,67	304,92	36,84	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-1,21	-50,67	0,11	1,73	42,59		347,52	347,62	
14-15	194821,18	940121,86	37,34	0+529,01	305,76	37,35	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,84	-51,51	0,11	1,85	41,64		347,40	347,51	
15-16	194837,71	940095,27	31,31	0+560,32	305,68	31,31	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	0,08	-51,43	0,10	1,94	41,62		347,31	347,41	
16-17	194842,03	940088,37	8,15	0+568,46	305,77	8,15	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,08	-51,52	0,03	1,97	41,51		347,28	347,39	
17-18	194849,27	940071,21	18,62	0+587,08	305,45	18,62	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	0,32	-51,20	0,06	2,03	41,77		347,22	347,33	
18-19	194858,52	940049,58	23,53	0+610,61	303,29	23,63	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	2,16	-49,04	0,07	2,10	43,86		347,15	347,26	
19-20	194882,80	940018,45	31,42	0+642,03	308,19	31,56	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-2,91	-51,94	0,10	2,20	40,86		347,05	347,16	
20-21	194879,58	940005,53	21,18	0+683,21	307,73	21,23	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-1,53	-53,48	0,07	2,26	39,26		346,99	347,10	
21-22	194896,87	940007,09	17,18	0+680,37	308,15	17,17	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,43	-53,90	0,05	2,31	38,76		346,94	347,04	
22-23	194914,88	940008,94	18,31	0+698,68	308,12	18,31	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	0,03	-53,87	0,08	2,37	38,76		346,88	346,99	
23-24	194923,49	940010,08	8,88	0+707,38	308,40	8,89	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,28	-54,15	0,03	2,40	38,45		346,85	346,96	
24-25	194932,93	939953,96	56,91	0+764,27	308,88	56,91	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,56	-54,71	0,17	2,57	37,72		346,68	346,79	
25-26	195031,50	939930,14	101,40	0+865,68	314,45	101,55	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-5,48	-60,20	0,31	2,88	31,92		346,37	346,47	

Tabla 10.8. Continuación

Tramo	Coordenadas		Longitud Tramo (m)	Progresiva Horizontal	Cota Terreno (m.s.n.m)	Longitud corregida (m)	Diámetro Nominal (mm)	Tipo De Tubería	Clase De Tubería	Espesor Pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Caudal Tramo (m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Diferen. Nivel (m)	Diferen. Niv. Ac (m)	Pérdida Fricción (m)	Pérdida Acumul. (m)	Carga Dinám. (m)	Carga Estática (m)	Cota L. Piezom. (m)	Cota L. Energía. (m)
	Este	Norte																			
26-27	195167,01	939897,76	139,33	1+005,00	314,86	139,33	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,41	-60,61	0,43	3,31	31,08		345,94	346,05
27-28	195303,84	939865,07	140,68	1+145,68	315,81	140,68	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,95	-61,56	0,43	3,74	29,70		345,51	345,61
28-29	195423,63	939836,15	123,24	1+268,92	315,94	123,24	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,13	-61,69	0,38	4,12	29,19		345,13	345,23
29-30	195521,25	939813,15	100,28	1+369,20	321,15	100,42	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-5,21	-66,90	0,31	4,43	23,67		344,82	344,93
30-31	195538,52	939802,37	20,36	1+389,56	321,90	20,37	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,75	-67,65	0,06	4,49	22,86		344,76	344,86
31-32	195658,04	939768,63	124,19	1+513,75	322,15	124,19	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	-0,25	-67,90	0,38	4,87	22,23		344,38	344,48
32-33	195783,88	939734,18	130,47	1+644,23	321,21	130,48	500	PEAD	SDR_33	15,2	469,6	900	1,44	0,94	-66,96	0,40	5,27	22,77		343,98	344,08
33-34	195875,28	939709,57	94,65	1+738,88	322,10	94,65	400	PEAD	SDR_33	12,2	375,6	795,10	1,99	-0,90	-67,85	0,68	5,96	21,19		343,29	343,50
34-35	195878,79	939655,44	54,25	1+793,13	323,86	54,28	400	PEAD	SDR_33	12,2	375,6	795,10	1,99	-1,76	-69,61	0,39	6,35	19,04		342,90	343,11
35-36	195868,25	939606,93	49,64	1+842,77	323,89	49,64	400	PEAD	SDR_33	12,2	375,6	795,10	1,99	-0,02	-69,64	0,36	6,70	18,66		342,55	342,75
36-37	195869,68	939597,54	9,49	1+852,26	324,12	9,50	400	PEAD	SDR_33	12,2	375,6	795,10	1,99	-0,24	-69,87	0,07	6,77	18,35		342,48	342,68
37-38	195875,98	939587,24	12,07	1+864,34	324,59	12,08	400	PEAD	SDR_33	12,2	375,6	795,10	1,99	-0,46	-70,34	0,09	6,86	17,80		342,39	342,59
38-39	195916,76	939539,44	62,83	1+927,17	326,87	62,88	400	PEAD	SDR_33	12,2	375,6	795,10	1,99	-2,28	-72,62	0,45	7,31	15,07		341,94	342,14
39-40	195947,69	939512,02	41,34	1+968,51	328,63	41,37	355	PEAD	SDR_33	10,8	333,4	525,09	1,67	-1,76	-74,38	0,25	7,56	13,06		341,69	341,83
40-41	195968,45	939490,08	30,21	1+998,71	328,95	30,21	355	PEAD	SDR_33	10,8	333,4	441,73	1,41	-0,32	-74,70	0,13	7,69	12,61		341,56	341,66
41-42	195984,95	939472,65	24,00	2+022,71	328,20	24,01	355	PEAD	SDR_33	10,8	333,4	441,73	1,41	0,75	-73,95	0,10	7,80	13,25		341,45	341,55

Tabla 10.9. Diseño hidráulico red de distribución Sector I, Ramal Principal LAG1-B1

CARGA DE BOMBA: 45 m

Tramo	Coordenadas		Longitud Tramo (m)	Progresiva Horizontal	Cota Terreno (m.a.n.m)	Longitud corregida (m)	Toma	Diámetro Nominal (mm)	Tipo De Tubería	Clase De Tubería	Espesor Pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Caudal Tramo (m³/h)	Velocidad (m/s)	Diferen. Nivel (m)	Diferen. Niv. Ac (m)	Pérdida Fricción (m)	Pérdida Acumul. (m)	Carga Dinám. (m)	Carga Estática. (m)	Cota L. Piezom. (m)	Cota L. Energía. (m)	
	Este	Norte																					
0	195.974,69	939.443,34		0+000,00	329,96	0							478,26										
0-1	195.846,24	939.608,40	209,15	0+209,15	324,21	209,23		315	PEAD	SDR_33	9,6	295,8	478,26	1,93	5,75	5,75	1,88	1,88	48,87		373,08	373,27	
1-2	195.544,06	939.673,45	309,10	0+518,25	325,12	309,10	Ramal 1	315	PEAD	SDR_33	9,6	295,8	478,26	1,93	-0,91	4,84	2,78	4,67	45,18		370,29	370,48	
2-3	195.522,28	939.811,72	139,97	0+658,23	321,29	140,03	Ramal 2	250	PEAD	SDR_33	7,6	234,8	343,68	2,20	3,83	8,67	2,10	6,77	46,90		368,19	368,44	
3-4	195.345,53	939.854,19	181,78	0+840,01	315,57	181,87		250	PEAD	SDR_33	7,6	234,8	314,48	2,02	5,72	14,39	2,32	9,09	50,30		365,87	366,08	
4-5	195.152,18	939.900,64	198,85	1+038,86	314,88	198,85		250	PEAD	SDR_33	7,6	234,8	314,48	2,02	0,69	15,09	2,54	11,63	48,46		363,33	363,54	
5-6	194.932,71	939.953,38	225,72	1+264,58	308,97	225,80		250	PEAD	SDR_33	7,6	234,8	314,48	2,02	5,90	20,99	2,88	14,51	51,48		360,45	360,66	
6-7	194.923,09	940.009,85	57,28	1+321,86	308,39	57,29		250	PEAD	SDR_33	7,6	234,8	314,48	2,02	0,58	21,57	0,73	15,24	51,33		359,72	359,93	
7-8	194.912,81	940.008,56	10,36	1+332,22	308,08	10,37	Ramal 3 T-SL-A-147	250	PEAD	SDR_33	7,6	234,8	314,48	2,02	0,32	21,89	0,13	15,37	51,51		359,59	359,80	
8-9	194.900,27	940.075,79	68,39	1+400,61	305,76	68,43		200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	167,83	1,74	2,31	24,20	0,88	16,26	52,94		358,71	358,86	
9-10	194.863,27	940.318,48	245,49	1+646,11	300,98	245,54		200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	167,83	1,74	4,79	28,99	3,16	19,41	54,57		355,55	355,70	
10-11	194.845,64	940.451,17	133,86	1+779,96	297,37	133,90	T-SL-A-146	200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	167,83	1,74	3,40	32,39	1,72	21,14	56,25		353,82	353,98	
11-12	194.843,64	940.505,12	53,99	1+833,95	296,69	53,99		200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	150,47	1,56	0,88	33,27	0,57	21,71	56,57		353,26	353,38	
12-13	194.845,28	940.560,16	55,06	1+889,01	295,19	55,08		200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	150,47	1,56	1,50	34,77	0,58	22,29	57,48		352,68	352,80	
13-14	194.846,54	940.601,10	40,96	1+929,97	294,23	40,97	T-SL-A-145	200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	150,47	1,56	0,96	35,73	0,43	22,72	58,01		352,24	352,37	
14-15	194.850,26	940.741,93	140,88	2+070,85	290,84	140,92		200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	150,47	1,56	3,40	39,13	1,49	24,20	59,92		350,76	350,88	
15-16	194.853,75	940.872,09	130,21	2+201,06	287,29	130,26	T-SL-A-144 (C)	200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	150,47	1,56	3,54	42,67	1,37	25,58	62,09		349,39	349,51	
16-17	194.856,33	940.956,02	83,97	2+285,03	285,04	84,00		200	PEAD	SDR_26	7,6	184,8	150,47	1,56	2,26	44,93	0,89	26,46	63,46		348,50	348,62	
17-18	194.857,19	941.031,79	75,77	2+360,80	282,84	75,81		200	PEAD	SDR_21	9,6	180,8	150,47	1,63	2,19	47,12	0,89	27,35	64,77		347,61	347,75	
18-19	194.856,73	941.044,27	12,49	2+373,29	282,17	12,51	T-SL-A-144 (B)	200	PEAD	SDR_21	9,6	180,8	150,47	1,63	0,67	47,79	0,15	27,50	65,29		347,47	347,60	
19-20	194.860,39	941.115,94	71,76	2+445,06	278,75	71,85		200	PEAD	SDR_21	9,6	180,8	134,50	1,46	3,43	51,22	0,69	28,18	68,03		346,78	346,89	
20-21	194.864,37	941.195,31	79,47	2+524,53	276,74	79,50	T-SL-A-143	200	PEAD	SDR_21	9,6	180,8	134,50	1,46	2,01	53,23	0,76	28,94	69,29		346,02	346,13	
21-22	194.867,10	941.282,78	87,51	2+612,04	273,26	87,58		160	PEAD	SDR_21	7,7	144,6	107,57	1,82	3,47	56,70	1,63	30,57	71,12		344,39	344,56	
22-23	194.869,59	941.369,12	86,38	2+698,41	269,79	86,45	T-SL-A-142	160	PEAD	SDR_21	7,7	144,6	107,57	1,82	3,48	60,18	1,61	32,19	72,99		342,78	342,94	
23-24	194.872,45	941.451,44	82,37	2+780,78	267,02	82,42		160	PEAD	SDR_21	7,7	144,6	83,75	1,42	2,77	62,94	0,97	33,16	74,78		341,80	341,90	
24-25	194.875,21	941.532,64	81,25	2+862,03	264,05	81,30	T-SL-A-141	160	PEAD	SDR_21	7,7	144,6	83,75	1,42	2,97	65,91	0,96	34,12	76,79		340,84	340,94	
25-26	194.877,76	941.613,13	80,53	2+942,56	262,54	80,54		110	PEAD	SDR_21	5,3	99,4	55,87	2,00	1,50	67,42	2,77	36,89	75,53		338,07	338,28	

Tabla 10.9. Continuación

Tramo	Coordenadas		Longitud Tramo (m)	Progresiva Horizontal	Cota Terreno (m.a.n.m)	Longitud corregida (m)	Toma	Diámetro Nominal (mm)	Tipo De Tubería	Clase De Tubería	Espesor Pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Caudal Tramo (m³/h)	Velocidad (m/s)	Diferen. Nivel (m)	Diferen. Niv. Ac (m)	Pérdida Fricción (m)	Pérdida Acumul. (m)	Carga Dinám. (m)	Carga Estática (m)	Cota L. Piezom. (m)	Cota L. Energía. (m)
	Este	Norte																				
26-27	194.879,89	941.682,76	69,66	3+012,22	260,96	69,68	T-SL-A-140	110	PEAD	SDR_21	5,3	99,4	55,87	2,00	1,59	69,00	2,40	39,29	74,72		335,68	335,88
27-28	194.878,17	941.775,70	92,96	3+105,18	258,41	92,99		75	PEAD	SDR_21	3,6	67,8	26,41	2,03	2,55	71,56	5,16	44,44	72,11		330,52	330,73
28-29	194.870,60	941.827,33	52,18	3+157,36	256,18	52,23	T-SL-A-139 (B)	75	PEAD	SDR_21	3,6	67,8	26,41	2,03	2,22	73,78	2,90	47,34	71,44		327,62	327,83
29-30	194.859,05	941.880,07	53,99	3+211,35	254,42	54,02		75	PEAD	SDR_21	3,6	67,8	24,80	1,91	1,77	75,55	2,67	50,01	70,53		324,95	325,14
30-31	194.846,30	941.937,85	59,17	3+270,52	251,81	59,23	T-SL-A-138	75	PEAD	SDR_21	3,6	67,8	24,80	1,91	2,61	78,15	2,93	52,94	70,21		322,02	322,21
31-32	194.837,49	941.967,27	30,71	3+301,23	250,88	30,72		63	PEAD	SDR_21	3,0	57,0	16,91	1,84	0,93	79,08	1,74	54,68	69,40		320,28	320,45
32-33	194.827,93	941.993,64	28,05	3+329,28	249,42	28,09		63	PEAD	SDR_21	3,0	57,0	16,91	1,84	1,46	80,54	1,59	56,28	69,27		318,69	318,86
33-34	194.813,12	942.034,17	43,15	3+372,43	247,34	43,20		63	PEAD	SDR_17	3,8	55,4	16,91	1,95	2,08	82,62	2,81	59,09	68,53		315,88	316,07
34-35	194.785,59	942.086,01	58,70	3+431,13	243,28	58,84	T-SL-A-137	63	PEAD	SDR_17	3,8	55,4	16,91	1,95	4,06	86,68	3,83	62,92	68,76		312,05	312,24

Tabla 10.10. Diseño hidráulico red de distribución Sector III, Ramal Principal LAG3

Tramo	Coordenadas		Longitud Tramo (m)	Progresiva Horizontal	Cota Terreno (m.a.n.m)	Longitud corregida (m)	Toma	Diámetro Nominal (mm)	Tipo De Tubería	Clase De Tubería	Espesor Pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Caudal Tramo (m³/h)	Velocidad (m/s)	Diferen. Nivel (m)	Diferen. Niv. Ac (m)	Pérdida Fricción (m)	Pérdida Acumul. (m)	Carga Dinám. (m)	Carga Estática (m)	Cota L. Piezom. (m)	Cota L. Energía. (m)	
	Este	Norte																					
0	196.521,13	938.389,62		0+000,00	346,02	0,00							24,12										
0-1	196.543,97	938.487,18	100,20	0+100,20	342,26	100,27	T-SL-R-81 (A)	90	PEAD	SDR_26	3,5	83,0	24,12	1,24	3,76	3,76	1,77	1,77	56,98		399,24	399,32	
1-2	196.623,08	938.471,26	80,70	0+180,89	344,57	80,73		90	PEAD	SDR_26	3,5	83,0	23,53	1,21	-2,31	1,45	1,37	3,14	53,31		397,88	397,95	
2-3	196.701,99	938.454,64	80,64	0+261,54	344,89	80,64		90	PEAD	SDR_26	3,5	83,0	23,53	1,21	-0,32	1,12	1,36	4,50	51,62		396,51	396,59	
3-4	196.760,51	938.441,73	59,93	0+321,46	344,70	59,93		90	PEAD	SDR_26	3,5	83,0	23,53	1,21	0,20	1,32	1,01	5,52	50,80		394,50	394,58	
4-5	196.764,97	938.450,56	9,89	0+331,35	344,70	9,89	T-SL-R-81(B), T-SL-R-81(C)	90	PEAD	SDR_26	3,5	83,0	23,53	1,21	-0,01	1,32	0,17	5,68	50,63		394,33	394,41	
5-6	196.793,63	938.507,10	63,39	0+394,74	342,26	63,44		75	PEAD	SDR_26	2,9	69,2	20,85	1,54	2,44	3,76	2,07	7,75	51,01		393,27	393,39	
6-7	196.813,59	938.546,40	44,08	0+438,82	340,60	44,11	T-SL-R-82 (B), T-SL-A-115	75	PEAD	SDR_26	2,9	69,2	20,85	1,54	1,66	5,42	1,44	9,19	51,23		391,83	391,95	
7-8	196.833,30	938.588,20	46,21	0+485,04	338,97	46,24		63	PEAD	SDR_26	2,4	58,2	14,56	1,52	1,63	7,05	1,80	10,99	51,05		390,02	390,14	
8-9	196.854,73	938.633,48	50,10	0+535,13	337,67	50,11		63	PEAD	SDR_26	2,4	58,2	14,56	1,52	1,30	8,35	1,96	12,95	50,40		388,07	388,19	
9-10	196.864,48	938.658,78	27,11	0+562,24	337,00	27,12	T-SL-A-116 (A), T-SL-A-116 (B)	63	PEAD	SDR_26	2,4	58,2	14,56	1,52	0,68	9,02	1,06	14,01	50,01		387,01	387,13	
10-11	196.885,26	938.720,35	64,98	0+627,23	335,01	65,01		50	PEAD	SDR_21	2,4	45,2	9,75	1,69	1,99	11,01	4,13	18,14	47,87		382,88	383,03	
11-12	196.900,98	938.769,68	51,77	0+679,00	333,35	51,80	T-SL-A-117 (A), T-SL-A-117 (B)	50	PEAD	SDR_21	2,4	45,2	9,75	1,69	1,66	12,67	3,29	21,43	46,24		379,59	379,74	
12-13	196.908,29	938.831,49	62,24	0+741,24	331,88	62,26		40	PEAD	SDR_21	2,3	35,4	4,85	1,37	1,47	14,13	3,59	25,02	44,12		376,00	376,10	
13-14	196.914,37	938.884,56	53,42	0+794,66	330,16	53,44	T-SL-A-118	40	PEAD	SDR_21	2,3	35,4	4,85	1,37	1,72	15,86	3,08	28,10	42,76		372,92	373,01	
14-15	196.936,55	938.944,51	63,92	0+858,58	328,94	63,93		40	PEAD	SDR_21	2,3	35,4	4,85	1,37	1,22	17,08	3,69	31,79	40,29		369,23	369,32	
15-16	196.955,10	938.994,87	53,67	0+912,25	327,78	53,68	T-SL-A-119	40	PEAD	SDR_21	2,3	35,4	4,85	1,37	1,16	18,24	3,10	34,89	38,35		366,13	366,23	

Tabla 10.11. Ubicación y tipo de ventosa en la Aducción y los Sectores de riego

Sector	Ramal	Punto ID	Coordenadas		Cota (m.s.n.m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro (mm)	Ventosa
			Este	Norte				Diámetro
Aducción	Tanque-LAG1	10	194712,63	940330,24	297,98	900	500	3"
		25	194932,93	939953,96	308,96	900	500	3"
		31	195538,52	939802,37	321,90	900	500	3"
		35	195878,79	939655,44	323,86	795,1	400	2"
		41	195968,45	939490,08	328,95	441,73	355	2"
	Ramal 2-LAG4	4	196074,09	939519,38	329,89	270,01	250	2"
	Ramal Principal LAG1-LAG3	7	196250,41	938918,44	335,48	10,08	63	1"
Sector I	Ramal Principal LAG1-B1	2	195544,06	939673,45	325,12	478,26	315	2"
		5	195152,18	939900,64	314,88	314,48	250	2"
		10	194863,27	940318,48	300,98	167,83	200	1"
		18	194857,19	941031,79	282,84	150,47	200	1"
		26	194877,76	941613,13	262,54	55,87	110	1"
	Ramal 3 (del Princ.. LAG1-B1)	18	194595,25	940613,60	287,34	73,69	125	1"
		30	194475,24	941185,12	267,62	73,69	125	1"
	Ramal Principal LAG1-B2	8	195628,13	939160,91	336,76	488,18	400	2"
		13	195708,9	938672,75	343,328	327,318	355	2"
		16	196218,70	938566,29	344,78	174,93	315	1"
28		194878,17	941775,70	258,41	26,41	75	1"	
Sector II	Ramal Principal LAG2	10	195717,57	938627,89	344,52	171,00	250	1"
		18	195849,05	937817,32	363,39	81,61	160	1"
Sector III	Ramal Principal LAG3	5	196764,97	938450,56	344,70	23,53	90	1"
Sector IV	Ramal Principal LAG4	16	196009,03	939515,91	329,37	492,56	355	2"
		35	195786,82	940083,99	312,88	433,58	355	2"
		48	195424,29	940569,83	299,12	325,56	315	2"
		55	195468,32	941209,56	281,49	200,12	250	2"
	Ramal 1 (del Princ..LAG4)	5	196695,40	939882,76	321,65	26,84	90	1"
	Ramal 2 (del Princ..LAG4)	7	196358,62	940529,40	301,00	5,15	40	1"
	Ramal 3 (del Princ..LAG4)	6	196215,54	939165,55	331,20	30,38	110	1"
Sector V	Ramal Principal LAG5	1	195850,61	940066,15	312,81	281,99	315	2"
		12	195394,37	940428,97	301,64	281,99	250	2"
		23	195472,24	941173,74	282,24	261,60	250	2"
		37	195453,09	941819,93	264,44	143,84	200	1"
	Ramal 1 (del Princ..LAG5)	5	195722,91	941297,91	279,93	63,02	125	1"
	Ramal 2 (del Princ..LAG5)	4	195462,49	942064,77	255,24	25,42	75	1"

10.2.2. Válvulas de aislamiento

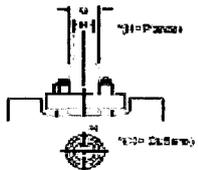
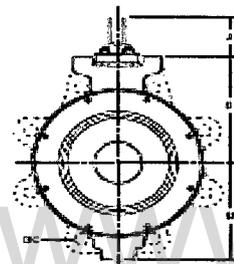
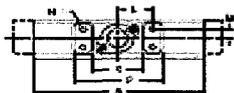
En las redes de distribución se colocarán Válvulas de mariposa BRAY, tipo Wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, vástago en acero inoxidable, asiento de EPDM intercambiable, actuador de palanca y caja reductora con volante.

