



**Estudio para la tecnificación del riego
de la U. R. de la presa "50 Aniversario",
San José de Gracia, Aguascalientes.**

**Informe final
Proyecto: RD-0526**

DIRECTORIO

SAGARPA

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda
Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Ing. Francisco López Tostado
Subsecretario de Agricultura

Ing. Eduardo Benítez Paulín
Director General de Vinculación y Desarrollo Tecnológico

Ing. Joaquín A. Castro Bautista
Director de Sustentabilidad

Dr. Christian Cruz Grajales
Subdirector de Suelo-Planta

IMTA

Dr. Álvaro A. Aldama Rodríguez
Director General del Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua

Dr. Benjamín de León Mojarro
Coordinador de Ingeniería de Riego y Drenaje

M.C. Efrén Peña Peña
Subcoordinador de Ingeniería de Riego

M.C. Juan Manuel Angeles Hernández
Jefe de Proyecto

"El presente proyecto fue financiado en el marco del Programa de Fomento Agrícola de la Alianza Contigo. Este Programa es de carácter público, no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Esta prohibido el uso de este Programa con fines políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este Programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente"

PROYECTO RD 0526

Participantes del IMTA

Juan Manuel Angeles Hernández
Eduardo Moreno Bañuelos
Juan Carlos Herrera Ponce
Helene Unland Weiss
Alfonso Aguayo Mavridis
Mario Alberto Montiel Gutiérrez
Jorge Castillo González
Manuel Zavala Trejo
José Angel Guillén González
Araceli Nava Ocampo
Efrén Peña Peña
Benjamín Mojarro de León

Apoyo técnico

Ing. Manuel Alejandro Andrade Rodríguez
Ing. Vicente Maravilla Flores
Ing. Julio Villamil Pérez
Ing. Fernando González Grijalva
C. José Gilberto Carreón
Ing. Juan Carlos Serafín Payán

Participantes de la SAGARPA

Ing. Eduardo Benítez Paulín
Ing. Joaquín A. Castro Bautista
Dr. Christian Cruz Grajales

Delegación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en el estado de Aguascalientes

M.C. Manuel de Jesús Quintero Meza

Comisión de Desarrollo Agropecuario (CODAGEA) del estado de Aguascalientes

C. Luis Arteaga Niepman
Ing. Héctor Nuñez Acosta
Ing. Felipe Padilla Hernández

Gerencia de la Comisión Nacional del Agua en el estado de Aguascalientes

Ing. Pedro de Jesús Toledo
Ing. Amado Cervantes Silva
Ing. Virginia Bernal Martínez

Asociación de Usuarios de la Presa "50 Aniversario"

C. Mariano Ramírez
Lic. Pedro Armendáriz García

INDICE

	Pág.
DIRECTORIO	i
PARTICIPANTES	ii
INDICE	iii
Indice de cuadros	vi
Indice de láminas	vii
Indice de fotos	viii
Indice de gráficas	viii
RESUMEN EJECUTIVO	1
CAPITULO I. ANTECEDENTES	2
CAPITULO II. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA DE RIEGO	6
2.1. Localización geográfica y política	7
2.2. Características fisiográficas	7
2.3. Fuente de abastecimiento	7
2.4. Cultivos	7
2.5. Requerimiento de riego	7
CAPITULO III. DISEÑO AGRONOMICO	9
3.1. Capacidad del sistema	10
3.2. Volumen de riego diario	10
3.3. Tiempo de riego	11
3.4. Gastos por hectárea	11
3.5. Superficie máxima regada simultáneamente	12
CAPITULO IV. DISEÑO HIDRAULICO	13
4.1. Selección de la carga de operación del emisor	13
4.2. Diseño de la tubería regante	14
4.2.1. Generalidades	14
4.2.2. Hidráulica de tuberías simples	15
4.2.3. Hidráulica de tuberías con salidas múltiples	17
4.3. Diseño de la tubería distribuidora	19