Se instalarán estas válvulas en la entrada de cada parcela. La localización de estas válvulas se presentan en los Mapas del Trazado en Planta del Anexo XV y en los Planos de Perfil Longitudinal del Anexo XVII, las características de estos equipos se presentan en las Figuras 10.7 y 10.8.



Figura 10.7. Válvulas de Mariposa marca BRAY

DIMENSIONES



*Las medidas de diámetro en esta sección se refieren a 1/2" a 1 1/2" clase 150, de 1 1/2" a 1 1/2" clase 300 y de 2" a 1 1/2" clase 600.

ANSI 150 Serie 40

Tamaño de la válvula Size (inches)	A	B	C	D	E	F	G	H*	J	K	L	M	N	Escala de los centros de la válvula Scale of the valve centers			Serie 40	Serie 41		
														BC	EF	KL				
2 1/2	95	4.75	1.88	2.28	3.00	4.29	3.81	.63	.43	3.34	2.44	1.88	.38	3/4-12	5.60	4	3/4-11	13	19	
3	90	5.25	1.88	2.66	3.25	4.54	3.81	.63	.43	3.34	2.44	1.88	.38	3/4-12	6.00	4	3/4-11	15	19	
4	100	5.72	2.03	3.72	4.39	5.41	3.81	.63	.43	3.34	2.44	1.88	.38	3/4-12	7.50	6	3/4-11	20	28	
5	125	7.62	2.29	4.83	5.07	5.12	4.32	.75	.51	3.63	—	1.75	.50	3/4-16	8.50	8	3/4-10	25	39	
6	150	8.62	2.23	5.88	5.67	5.62	4.32	.75	.51	3.63	—	1.75	.50	3/4-16	9.50	8	3/4-10	30	44	
8	200	10.91	2.40	7.60	6.94	7.12	4.29	.87	.63	3.63	—	1.75	.50	3/4-16	11.75	8	3/4-10	45	67	
10	250	13.08	2.75	9.78	8.65	8.47	5.50	1.13	.87	4.29	—	2.15	.56	3/4-19	14.25	12	1 1/8-8	75	105	
12	300	15.42	3.03	11.74	10.19	9.97	5.50	1.13	.87	4.29	—	2.15	.56	3/4-19	17.00	12	1 1/8-8	115	163	
14	350	17.27	3.73	12.93	11.38	11.00	7.75	1.39	1.39	5.00	2.62	3.13	.69	3/4-11	18.75	12	1-8	202	262	
15	400	19.50	4.11	14.65	12.94	16.75	13.38	1.57	1.57	5.00	7.12	4.29	1.00	3/4-10	20.25	16	1-8	290	378	
18	450	21.38	4.51	15.97	14.15	19.00	13.38	1.97	1.97	5.00	7.12	4.29	1.00	3/4-10	22.75	16	1 1/8-8	362	478	
20	500	23.62	5.03	18.25	15.26	21.75	13.38	2.50	2.50	5.00	7.12	4.29	1.00	3/4-10	25.00	20	1 1/8-8	540	755	
24	600	27.95	6.00	22.72	18.21	24.25	15.38	3.00	3.00	7.50	4.75	11.25	1.50	1-8	29.00	20	1 1/8-8	992	1183	
30	750	34.50	7.50	29.25	21.12	27.50	19.50	3.50	3.50	8.00	6.00	—	4.50	2.00	1 1/8-7	36.00	28	1 1/8-8	1522	1691
36	900	43.25	8.25	35.00	25.25	27.48	12.75	3.75	3.75	8.00	7.00	—	5.25	2.50	1 1/8-7	42.75	32	1 1/8-8	1980	2405
42	1050	55.00	9.51	43.00	33.00	43.25	13.50	4.50	4.50	8.00	8.00	—	6.00	3.00	1 1/8-6	48.25	35	1 1/8-8	2706	4222

ANSI 300 Serie 42

Tamaño de la válvula Size (inches)	A	B	C	D	E	F	G	H*	J	K	L	M	N	Escala de los centros de la válvula Scale of the valve centers			Serie 42	Serie 43		
														BC	EF	KL				
2 1/2	95	4.75	1.88	2.28	3.00	4.29	3.81	.63	.43	3.34	2.44	1.88	.38	3/4-12	5.95	6	3/4-10	13	19	
3	90	5.25	1.88	2.66	3.25	4.54	3.81	.63	.43	3.34	2.44	1.88	.38	3/4-12	6.35	6	3/4-10	15	19	
4	100	5.72	2.03	3.72	4.39	5.41	3.81	.63	.43	3.34	2.44	1.88	.38	3/4-12	7.95	6	3/4-10	20	28	
5	125	8.25	2.23	4.82	5.07	5.53	4.32	.75	.51	3.63	—	1.75	.50	3/4-16	9.25	8	3/4-10	25	39	
6	150	8.85	2.42	5.68	6.25	6.37	4.25	.87	.53	3.63	—	1.75	.50	3/4-16	10.52	12	3/4-10	34	61	
8	200	10.94	2.82	7.46	7.55	7.72	5.50	1.13	.87	4.29	—	2.15	.56	3/4-19	13.00	12	3/4-8	55	103	
10	250	13.26	3.28	9.32	9.25	9.10	5.50	1.39	1.39	5.00	4.29	—	2.15	.56	3/4-19	15.25	16	1-8	100	162
12	300	15.42	3.62	11.20	10.69	13.00	7.75	1.39	1.39	5.00	—	3.13	.69	3/4-10	17.75	16	1 1/8-8	162	248	
14	350	17.75	4.32	12.93	11.95	14.00	7.75	1.97	1.97	5.00	—	3.50	1.41	3/4-10	20.25	20	1 1/8-8	352	410	
15	400	20.31	5.55	15.25	18.08	15.70	9.00	2.00	2.00	5.00	—	3.62	1.25	3/4-8	22.50	20	1 1/8-8	538	673	
18	450	21.55	5.95	15.25	15.90	15.38	9.75	2.50	2.50	5.00	—	4.00	1.89	3/4-8	24.75	24	1 1/8-8	648	815	
20	500	24.32	6.35	17.53	20.32	17.51	11.00	3.00	3.00	7.50	5.00	—	4.50	2.00	1-8	27.00	24	1 1/8-8	840	1023
24	600	29.23	7.22	21.58	15.98	24.28	15.90	3.50	3.50	8.00	5.00	—	5.00	2.25	1 1/8-7	32.00	24	1 1/8-8	1362	1629
30	750	35.37	8.85	25.00	25.70	25.20	15.00	4.50	4.00	8.00	7.00	—	6.00	3.00	1 1/8-6	39.25	28	1 1/8-8	1750	2250
36	900	43.75	10.57	33.88	28.00	32.26	12.75	5.00	2.50	8.00	14.10	—	6.00	3.00	1 1/8-6	46.00	32	1-8	2700	4200

ANSI 600 Serie 44

Tamaño de la válvula Size (inches)	A	B	C	D	E	F	G	H*	J	K	L	M	N	Escala de los centros de la válvula Scale of the valve centers			Serie 44	Serie 45	
														BC	EF	KL			
30	80	5.75	2.30	2.50	5.90	5.25	4.37	.75	.51	3.63	2.62	1.75	.50	3/4-16	3.62	9	3/4-10	24	38
40	100	7.00	2.77	3.60	6.95	7.29	5.00	1.00	.63	3.63	3.06	2.00	.75	3/4-16	5.00	9	3/4-8	33	40
50	150	9.75	3.34	5.75	8.40	8.57	5.75	1.25	.87	4.27	3.38	2.25	1.00	3/4-19	11.52	12	1-8	80	103
60	200	12.00	4.23	7.62	10.40	9.25	7.12	1.75	1.39	5.00	4.00	2.81	1.25	3/4-11	13.75	12	1 1/8-8	157	155
10	250	14.17	4.82	9.75	14.38	11.68	8.50	2.00	1.97	5.50	4.62	3.50	1.41	3/4-10	17.00	15	1 1/8-8	295	325
12	300	16.50	5.59	11.39	15.04	13.22	9.00	2.25	1.97	6.50	5.00	3.62	1.69	3/4-8	19.25	20	1 1/8-8	375	452
14	350	19.20	6.05	12.50	17.74	14.67	9.75	2.50	2.00	7.50	5.25	4.00	1.69	3/4-6	23.75	20	1 1/8-8	495	659

Las dimensiones están en pulgadas y los pesos en lbs.

Nota: Para el montaje de los actuadores y los operadores manuales las dimensiones están únicamente como referencia. Consulte a la fábrica para el tamaño exacto. Bray se reserva el derecho de cambiar las dimensiones del producto sin previo aviso.

Figura 10.8. Característica de la válvula de mariposa marca BRAY

10.2.3. Válvulas de limpieza

El dimensionamiento de las válvulas de limpieza (diámetros de descarga) está relacionado con el tiempo de vaciado, de forma que este periodo resulte razonablemente corto, bajo el entendido que será una fracción importante del tiempo de suspensión del servicio de conducción. Se colocarán válvulas de mariposa BRAY, con mando de palanca en puntos bajos de las tuberías de conducción, alojándose en el interior de una tanquilla. Los puntos de conexión sobre los que se instalan estos accesorios se presentan en la Tabla 10.12 y en los Planos de Perfil Longitudinal del Anexo XVII.

Tabla 10.12. Ubicación de las válvulas de limpieza, tipo mariposa, marca BRAY.

Sector	Ramal	Punto	Coordenadas		Cota (m.s.n.m)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro Tubería (mm)	Diámetro Válvula
			Este	Norte				
Aducción	Tanque- LAG1	2	194520,31	940428,42	254,17	900	500	8"
		11	194740,20	940287,14	296,62	900	500	8"
		19	194858,52	940049,58	303,29	900	500	8"
		29	195423,63	939836,15	315,94	900	500	8"
Sector I	Ramal Principal LAG1-B1	1	195846,24	939608,40	324,21	478,26	315	6"
	Ramal 3 (del Princ.LAG1- B1	3	194858,52	940049,58	303,29	113,12	160	3"
Sector III	Ramal Principal LAG3	1	196543,97	938487,18	342,26	24,12	90	2"
Sector IV	Ramal 1 (del Princ.LAG4)	11	196747,00	940360,49	305,84	5,26	50	1"
	Ramal 2 (del Princ.LAG4)	11	196394,74	940816,80	287,49	2,67	40	1"
		22	196425,43	941114,58	282,59	2,67	32	1"

10.2.4. Válvulas de control antirotura

Todos los sistemas de agua están expuestos a las roturas, ya sea por problemas de hidráulica o de instalación, o a raíz de daños mecánicos externos. Las válvulas de control antirotura aíslan la zona afectada hasta la reposición manual, a fin de minimizar el desperdicio de agua, la erosión del terreno y los daños que podrían afectar a los caminos y estructuras.

La válvula antirotura considerada es marca BERMAD, modelo 790-M; esta es una válvula de control de operación hidráulica, activada por diafragma, que al percibir caudales mayores que los prefijados, se cierra herméticamente hasta que se la reponga manualmente. Mientras el caudal sea menor que el máximo predefinido, la válvula permanece completamente abierta, minimizando la pérdida de carga. La Figura 10.9 presenta las características técnicas de esta válvula.

BERMAD Waterworks

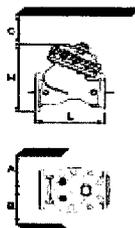


700 SERIES
Model 790-M

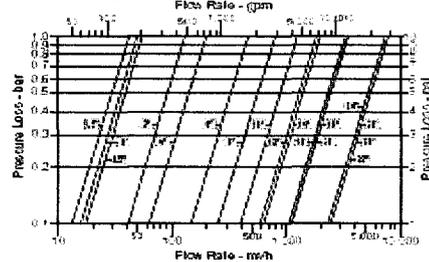
Technical Data

Dimensions and Weights

Size	A	B	C	D	E	F	G	H	Weight	
mm (inch)	kg (lb)	kg (lb)								
40	115	250	14	100	7	205	5.1	238	0.4	0.1 20
50	2	250	14	100	7	210	5.3	244	0.8	10.6 23
65	25	250	14	100	7	222	5.7	257	10.1	12 29
80	3	270	15	230	8	250	6.2	305	12.0	22 40
100	4	325	15	275	11	320	12.2	350	14.4	37 53
150	6	430	17	365	12	415	16.2	482	12.4	77 103
200	8	475	19	460	15	500	18.7	584	23.0	125 278
250	10	520	21	500	22	555	22.0	724	23.5	217 478
300	12	545	22	535	27	725	29.2	840	31.1	570 618
350	14	545	22	535	27	730	29.2	850	34.1	301 842
400	15	545	22	535	25	650	26.0	1125	43.0	845 1322
450	15	545	22	535	25	1030	29.4	1125	44.4	845 1322
500	20	545	22	535	25	1120	43.3	1125	45.0	562 1231



Flow Chart



Base for Height: Standard FN18 valves
 Weight is for FN18 base; Valve
 "C" includes nuts and the actuator in one unit
 "C" standard height outside
 For more dimensions and weights table, refer to Engineering Section

Main Valve

Valve Pattern: "Y" (global) & angle
 Size Range: 1 1/2"-32" (40-800 mm)
 End Connections (Pressure Rating):
 Flanged: ISO PN16, PN25
 (ANSI Class 150, 300)
 Threaded: BSP or NPT
 Others: Available on request
 Working Temperature:
 Water up to 35°C (100°F)
 Standard Materials:
 Body & Actuator: Ductile Iron
 Internals:
 Stainless Steel, Bronze & coated Steel
 Diaphragm:
 NBR Nylon fabric-reinforced
 Seal: NBR
 Coating:
 Fusion Bonded Epoxy, RAL 5005 (Blue)
 NSF & WRAS approved or Electrostatic
 Polymer Powder, RAL 6007 (Green)

Control System

Standard Materials:
 Accessories:
 Bronze, Brass, Stainless Steel & NBR
 Tubing: Copper or Stainless Steel
 Fittings: Forged Brass or Stainless Steel
 Pilot Standard Materials:
 Body: Brass, Bronze or Stainless Steel
 Diaphragm covers: Fusion bonded epoxy
 coated steel
 Elastomer: NBR
 Springs: Stainless Steel
 Internals: Stainless Steel

Pilot Valve Selection

Valve Size	PN	15	25	40	65	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1 1/2-1 1/4"	16													
40-250 mm	25													
16-32"	16													
400-800 mm	25													

*Base are modified to fit standard bronze setting model "C".

How to Order

Please specify the requested valve in the following sequence; for more options, refer to Ordering Guide

Sector	Size	Primary Feature	Additional Feature	Pattern	Body Material	End Connections	Coating	Valve & Position	Tubing & Fittings	Additional Attributes
WW	6"	790	00	Y	C	16	EB	-	CB	M
Waterworks	1 1/2" - 32"	Ball Control	Global (up to 20°) Angle (up to 15°) Global (24-32" only)	Y A G	Ductile Iron Standard Cast Steel St. Steel 316 Nickel Alumin. Bronze	Epoxy/PE Blue Polyester Green Polyester Blue Uncoated	EB PG FB UC	Copper Tubing & Brass Fittings Plastic Tubing & Brass Fittings St. St. 316 Tubing & Fittings	CB FE NN	M F U J N T O R E
No Additional Feature			00			24VAC/50Hz - N.C.	44C		Flow Stop	
Clacking and Opening Speed Control			08			24VAC/50Hz - N.O.	44C		Large Control Filter	
Check Valve			20			24VDC - N.C.	40C		Orifice Assembly	
Solenoid Controlled & Check Valve			25			24VDC - N.O.	40C		Filter Tube	
Hydraulic Remote Controlled			30			24VDC - L.P.	40P		St. St. 316 Control Accessories	
Solenoid Controlled			35			220VAC/50-60Hz N.C.	24C		St. St. 316 Internal Trim (Closure & Seal)	
Electric Operated			39			220VAC/50-60Hz N.C.	24C		St. St. 316 Actuator Internal Assembly	
						24VDC/50-60Hz N.C.	24C		Delta Sealing	
						24VDC/50-60Hz N.C.	24C		Worm Actuators for Seals & Diaphragm	

Figura 10.9. Características técnicas de la válvula de control antirotura

Debido a que la zona de riego presenta una topografía relativamente plana y con drenajes superficiales naturales bien definidos, y no se cuenta con infraestructura que se pueda poner en riesgo, se consideró la colocación de una sola válvula de control antirotura, ubicada en el cruce de la tubería de aducción sobre la carretera principal que une el asentamiento santa Lucía con el sector Caño Tigre. El punto considerado para la instalación de esta válvula se presenta en la Tabla 10.13.

Tabla 10.13. Punto de ubicación y diámetro de la válvula antirotura

Sector	Ramal	Punto	Coordenadas		Cota (m.s.n.m.)	Caudal (m ³ /h)	Diámetro Tubería (mm)	Diámetro Válvula
			Este	Norte				
Aducción	Tanque- LAG1	24	194.923,49	940.010,08	308,40	900	500	12"

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 11

TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y SISTEMAS DE BOMBEO

11.1. TANQUE AUSTRALIANO

11.1.1. Instalación

Se prevén a continuación sugerencias para asegurar que el tanque sea instalado bajo lineamientos específicos, garantizando así la resistencia y durabilidad del mismo.

Se instalará un tanque australiano de acero galvanizado, sin fondo metálico diseñado especialmente para el almacenamiento de agua para riego. Está fabricado con láminas de acero corrugado galvanizado en caliente, calibre 12, con una capacidad de almacenamiento de 1.419.718, 00 litros, del tipo TAB-26-23, localizado en las coordenadas E-194.444,63, N-194.428,27.

- ***Preparación del Terreno***

- Limpiar y nivelar el terreno, replanteándolo en un área igual al diámetro más 2 metros.
- En terrenos arcillosos o rocosos se debe rellenar al menos 20 cm, compactándolo hasta obtener un proctor 85% como mínimo.
- Se clavará una estaca de 50 cm que servirá como centro del tanque. Desde este punto con una cuerda rígida, describir una circunferencia según radio elegido.
- Cavar una zanja trapezoidal para viga anticizalla de soporte del anillo, a lo largo del perímetro marcado.
- La losa de concreto del piso debe llevar un colchón de piedra picada N° 1, de 10 cm de espesor como mínimo, el cual además de servir de soporte de la losa, proveerá el subdrenaje necesario de la misma. (Ver planos de detalle del tanque Anexo XVI).