4.3.1. Generalidades	19
4.3.2. Cálculo de las pérdidas de carga en tuberías con la fórmula de Christiansen	20
4.3.3. Cálculo de los diferentes diámetros en tubería telescopiada	21
4.4. Parámetros de la sección de riego	22
4.4.1. Generalidades	22
4.4.2. Determinación del gasto necesario para una sección	22
4.4.3. Determinación de la carga de operación de la sección	22
4.5. Resultados	23
4.5.1. Selección del emisor	23
4.5.2. Cálculo de las pérdidas de carga en las mangueras regantes	24
4.5.3. Cálculo y dimensionamiento de las tuberías distribuidoras	26
4.5.4. Integración de resultados	29
CAPITULO V. ESCENARIOS DE TECNIFICACIÓN	35
5.1. Análisis de funcionamiento del vaso de almacenamiento	35
5.2. Análisis de los escenarios de tecnificación	37
5.2.1. Información y cálculos preliminares	38
5.2.2. Escenario 1	41
5.2.3. Escenario 2	46
5.2.4. Escenario 3	51
5.2.5. Análisis comparativo de escenarios	56
CAPITULO VI. PROYECTO EJECUTIVO DE LA RED DE CONDUCCIÓN PRINCIPAL E INTERPARCELARIA	61
6.1. Trazo de la red	61
6.2. Simulación hidráulica	62
6.2.1. Variables hidráulicas iniciales	62
6.2.2. Parámetros hidráulicos de nodos y tramos	63
6.2.3. Proceso de diseño	65
CAPITULO VII. OBRA CIVIL Y EQUIPO DE BOMBEO	66
7.1. Obra de toma	66
7.1.1. Estado actual de las estructuras y de la operación	66
7.2. Equipos de bombeo	74
7.3. Capacidad del transformador	74
CAPITULO VIII. CATALOGOS	77

8.1. Catálogo del sistema de riego parcelario	77
8.1.1. Unidad I	77
8.1.2. Unidad II	79
8.1.3. Unidad III	80
8.1.4. Unidad IV	81
8.1.5. Unidad V	82
8.1.6. Unidad VI	83
8.1.7. Unidad VII	84
8.1.8. Unidad VIII	85
8.1.9. Unidad IX	86
8.2. Catálogo de la red de conducción principal e interparcelaria	88
8.3. Catálogo de la obra de toma	92
8.4. Resumen	92
CAPITULO IX. ANTEPROYECTO DE NIVELACIÓN DE TIERRAS	
9.1. Caracterización de las parcelas	93
9.2. Superficie susceptible de nivelación	96
CAPITULO X. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	
10.1. Antecedentes	99
10.2. Objetivos	99
10.3. Caracterización física, geográfica y demográfica	100
10.3.1. Servicios de la población	101
10.3.2. Actividades socioeconómicas	101
10.3.3. Aspectos culturales y religiosos	104
10.3.4. Tenencia de la tierra	105
10.4. Operación del sistema de producción actual	107
10.5. Propuesta de organización y capacitación	108
CAPITULO XI. CONCLUSIONES	
Anexo 1. Relación de usuarios	112
Anexo 2. Climatología y cálculo de los requerimientos de riego	121
Anexo 3. Análisis del sistema de riego por bombeo utilizando energía fotovoltaica, para la unidad de riego de la presa "50 aniversario", San José de gracia, Ags.	129
Anexo 4. Operación del sistema de riego	139
Anexo 5. Superficie de riego de la presa "50 aniversario", sujeta a inundación por el vaso de almacenamiento de la presa Plutarco Elías Calles	144

INDICE CUADROS

Cuadro 2.1. Requerimiento de riego para el maíz con fecha de siembra de 01 de abril en la zona de riego de la Presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Aguascalientes	8
Cuadro 2.2. Información básica de la presa 50 Aniversario	8
Cuadro 4.1. Cálculo y dimensionamiento de la tubería distribuidora	28
Cuadro 4.2. Unidad I	29
Cuadro 4.3. Unidad II	30
Cuadro 4.4. Unidad III	30
Cuadro 4.5. Unidad IV	31
Cuadro 4.6. Unidad V	31
Cuadro 4.7. Unidad VI	32
Cuadro 4.8. Unidad VII	32
Cuadro 4.9. Unidad VIII	33
Cuadro 4.10. Unidad XI	33
Cuadro 4.11. Resumen de unidades	34
Cuadro 5.1. Volúmenes consumidos en la presa	36
Cuadro 5.2. Parámetros de operación para algunos nodos de la red de conducción	40
Cuadro 5.3. Inversión inicial para el escenario 1	43
Cuadro 5.4. Cálculos de los costos de bombeo para el escenario 1	46
Cuadro 5.5. Cálculos de los costos de bombeo para el escenario 1	46
Cuadro 5.6. Inversión inicial para el escenario 2	48
Cuadro 5.7. Costo de bombeo para el escenario 2	50
Cuadro 5.8. Costos unitarios de bombeo para el escenario 2	50
Cuadro 5.9. Costos unitarios de bombeo para el escenario 3	53
Cuadro 5.10. Superficie de bombeo para cada módulo	53
Cuadro 5.11. Costo de bombeo para el escenario 3 (Marzo)	54
Cuadro 5.12. Costo de bombeo para el escenario 3 (Abril)	54
Cuadro 5.13. Costo de bombeo para el escenario 3 (Mayo)	55
Cuadro 5.14. Costo de bombeo para el escenario 3 (Junio)	55
Cuadro 5.15. Costo de bombeo para el escenario 3 (Julio)	55
Cuadro 5.16. Costo de bombeo para el escenario 3 (Agosto)	55
Cuadro 5.17. Costos unitarios de bombeo para el escenario 3	56
Cuadro 5.18. Costos unitarios de bombeo para el escenario 3	59
Cuadro 5.19. Costos unitarios de bombeo para el escenario 3	59
Cuadro 6.1. Presiones mínimas en algunos nodos de la red de conducción	63
Cuadro 6.2. Gastos máximos en algunos tramos	63
Cuadro 6.3. Velocidad máxima en algunos tramos	64
Cuadro 6.4. Pérdida de carga en algunos tramos	64
Cuadro 6.5. Análisis de nodo crítico	65
Cuadro 7.1. Características de los equipos de bombeo	74
Cuadro 7.2. Potencia de los equipos de bombeo	74
Cuadro 8.1. Integrado de costo parcelario	87

Cuadro 8.2. Resumen del presupuesto de la tecnificación del riego de la U. R. de la Presa 50 Aniversario, del municipio de San José de Gracia, Ags	92
Cuadro 10.1 Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2000. Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes	102
Cuadro 10.2. Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2001. Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes	102
Cuadro 10.3. Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2002. Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes	103
Cuadro 10.4. Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2003. Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes	103
Cuadro 10.5. Resumen cultivos principales	104
Cuadro 10.6. Perfil de tenencia de la tierra	106

INDICE LÁMINAS

Lámina 5.1. Vaso de la presa 50 Aniversario	35
Lámina 5.2. Elevaciones mensuales esperadas en la presa 50 Aniversario	37
Lámina 5.3. Sección de riego	38
Lámina 5.4. Unidades operativas	39
Lámina 5.5. Red de conducción principal e interparcelaria de la zona de riego de la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Aguascalientes	40
Lámina 5.6. Nodos abiertos en el turno 1	41
Lámina 5.7. Esquema de escenario 1	42
Lámina 5.8. Análisis de cargas para el escenario 1	45
Lámina 5.9. Diagrama de carga del escenario 2	50
Lámina 5.10. Esquema del escenario 3	52
Lámina 10.1 Zona de riego la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Aguascalientes	108

INDICE FOTOS

Foto 1.1. Presa de almacenamiento "50 Aniversario", Ags	3
Foto 1.2. Canal principal sobre la margen izquierda del río Blanco	3
Foto 1.3. Represa de costales con tierra en canal lateral	5
Foto 1.4. Falta de conservación en un canal lateral	5
Foto 3.1 Riego con cinta	12
Foto 4.1 Trazo de las líneas regantes y distribuidor con el sistema de riego localizado, para la zona de riego de la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Aguascalientes	27