- ***Tuberías de Servicio***

Las tuberías de servicio al tanque deben colocarse en la losa, debajo de la malla de cabillas, arriñadas en concreto pobre, de acuerdo a los planos.

Las tuberías de servicio son:

- Un tubo de rebose de igual diámetro que el de la tubería de succión, colocado a una altura inferior en 20 cm a la altura de los anillos del tanque.
- Tuberías de succión hacia las bombas, a 15 cm del nivel de la losa, con diámetro acorde al diámetro de succión de la bomba.
- Tuberías de desagüe y limpieza colocadas a nivel de la losa.

- ***Instalación de la Estructura Metálica del Tanque***

- En zanja perimetral, para viga anticizalla, se colocará una armadura circular que consiste en 4 cabillas de 5/8", unidas por estribos de 3/8", cada 20 cm, en la forma mostrada en los planos.
- Sobre el nivel de la losa, pero ubicada entre el brocal y el primer anillo, se construirá una zapata perimetral con la finalidad de evitar el cizallamiento del acero, producido por el peso y el movimiento de la columna de agua, con las mismas características de la viga anticizalla que sostiene el primer anillo, pero con estribos cuadrados.
- Instalar la armadura de la losa, que consiste en malla de cabillas de 1/2" de diámetro como mínimo y de cuadros de 20cm x 20cm, con 7 cm de recubrimiento.
- Instalar malla trucson de 6" x 6" como acero de retracción, con 5 cm de recubrimiento.
- Instalar el primer anillo del tanque uniendo las láminas con los accesorios (sellador IGAS negro, pernos, tuercas y arandelas). Para realizar esta actividad es necesario preparar previamente las arandelas colocándole a cada una IGAS negro en forma de aros, por la parte que entra en contacto con las láminas. Luego se prepara cada perno, el cual debe llevar una tuerca y dos arandelas de las ya preparadas.
Por último se "amasan rollitos" de unos 25 cm de largo de IGAS negro, los cuales se colocarán en las juntas de las láminas, todo esto con la finalidad de evitar filtraciones entre las juntas de las láminas y en los orificios por donde pasan los tornillos.

- ***Vaciado de la Losa de Piso***

- Antes de vaciar la losa es recomendable revestir el primer anillo por fuera con asfalto líquido. Esto tiene por finalidad evitar la corrosión prematura de la orilla inferior externa, susceptible al contacto con aguas contaminadas con medios ácidos o salinos, especialmente con orines de perros y/o humanos.

La losa de concreto debe ser monolítica. El concreto debe ser diseñado para una resistencia de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$, el cual debe tener un aditivo impermeabilizante, tal como un hidrófugo SIKALITE que prevenga las filtraciones internas en la losa.

- El fraguado debe ser natural, no se recomienda usar aditivos aceleradores.
- En la parte inferior interna, entre las láminas y la losa, se recomienda abrir una zanja pequeña de aproximadamente 1" de ancho y 1" de espesor para aplicar sellador SIKAGRAUNT 101-102 como mortero de unión entre la lámina y la losa con el fin de evitar fugas por dilatación y contracción de los materiales.
- Por el lado externo del tanque se deberá construir una acera perimetral (brocal) de 1 metro de ancho y 0,30 m de alto, se incluye en este vaciado la zapata perimetral.

Los detalles del tanque australiano, para la transferencia del agua desde la toma a las lagunas de almacenamiento, se presentan en el plano del Anexo XVI.

11.2. SISTEMAS DE BOMBEO

La tubería de aducción considerada en el presente estudio, ha sido concebida para llevar el agua en forma presurizada a las distintas lagunas, que tienen una posición altimétrica más elevada, a través de una estación de bombeo ubicada en la margen derecha del río Escalante.

Asimismo, desde cada una de las lagunas se abastecerá de agua a cada uno de los cinco sectores en que ha sido dividida el área de riego; la presurización de las tuberías de la red de distribución se hará también a través de estaciones de bombeo que se ubicarán en las orillas de éstas o en balsas flotantes.

Estos equipos mecánicos son comúnmente usados para elevar el agua desde una cota a otra elevación mayor o para añadir presión al agua en la tubería.

Los sistemas de agua cuya operación tiene un gran requerimiento de carga y/o caudal, para la estación de bombeo, requieren a menudo la instalación de bombas operando en paralelo o en serie, para obtener la mejor eficiencia.

Las características de carga-caudal de instalación de bombas múltiples, se obtienen combinando las características de las unidades individuales y al tratarse de bombas en paralelo, los caudales se sumarán para el mismo valor de carga.

Después de analizar el sistema para conocer a que tipo corresponde, el siguiente paso será el seleccionar la bomba centrífuga que se ajuste a la capacidad necesaria en este sistema.

11.2.1. Selección de las bombas

Conociendo las amplias variaciones de curvas características disponibles, para un mismo tipo de bomba, se comunicó las necesidades a los fabricantes y distribuidores en el país, para poder así seleccionar correctamente el equipo que trabajará de acuerdo con los requisitos originales.

Como se mencionó en capítulos anteriores, el sistema de distribución se dividió en cinco sectores, correspondiendo cada uno de ellos a la laguna correspondiente.

En la obra de toma en el río Escalante, se ubicará un tanque de almacenamiento y relevo del agua hacia las diferentes lagunas, que se encuentran a una elevación mayor.

También como se mencionó anteriormente, este almacenamiento es un Tanque Australiano de tres anillos, el modelo seleccionado es el TAB-26-3 de 1.419.718 litros.

En cada una de las lagunas, se ubicó una estación de bombeo que está compuesta por una o dos unidades de acuerdo a los requerimientos de carga y caudal.

Las bombas seleccionadas son de la Marca **MALMEDI**. Los modelos seleccionados son AZ y VVKL. Las características, dimensiones y curvas de potencia de la Línea AZ se presentan en las Figuras 11.1, 11.2 y 11.3 respectivamente. Las curvas características de los modelos seleccionados de la Línea AZ se presentan en las Figuras 11.4 y 11.5. El conjunto de curvas características para los modelos VVKL se presentan en la Figura 11.6; las curvas características seleccionadas del modelo VVKL se presentan en las Figuras 11.7 y 11.8.

En la Tabla 11.1, se presentan los resultados del tipo, modelo, diámetro, número de impulsores y número de bombas requeridas por sector.

Las bombas deberán llevar el siguiente conjunto de dispositivos de protección y control: válvula de control de bombas con check hidráulico, válvula anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión, válvulas de servicio y ventosa combinada de doble acción.

11.2.2. Válvulas de control de bomba

Las estaciones de bombeo deberán llevar aguas debajo de la bomba una Válvula de Control de Bomba, Check, marca BERMAD, modelo 740-03.

La válvula de control de bombas impulsoras, modelo 740, es una válvula de retención activa de operación hidráulica, activada por diafragma, que se abre completamente o se cierra en respuesta a señales eléctricas. La válvula aísla a la bomba del sistema durante el arranque y la parada para evitar los efectos de la sobrepresión en la tubería.

En la Figura 11.9 se presentan las características de la válvula BERMAD 740-03.

Línea AZ

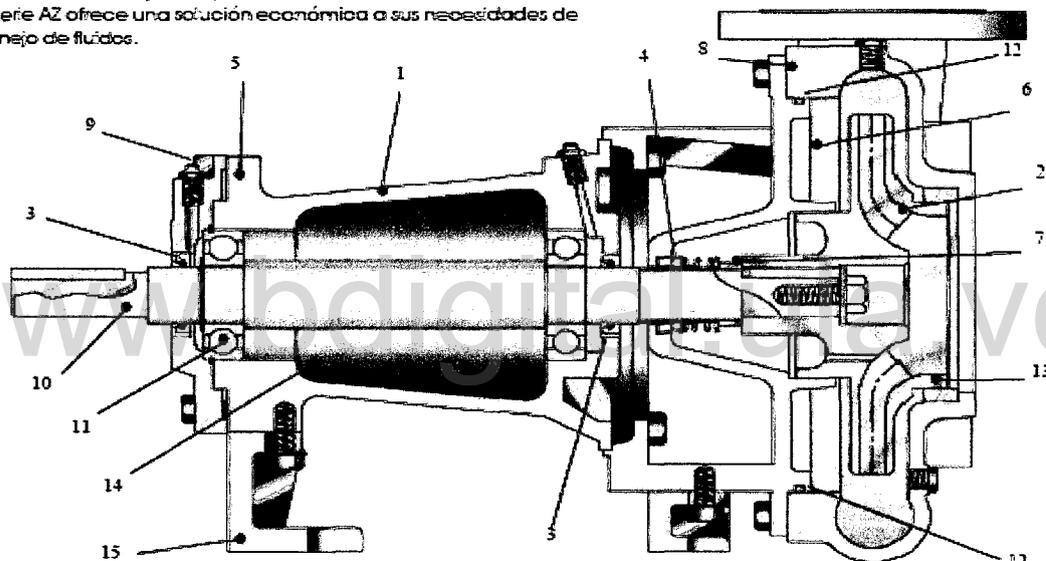
Un nuevo standard de performance en bombas

El mercado de bombas centrifugas continúa evolucionando para ofrecer mayores prestaciones y durabilidad a un menor costo, resultando en mayores beneficios para el usuario y la habilidad de manejar mayor variedad de líquidos con mayores presiones y temperaturas.

Para satisfacer al usuario, Hidramac-Malmeca continúa un proceso de continuas mejoras en sus diseños, para obtener mayores eficiencias y vida útil a través de mejores materiales y procesos.

Los nuevos diseños representan ventajas comparativas en modularidad, usando la mayor intercambiabilidad de piezas entre bombas de eje libre y monoblock.

La serie AZ ofrece una solución económica a sus necesidades de manejo de fluidos.



MODELO AZ

Standard - AZ Sello Mecánico

Roñeras reengrasables
Monoblock motor JMT/P
Impulsor en bronce o hierro
Casquillo en acero inoxidable.

Standard - AZ Estopero

Item Sello mecánico
Tapa estopero intercambiable
Estopa grafitada

Características Opcionales AZ:

Eje en acero inoxidable 316
Anillos de desgaste impulsor y tapa sello
Lubricación por aceite
Sellos mecánicos especiales
Construcción todo bronce
Tapa sello y estopero con refrigeración
Reductores de doble hélice para mayor empuje axial.
Impulsor cavierto

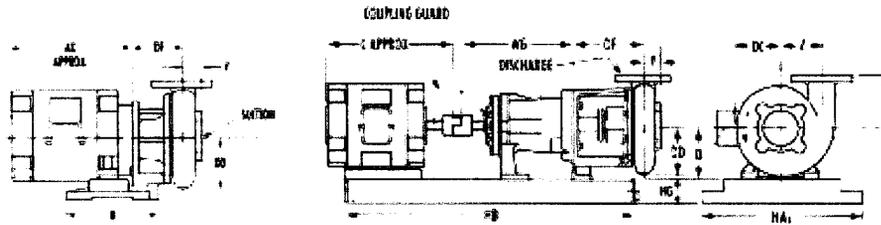
Características

1. Mecanizado de partes bajo normas ISO 9000 garantizan confiabilidad dimensional y concentricidad.
2. Impulsores cerrados fundidos con la mejor tecnología, balanceados dinámicamente.
3. Retenedores de aceite y sellos de neopreno protegen las roñeras durante la operación de la bomba.
4. Sello mecánico de carbono/cerámica montado sobre casquillo de acero inox., opción de Ni-Resist/Carbon/Viton para líquidos corrosivos/alta temperatura o caturo de ácido para líquidos abrasivos.
5. Soportes sobredimensionados e intercambiables pueden ser adaptados para aplicaciones más rigurosas.
6. Prueba hidráulica e hidrostática garantizan el correcto funcionamiento hidráulico, la estanqueidad de fundición y sello mecánico.

5. Diseño tipo back "pull-out" permite desmontaje de la parte rotativa sin mover tubería de succión o descarga.
9. Graseras de lubricación son de fácil acceso y lubricación por aceite disponible bajo pedido.
10. Eje de acero 1045 diseñado para minimizar deflexión, máximo 0.02".
11. Roñeras diseñadas con 3 años de vida mínima y 5 años de vida promedio. Lubricación por grasa standard.
12. Sellamiento de la carcasa via O-ring
13. Disponible con anillos de desgaste en la carcasa o en el impulsor. Campana trasera es standard a partir de 2" de descarga.
14. Soporte con amplio reservorio de aceite para lubricación por aceite a pedido.
15. Pie trasero provee apoyo longitudinal y transversal, diseñado para fácil desmontaje.

Figura 11.1. Características de la Línea AZ

Dimensiones AZ



Base	Peso Kg	HA	HB	HG	Frame	U	III	IV	AS5
Bx	23	350	800	65	Peso en Kg	16	37	40	74
B	27	350	900	65	D	7	133	159	-
Cu	37	440	780	77	CASE	11	-	178	159
Cx	44	500	850	71	BORE	12	-	178	159
C	50	600	1100	71		15	-	-	358
Dx	75	550	1180	75					
D	100	745	1300	75	WG	262	351	350	-
Ey	132	550	1150	89					
E	157	780	1637	75					
Ez	200	550	1690	89					

DIN	ANSI	X	Y	Z	DC	D	DD	AZ (DF)		Model AZF		Base Number						
								U	III o IVA	MOTOR	A	AG						
32-125A	1 1/4x1 1/2x5A	170	80			125	112	59	N/A	184T	24E	254						
32-160A-B	1 1/2x1 3/4x7A-B	133	62	105	125	132	132	121	N/A	5E	N/A	N/A	EX	N/A	N/A	N/A		
32-200A-B	1 1/2x1 3/4x9A-B	162	65	137	157	132	162	119	N/A	143T	24E	254	EX	N/A	N/A	N/A		
32-315A	1 1/2x1 3/4x12A	197	70	175	167	178	210	124	149									
40-125A	1 1/2x2x5A	155	65			115	120	115	N/A		19E	392						
40-160A-B	2x1 1/2x7A	137	64	110	130	132	137	122	N/A									
40-200A	1 1/2x1 1/2x9A	171	64	110	150	133	137	122	N/A	145T	24E	275	EX	Cu	N/A	N/A		
40-250A	1 1/2x1 1/2x11A	229	71	155	179	178	184	145	145	184T	24E	305	EX	Cu	N/A	N/A		
50-125A	2x2x5A	170	65			125	120	121	N/A		22U	392						
50-160A	2x2x7A	197	70	175	203	133	210	N/A	N/A	213T	257	358	EX	Cu	Cu	N/A		
50-200A	2x2x9A	178	48	144	165	159	175	124	149	254T	31E	432	N/A	Cx	Cx	N/A		
50-250A	2x3x11A	203	60	165	178	178	187	130	N/A	284T	34E	483	N/A	Cx	Cx	N/A		
50-315A	2x2 1/2x12A	210	50	185	205	215	210	132	150		40E							
65-125A	2 1/2x3x5A	R/O	R/O	R/O	R/O	R/O	R/O	R/O	R/O	R/O	R/O	R/O						
65-160A	2 1/2x3x7A	149	51	122	148	178	159	129	N/A	284TS	34E	433	N/A	Cx	Cx	N/A		
65-200A	2 1/2x3x9A	164	51	151	171	178	184	127	152	285T	34E	533	N/A	C	C	E		
65-250A	2 1/2x4x11A	165	57	160	160	210	155	123	158		360							
65-315A	2 1/2x3x12A	210	51	187	213	178	222	130	N/A	285TS	34E	533	N/A	Cx	Cx	N/A		
80-200A-B	3x4x9A	191	54	155	200	203	189	130	155	324T	40E	559	N/A	Dx	Dx	E		
80-250A	3x4x11A	229	70	175	192	203	208	138	N/A	324TS	40E	559	N/A	Dx	Dx	N/A		
80-315A	3x4x12A	215	54	192	214	203	227	140	165	325T	40E	584	N/A	Dx	Dx	E		
80-400E	3x4x16E	355	125	180	115	265	260	N/A	265		52E							
100-160A-B	4x4x7A	155	64	120	162	203	185	138	164	325TS	40E	584	N/A	Dx	Dx	N/A		
100-200A	4x5x9A	184	79	145	170	229	187	133	159	364T	457	584	N/A	Dx	Dx	E		
100-250A	4x5x11A	229	76	184	202	229	221	143	168	365T	457	610	N/A	N/A	N/A	E		
100-315A	4x5x12A	222	67	202	225	229	225	N/A	170	365TS	457	610	N/A	Dx	Dx	E		
100-400E	4x5x16E	330	145	200	90	270	250	N/A	195		52E							
125-200A	5x6x9A	180	75	180	180	235	220	N/A	170		43U	525						
125-250A	5x6x11A	229	79	205	221	254	257	152	178	404T	50E	650	N/A	N/A	N/A	Ez		
125-315A	5x6x12A	229	73	210	235	254	257	N/A	178	404TS	50E	650	N/A	Ey	Ey	Ez		
125-400E	5x6x16E	390	150	215	105	285	335	N/A	185		592							
150-200A	6x8x9A	210	55	175	203	254	229	140	165	405T	50E	685	N/A	N/A	N/A	Ez		
150-250A	6x8x11A	235	79	220	245	279	275	N/A	194	444TS	55E	762	N/A	N/A	N/A	Ez		
150-315A-B-C	6x8x12A-B-C	235	79	220	245	279	275	N/A	184	445TS	55E	813	N/A	N/A	N/A	Ez		

Nota: Las bombas ETA y Elanorm no conforman estas medidas, con respecto al plano dimensional.
Para las bombas AZF el Frame del motor (T, TS) cambia a JM.