INDICE GRAFICAS

Gráfica 4.1. Relación carga-Gasto del emisor	24
Gráfica 4.2. Regante con pendiente a favor	25
Gráfica 4.3. Regante sin pendiente	26
Gráfica 4.4. Regante con pendiente en contra	26
Gráfica 5.1. Volúmenes necesarios para los cultivos en la unidad de riego	36
Gráfica 5.2. Distribución de diámetros para el escenario 1	43
Gráfica 5.3. Evolución de las superficies sin y con bombeo	44
Gráfica 5.4. Evolución de los volúmenes sin y con bombeo	45
Gráfica 5.5. Distribución de diámetros para el escenario 2	47
Gráfica 5.6. Superficie sin y con bombeo en el escenario 2	48
Gráfica 5.7. Evolución del bombeo en el escenario 2	49
Gráfica 5.8. Distribución de diámetros para el escenario 3	52
Gráfica 5.9. Variación de la superficie con y sin bombeo para las 4 plantas de bombeo	53
Gráfica 5.10. Volúmenes que es necesario bombear en cada una de las 4 plantas de Bombeo	54
Gráfica 5.11. Costo de bombeo para cada planta de bombeo	56
Gráfica 5.12. Distribución de la inversión inicial	58
Gráfica 5.13. Inversión inicial por escenario	59
Gráfica 5.14. Costo unitario por superficie (\$/ha)	60
Gráfica 5.15. Costo unitario por volumen (\$/millar de m ³)	60

RESUMEN EJECUTIVO

La presa 50 Aniversario fue construida durante los años 1973-1976. La obra de cabeza se localiza sobre el cauce del Río Blanco a aproximadamente 9 km aguas arriba de la cortina de la presa Presidente Plutarco Elías Calles, a 10 km al norte de la población de San José de Gracia. Las coordenadas del punto de extracción son: latitud norte 22°11'15", longitud oeste 102°28'00" y una altitud de 2,070.30 msnm.

La presa 50 Aniversario tiene una capacidad útil de 3.1 millones de m³, con un gasto en la obra de toma de 875 l/s la cual abastece a una unidad de riego de 380 ha con 400 usuarios ejidales organizados en la asociación de usuarios "Presa 50 Aniversario A. C.". En la actualidad la unidad de riego cuenta con una red de conducción principal de 6.43 km de canales principales revestidos y 23.3 km de canales laterales sublaterales y ramales en su mayoría revestidos de concreto; pero con una eficiencia muy baja.

Con el fin de hacer un uso eficiente del agua se plantea la tecnificación de las 380 ha con sistemas de riego localizado (cintilla). El proyecto planteado tiene la capacidad para regar diariamente en la época de máxima demanda con un gasto total de 280 l/s, para ello utiliza emisores con un gasto de 0.61 l/h. La sección de riego está dominada por una unidad de control que regula el gasto y la presión necesaria con el fin de lograr una eficiencia de aplicación del 90%.

El proyecto elaborado aprovecha la carga hidráulica de la presa y el desnivel topográfico de la zona de riego, lo cual permite regar con sistema de riego presurizado una determinada superficie sin necesidad de bombeo, para dominar la superficie de las parcelas ubicadas en la parte alta, se instaló una planta de bombeo. La planta de bombeo está conformada por 5 bombas con una capacidad total de 270 l/s y 122 HP.

La red de conducción principal (tramo muerto) conecta la obra de toma de la presa con la planta de bombeo, mediante tubería de acero de 24 pulgadas de diámetro en una longitud de 940 m, en donde llega el agua por gravedad hasta la planta de bombeo; después de este lugar, se tiene una bifurcación para derivar el agua durante los turnos de riego sin bombeo y en los demás turnos del día el agua ingresa por la planta de bombeo. El proyecto se diseñó para favorecer el bajo costo de operación por concepto de energía eléctrica, resultando costos de energía eléctrica de \$ 33/ha ciclo, equivalentes en este caso en particular, a \$ 18.30 por millar de m³. El resumen de los costos de inversión inicial del sistema de riego se presenta en el cuadro siguiente. Este presupuesto se obtuvo a partir de los precios de lista de los catálogos de los principales distribuidores de tubería y materiales del mercado nacional.