Figura 11.2. Dimensiones de la Línea AZ

Curvas de Potencia

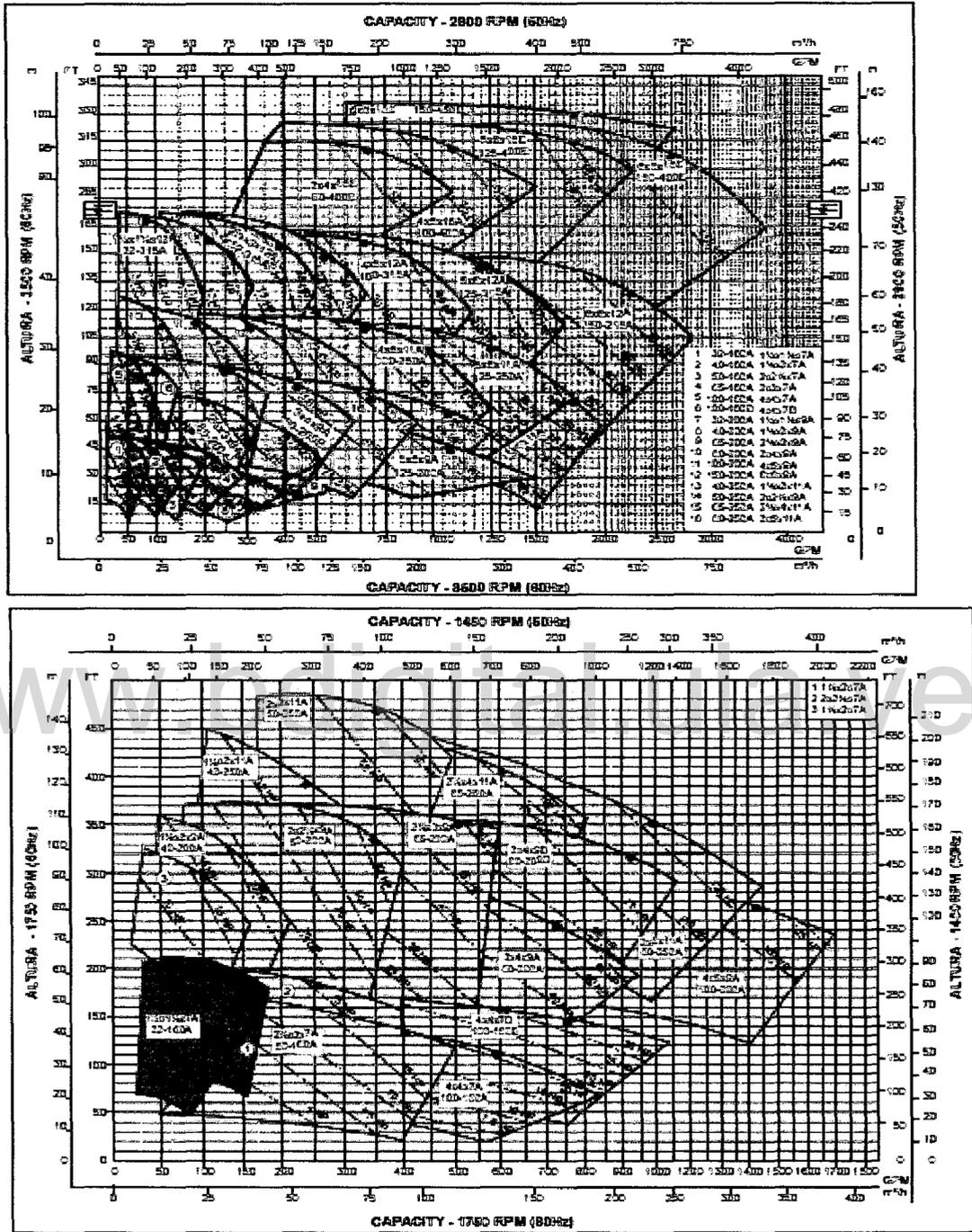
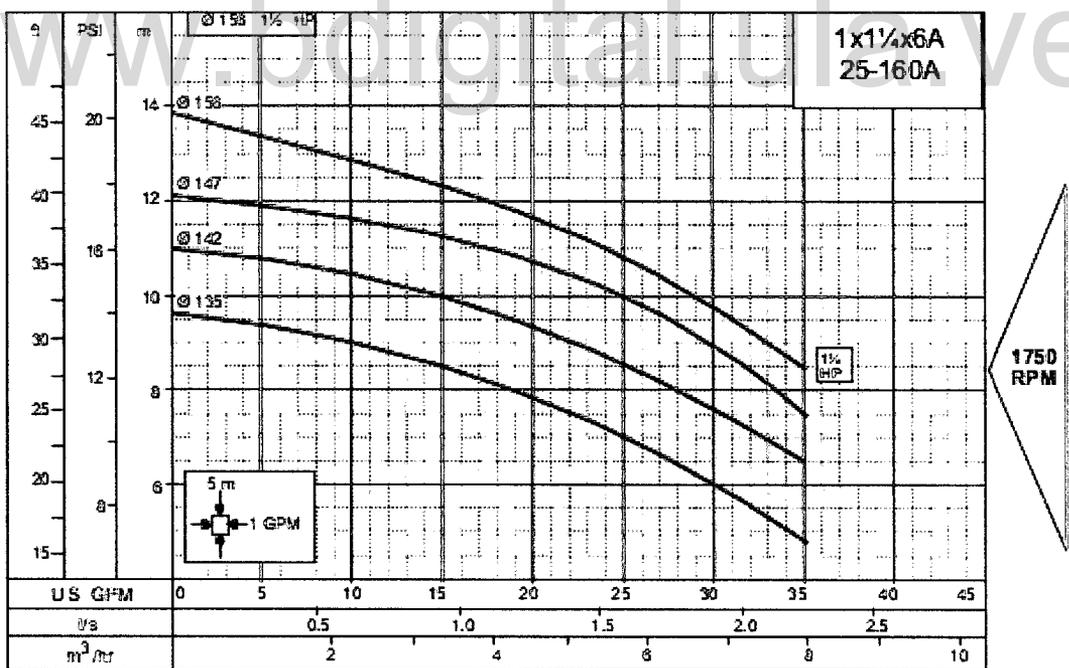
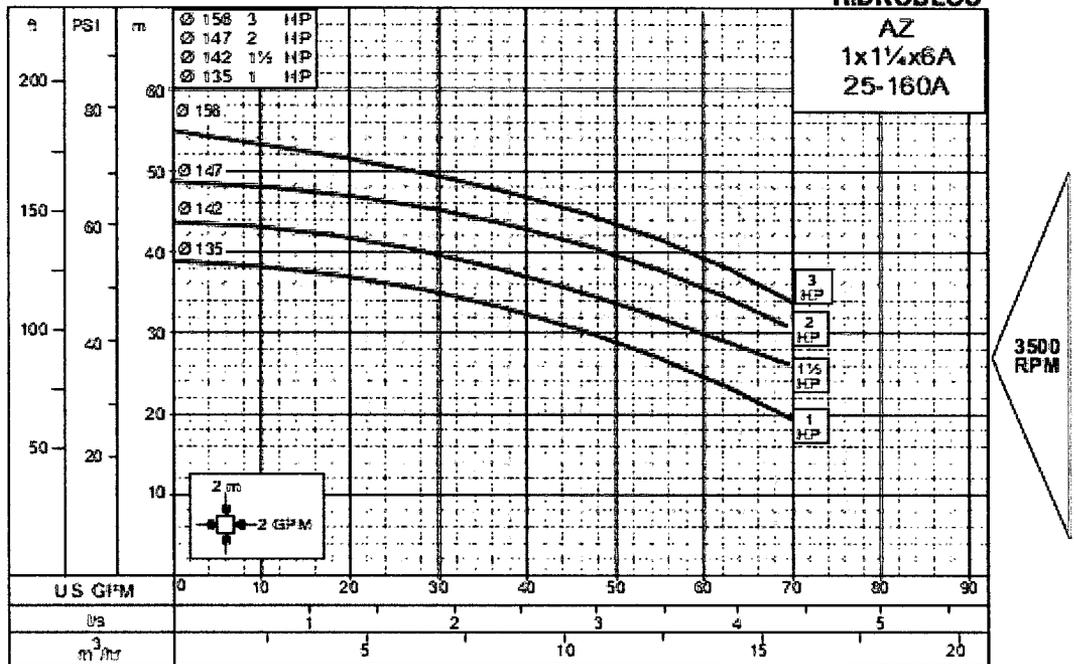


Figura 11.3. Conjunto de curvas características del modelo AZ

Modelo de Azos: Rán Edulho
 IPR: 4.0.08 11.08.08

HIDROMAC

MALMED
HIDROBLOC



Página: 2

Vigencia: 17/05/04

Figura 11.4. Curva característica del modelo 25-160^a

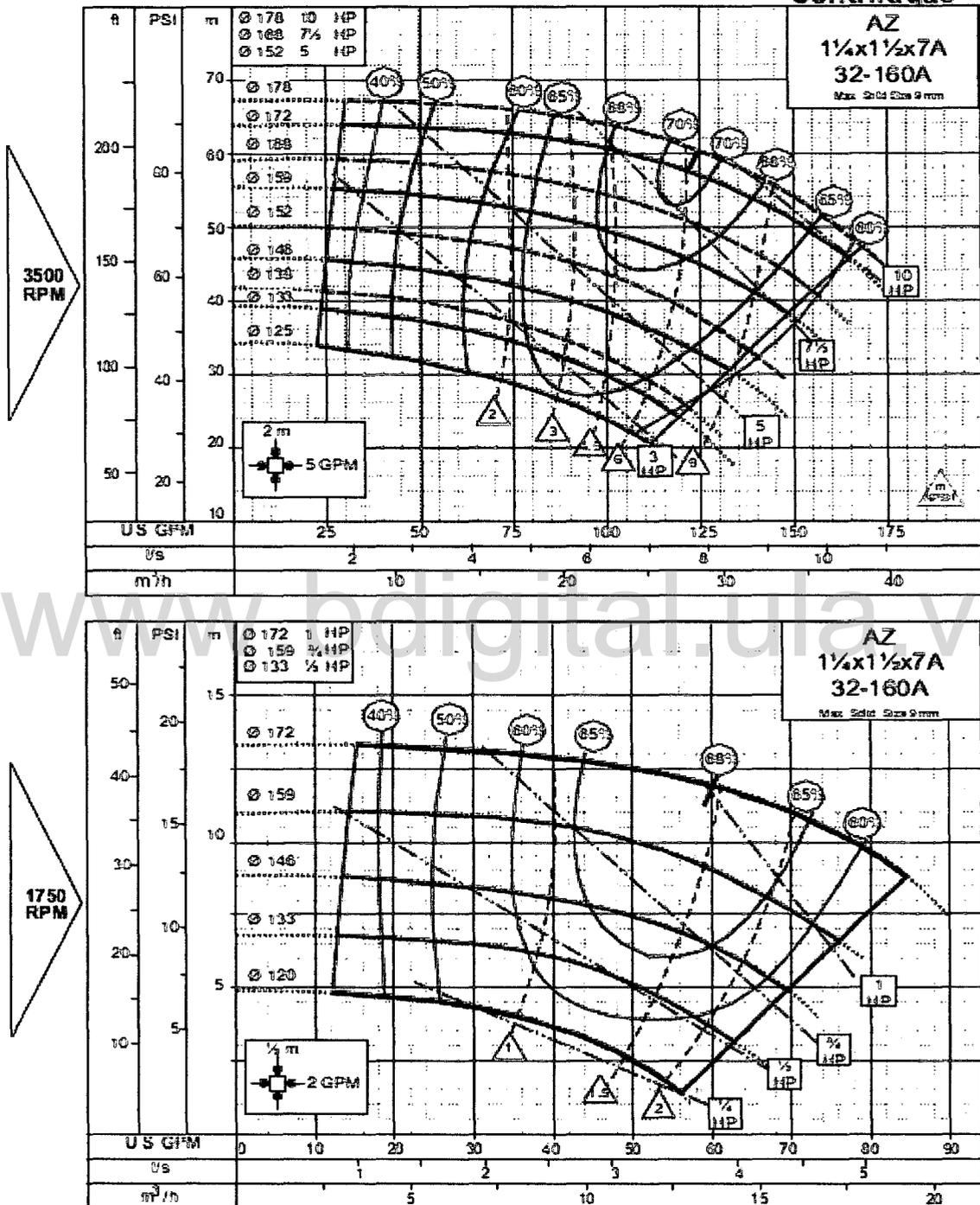


Figura 11.5. Curva característica del modelo 32-160^a

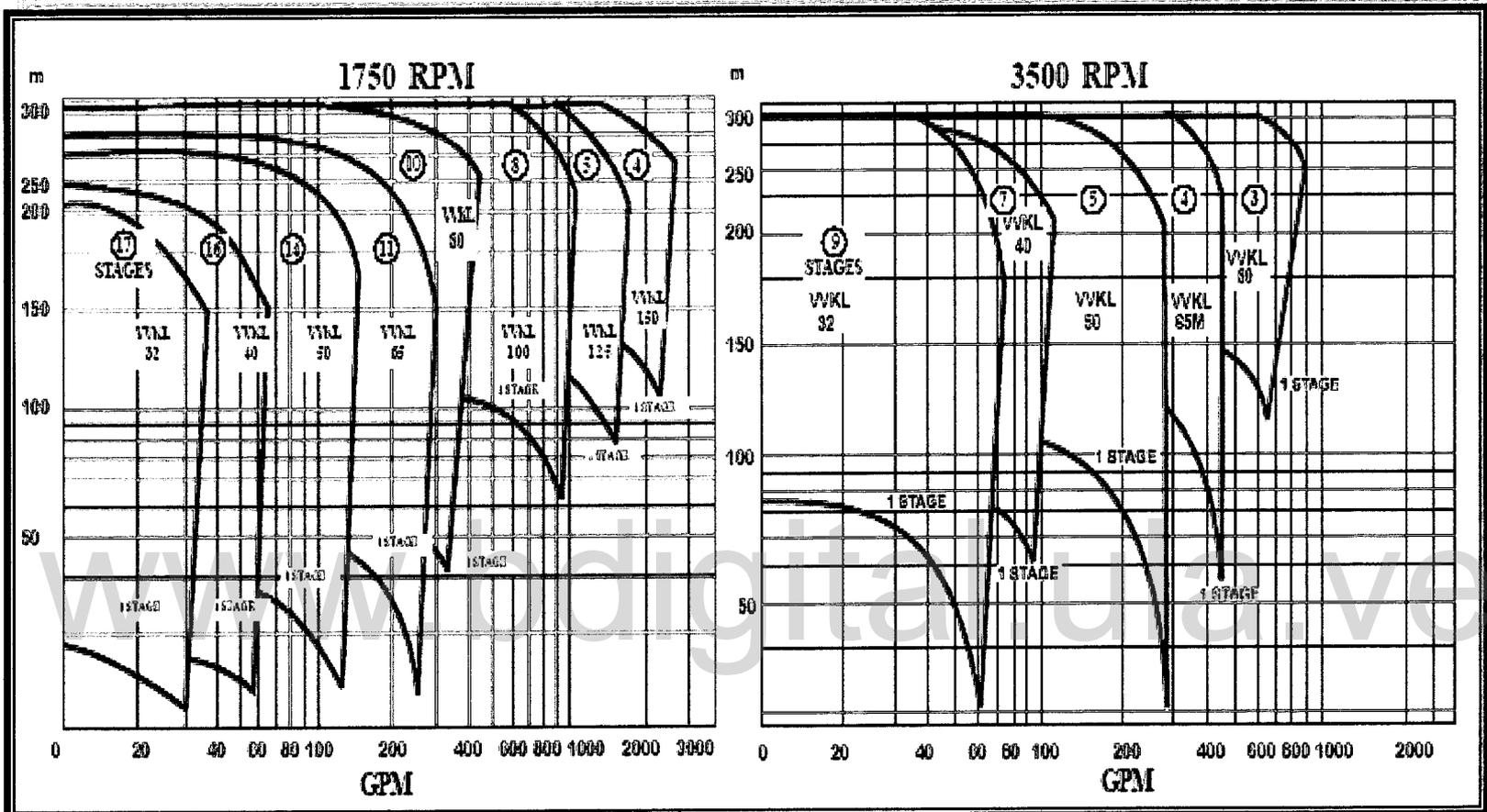


Figura 11.6. Conjunto de curvas características del modelo VVKL

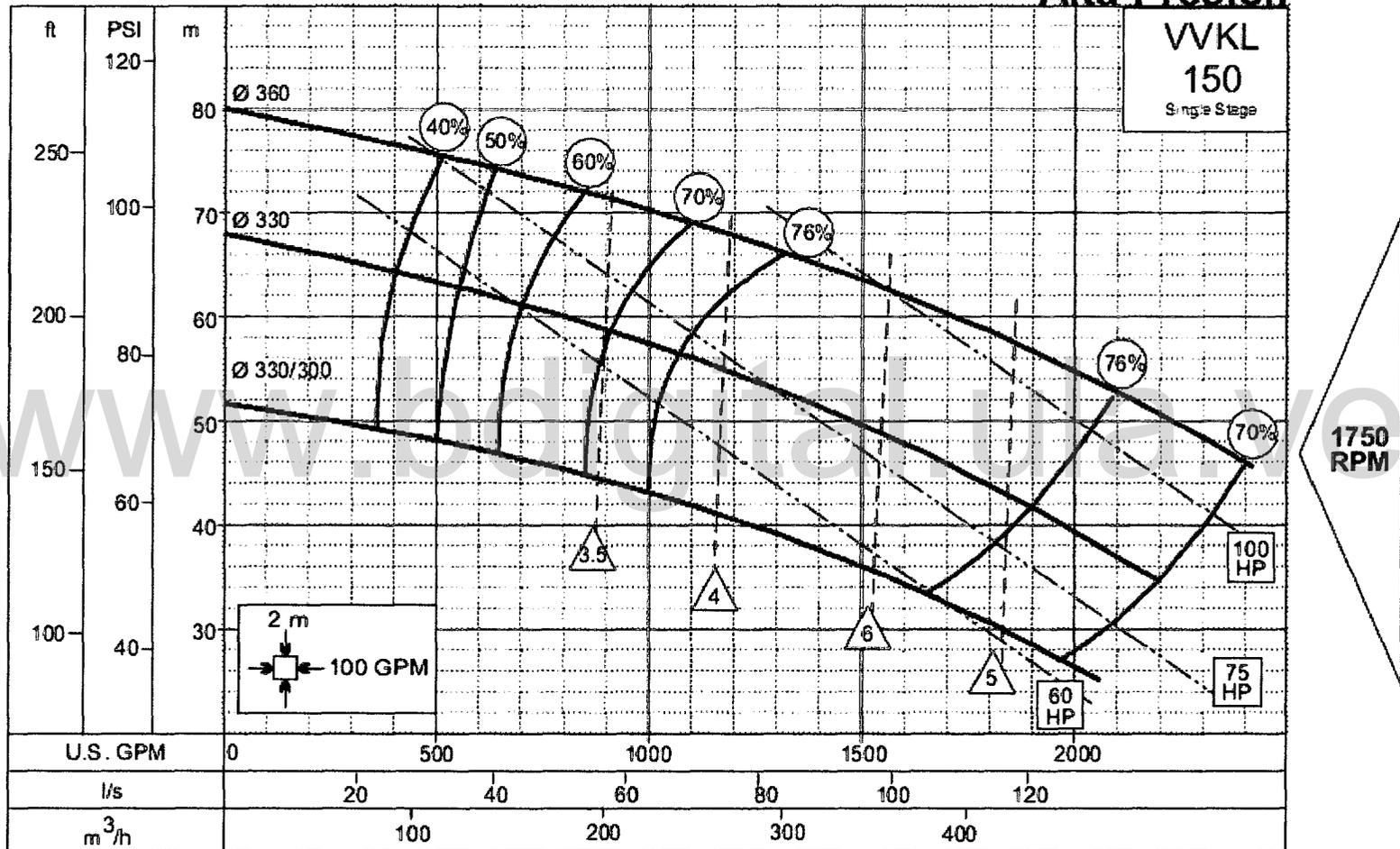


Figura 11.7. Curva característica de la bomba seleccionada, modelo VVKL 150

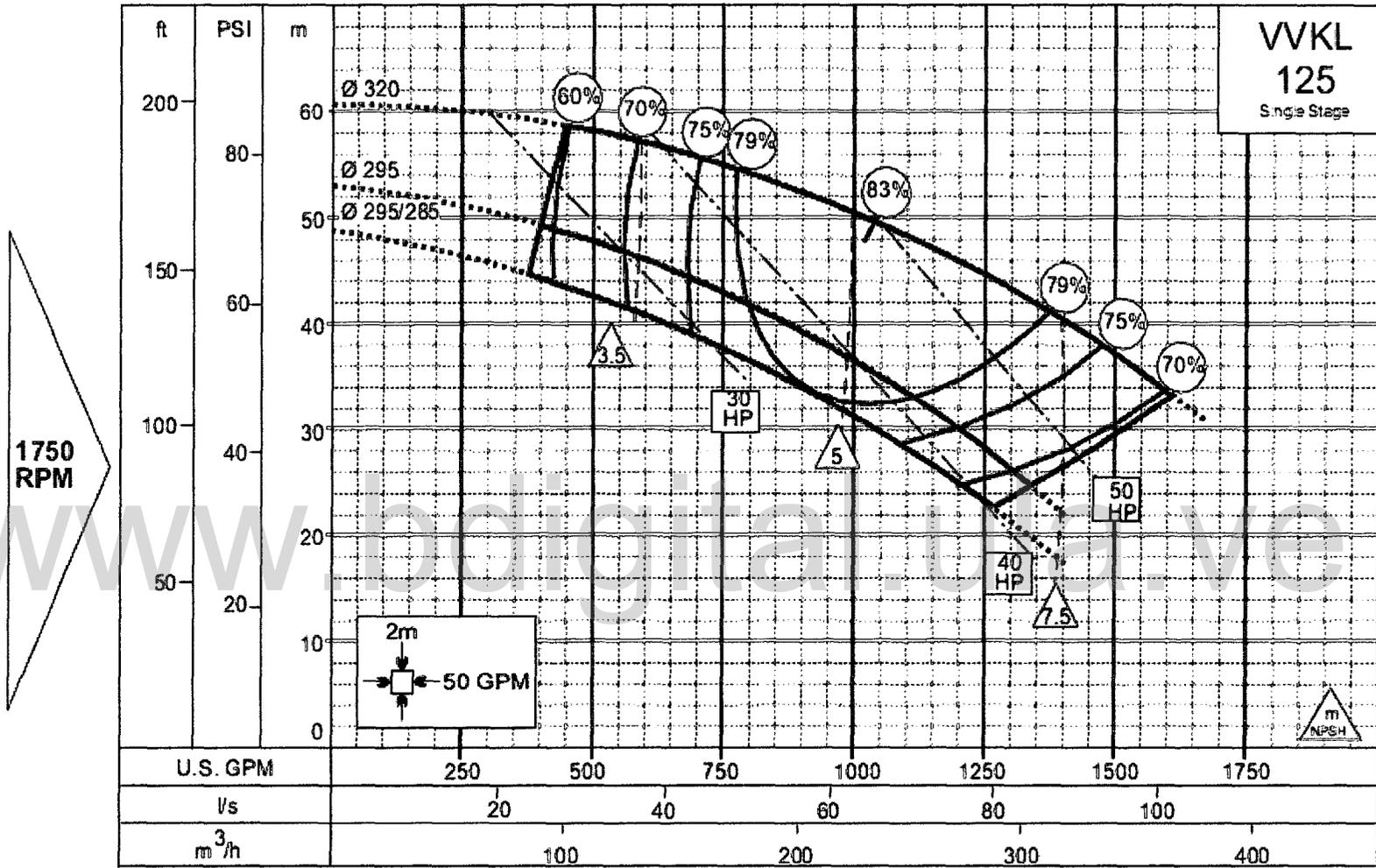


Figura 11.8. Curva característica de la bomba seleccionada, modelo VVKL-125

Tabla 11.1. Resumen por sector de riego de los datos de las estaciones de bombeo

Sector	Marca	Modelo	Etapas	Diámetro Impulsor	Velocidad (rpm)	Caudal (m ³ /h)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Diámetro Desc/Succ	Nº Bombas
Toma	MALMEDI	VVKL 150	2	330 mm	1750	900	70	77	303	6"/8"	2
Tanque-Lagunas	MALMEDI	VVKL 150	2	360 mm	1750	900	95	79	401	6"/8"	2
Laguna 1-Laguna 3	MALMEDI	AZ 25-160 A	1	156 mm	3500	10,1	45	70	2	1 x 1 ^{1/4}	1
I B1	MALMEDI	VVKL 125	1	320 mm.	1750	478,3	45	82	97	5"/6"	2
I B2	MALMEDI	VVKL 150	2	330/300 mm	1750	607,6	85	79	242	6"/8"	2
II	MALMEDI	VVKL 125	2	320 mm.	1750	171	95	80	75	5"/6"	1
III	MALMEDI	AZ 32-160A	1	172 mm.	3500	24	55	69	7	1 ^{1/4} x 1 ^{1/2}	1
IV	MALMEDI	VVKL 150	2	330/300 mm.	1750	590,3	70	79	194	6"/8"	2
V	MALMEDI	VVKL 125	1	320 mm.	1750	282	40	81	52	5"/6"	1

11.2.3. Válvula de alivio

La válvula de alivio / sostenedora de presión modelo 730 es una válvula de control de operación hidráulica, activada por diafragma, que puede desempeñarse como sostenedora de presión o como válvula de alivio.

Intercalada en la línea, sostiene una presión mínima predeterminada aguas arriba, sin que le afecten las fluctuaciones de caudal o de presión aguas abajo. Si se instala como válvula de circulación, alivia los excesos de presión en la línea.

Aplicaciones

- Dar prioridad a ciertas zonas de presión
- Asegurar un llenado controlado de la tubería
- Evitar el vaciado de la tubería
- Proteger a la bomba contra la sobrecarga y la cavitación
- Salvaguardar el caudal mínimo de la bomba
- Proteger contra los excesos de presión en la línea

En la Figuras 11.10 y 11.11 se presenta el diagrama y las características de la válvula BERMAD 730.

Los tipos y características de los equipos mencionados son los siguientes:

- ***Toma - tanque australiano***

Descripción: válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S**

Aplicación: control de encendido y apagado de bomba, control de velocidad de apertura y cierre, check hidráulico

Cantidad: 2

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M**

Aplicación: anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 8”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**.
Aplicación: válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD**

Modelo 740

Cantidad: 2

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 4”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD**

Modelo 730

Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble acción, marca **ARI**, Modelo D-050, diámetro: 4”

Cantidad: 1

• *Tanque australiano - lagunas*

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías.

Modelo WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S

Aplicación: control de encendido y apagado de bomba, control de velocidad de apertura y cierre, check hidráulico

Cantidad: 2

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías

Modelo WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M

Aplicación: anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 8”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**

Aplicación: Válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la válvula bermad

Modelo 740

Cantidad: 2

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 4”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD Modelo 730**
Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble acción, marca **ARI**, Modelo D-050, diámetro: 4”
Cantidad: 1

• **Laguna 1 – Laguna 3**

Descripción: Válvula check marca **RITE**, tipo wafer, cuerpo y clapeta en acero al carbono. Diámetro: 1”
Cantidad: 1

Descripción: Válvula de paso rápido marca **FLOW-TEC**, cuerpo en acero inoxidable, Diámetro 1”, conexión roscada
Aplicación: Válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la bomba
Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble acción, marca **ARI**, modelo D-050, diámetro: 1”
Cantidad: 1

• **Laguna 1 - B1**

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-6"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S**
Aplicación: Control de encendido y apagado de bomba, control de velocidad de apertura y cierre, check hidráulico
Cantidad: 2

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-3"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M**
Aplicación: anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión
Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 6”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD. Modelo 740.**

Cantidad: 2

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 3”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD. Modelo 730**

Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble accion, marca **ARI, Modelo D-050**, diámetro: 3”

Cantidad: 1

- **Laguna 1 - B2**

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-8"-740-03-Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S.**

Aplicación: control de encendido y apagado de bomba, control de velocidad de apertura y cierre, check hidráulico

Cantidad: 2

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M**

Aplicación: anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión.

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 8”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD. Modelo 740**

Cantidad: 2

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 4”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la valvula **BERMAD. Modelo 730.**

Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble accion, marca **ARI**, modelo D-050, diámetro: 3”
Cantidad: 1

- **Laguna 2**

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-6"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S.**

Aplicación: control de encendido y apagado de bomba, control de velocidad de apertura y cierre, check hidráulico

Cantidad: 1

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-2"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M**

Aplicación: anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 6”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la valvula **BERMAD. Modelo 740**

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 2”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la valvula **BERMAD. Modelo 730.**

Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble acción, marca **ARI**, **Modelo D-050**, diámetro: 2”

Cantidad: 1

- **Laguna 3**

Descripción: Válvula check marca **RITE**, tipo wafer, cuerpo y clapeta en acero al carbono.

Diámetro: 1 ¼ ”

Cantidad: 1

Descripción: Válvula de paso rápido marca **FLOW-TEC**, cuerpo en acero inoxidable, diámetro 1 ¼ ”.

Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la bomba

Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble acción, marca **ARI**, modelo D-050, diámetro: 1”

Cantidad: 1

- **Laguna 4**

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAB**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S**

Aplicación: Control de encendido y apagado de bomba, control de velocidad de apertura y cierre, check hidráulico

Cantidad: 2

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo “y”, asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M**

Aplicación: anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 8”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**

Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD**.

Modelo 740

Cantidad: 2

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 4”, accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**

Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la válvula **BERMAD**.

Modelo 730

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 4", accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la valvula **BERMAD**.

Modelo 730

Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble acción, marca **ARI**, **Modelo D-050**, diámetro: 3"

Cantidad: 1

- **Laguna 5**

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo "y", asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S**

Aplicación: Control de encendido y apagado de bomba, control de velocidad de apertura y cierre, check hidráulico.

Cantidad: 1

Descripción: Válvula de control hidráulico marca **BERMAD**, actuador de doble cámara, patrón del cuerpo tipo "y", asiento de disco libre de guías. **Modelo WW-3"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M**

Aplicación: Anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión.

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 8", accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: válvula de servicio (ON – OFF) instalada aguas abajo de la valvula **BERMAD**.

Modelo 740

Cantidad: 1

Descripción: Válvula tipo mariposa marca **BRAY**, cuerpo wafer, disco de hierro dúctil con recubrimiento de nylon 11, asiento intercambiable de epdm, vástago en acero inoxidable, diámetro 3", accionamiento mecánico mediante caja reductora con volante. **Modelo: S30**
Aplicación: Válvula de servicio (ON-OFF) instalada aguas abajo de la valvula **BERMAD**.

Modelo 730

Cantidad: 1

Descripción: Ventosa combinada de doble accion, marca **ARI**, **Modelo D-050**, diámetro: 3"

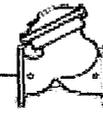
Cantidad: 1

11.2.4. Localización de las estaciones de bombeo

En la Tabla 11.2 se presentan las coordenadas de localización de cada una de las estaciones de bombeo.

Tabla 11.2. Coordenadas de localización de las estaciones de bombeo

SECTOR	N° LAGUNA	COORDENADAS	
		NORTE	ESTE
Toma		940.496,40	194.275,39
Tanque Australiano		940.428,81	194.456,86
I	1 (Bombeo B1)	939.443,34	195.974,69
	1 (Bombeo B2)	939.424,75	195.974,22
	1 (LAG1-LAG3)	939.407,03	196.127,64
II	2	939.098,67	195.934,41
III	3	938.389,62	196.521,13
IV	4	939.831,97	196.380,00
V	5	940.046,68	195.873,98

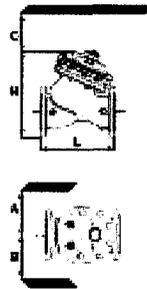


Technical Data

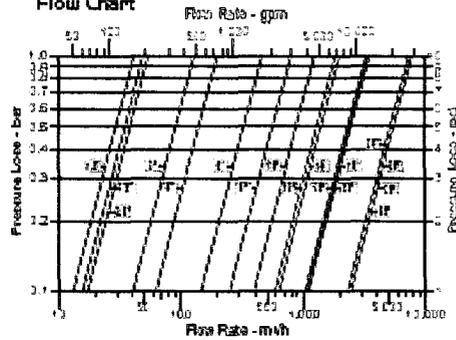
Dimensions and Weights

Size	A, D	G	L	H	Weight	
mm, inch	kg, lbs					
40	17.3	35.0	14	18.0	T 2.95 6.1	2.3 5.1
50	2	35.0	14	18.0	T 2.45 5.7	2.44 5.4
65	2.5	35.0	14	18.0	T 2.22 4.9	2.57 5.7
80	3	37.0	15	23.0	2.22 4.9	3.06 6.7
100	4	39.0	16	27.0	1.1 2.3	4.5 10.0
125	5	43.0	17	30.0	1.5 3.3	6.4 14.2
150	6	47.0	18	33.0	1.5 3.3	8.4 18.5
200	8	47.0	18	40.0	1.5 3.3	12.5 27.6
250	10	50.0	20	45.0	2.2 4.9	17.4 38.4
300	12	54.0	22	50.0	2.2 4.9	24.1 53.1
350	14	54.0	22	57.0	2.2 4.9	31.1 68.6
400	16	54.0	26	60.0	2.2 4.9	42.6 94.0
450	18	54.0	26	66.0	2.2 4.9	54.1 119.4
500	20	54.0	26	72.0	2.2 4.9	65.6 144.8
550	22	54.0	26	78.0	2.2 4.9	77.1 170.2

For size program, contact: 740 Series
Weight for 740 Series
C: 1/2" NPT, 1/2" NPT, 1/2" NPT
D: 1/2" NPT, 1/2" NPT, 1/2" NPT
E: 1/2" NPT, 1/2" NPT, 1/2" NPT



Flow Chart



For size program, contact: 740 Series
Weight for 740 Series
C: 1/2" NPT, 1/2" NPT, 1/2" NPT
D: 1/2" NPT, 1/2" NPT, 1/2" NPT
E: 1/2" NPT, 1/2" NPT, 1/2" NPT

Main Valve

Valve Pattern: "Y" (globa) & angle
Size Range: 1" - 32" (40-800 mm)
End Connections (Pressure Rating):
Flanged: ISO PN16, PN25
(ANSI Class 150, 300)
Threaded: BSP or NPT
Other: Available on request
Working Temperature:
Water up to 80°C (180°F)
Standard Materials:
Body & Actuator: Ductile Iron
Internals:
Stainless Steel, Bronze & coated Steel
Diaphragm:
NBR, Nylon fabric-reinforced
Seals: NBR
Coating:
Fusion Bonded Epoxy, RAL 6005 (Blue)
NSF & WRAS approved or Electrostatic
Polyester Powder, RAL 6017 (Green)

Control System

Standard Materials:
Accessories:
Bronze, Brass, Stainless Steel & NBR
Tubing: Copper or Stainless Steel
Fittings: Forged Brass or Stainless Steel
Solenoïd Standard Materials:
Body: Brass or Stainless Steel
Elastomers: NBR or PFM
Enclosure: Molded epoxy
Solenoïd Electrical Data:
Voltages:
(ac): 24, 110-120, 220-240, 50-60 Hz
(dc): 12, 24, 110, 220
Power Consumption:
(ac): 30 VA, inrush: 15 VA, 3W, holding or
70 VA, inrush: 40 VA, (17, 1W), holding
(dc): 5-11.6W
Voltage may vary according to specific selected model
Accelerator Standard Materials:
Body: Brass or Stainless Steel
Internals: Stainless Steel & Brass
Elastomers: NBR or PFM

Solenoid Selection

Valve Size	Solenoid Model		Accessories Model	
	220 (24V)	211 (110V)	24	211
1" - 6"	■			
1" - 8"		■		
10-30"	■		■	
8-20"				■
24-32"	■			■
24-32"				■

BR 740-E Controller
Supply voltage: 110, 230 V(ac); 50/60 Hz
Power consumption: 45 VA
Solenoïd circuit fuse: 2A (internal)
Pump control circuit fuse: 1A (internal)
Dimensions: 96 x 26 x 166 mm (3.8" x 1.0" x 6.5")
Housing material: NORYL (DIN 45700)
Unit switch
Switch type: SPDT
Electrical rating: 10A, type G or G3
Operating temperature: Up to 55°C (125°F)
Enclosure rating: IP66

How to Order

Please specify the requested valve in the following sequence: (for more options, refer to Ordering Guide)

Sector	Size	Primary Feature	Additional Feature	Pattern	Body Material	End Connections	Coating	Voltage & Position	Tubing & Fittings	Additional Attributes
WW	6"	740	CO	Y	C	16	EB	4AO	CB	S
Waterworks	1" - 32"	Electric Pump Control	Oblique (up to 20°) Angle (up to 18°) Globe (24-32" only)	Y A G	Epoxy PE Blue Polyester Green Polyester Blue Uncoated	24VAC/50Hz - N.C.	EB PG PE UC	Copper Tubing & Brass Fittings PVC Tubing & Brass Fittings St. St. 316 Tubing & Fittings	CB PB NM	B F S C O X

Figura 11.9. Características de las válvulas de control de bomba, check, BERMAD

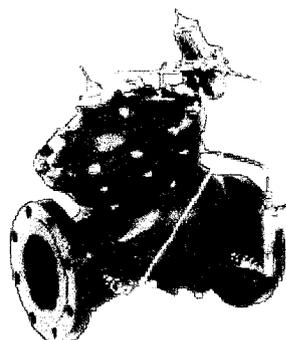


Válvulas de alivio / sostenedoras de presión

Las válvulas de alivio / sostenedoras de presión protegen a las estaciones de bombeo y a los sistemas de distribución contra los efectos de dos situaciones extremas:

- Cuando se instalan fuera de la línea (derivación), alivian los nocivos excesos de presión
- Cuando se instalan en la línea (intercaladas), mantienen una presión mínima dando así prioridad a ciertas zonas de presión, y evitando el vaciado de la línea, la sobrecarga de la bomba, etc.

Modelo 730



La válvula de alivio / sostenedora de presión modelo 730 es una válvula de control de operación hidráulica, activada por diafragma, que puede desempeñarse como sostenedora de presión o como válvula de alivio intercalada en la línea, sostiene una presión mínima predeterminada aguas arriba, sin que le afecten las fluctuaciones de caudal o de presión aguas abajo. Si se instala como válvula de circulación, alivia los excesos de presión en la línea.

Aplicaciones

- Dar prioridad a ciertas zonas de presión
- Asegurar un llenado controlado de la tubería
- Evitar el vaciado de la tubería
- Proteger a la bomba contra la sobrecarga y la cavitación
- Salvaguardar el caudal mínimo de la bomba
- Proteger contra los excesos de presión en la línea

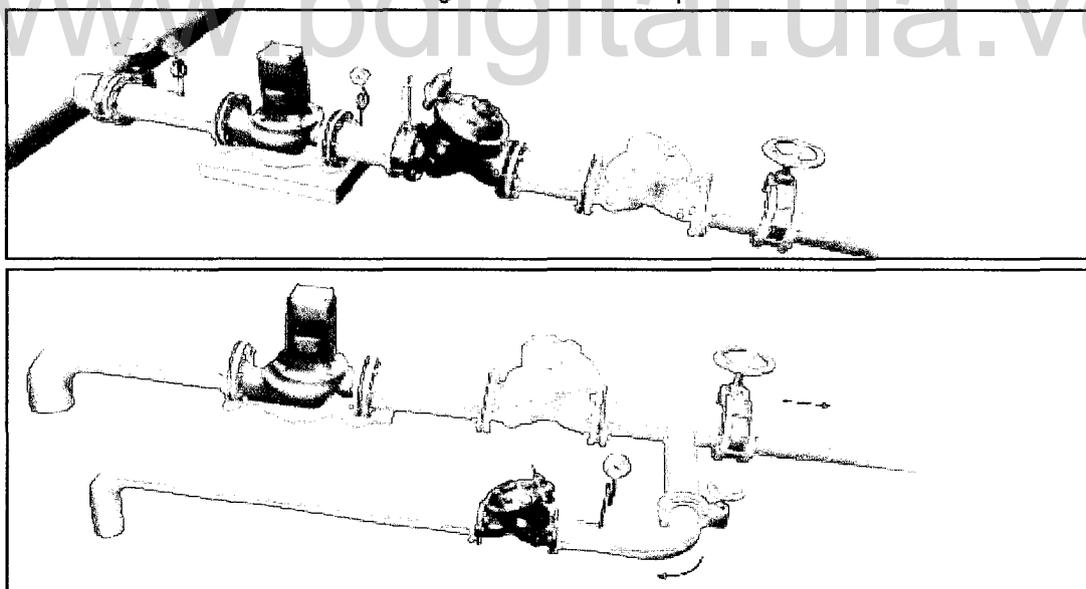


Figura 11.10. Diagrama de las válvulas de control hidráulico, anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión, BERMAD-730

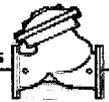
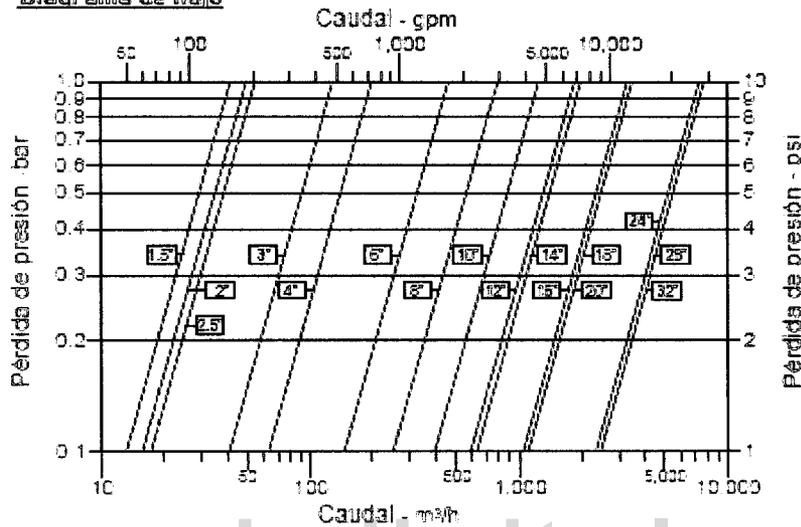


Diagrama de flujo



Coefficiente de caudal de la válvula

			1.5"	2"	2.5"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	15"	18"	20"
En Y Disco plano		Kv	42	50	55	115	200	460	615	1,250	1,550	1,990	3,310	3,430	3,550
		Ov	49	58	64	133	230	530	840	1,440	2,140	2,300	3,820	3,950	4,100
En Y Abertura en U		Kv	38	43	47	95	170	391	593	1,053	1,573	1,692	2,814	2,916	3,018
		Ov	41	49	54	113	200	450	600	1,230	1,520	1,950	3,250	3,370	3,490
En ángulo Disco plano		Kv	46	55	61	127	220	508	697	1,375	2,035	2,189	3,641	3,773	NA
		Ov	53	64	70	146	250	580	1,040	1,590	2,350	2,530	4,210	4,350	NA
En ángulo Abertura en U		Kv	39	47	51	105	187	430	762	1,169	1,730	1,881	3,085	3,207	NA
		Ov	45	54	59	124	220	500	880	1,350	2,000	2,150	3,580	3,710	NA

		24"	28"	30"	32"	
Globo Disco plano		Kv	7,350	7,500	7,500	7,500
		Ov	8,490	8,670	8,670	8,670

Coefficiente de caudal de la válvula, Kv or Cv $Kv(Ov) = Q \sqrt{\frac{G}{\Delta P}}$

Donde:

Kv = Coeficiente de caudal de la válvula (caudal en m³/h a presión diferencial de 1 bar)

Ov = Coeficiente de caudal de la válvula (caudal en gpm a presión diferencial de 1 psi)

Q = Caudal (m³/h ; gpm)

ΔP = Presión diferencial (bar ; psi)

G = Peso específico del líquido (Agua = 1.0)

Cv = 1.155 Kv

Figura 11.11. Características de las válvulas de control hidráulico, anticipadora de golpe de ariete y aliviadora de presión, BERMAD-730

CAPÍTULO 12

PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las características propias de este proyecto, conllevan a la necesidad de definir dos niveles bien diferenciados de operación y mantenimiento dentro del mismo:

12.1 SISTEMAS DE RIEGO INDIVIDUALES

Corresponde a cada una de las UNIDADES de distribución que surte a un subsector desde un punto específico de dotación sobre la Línea de Distribución, hasta los puntos de entrega a nivel de parcelas. Las características operativas de estas unidades serán similares a las de los pequeños sistemas de riego tradicionales que funcionan en la mayor parte del estado.