CONCEPTO	IMPORTE (\$)
1.- PLANTA DE BOMBEO (Incluye Subestación eléctrica, cableado y filtrado general).	1,393,700.00
2.- RED DE CONDUCCIÓN INTERPARCELARIA (Incluye suministro e instalación de tuberías, limpieza, despalle, excavación, relleno y compactación del sitio en donde se colocará la tubería, conexión con la obra de toma, así como piezas y accesorios necesarios en la tubería).	12,285,897.00
8.- SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO (Incluye filtros, inyector, cinta de riego,...).	8,330,740.00
Costo total \$	22,010,337.00
Superficie total ha	380.00
Costo/ha	57,992.46

I. ANTECEDENTES

La Presa 50 Aniversario fue construida durante los años 1973-1976. La obra de cabeza se localiza sobre el cauce del Río Blanco a aproximadamente 9 km aguas arriba de la cortina de la presa Calles, a 10 km al norte de la población de San José de Gracia, cabecera municipal del municipio del mismo nombre, con coordenadas del punto de extracción: latitud norte 22° 11' 15", longitud oeste 102° 28' 00" y una altitud de 2,070.30 m.s.n.m.

La obra tiene las siguientes características:

Obra de toma:	Tipo Torre y Galería
Cortina:	Tipo Rígida de mampostería con pantalla de concreto aguas arriba
Vertedor:	Tipo Creager con salto de SKI
Elevación de la cresta vertedora:	2,086.00 m.s.n.m.
Longitud de la cresta vertedora:	50.00 m.
Carga sobre la cresta vertedora:	2.57 m.
Escurrimiento medio anual	43.81 Millones de m ³
Avenida máxima probable:	480.00 m ³ /s
Avenida máxima regularizada:	419.00 m ³ /s
Coefficiente de descarga:	2.18
Superficie de embalse:	36.14 ha al NAME
Capacidad total de la presa:	4.1 Millones de m ³
Capacidad útil de la presa:	3.1 Millones de m ³

Datos de almacenamientos (fuente CNA), demuestran que en los años de 1991 a 1999 se tiene un promedio de volumen almacenado de 4,079,902 m³, por lo que no existen problemas en la captación. En el vaso no se tienen problemas de malezas acuáticas, ni de azolves.

El canal de conducción es trapecial de mampostería con una ancho en su plantilla de 1.00 m., taludes 0.25:1 y pendiente de 0.0005 m. Los gastos normales y máximos tanto de la galería como del canal de conducción son 0.875 y 9.433 m³/s respectivamente.

Red de distribución

El sistema de distribución es a base de canales abiertos, revestidos de mampostería y concreto, con sección rectangular y trapecial.

En el km 0+650 el canal se divide en canal principal margen derecha (mediante un sifón que cruza el arroyo río blanco) y canal principal margen izquierda.

El canal principal margen izquierda (C.P.M.I) es de sección trapecial, construido de mampostería y concreto, con talud 0.5:1 hasta el km 0+300, con plantilla de 0.95 m, y un tirante de operación de 0.80 m; siguiendo con forma rectangular hasta el km 4+400, y sección trapecial hasta el final (km 5+500), con plantilla que varía de 1.00 a 0.30 m y un tirante de operación de 0.80 a 0.50 m a todo lo largo del canal. Cuenta con 12.22 km de canales laterales y 5.83 km de canal sublateral, además con 6.90 km de ramales y subramales, revestidos de concreto con sección trapecial (90.53%) y el resto en tierra.



Foto 1.1 Presa de almacenamiento "50 Aniversario", Ags.



Foto 1.2 Canal principal sobre la margen izquierda del río Blanco

El canal principal margen derecha (C.P.M.D) tiene una longitud de 0.93 km, de sección rectangular, construido en toda su longitud de mampostería, con ancho de plantilla de 0.87 m y tirante de operación de 0.40 m. Cuenta además con cinco laterales que en conjunto suman 2.93 km, todos de sección trapecial, 1.25 km de canal sublateral, ambos revestidos en un 72.73% (3.04 km).

Los canales construidos de mampostería, fueron rehabilitados posteriormente con un recubrimiento de mortero cemento – arena para evitar las filtraciones hacia el exterior.

Ambos canales cuentan con estructuras tales como: represas con compuertas deslizantes, obra de toma con compuertas tipo Miller y rectangulares, alcantarillas, pasos vehiculares, pasos superiores de aguas broncas, desarenadores, etc. que permiten el buen funcionamiento de los mismos. El estado de conservación es bueno.

En los canales laterales, sublaterales, ramales y subramales, el estado de conservación es regular y malo, ya que estos, se han dejado para su mantenimiento a los usuarios que hacen uso de ellos; dando como resultado que en parte de estos no lleven acabo la conservación adecuada y periódica.

La mayor parte de los canales laterales y sublaterales no cuenta con estructuras de control para el reparto de agua; por lo que los usuarios han colocado tubos de PVC a lo largo de los canales, mismos que son utilizados para extraer el agua del canal. Otros colocan costales de tierra que sirven de represas para retener el agua que extraen por encima del canal. Algunos usuarios los utilizan directamente como regadera, ya que colocan sifones de PVC o aluminio para extraer el agua.

Drenes

La red de drenaje esta constituida por cauces naturales y cañadas que no requieren de mantenimiento. Su pedregosidad y pendiente drenan eficientemente el agua producto de la lluvia. Existen obras de protección como cunetas y alcantarillas en la red de distribución para ayudar a canalizar hacia los arroyos el agua producto de la lluvia.

Caminos

Se cuenta con 8 km de carretera pavimentada a la desviación que conduce 2 km por terracería hasta la presa; ambas se encuentran en buenas condiciones.

Por la zona de riego existe aproximadamente 5 km de caminos de saca, sin revestir y en regulares condiciones, pero se recomienda revestirlos, en caminos de servicio se requiere acondicionar y revestir aproximadamente 6 km para ayudar a la conservación y mantenimiento de los canales.

Dentro de la problemática física en general, se tiene lo siguiente:

En la obra de toma existe una fuga de agua de 5 a 10 l/s., dependiendo de la carga hidráulica sobre la misma. Este problema según comentarios de integrantes de la mesa directiva, se ha presentado desde el inicio de la operación de la presa. La compuerta de emergencia debido al continuo uso, se encuentra en malas condiciones ya que la compuerta de operación no se ha podido operar a causa que desde que se construyó la presa fue mal instalada y debido al tiempo que ha transcurrido, su vástago y anclas se encuentran muy oxidadas y sus mecanismos de operación están desnivelados.

Con respecto a la red de canales se aprecia falta de conservación, sobre todo en la red de los laterales, existiendo tramos considerables de azolves y falta de deshierbe y desmonte, ocasionando con esto mismo que existan losas fracturadas o desfasadas por la raíz de los árboles.

Otro problema es el sifón que cruza el arroyo del río blanco, y que alimenta al canal principal margen derecha, ya que se encuentra parcialmente obstruido, teniendo problemas los usuarios con el servicio oportuno del riego durante los meses de máxima de manda de agua de riego. Se recomienda hacer una revisión para detectar la obstrucción, y solucionar este problema. Es importante instalar una válvula de desfogue de agua en la parte baja del sifón, ya que no existe ninguna.

Como la red de canales laterales, sublaterales y ramales se construyó antes de la distribución de las parcelas, y en años previos se realizaron mejoras territoriales, construyendo terrazas de banco en la

zona de riego, originando que algunos canales se localicen bajos en nivel, dado que se modificó la configuración original en la mayoría de ellos; aunado a ello las tomas no se construyeron en el lugar más adecuado, y en el peor de los casos no existen tomas granja, por lo que los usuarios han perforado el canal para colocar tubos de PVC a todo lo largo del mismo para extraer el agua. Otros los usan como regaderas, colocando los sifones (conocidos por los usuarios como paipas) directamente del canal a la parcela.

En la red de distribución es notable la falta de mantenimiento y conservación, se realiza desmonte y deshierbe parcialmente en los canales laterales, también existen tramos de canal azolvados debido a que las cunetas están totalmente obstruidas por la tierra que arrastra las aguas pluviales, esto hace que no fluya el agua adecuadamente hacia las obras de drenaje o pasos de aguas broncas provocando con ello el azolvamiento de los canales laterales.