Las entregas de agua se harán por turnos o por asignación de horas de riego, según los requerimientos de cada predio. La infraestructura es sencilla y corresponde principalmente a tuberías y accesorios de regulación, protección y control.

La administración, operación y mantenimiento de cada una de estas unidades estará a cargo de un “Comité de Riego” cuya Junta Directiva estará compuesta por un Presidente, un Tesorero, un Secretario, un Fiscal de Ambiente y tres suplentes.

La constitución de cada uno de estos “Comités de Riego” se hará de acuerdo a las pautas establecidas por el Ministerio del Poder Popular para La Agricultura y Tierras (MPPAT) y su funcionamiento se regirá por la normativa legal vigente para este tipo de organización (Estatutos).

12.2. ADUCCIÓN DESDE LA TOMA HASTA LAS LAGUNAS

Esta línea de aducción constituye la columna fundamental del Proyecto de Desarrollo. Además se ubican 6 estaciones de bombeo ubicadas en las 5 lagunas existentes y que servirán de almacenamiento para la operación del sistema de riego.

La necesidad de utilizar estaciones de bombeo para la conducción del agua hasta los diferentes puntos de entrega determina que la aducción tenga características de operación y mantenimiento muy diferentes a las que tendrán los sistemas de riego individuales.

La complejidad de los equipos, la necesidad de operar con personal capacitado y el consumo de energía requerido para su funcionamiento, entre otros, hacen necesario el establecimiento de un ente responsable de la gestión del sistema.

La propuesta contempla la creación de un “Consejo Central” cuya dirección estaría a cargo de una junta de productores beneficiarios del sistema, elegidos por la totalidad de los asociados, donde además tengan presencia los diferentes organismos, nacionales y regionales, involucrados con el sector (Gobernación, Consejo Legislativo, Alcaldía, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Agricultura y Tierras e IMDERURAL).

Este Consejo Central tendría entre sus principales funciones:

- ❖ Coordinar los Comités de Riego de los diferentes sectores.
- ❖ Gestionar la operación y mantenimiento del sistema de aducción completo.
- ❖ Gestionar y administrar los recursos financieros para el proyecto.

Esta estructura organizativa debe tener una dinámica de funcionamiento tal que permita la interrelación de los entes en 3 niveles jerárquicos:

1. Los Entes Administrativos o de Gestión propiamente dicha.
2. Los Entes Asesores.
3. Los Entes Aportantes.

Es fundamental para ello definir la Figura Legal bajo la cual debe desempeñarse este Consejo, ya sea como una empresa o cooperativa mixta o cualquier otra que se adecue a las funciones que debe cumplir.

Sin embargo, esta propuesta no puede ser definida como parte de la formulación del proyecto. La misma debe ser definida con base en un consenso entre las partes involucradas que permita establecer el nivel de participación y responsabilidad de cada uno, especialmente las instituciones oficiales.

12.3. DE LOS FONDOS PARA LA OPERACIÓN

Tal como se señaló anteriormente, los costos operativos de los sistemas de riego por sectores pueden considerarse relativamente bajos en virtud de los materiales que se están utilizando y en la mayoría de los casos, los mismos pueden ser cubiertos con las cuotas aportadas por los propios beneficiarios.

Sin embargo, en el caso de la aducción, existen costos anuales de funcionamiento (Operarios, mantenimiento, energía, entre otros) que difícilmente podrán ser cubiertos totalmente con los aportes de los beneficiarios, especialmente en los primeros años de estabilización del proyecto y por ello es prioritario definir las fuentes de financiamiento.

Es en este aspecto donde el Estado, en sus diferentes niveles de representación, debe jugar un papel protagónico para garantizar a estos productores, el cumplimiento de los preceptos plasmados en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

El objetivo a mediano plazo debe ser que los productores organizados estén en capacidad de auto gestionar este proyecto. Sin embargo, el apoyo oficial en las primeras instancias es fundamental. Por ello se debe establecer un plan de co- financiamiento, en el cual durante los primeros años los productores asuman una fracción mínima de los costos y la mayor parte sea cubierta por aporte oficial, ya sea nacional, regional o local. Esta fracción aportada por los productores se incrementaría año a año, en tanto que el aporte oficial iría disminuyendo en la misma medida hasta estabilizarse.

Es importante señalar que se deben implementar mecanismos para asegurar la inclusión de los fondos en las diferentes partidas en los presupuestos anuales y además asegurar su continuidad en el tiempo.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 13

CANTIDADES DE MATERIALES Y EQUIPOS

13.1. TUBERIA DE ADUCCIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN

Las cantidades, diámetros y clases de tubería de polietileno de alta densidad, PEAD, polietileno PE-100, por Sector de Riego, se presentan en las Tablas 13.1 a 13.8.

Tabla 13.1. Cantidad, diámetro y clase de tubería en la aducción, Toma-Tanque australiano

Tubería de Polietileno de Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
500	PEAD	SDR_21	74
500	PEAD	SDR_33	143
Total			217

Tabla 13.2. Cantidad, diámetro y clase de tubería en la aducción, Tanque Australiano-Laguna 1

Tubería de Polietileno Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
500	PEAD	SDR-17	111
500	PEAD	SDR-21	116
500	PEAD	SDR-26	61
500	PEAD	SDR-33	1363
400	PEAD	SDR-33	283
355	PEAD	SDR-33	96
250	PEAD	SDR-33	684
160	PEAD	SDR-33	673
Total			3387

Tabla 13.3. Cantidad, diámetro y clase de tubería, Ramal Principal Laguna 1-Laguna 3

Tubería de Polietileno Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
63	PEAD	SDR-26	1083
Total			1083

Tabla 13.4. Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector I

Tubería de Polietileno Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
400	PEAD	SDR-21	785
355	PEAD	SDR-21	388
315	PEAD	SDR-21	521
315	PEAD	SDR_33	519
250	PEAD	SDR-26	533
250	PEAD	SDR_33	815
200	PEAD	SDR-26	999
200	PEAD	SDR-21	240
200	PEAD	SDR-33	313
160	PEAD	SDR-21	338
160	PEAD	SDR-26	779
160	PEAD	SDR-33	181
125	PEAD	SDR-26	862
125	PEAD	SDR-33	702
110	PEAD	SDR-21	280
110	PEAD	SDR-26	57
90	PEAD	SDR-21	250
90	PEAD	SDR-33	80
75	PEAD	SDR-21	504
75	PEAD	SDR-33	295
63	PEAD	SDR-17	103
63	PEAD	SDR-21	59
63	PEAD	SDR-26	40
40	PEAD	SDR-21	67
		Total	9710

Tabla 13.5. Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector II

Tubería de Polietileno Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
250	PEAD	SDR_17	861
250	PEAD	SDR_21	616
200	PEAD	SDR_26	118
160	PEAD	SDR_26	12
125	PEAD	SDR_26	377
125	PEAD	SDR_33	97
110	PEAD	SDR_33	383
		Total	2464

Tabla 13.6. Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector III

Tubería de Polietileno Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
90	PEAD	SDR_26	332
75	PEAD	SDR_26	108
63	PEAD	SDR_26	124
50	PEAD	SDR_21	117
40	PEAD	SDR_21	234
Total			915

Tabla 13.7. Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector IV

Tubería de Polietileno Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
400	PEAD	SDR_21	305
400	PEAD	SDR_26	242
355	PEAD	SDR_26	444
355	PEAD	SDR_21	534
315	PEAD	SDR_21	681
315	PEAD	SDR_17	202
250	PEAD	SDR_17	443
200	PEAD	SDR_17	442
160	PEAD	SDR_13.6	284
160	PEAD	SDR_21	7
125	PEAD	SDR_21	97
110	PEAD	SDR_21	107
110	PEAD	SDR_26	364
90	PEAD	SDR_21	222
90	PEAD	SDR_26	311
75	PEAD	SDR_21	359
75	PEAD	SDR_33	376
63	PEAD	SDR_21	360
63	PEAD	SDR_26	418
50	PEAD	SDR_21	544
40	PEAD	SDR_21	776
32	PEAD	SDR_17	761
Total			8279

Tabla 13.8. Cantidad, diámetro y clase de la tubería de distribución, Sector V

Tubería de Polietileno Alta Densidad PE-100			
Diámetro (mm)	Material	Clase	Longitud (m)
315	PEAD	SDR_33	557
250	PEAD	SDR_33	831
250	PEAD	SDR_26	648
200	PEAD	SDR_21	488
160	PEAD	SDR_21	64
160	PEAD	SDR_26	180
125	PEAD	SDR_26	269
110	PEAD	SDR_26	123
90	PEAD	SDR_21	174
90	PEAD	SDR_26	144
75	PEAD	SDR_26	239
63	PEAD	SDR_26	433
50	PEAD	SDR_21	77
40	PEAD	SDR_21	124
32	PEAD	SDR_17	142
Total			4493

13.2. VÁLVULAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

En las Tablas 13.9 a 13.11 se presentan las cantidades de ventosas, válvulas de limpieza y antirotura que representan los elementos de protección de las redes de distribución.

Tabla 13.9. Ventosas

Diámetro	Cantidad
3"	3
2"	14
1"	17

Tabla 13.10. Válvulas de limpieza

Marca	Tipo	Diámetro	Cantidad
BRAY	WAFER	8"	4
		6"	1
		3"	1
		2"	1
		1"	3

Tabla 13.11. Cantidad de válvulas de control antirotura

Marca	Modelo	Diámetro	Cantidad
BERMAD	790-M	12"	1

13.3. ESTACIONES DE BOMBEO

Las características y cantidad de bombas a utilizar en el proyecto se presentan en la Tabla 13.12, y las cantidades, tipos, y características de los equipos y accesorios requeridos en cada estación se presentan en la Tabla 13.13 a 13.20.

Tabla 13.12. Características y cantidad de bombas por Sector

Sector	Marca	Modelo	Etapas	Diámetro Impulsor	Velocidad (rpm)	Caudal (m ³ /h)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Diámetro Desc/Succ	N° Bombas
Toma	MALMEDI	VVKL 150	2	330 mm	1750	900	70	77	303	6"/8"	2
Tanque-Lagunas	MALMEDI	VVKL 150	2	360 mm	1750	900	95	79	401	6"/8"	2
Laguna 1- Laguna 3	MALMEDI	AZ 25-160 A	1	156 mm	3500	10,1	45	70	2	1 x 1 ^{1/4}	1
I B1	MALMEDI	VVKL 125	1	320 mm.	1750	478,3	45	82	97	5"/6"	2
I B2	MALMEDI	VVKL 150	2	330/300 mm	1750	607,6	85	79	242	6"/8"	2
II	MALMEDI	VVKL 125	2	320 mm.	1750	171	95	80	75	5"/6"	1

Tabla 13.12. Continuación

Sector	Marca	Modelo	Etapas	Diámetro Impulsor	Velocidad (rpm)	Caudal (m ³ /h)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Diámetro Desc/Succ	N° Bombas
III	MALMEDI	AZ 32-160A	1	172 mm.	3500	24	55	69	7	1 ^{1/4} x 1 ^{1/2}	1
IV	MALMEDI	VVKL 150	2	330/300 mm.	1750	590,3	70	79	194	6 ³ / ₈ "	2
V	MALMEDI	VVKL 125	1	320 mm.	1750	282	40	81	52	5 ³ / ₆ "	1

Tabla 13.13. Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación sitio de toma

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS. MODELO WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S	2
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS MODELO WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 8", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	2
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 4", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 4"	1

Tabla 13.14. Características y Cantidad de equipos y accesorios, Estación tanque australiano

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS. MODELO WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S	2
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS MODELO WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 8", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	2
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 4", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 4"	1

Tabla 13.15. Características y cantidad de equipos y accesorios, Bombeo Ramal Laguna 1-Laguna 3

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA CHECK MARCA RITE , TIPO WAFER, CUERPO Y CLAPETA EN ACERO AL CARBONO. DIAMETRO: 1"	1
VÁLVULA DE PASO RAPIDO MARCA FLOW-TEC , CUERPO EN ACERO INOXIDABLE, DIAMETRO 1", CONEXIÓN ROSCADA	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 1"	1

Tabla 13.16. Características y Cantidad de equipos y accesorios, Bombeo Ramal Laguna 1-B1

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS. MODELO WW-6"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S	2
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS MODELO WW-3"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 6", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	2
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 3", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 3"	1

Tabla 13.17. Características y cantidad de equipos y accesorios, Bombeo Ramal Laguna 1-B2

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS. MODELO WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S	2
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS MODELO WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 8", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	2
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 4", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VALVULA DE SERVICIO (ON - OFF) INSTALADA AGUAS ABAJO DE LA VALVULA BERMAD MODELO 730	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 3"	1

Tabla 13.18. Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 2

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS. MODELO WW-6"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S	1
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS MODELO WW-2"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 6", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 2", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 2"	1

Tabla 13.19. Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 3

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA CHECK MARCA RITE , TIPO WAFER, CUERPO Y CLAPETA EN ACERO AL CARBONO. DIAMETRO: 1 ¼ "	1
VÁLVULA DE PASO RAPIDO MARCA FLOW-TEC , CUERPO EN ACERO INOXIDABLE, DIAMETRO 1 ¼ "	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 1"	1

Tabla 13.20. Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 4

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS. MODELO WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S	2
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS MODELO WW-4"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 8", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	2
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 4", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 3"	1

Tabla 13.21. Características y cantidad de equipos y accesorios, Estación Laguna 5

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS. MODELO WW-8"-740-03--Y-C-ANSI-150RFEB 4DO-PB-S	1
VALVULA DE CONTROL HIDRAULICO MARCA BERMAD , ACTUADOR DE DOBLE CAMARA, PATRON DEL CUERPO TIPO "Y", ASIENTO DE DISCO LIBRE DE GUIAS MODELO WW-3"-730-00--A-C-ANSI-150RFEB--PB-M	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 8", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VÁLVULA TIPO MARIPOSA MARCA BRAY , CUERPO WAFER, DISCO DE HIERRO DÚCTIL CON RECUBRIMIENTO DE NYLON 11, ASIENTO INTERCAMBIABLE DE EPDM, VÁSTAGO EN ACERO INOXIDABLE, DIÁMETRO 3", ACCIONAMIENTO MECÁNICO MEDIANTE CAJA REDUCTORA CON VOLANTE. MODELO: S30	1
VENTOSA COMBINADA DE DOBLE ACCION, MARCA ARI , MODELO D-050, DIAMETRO: 3"	1

13.4. TANQUE AUSTRALIANO

Las características del tanque australiano se presentan en la Tabla 13.22.

Tabla 13.22. Características del tanque australiano

Modelo	Volumen	Diámetro	Cantidad
TAB-26-3	1.419.718, 00	24,5	1

13.5. ACCESORIOS

En la Tabla 13.23 a 13.28 se muestran la ubicación, tipo y dimensiones de los accesorios por Sector de Riego, y en las Tabla 13.29 a 13.33 un resumen de los tipos, dimensiones y cantidades de accesorios por Sector.

Tabla 13.23. Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Aducción

Ramal Tanque-Lagunas		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
34 (Ramal 1-LAG5)	Abrazadera metálica de 500mm para manchón de 160mm	500x160
40 (Ramal 2-LAG4)	Abrazadera metálica de 400mm para manchón de 250mm	400x250
41 (Ramal 3-LAG2)	Abrazadera metálica de 355mm para manchón de 160mm	355x160

Tabla 13.24. Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector I

Ramal Principal LAG1-B1		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o pulg)
2 (Ramal 1)	Abrazadera metálica de 315mm para manchón de 200mm	315x200
3 (Ramal 2)	Abrazadera metálica de 250mm para manchón de 90mm	250x90
8 (Ramal 3)	Abrazadera metálica de 250mm para manchón de 160mm	250x160
8 (T-SL-A-147)	Abrazadera simple	250x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
11 (T-SL-A-146)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera simple	200x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera simple	200x3"
14 (T-SL-A-145)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
16 (T-SL-A-144 (C))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"

Tabla 13.24. Continuación

Ramal Principal LAGI-B1		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o pulg)
19 (T-SL-A-144 (B))	Abrazadera simple	200x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
21 (T-SL-A-143)	Abrazadera simple	200x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
23 (T-SL-A-142)	Abrazadera simple	160x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
25 (T-SL-A-141)	Abrazadera simple	160x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
27 (T-SL-A-140)	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	110x2"
29 (T-SL-A-139 (B))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
31 (T-SL-A-138)	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
35 (T-SL-A-137)	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
Ramal 1 (del principal LAGI-B1)		
0 (T-SL-A-8)	Abrazadera simple	200x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
0 (T-SL-A-9)	Abrazadera simple	200x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
1 (T-SL-A-7)	Abrazadera simple	200x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
	Unión Reducción	160x110
Ramal 2 (del principal LAGI-B1)		
0 (T-SL-A-10)	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	90x2"

Tabla 13.24. Continuación

Ramal 2 (del principal LAG1-B1)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o pulg)
3 (T-SL-A-11)	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
6 (T-SL-A-12)	Adaptador macho	75x2"
	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
Ramal 3 (del principal LAG1-B1)		
2 (T-SL-A-164)	Abrazadera simple	160x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
4 (T-SL-A-163)	Adaptador macho	90x2"
	Abrazadera simple	160x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
6 (T-SL-A-162)	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	160x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
9 (T-SL-A-161)	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	160x2"
13 (T-SL-A-160)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	90x2"
	Abrazadera simple	160x2"
17 (T-SL-A-159)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	90x2"
	Abrazadera simple	125x1"
20 (T-SL-A-157/158)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
	Abrazadera simple	125x2"
23 (T-SL-A-156)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	125x2"
27 (T-SL-A-144 (A))	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	90x2"
	Abrazadera simple	125x2"
29 (T-Maximo H.)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
30 (T-SL-A-155)	Abrazadera simple	125x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"

Tabla 13.24. Continuación

Ramal 3 (del principal LAG1-B1)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o pulg)
	Adaptador macho	75x2"
31 (T-SL-A-154)	Abrazadera simple	125x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
33 (T-SL-A-153)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
36 (T-SL-A-152)	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	90x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
38 (T-SL-A-151)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera simple	90x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
41 (T-SL-A-150)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
43 (T-SL-A-149)	Adaptador macho	75x2"
	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
44 (T-SL-A-139 (A))	Adaptador macho	75x2"
	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	40x1"
Ramal Principal LAG1-B2		
7 (T-SL-R-41/42/43(A))	Abrazadera metálica	400x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
7 (T-SL-R-39/40)	Unión reducción	125x110
	Abrazadera metálica	400x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
8 (T-SL-A-6)	Adaptador macho	110x4"
	Unión reducción	125x110
	Abrazadera metálica	400x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
9 (T-SL-R-38)	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
	Unión reducción	160x110
	Abrazadera metálica	400x3"
10 (T-SL-R-37)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera metálica	355x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"

Tabla 13.24. Continuación

Ramal Principal LAG1-B2		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o pulg)
11 (T-SL-A-5)	Abrazadera metálica	355x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
	Unión reducción	160x110
12 (T-SL-R-36)	Abrazadera metálica	355x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
13 (Ramal 1)	Abrazadera metálica de 355mm para manchón de 200mm	355x200
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	
	Válvula de Mariposa	
	Adaptador macho	
19 (T-SL-R-79/80)	Abrazadera simple	250x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
22 (T-SL-R-78)	Abrazadera simple	250x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
24 (T-SL-R-77)	Abrazadera simple	250x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
26 (T-SL-R-76)	Abrazadera metálica	200x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
28 (T-SL-R-75)	Abrazadera simple	160x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
31 (T-SL-A-113 (A))	Abrazadera simple	125x 2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
33 (T-SL-A-114)	Abrazadera simple	125x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
34 (T-SL-A-113 (B))	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
Ramal 1 (del Principal LAG1-B2)		
0 (T-SL-R-35)	Abrazadera simple	200x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"

Tabla 13.24. Continuación

Ramal I (del principal LAG1-B2)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o pulg)
1 (T-SL-A-4)	Abrazadera simple	200x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
2 (T-SL-R-34)	Unión reducción	160x110
	Abrazadera simple	160x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
3 (T-SL-R-33)	Adaptador macho	90x2"
	Abrazadera simple	160x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
4 (T-SL-A-3)	Adaptador macho	110x4"
	Abrazadera metálica	160x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
5 (T-SL-R-32)	Adaptador macho	110x4"
	Unión reducción	125x110
	Abrazadera metálica	110x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
7 (T-SL-R-31)	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	110x3"
	Abrazadera metálica	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"