Foto 1.3 Represa de costales con tierra en canal lateral.



Foto 1.4 Falta de conservación en un canal lateral.

La mayor parte de los canales laterales las tomas granja están muy distantes, faltan compuertas en las tomas, además de que el talud de algunos canales laterales ha sido perforado para la colocación de tubos de PVC para extraer el agua, esto a consecuencia a que las obras de toma que existen están muy dispersas. Falta pintura en todas las compuertas de las tomas laterales y tomas granja. Existen losas fisuradas y rotas (dispersas) por las raíces de los arbustos existentes en los costados de los canales.

El reparar la red de distribución de canales laterales, sublaterales y ramales implica el volver a revestir la red con todo el cambio y/o reparación de las compuertas y estructuras faltantes como pico de pato necesarias para mantener el nivel de agua constante en la red de canales, que a mediano plazo estaría nuevamente expuesta a los problemas que actualmente se padecen,

además de continuar prácticamente con altos costos de mantenimiento por concepto de desazolves y malezas.

Por lo anterior se plantea la tecnificación la zona de riego, mediante sistemas de riego entubados que permitan disminuir y/o prácticamente evitar las pérdidas de agua en la conducción interparcelaria. Con este nivel de tecnificación se podrá lograr la aplicación del riego con sistemas entubados de baja presión con multicompuertas. Otra propuesta más ambiciosa, y de mayores ventajas para los usuarios de riego, a mediano y a largo plazo es la de entubar toda la red de conducción desde la obra de toma de la presa. Esta opción permite dominar las parcelas que se localizan en la parte más baja topográficamente hablando, con sistemas de riego por goteo, sin el requerimiento de equipos de bombeo.

Con las ventajas que ofrece en entregar el agua entubada hasta cada una de las parcelas, se plantea además el mejoramiento de la aplicación del agua en la parcela mediante las siguientes acciones: en primer lugar con la nivelación y empareje de las parcelas, por lo cual se plantea en este trabajo definir las parcelas (con volúmenes y costos promedio) que están en condiciones de ser técnicamente niveladas y cuales únicamente es viable un empareje, debido a que los suelos de la unidad de riego no son lo suficientemente profundos. En segundo lugar mediante la revisión de los trazos de riego y el diseño del riego parcelario (gastos y tiempos de riego por surco o terraza) para áreas que sean comunes en cuanto a textura del suelo, profundidad del suelo y longitud de riego.

Para hacer frente a esta problemática, La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), promueve la tecnificación mediante sistemas de de riego entubados para alta y baja presión, de la superficie regada por la Unidad de Riego de la "Presa 50 Aniversario", del Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes, como parte del Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología del Programa de Fomento Agrícola de Ejecución Nacional de la Alianza Contigo 2005.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE RIEGO

2.1. Localización geográfica y política

La unidad de riego de la presa "50 Aniversario" se localiza en el municipio de San José de Gracia, en el estado de Aguascalientes.

2.2. Características fisiográficas

Pertenece a la región hidrológica o geohidrológica No. 12 Lerma- Chapala-Santiago. Los sistemas de topo formas presentes en esta región son en general lomeríos suaves y grandes llanuras. El relieve de las parcelas de la zona de riego es en general accidentado y en algunas parcelas moderado. La tenencia de la tierra es de tipo ejidal.

2.3. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento de la unidad de riego es la presa "50 Aniversario", cuyas características ya se describieron anteriormente.

2.4. Cultivos

Los cultivos principales que se pretende sembrar con el sistema de riego son hortalizas y maíz. Las características agronómicas y fisiológicas se especifican en el cálculo de los requerimientos de riego.

2.5 Requerimiento de riego

Para calcular láminas de riego es necesario contar con información climática del lugar (Temperaturas mínimas y máximas mensuales, velocidad del viento, radiación solar etc) y para complementar esto y llegar a realizar un calendario de riego es necesario contar con información del suelo (capacidad de campo, punto de marchites permanente, infiltración básica, etc).