Tabla 13.25. Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector II

Ramal Principal Laguna 2		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
14 (T-SL-A-2)	Abrazadera simple	250x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
15 (T-SL-R-30)	Unión Reducción	160x110
	Abrazadera metálica	200x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
16 (T-SL-R-29)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera metálica	200x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
17 (T-SL-A-1)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera simple	200x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
18 (T-SL-R-28)	Adaptador macho	110x4"
	Abrazadera simple	160x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
	Unión Reducción	160x110

Tabla 13.25. Continuación

Ramal Principal Laguna 2		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
19 (T-SL-R-27(A))	Abrazadera simple	125x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	63x2"
20 (T-SL-R-27(B))	Abrazadera simple	125x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
21 (T-SL-R-27 (C))	Abrazadera simple	125x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	63x2"
24 (T-SL-R-72)	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
25 (T-SL-R-73)	Abrazadera simple	110x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
25 (T-SL-R-74)	Abrazadera simple	110x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"

Tabla 13.26. Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector III

Ramal Principal Laguna 3		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
1 (T-SL-R-81 (A))	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
5 (T-SL-R-81 (B))	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
5 (T-SL-R-81 (C))	Abrazadera simple	90x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
7 (T-SL-R-82 (B))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
7 (T-SL-A-115)	Abrazadera simple	75x1 ¼"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ¼"
	Válvula de Mariposa	1 ¼"
	Adaptador macho	40x1 ¼"

Tabla 13.26. Continuación

Ramal Principal Laguna 3		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
10 (T-SL-A-116 (A))	Abrazadera simple	63x1 ¼"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ¼"
	Válvula de Mariposa	1 ¼"
10 (T-SL-A-116 (B))	Adaptador macho	40x1 ¼"
	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
12 (T-SL-A-117 (A))	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	50x1 ¼"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ¼"
	Válvula de Mariposa	1 ¼"
12 (T-SL-A-117 (B))	Adaptador macho	40x1 ¼"
	Abrazadera simple	50x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
14 (T-SL-A-118)	Adaptador macho	50x2"
	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
16 (T-SL-A-119)	Adaptador macho	40x1"
	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	40x1"

Tabla 13.27. Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector IV

Ramal Principal LAG 4		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
2 (Ramal 1)	Abrazadera metálica	400x3"
	Adaptador macho	90x3"
4 (Ramal 2)	Abrazadera metálica	400x2"
	Adaptador macho	75x2"
4 (T-SL-R-91 (A))	Abrazadera metálica	400x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
4 (T-SL-R-91 (C))	Abrazadera metálica	400x1 ½"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ½"
	Válvula de Mariposa	1 ½"
	Adaptador macho	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
6 (T-SL-R-89/90 (A))	Anillo reductor HG	1 ½"x1"
	Abrazadera metálica	400x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
6 (T-SL-R-90 (A))	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera metálica	400x1 ½"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ½"
	Válvula de Mariposa	1 ½"
	Adaptador macho	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Anillo reductor HG	1 ½"x1"

Tabla 13.27. Continuación

Ramal Principal LAG 4		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
9 (T-SL-R-88)	Abrazadera metálica	400x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
10 (Ramal 3)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera metálica	400x4"
	Adaptador macho	110x4"
22 (T-SL-R-44)	Abrazadera metálica	355x2 ½"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2 ½"
	Válvula de Mariposa	2 ½"
10 (Ramal 3)	Adaptador macho	75x2 ½"
	Abrazadera metálica	400x4"
	Adaptador macho	110x4"
22 (T-SL-R-44)	Abrazadera metálica	355x2 ½"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2 ½"
	Válvula de Mariposa	2 ½"
24 (T-SL-R-45)	Adaptador macho	75x2 ½"
	Abrazadera metálica	355x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
29 (T-SL-R-46)	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera metálica	355x3"
31 (T-SL-R-47)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
36 (Ramal 4)	Abrazadera metálica de 355mm para manchón de 160mm	355x160
41 (Ramal 5)	Abrazadera metálica	315x2"
	Adaptador macho	63x2"
42 (T-SL-A-14)	Abrazadera metálica	315x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
45 (T-SL-A-15)	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera metálica	315x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
47 (T-SL-A-16)	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera metálica	315x3"
49 (T-SL-A-17)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
24 (T-SL-R-45)	Abrazadera metálica	315x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
24 (T-SL-R-45)	Adaptador macho	110x4"
	Abrazadera metálica	355x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"

Tabla 13.27. Continuación

Punto	Ramal Principal LAG 4	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
29 (T-SL-R-46)		Abrazadera metálica	355x3"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
		Válvula de Mariposa	3"
31 (T-SL-R-47)		Adaptador macho	90x3"
		Abrazadera metálica	355x3"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
		Válvula de Mariposa	3"
36 (Ramal 4)		Adaptador macho	90x3"
		Abrazadera metálica de 355mm para manchón de 160mm	355x160
		Abrazadera metálica	315x2"
41 (Ramal 5)		Adaptador macho	63x2"
		Abrazadera metálica	315x3"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
		Válvula de Mariposa	3"
42 (T-SL-A-14)		Adaptador macho	90x3"
		Abrazadera metálica	315x3"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
		Válvula de Mariposa	3"
45 (T-SL-A-15)		Adaptador macho	90x3"
		Abrazadera metálica	315x3"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
		Válvula de Mariposa	3"
47 (T-SL-A-16)		Adaptador macho	90x3"
		Abrazadera metálica	315x3"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
		Válvula de Mariposa	3"
49 (T-SL-A-17)		Adaptador macho	90x3"
		Abrazadera metálica	315x4"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
		Válvula de Mariposa	4"
51 (T-SL-A-18/19)		Adaptador macho	110x4"
		Abrazadera metálica	315x4"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
		Válvula de Mariposa	4"
55 (T-SL-A-20)		Adaptador macho	110x4"
		Unión reducción	160x110
		Abrazadera metálica	250x4"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
57 (Ramal 6.)		Válvula de Mariposa	4"
		Adaptador macho	110x4"
		Unión reducción	160x110
		Abrazadera metálica	200x1"
57 (T-SL-A-21)		Adaptador macho	32x1"
		Abrazadera metálica	200x4"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
		Válvula de Mariposa	4"
59 (T-SL-A-22)		Adaptador macho	110x4"
		Abrazadera metálica	200x4"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
		Válvula de Mariposa	4"
61 (T-SL-A-23)		Adaptador macho	110x4"
		Abrazadera metálica	160x4"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
		Válvula de Mariposa	4"
47 (T-SL-A-16)		Adaptador macho	110x4"
		Unión reducción	160x110
		Abrazadera metálica	315x3"
		Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
		Válvula de Mariposa	3"
		Adaptador macho	90x3"

Tabla 13.27. Continuación

Ramal Principal LAG 4		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
49 (T-SL-A-17)	Abrazadera metálica	315x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
51 (T-SL-A-18/19)	Abrazadera metálica	315x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
55 (T-SL-A-20)	Unión reducción	160x110
	Abrazadera metálica	250x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
57 (Ramal 6.)	Adaptador macho	110x4"
	Unión reducción	160x110
	Abrazadera metálica	200x1"
	Adaptador macho	32x1"
57 (T-SL-A-21)	Abrazadera metálica	200x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
59 (T-SL-A-22)	Abrazadera metálica	200x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
61 (T-SL-A-23)	Abrazadera metálica	160x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
	Unión reducción	160x110
Ramal 1 (del principal LAG 4)		
2 (Ramal 1-1)	Abrazadera simple	90x2"
	Adaptador macho	63x2"
3 (T-SL-A-93 (B))	Abrazadera simple	90x1 ¼"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ¼"
	Válvula de Mariposa	1 ¼"
	Adaptador macho	40x1 ¼"
4 (T-SL-A-93 (C))	Abrazadera simple	90x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
6 (T-SL-A-125)	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
6 (T-SL-A-126)	Adaptador macho	50x2"
	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"

Tabla 13.27. Continuación

Ramal 1 (del principal LAG 4)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
7 (T-SL-A-127)	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
7 (T-SL-A-94/95 (B))	Adaptador macho	50x2"
	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
8 (T-SL-A-128)	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	63x2"
9 (T-SL-A-129)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
9 (T-SL-A-96 (B))	Abrazadera simple	63x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
10 (T-SL-A-97 (B))	Adaptador macho	32x1"
	Abrazadera simple	50x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
11 (T-SL-A-130)	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
	Abrazadera simple	50x1"
14 (T-SL-A-131)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
14 (T-SL-A-99 (B))	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
Ramal 1-1		
2 (T-SL-R-89/90 (B))	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
2 (T-SL-R-91 (B))	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
1 (T-SL-R-92 (A))	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	75x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"

Tabla 13.27. Continuación

Ramal 2 (del principal LAG 4)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
1 (T-SL-A-92 (B))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
2 (T-SL-A-93 (A))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
2 (T-SL-A-93 (D))	Abrazadera simple	75x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
3 (T-SL-A-94 (C))	Abrazadera simple	75x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
3 (T-SL-A-94/95 (A))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
4 (T-SL-A-95 (C))	Abrazadera simple	63x1 ¼"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ¼"
	Válvula de Mariposa	1 ¼"
	Adaptador macho	40x1 ¼"
5 (T-SL-A-96 (A))	Abrazadera simple	63x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
5 (T-SL-A-96 (C))	Abrazadera simple	63x1 ¼"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ¼"
	Válvula de Mariposa	1 ¼"
	Adaptador macho	40x1 ¼"
6 (T-SL-A-97 (A))	Abrazadera simple	50x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
6 (T-SL-A-97 (C))	Abrazadera simple	50x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
7 (T-SL-A-98 (A))	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
7 (T-SL-A-98 (B))	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
8 (T-SL-A-99 (A))	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"

Tabla 13.27. Continuación

Ramal 2 (del principal LAG 4)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
25 (T-SL-A-104)	Abrazadera simple	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
Ramal 3 (del principal LAG 4)		
3 (T-SL-R-87)	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
3 (T-SL-R-41/42/43 (B))	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
5 (T-SL-R-86)	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
6 (T-SL-R-85)	Abrazadera simple	110x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
7 (T-SL-R-84)	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
9 (T-SL-R-82 (A))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
Ramal 4 (del principal LAG 4)		
1 (T-SL-A-48 (A))	Abrazadera simple	160x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
1 (T-SL-A-48 (B))	Abrazadera simple	160x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
2 (T-SL-A-49 (A))	Abrazadera simple	125x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	62x2"
2 (T-SL-A-49 (B))	Abrazadera simple	125x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
3 (T-SL-A-50 (A))	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"

Tabla 13.27. Continuación

Ramal 4 (del principal LAG 4)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
3 (T-SL-A-50 (B))	Abrazadera simple	110x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
5 (T-SL-A-51 (A))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
5 (T-SL-A-51 (B))	Abrazadera simple	75x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
6 (T-SL-A-52 (A))	Abrazadera simple	50x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
6 (T-SL-A-52 (B))	Abrazadera simple	50x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
7 (T-SL-A-53 (B))	Abrazadera simple	50x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
7 (T-SL-A-53 (C))	Abrazadera simple	50x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
8 (T-SL-A-54 (B))	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
8 (T-SL-A-54 (C))	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
9 (T-SL-A-55 (B))	Abrazadera simple	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
9 (T-SL-A-55 (C))	Abrazadera simple	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
10 (T-SL-A-56 (B))	Abrazadera simple	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"

Tabla 13.27. Continuación

Ramal 5 (del principal LAG 4)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
0 (T-SL-A-13 (B))	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
2 (T-SL-A-13 (A))	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
Ramal 6 (del principal LAG 4)		
1 (T-Suc.Roa)	Abrazadera simple	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"

Tabla 13.28. Ubicación, tipo y dimensiones de accesorios Sector V

Ramal Principal LAG 5		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
17 (T-SL-A-53 (A))	Abrazadera metálica	250x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	40x1"
19 (T-SL-A-54 (A))	Abrazadera metálica	250x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
21 (T-SL-A-55 (A))	Abrazadera metálica	250x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
22 (T-SL-A-56 (A))	Abrazadera metálica	250x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
24 (Ramal 1)	Abrazadera metálica de 250mm para manchón de 160mm	250x160
25 (T-SL-A-57 (A))	Abrazadera metálica	200x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
28 (T-SL-A-58 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
30 (T-SL-A-59 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"

Tabla 13.28. Continuación

Ramal Principal LAG 5		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
31 (T-SL-A-60 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
33 (T-SL-A-61 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
36 (T-SL-A-62 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
38 (T-SL-A-63 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
41 (T-SL-A-64 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
Ramal 2,	Abrazadera metálica	200x3"
	Adaptador macho	90x3"
43 (T-SL-A-65 (A))	Abrazadera simple	200x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
45 (T-SL-A-24)	Abrazadera simple	160x4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"
	Válvula de Mariposa	4"
	Adaptador macho	110x4"
	Unión reducción	160x110
46 (T-SL-A-66 (A))	Abrazadera simple	50x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"
49 (T-SL-A-67 (A))	Abrazadera simple	40x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
56 (T-SL-A-68)	Abrazadera simple	32x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
Ramal 1 (del principal LAG 5)		
1 (T-SL-A-57 (B))	Abrazadera simple	160x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
3 (T-SL-A-58 (B))	Abrazadera simple	160x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	50x2"

Tabla 13.28. Continuación

Ramal 1 (del principal LAG 5)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
3 (T-SL-A-57 ©)	Abrazadera simple	169x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
6 (T-SL-A-59 (B))	Adaptador macho	50x2"
	Abrazadera simple	125x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
8 (T-SL-A-60 (B))	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	125x2"
12 (T-SL-A-61 (B))	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	75x2"
12 (T-SL-A-61 ©)	Abrazadera simple	110x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
14 (T-SL-A-62 (B))	Adaptador macho	32x1"
	Abrazadera simple	110x3"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"
14 (T-SL-A-62 ©)	Válvula de Mariposa	3"
	Adaptador macho	90x3"
	Abrazadera simple	90x1"
14 (T-SL-A-62 ©)	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	40x1"
16 (T-SL-A-63 (B))	Abrazadera simple	90x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
16 (T-SL-A-63 ©)	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	63x1 1/4"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 1/4"
16 (T-SL-A-63 ©)	Válvula de Mariposa	1 1/4"
	Adaptador macho	40x1 1/4"
	Abrazadera simple	63x1"
19 (T-SL-A-64 (B))	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
	Adaptador macho	32x1"
19 (T-SL-A-107 (A))	Abrazadera simple	63x1"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"
	Válvula de Mariposa	1"
19 (T-SL-A-107 (B))	Adaptador macho	32x1"
	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
22 (T-SL-A-108 (A))	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
	Abrazadera simple	63x1 1/4"
22 (T-SL-A-108 (A))	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 1/4"
	Válvula de Mariposa	1 1/4"
	Adaptador macho	40x1 1/4"

Tabla 13.28. Continuación

Ramal 1 (del principal LAG 5)		
Punto	Descripción	Dimensiones (mm o Pulg)
22 (T-SL-A-108 (B))	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
Ramal 2 (del principal LAG 5)		
5 (T-SL-A-65 (B))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
7 (T-SL-A-66 (B))	Abrazadera simple	75x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"
9 (T-SL-A-67 (B))	Abrazadera simple	63x2"
	Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"
	Válvula de Mariposa	2"
	Adaptador macho	63x2"

Tabla 13.29. Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector I

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Abrazadera simple	250x4"	1
Abrazadera simple	250x3"	3
Abrazadera simple	200x4"	4
Abrazadera simple	200x3"	5
Abrazadera simple	200x2"	1
Abrazadera simple	160x4"	3
Abrazadera simple	160x3"	1
Abrazadera simple	160x2"	6
Abrazadera simple	125x4"	1
Abrazadera simple	125x3"	1
Abrazadera simple	125x2"	6
Abrazadera simple	125x1"	1
Abrazadera simple	110x2"	2
Abrazadera simple	90x3"	2
Abrazadera simple	90x2"	1
Abrazadera simple	75x2"	6
Abrazadera simple	63x2"	2
Abrazadera simple	40x1"	1
Abrazadera metálica con rosca	400x4"	3
Abrazadera metálica con rosca	400x3"	1
Abrazadera metálica con rosca	355x4"	1
Abrazadera metálica con rosca	355x3"	2
Abrazadera metálica con rosca	200x3"	1
Abrazadera metálica con rosca	160x4"	1
Abrazadera metálica con rosca	110x3"	1
Abrazadera metálica con rosca	75x2"	1
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"	14
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"	17
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"	25

Tabla 13.29. Continuación

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"	2
Adaptador macho	110x4"	14
Adaptador macho	110x3"	1
Adaptador macho	110x2"	1
Adaptador macho	90x3"	16
Adaptador macho	90x2"	6
Adaptador macho	75x2"	7
Adaptador macho	63x2"	7
Adaptador macho	50x2"	4
Adaptador macho	40x1"	1
Adaptador macho	32x1"	1
Válvula de Mariposa BRAY	4"	14
Válvula de Mariposa BRAY	3"	17
Válvula de Mariposa BRAY	2"	25
Válvula de Mariposa BRAY	1"	2
Abrazadera metálica de 500mm para manchón de 160mm	500x160	1
Abrazadera metálica de 400mm para manchón de 250mm	400x250	1
Abrazadera metálica de 355mm para manchón de 200mm	355x200	1
Abrazadera metálica de 315mm para manchón de 200mm	315x200	1
Abrazadera metálica de 250mm para manchón de 90mm	250x90	1
Abrazadera metálica de 250mm para manchón de 160mm	250x160	1
Manchón	160	3
Manchón	250	1
Manchón	200	2
Manchón	90	1
Unión Reducción	160x110	4
Unión Reducción	125x110	3

Tabla 13.30. Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector II

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Abrazadera simple	250x4"	1
Abrazadera simple	200x4"	1
Abrazadera simple	160x4"	1
Abrazadera simple	125x3"	2
Abrazadera simple	125x1"	1
Abrazadera simple	110x4"	1
Abrazadera simple	110x3"	1
Abrazadera simple	110x2"	1
Abrazadera metálica con rosca	200x3"	2
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"	4
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"	5
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"	1
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"	1
Adaptador macho	110x4"	4
Adaptador macho	90x3"	3
Adaptador macho	75x2"	1
Adaptador macho	63x2"	2
Adaptador macho	32x1"	1
Válvula de Mariposa BRAY	4"	4
Válvula de Mariposa BRAY	3"	5
Válvula de Mariposa BRAY	2"	1
Válvula de Mariposa BRAY	1"	1
Unión Reducción	160x110	2

Tabla 13.31. Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector III

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Abrazadera simple	90x2"	2
Abrazadera simple	90x1"	1
Abrazadera simple	75x2"	1
Abrazadera simple	75x1 ¼"	1
Abrazadera simple	63x2"	1
Abrazadera simple	63x1 ¼"	1
Abrazadera simple	50x2"	1
Abrazadera simple	50x1 ¼"	1
Abrazadera simple	40x1"	2
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"	5
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 ¼"	3
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"	3
Adaptador macho	75x2"	1
Adaptador macho	63x2"	1
Adaptador macho	50x2"	3
Adaptador macho	40x1 ¼"	3
Adaptador macho	40x1"	2
Adaptador macho	32x1"	1
Válvula de Mariposa BRAY	2"	5
Válvula de Mariposa BRAY	1 ¼"	3
Válvula de Mariposa BRAY	1"	3

Tabla 13.32. Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector IV

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Abrazadera simple	160x2"	2
Abrazadera simple	125x2"	2
Abrazadera simple	110x3"	1
Abrazadera simple	110x2"	5
Abrazadera simple	90x2"	5
Abrazadera simple	90x1 ¼"	1
Abrazadera simple	90x1"	1
Abrazadera simple	75x2"	6
Abrazadera simple	75x1"	4
Abrazadera simple	63x2"	6
Abrazadera simple	63x1 ¼"	2
Abrazadera simple	63x1"	2
Abrazadera simple	50x2"	1
Abrazadera simple	50x1"	7
Abrazadera simple	40x1"	7
Abrazadera simple	32x1"	5
Abrazadera metálica con rosca	400x4"	1
Abrazadera metálica con rosca	400x3"	3
Abrazadera metálica con rosca	400x2"	2
Abrazadera metálica con rosca	400x1 ½"	2
Abrazadera metálica con rosca	355x3"	3
Abrazadera metálica con rosca	355x2 ½"	1
Abrazadera metálica con rosca	315x4"	2
Abrazadera metálica con rosca	315x3"	3
Abrazadera metálica con rosca	315x2"	2
Abrazadera metálica con rosca	250x4"	1
Abrazadera metálica con rosca	200x4"	2
Abrazadera metálica con rosca	200x1"	1

Tabla 13.32. Continuación

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Abrazadera metálica con rosca	160x4"	1
Abrazadera metálica de 355mm para manchón de 160mm	355x160	1
Anillo reductor HG	1 1/2"x1"	2
Manchón	160	1
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"	6
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"	9
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2 1/2"	1
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"	27
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 1/2"	2
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 1/4"	3
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"	28
Adaptador macho	110x4"	7
Adaptador macho	90x3"	10
Adaptador macho	75x2 1/2"	1
Adaptador macho	75x2"	8
Adaptador macho	63x2"	9
Adaptador macho	50x2"	13
Adaptador macho	40x1 1/4"	3
Adaptador macho	32x1"	29
Válvula de Mariposa BRAY	4"	6
Válvula de Mariposa BRAY	3"	9
Válvula de Mariposa BRAY	2 1/2"	1
Válvula de Mariposa BRAY	2"	27
Válvula de Mariposa BRAY	1 1/2"	2
Válvula de Mariposa BRAY	1 1/4"	3
Válvula de Mariposa BRAY	1"	26
Unión reducción	160x110	3

Tabla 13.33. Tipo, dimensiones y cantidad de accesorios Sector V

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Abrazadera simple	200x2"	8
Abrazadera simple	160x4"	1
Abrazadera simple	160x2"	2
Abrazadera simple	160x1"	1
Abrazadera simple	125x2"	2
Abrazadera simple	110x3"	1
Abrazadera simple	110x1"	1
Abrazadera simple	90x2"	1
Abrazadera simple	90x1"	1
Abrazadera simple	75x2"	2
Abrazadera simple	63x2"	3
Abrazadera simple	63x1 1/4"	2
Abrazadera simple	63x1"	3
Abrazadera simple	50x2"	1
Abrazadera simple	40x1"	1
Abrazadera simple	32x1"	1
Abrazadera metálica con rosca	250x2"	3
Abrazadera metálica con rosca	250x1"	1
Abrazadera metálica con rosca	200x3"	1
Abrazadera metálica con rosca	200x1"	1
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	4"	1
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	3"	1
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	2"	22
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1 1/4"	2

Tabla 13.33. Continuación

Descripción	Dimensiones (mm o pulg)	Cantidad
Niple HG de 15cm con rosca ambos lados	1"	10
Adaptador macho	110x4"	1
Adaptador macho	90x3"	2
Adaptador macho	75x2"	3
Adaptador macho	63x2"	13
Adaptador macho	50x2"	6
Adaptador macho	40x1 1/4"	2
Adaptador macho	40x1"	2
Adaptador macho	32x1"	8
Válvula de Mariposa BRAY	4"	1
Válvula de Mariposa BRAY	3"	1
Válvula de Mariposa BRAY	2"	22
Válvula de Mariposa BRAY	1 1/4"	2
Válvula de Mariposa BRAY	1"	10
Abrazadera metálica de 250mm para manchón de 160mm	250x160	1
Manchón	160	1
Unión reducción	160x110	1

13.6. EQUIPOS DE RIEGO

En la Tabla 13.34 a 13.37 se detalla la longitud, clase de tubería y el número total de aspersores y microaspersores requeridos, para las parcelas tipo diseñadas. La estimación de las cantidades de equipos de riego, requeridas por las restantes parcelas, se determinó por el producto entre la cantidad de equipo en la parcela diseñada y el número de parcelas tipo correspondientes.

Las Tablas 13.38 a 13.40 presentan la longitud, clase de tubería y el número total de aspersores y microaspersores requeridos para las parcelas tipo por Sector de Riego.

Tabla 13.34. Número de microaspersores y longitud de laterales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de cítricos.

Parcela	Tipo	N° Microaspersores	Lateral (m)		
		TORNADO Boq.Azul 48l/h	PEAD-16/14 SDR_21	PEAD-20/18,0 SDR_21	PEAD-20/17,4 SDR_21
SL-A-31	C4	1.920,0	11.520,0		
SL-A-3	C5	4.032,0	24.192,0		
SL-A-97 (C)	C1	291,0	1.634,0		
SL-A-153	C2	710,0	3.447,0		1.428,0
SL-R-78	C3	1.360,0		8.160,0	
	TOTAL	8.313,0	40.793,0	8.160,0	1.428,0

Tabla 13.35. Longitud de tuberías secundarias, terciarias y principales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de cítricos

N° Parcela	Tipo	Secundaria (m)					Terciaria (m)	Principal (m)				
		PEAD 63/57,0 SDR_21	PEAD 50/45,2 SDR_21	PEAD 50/46,4 SDR_33	PEAD 40/37,2 SDR_33	PEAD 32/29,2 SDR_33	PEAD 32/29,2 SDR_33	PEAD 125/17,4 SDR_21	PEAD 90/83,0 SDR_21	PEAD 75/69,2 SDR_26	PEAD 63/57,0 SDR_33	PEAD 32/29,2 SDR_33
SL-A-31	C4		970,0									
SL-A-3	C5		2.030,0					669,0				
SL-A-97 (C)	C1					104,0	208,0					50,0
SL-A-153	C2			395,0	130,0						269,0	
SL-R-78	C3	496,0								311,0		
	TOTAL (m)	496,0	3.000,0	395,0	130,0	104,0	208,0	669,0	528,0	311,0	269,0	50,0

Tabla 13.36. Número de aspersores y longitud de laterales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de pastos

N° Parcela	Tipo	N° Aspersores	Lateral (m)		
		SENNINGER 7025 RD -1 EFF Boq.N°24	PEAD 50/45,2 SDR_33	PEAD 63/58,4 SDR_33	PEAD 32/29,2 SDR_33
SL-A-53 (A)	P1	1			15,0
SL-A-51 (A)	P2	3	75,0		
SL-R-77	P3	4,0		105,0	
SL-R-28	P4	6,0	150,0		
SL-A-114	P5	9,0	225,0		
SL-A-4	P6	15,0	375,0		
	TOTAL	38,0	825,0	105,0	15,0

Tabla 13.37. Longitud de tuberías secundarias, terciarias y principales. Parcelas tipo diseñadas, cultivo de pastos

N° Parcela	Tipo	Secundaria (m)						Principal (m)					
		PEAD 160/150,2 SDR_33	PEAD 110/103,2 SDR_34	PEAD 90/84,4 SDR_35	PEAD 75/70,4 SDR_36	PEAD 63/58,4 SDR_36	PEAD 40/37,2 SDR_37	PEAD 160/144,6 SDR_21	PEAD 110/99,4 SDR_21	PEAD 110/103,2 SDR_22	PEAD 90/83,0 SDR_26	PEAD 75/69,2 SDR_26	PEAD 40/37,2 SDR_21
SL-A-53 (A)	P1						210,0						93,0
SL-A-51 (A)	P2					210,0						177,0	
SL-R-77	P3				210,0						252,0		
SL-R-28	P4			315,0					500,0				
SL-A-114	P5		510,0							256,0			
SL-A-4	P6	765,0						505,0					
	TOTAL(m)	765,0	510,0	315,0	210,0	210,0	210,0	505,0	500,0	256,0	252,0	177,0	93,0

Tabla 13.38. Número total de microaspersores y longitud de laterales por tipo de parcela para cítricos

Parcela Tipo	N° Microaspersores	Lateral (m)		
	TORNADO Boq.Azul 48l/h	PEAD-16/14 SDR_21	PEAD-20/18,0 SDR_21	PEAD-20/17,4 SDR_21
C1	13.968,00	78.432,0		
C2	22.010,0	106.857,0		44.268,0
C3	28.560,0		171.360,0	
C4	36.480,0	218.880,0		
C5	16.128,0	96.768,0		
TOTAL	117.146,0	500.937,0	171.360,0	44.268,0

Tabla 13.39. Longitud total de tuberías secundarias, terciarias y principales, por tipo de parcela para cítricos

Parcela Tipo	Secundaria (m)					Terciaria (m)	Principal (m)					
	PEAD 63/57,0 SDR_21	PEAD 50/45,2 SDR_21	PEAD 50/46,4 SDR_33	PEAD 40/37,2 SDR_33	PEAD 32/29,2 SDR_33	PEAD 32/29,2 SDR_33	PEAD 125/17,4 SDR_21	PEAD 90/83,0 SDR_26	PEAD 75/69,2 SDR_26	PEAD 63/57,0 SDR_21	PEAD 32/29,2 SDR_33	
C1					4.992,0	9.984,0						2.400,0
C2			12.245,0	4.030,0							8.339,0	
C3	10.416,0									6.531,0		
C4		18.430,0							10.032,0			
C5		8.120,0						2.676,0				
TOTAL (m)	10.416,0	26.550,0	12.245,0	4.030,0	4.992,0	9.984,0	2.676,0	10.032,0	6.531,0	8.339,0	2.400,0	

Tabla 13.40. Número total de aspersores y longitud de laterales por tipo de parcela para pastos

Parcela Tipo	N° Aspersores	Lateral (m)		
	SENNINGER 7025 RD -1 EFF Boq.N°24	PEAD 50/45,2 SDR_33	PEAD 63/58,4 SDR_33	PEAD 32/29,2 SDR_33
P1	11			165,0
P2	48,0	1.200,0		
P3	52,0		1.365,0	
P4	72,0	1.800,0		
P5	18,0	450,0		
P6	135,0	3.375,0		
TOTAL	336,0	6.825,0	1.365,0	165,0

Tabla 13.41. Longitud total de tuberías secundarias y principales, por tipo de parcela para pastos

Parcela Tipo	Secundaria (m)						Principal (m)					
	PEAD 160/150,2 SDR_33	PEAD 110/103,2 SDR_33	PEAD 90/84,4 SDR_33	PEAD 75/70,4 SDR_33	PEAD 63/58,4 SDR_33	PEAD 40/37,2 SDR_33	PEAD 160/144,6 SDR_21	PEAD 110/99,4 SDR_21	PEAD 110/103,2 SDR_21	PEAD 90/83,0 SDR_26	PEAD 75/69,2 SDR_26	PEAD 40/37,2 SDR_21
P1						2.310,0						1.023,0
P2					3.360,0							2.832,0
P3				2.730,0						3.276,0		
P4			3.780,0					6.000,0				
P5		1.020,0							512,0			
P6	6.885,0						4.545,0					
TOTAL(m)	6.885,0	1.020,0	3.780,0	2.730,0	3.360,0	2.310,0	4.545,0	6.000,0	512,0	3.276,0	2.832,0	1.023,0

Tabla 13.42. Resumen de la longitud total de tubería para el riego a nivel de parcela, para todos los Sectores de Riego

Tubería	Longitud (m)
PEAD-16/14 mm ,SDR_21	500.937,0
PEAD-20/18,0 mm SDR_21	171.360,0
PEAD-20/17,4 mm SDR_21	44.268,0
PEAD-63/57,0,SDR_21	18.755,0
PEAD-63/58,4,SDR_33	4.725,0
PEAD-50/45,2,SDR_21	33.375,0
PEAD-50/46,4 ,SDR_33	12.245,0
PEAD-40/37,2 ,SDR_33	7.363,0
PEAD-32/29,2 ,SDR_33	17.541,0
PEAD-125/17,4 ,SDR_21	2.676,0
PEAD-90/83,0, SDR_26	13.308,0
PEAD-90/84,4,SDR_33	3.780,0
PEAD-75/69,2,SDR_26	9.363,0
PEAD-160/150,2,SDR_33	6.885,0
PEAD-110/103,2,SDR_33	1.532,0
PEAD-75/70,4,SDR_33	2.730,0
PEAD-160/144,6,SDR_21	4.545,0
PEAD-110/99,4,SDR_21	6.000,0

Tabla 13.43. Equipos en cabezal de riego, tipo y cantidad

Tipo de Equipo	Cantidad
Filtro de anillas 1"- 130 mesch	47
Filtro de anillas 1 1/2"- 130 mesch	32
Filtro de anillas 2"- 130 mesch	43
Filtro de anillas 3"- 130 mesch	3
Filtro de anillas 4"- 130 mesch	2
Inyector Venturi ¾"	190
Ventosas ARI ¾" DG-10-P-NPT	190
Ventosa ARI ¾" AV-010-NPT	190

CAPÍTULO 14

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. CONCLUSIONES

- La falta de información básica es una de las limitantes más apremiantes para el desarrollo de este tipo de proyectos de riego.
- El Asentamiento Campesino Santa Lucía representa una zona potencial para el desarrollo de la actividad agrícola y con la instalación del sistema de riego, su adecuada operación y mantenimiento, se convertirá en un polo de desarrollo rural para el Estado.
- Del estudio del balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima, se concluye que, en la zona de riego, a pesar de que llueve, estas precipitaciones no satisfacen las demandas de agua de los cultivos, manifestándose un déficit hídrico durante todo el año, con un total de 854,3 mm. Lo que obliga a la implementación del riego integral.
- Del estudio hidrológico sobre la cuenca del río Escalante, en base a la curva de variación estacional para un 80% de probabilidad de ocurrencia, se concluye que, el caudal mínimo aprovechable para suplir las demandas de riego del Asentamiento es de 0,274 m³/s.
- El estudio considera la utilización de cinco lagunas existentes en el Asentamiento, con una capacidad de almacenamiento cada una de 145.000,00 m³ (Laguna 1), 26.000,00 m³ (Laguna 2), 7.500,00 m³ (Laguna 3), 90.000,00 m³ (Laguna 4) y 35.000,00 m³ (Laguna 5), como centros de distribución hacia cada una de las unidades de producción, lo cual se traduce en un ahorro de recursos económicos al no tenerse que construir obras adicionales de almacenamiento.
- Para el manejo y la operación óptima de las lagunas, se formularon 3 escenarios, para dar cumplimiento a los objetivos del riego, esto debido a la relativa poca disponibilidad de agua en la fuente. De los escenarios formulados, el 2 y 3 satisfacen plenamente las necesidades de agua de los cultivos sin detrimento de la producción, quedando las lagunas 1, 2 y 3 operando bajo el escenario 2 y las lagunas 4 y 5, bajo el escenario 3.
- Existe la necesidad de utilizar equipos electromecánicos de bombeo, para dar impulsión al agua y presurizar las redes, a fin de garantizar el suministro a cada laguna y de éstas a cada parcela, bajo la premisa de satisfacer los requerimientos de carga y caudal, tanto en cantidad como en oportunidad en cada unidad de producción. Ésto debido a la ubicación altitudinal de la toma respecto a las lagunas de almacenamiento y éstas respecto a las unidades de producción.

- Según el estudio realizado queda demostrada la factibilidad técnica del proyecto.
- El proyecto permitirá la participación de la comunidad en sus diferentes formas de organización.

14.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo al déficit hídrico presente en la zona de estudio, se recomienda la implementación del sistema de riego proyectado.
- Registrar la producción de cada unidad productiva, mediante la toma de datos de cosecha, a fin de generar información útil y necesaria para el seguimiento en cuanto a la evaluación del manejo y operación del sistema de riego.
- Gestionar ante los organismos del Estado planes de asesoramiento técnico, que involucren la organización de los productores, prácticas agronómicas y culturales, planificación agroeconómica y crediticia.
- A los productores, tomar en cuenta el caudal disponible y el turno de entrega, a la hora de realizar el diseño de sus sistemas de riego a nivel de parcela, ya que éste debe estar ajustado a las condiciones de operación de la red de distribución correspondiente.
- A los beneficiarios del sistema de riego y los organismos del Estado involucrados, someter a discusión o poner en práctica el Plan de Operación y Mantenimiento propuesto para el proyecto.
- A los organismos del Estado con pertinencia directa sobre el proyecto, llevar a cabo planes de extensión y de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Avilán C. 1991. **Influencia da densidade de plantio na produtividade do maracujazeiro amarelo (*passiflora edulis sims. Forma flavicarpa*)**. Revista Brasileira do fruticultura, Cruz das Almas-BA, Brasil.
- Beltrán L. 2007. **Hidrología para ingeniería civil**. Universidad de Oriente, Estado Anzoátegui. Venezuela.
- Bernal M. 1988. **Acerca de la nomenclatura y tipificación de algunos taxones del género *Dianthus L. (Caryophyllaceae)***. Anales Jardín Botánico. Madrid, España.
- Crespo G. 1999. **Estudio del reciclaje de los nutrientes en sistemas de producción vacuna**. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba.
- Doorembos, J. y Kassan, A.H. 1979. **Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. FAO. Documento 33 Serie Riego y Drenaje. Roma.
- Doorembos, J. y Pruitt, W. 1976. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Estudio FAO: Riego y Drenaje, N° 24. Toma, FAO. 194 p.
- Duque R. 1985. **Precipitación. Formación, medición y análisis de datos**. CIDIAT. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
- Duque, R. 2002. **Modelo de simulación para Análisis de Frecuencia. Ajuste V.2**. CIDIAT. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. Sin ISBN.
- García R. 1983. **Potencial y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche**. Los pastos de Cuba, Tomo II. EDICA. La Habana Cuba.
- Grassi 1988. **Fundamentos del riego**. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela. Sin ISBN.
- Grassi 1998. **Formulación de proyectos de riego y drenaje**. Mérida. CIDIAT. ISBN. 980-292- 692 - 2.
- Grassi et al 1996. **Manual de riego por aspersión**. Mérida. CIDIAT-ULA. Sin ISBN. Venezuela.
- Guevara E. y Cartaya H. 1991. **Hidrología**. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CODECIH) de la Universidad de Carabobo. Valencia. Venezuela.

- Gurovich R. 1999. **Riego superficial tecnificado**. Segunda edición. Editorial Alfaomega. Universidad Católica de Chile.
- Guzmán J. 1985. **El cultivo de tomate**. I Edición, Editorial la colina, Caracas Venezuela.
- Israelsen y Hansen 1975. **Principios y aplicaciones del riego**. Editorial Reverté. Barcelona España.
- Jolliffe, P. y Gaye, M. 1995. **Dynamics of growth and yield components of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) to row covers and population density**. Scientia Horticulturae. University of British Columbia. Vancouver, Canada.
- Kader A. 1992. **Postharvest technology of horticultural crops**. University of California. USA.
- Leskovar D. y Boales A. 1995. **Plant establishment systems effect yield of jalapeño pepper**. Acta Horticulturae.
- Lobo E. 1974. **Leyes y reglamentos**. IV Curso breve interamericano. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Mabberley D. 1997. **The Plant-Book: A Portable Dictionary of The Vascular Plants**. Cambridge University Press. Segunda Edición. USA.
- Marcucci y Márquez 1986. **Clasificación de tierras con fines agrícolas en el Municipio Zea, Distrito Tovar, Estado Mérida, Venezuela**. Trabajo especial de grado. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela.
- Norero A. 1976. **La evapotranspiración de los cultivos**. CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- Palacios V. 1993. **¿Por qué, cuándo, cuánto y como regar?**. I Diplomado de ingeniería del riego. Colegio de postgraduados, Universidad de Chapingo, Montecillo, México.
- Pérez M. 1979. **Fundamentos del ciclo hidrológico**. Departamento de Meteorología e Hidrología. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas. Venezuela.
- Pérez, J. 1998. **Pasos generales en la formulación y evaluación de proyectos de aprovechamiento de recursos hídricos, con énfasis en proyectos de riego**. Documento Didáctico, CIDIAT-ULA. Mérida., Venezuela.
- Pineda A. 1989. **Diagnóstico físico natural del Asentamiento Campesino Santa Lucía, Municipio Zea, Estado Mérida, Venezuela**. Instituto Universitario Tecnológico de Ejido, Estado Mérida, Venezuela.

- Smith, M. 1993. **CROPWAT, programa de ordenador para planificar y manejar riego.** Naciones Unidas, FAO. ISBN: 92-5-303106-9.
- Soto H. 1999. **Calidad nutricional de los forrajes de una zona con niveles medios de producción de leche, en el trópico húmedo del norte de Costa Rica.** Agronomía Costarricense. Costa Rica.
- Stoffella P. y Bryan H. 1988. **Plant population influences growth and yields of bell pepper.** Amer. Soc. Scientia Horticulturae.
- Tenreiro R. 2003. **Pequeños embalses de uso agrícola.** Mundiprensa Libros S.A. ISBN 84-8476-144-4. España.
- Tovar R. 1993. **Hidráulica elemental.** UACH. Dirección de difusión cultural. Departamento de irrigación cultural, Chapingo. Mexico.
- Ven Te Chow 1993. **Hidrología aplicada.** Mc Graw-Hill. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Villarreal Y. 2002. **Análisis preliminar de las precipitaciones máximas en la cuenca del río Escalante.** Trabajo especial de grado. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela.
- Viloria Z. 1991. **Crecimiento vegetativo del pimentón en función de la densidad de plantas y edad del cultivo.** Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Estado Lara, Venezuela.