El cuadro 2.1 muestra el requerimiento de riego para las condiciones de la zona de riego de la presa 50 Aniversario. En esta tabla se muestra un análisis realizado para cada 10 días considerando la precipitación del lugar. El análisis se realiza únicamente para la duración del ciclo agrícola primavera-verano (Abril-Agosto).

El cultivo elegido para el análisis del requerimiento de riego es el maíz por tratarse de un cultivo que se siembra mayormente en la región y que además sus condiciones fisiológicas y de necesidades hídricas son muy similares a las de una amplia gama de cultivos. Lo anterior implica que es posible adecuar el patrón de cultivos a las necesidades y oportunidades de los productos sin que el proyecto tenga modificaciones sustantivas.

Así pues, cuando sea necesario hacer una modificación en el patrón de cultivos los cambios esperados afectaran básicamente a la operación del sistema y no a su capacidad. En todo caso, cualquier cambio que impliquen modificaciones al proyecto ejecutivo original deberán ser analizados a fin de garantizar el óptimo funcionamiento del proyecto.

En este cuadro se puede observar que la ETo calculada para la zona de riego de la presa 50 Aniversario es de 664.8 mm.

Cuadro 2.1.-Requerimiento de riego para el maíz con fecha de siembra de 01 de abril en la zona de riego de la Presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Ags.

Fecha	ET _o (mm/10 días)	Kc	ETr (mm/10 días)	Precipitación (mm)	Requerimiento de riego (mm)
01-Abr	43.65	0.3	13.1	1.57	11.52
11-Abr	45.57	0.3	13.67	1.67	12
21-Abr	47.26	0.33	15.79	2.75	13.08
01-May	48.7	0.54	26.14	4.58	21.67
11-May	49.85	0.76	37.97	5.81	32.33
21-May	50.7	0.99	50.01	9.47	41.16
31-May	51.22	1.18	60.32	16.59	45.24
10-Jun	51.41	1.2	61.69	20.47	43.23
20-Jun	51.27	1.2	61.52	24.15	40.45
30-Jun	50.8	1.2	60.96	31.83	34.46
10-Jul	50.02	1.18	58.86	37.49	28.36
20-Jul	48.94	0.98	47.9	35.49	18.75
30-Jul	47.59	0.75	35.49	30.71	9.57
09-Ago	27.81	0.56	15.53	16.42	1.35
Total	664.8		558.95	239	353.17

En la zona de riego de la presa 50 Aniversario se consideró una lámina de 40 mm para la germinación del cultivo.

Ahora bien, por tratarse de un sistema de riego de alta frecuencia (goteo) se recomienda despreciar la precipitación del lugar, así, el periodo que va del 10 al 20 de junio presenta la mayor demanda de agua con un ETr de 61.69 mm lo que redonda un requerimiento máximo de agua diario de 6.16 mm.

En la zona de riego de la presa 50 Aniversario abundan los suelos con texturas franca y franca-arcillosa, el cultivo predominante hoy en día es el maíz de grano que se siembra con una separación de 30 cm. El cuadro 2.2 presenta la información básica necesario para la elaboración del proyecto ejecutivo.

Cuadro 2.2.-Información básica de la presa 50 Aniversario.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Requerimiento de riego neto	mm/día	6.16
Eficiencia de aplicación	%	90
Eficiencia de conducción	%	98
Superficie total	ha	380
Superficie promedio por parcela	ha	1
Gasto total	lps	280
Gasto unitario	l/s/ha	0.7
Tiempo de riego diario	hr	22.5
Separación entre surcos	cm	90
Espaciamiento entre emisores	cm	30

Además, se cuenta con el levantamiento topográfico de precisión de la zona de riego con curvas de nivel a cada metro.

Por considerar que la región a realizar el proyecto no es tan grande como para que las condiciones climáticas varíen tanto que el diseño agronómico en lo referente a lámina de riego no sea representativo, se adoptó un solo diseño en lo referente a requerimiento de riego.

Respecto a las condiciones del suelo se tomaron otras medidas ya que la variación de las condiciones del suelo si fueron más drásticas. Por otro lado, el suelo es un cuerpo anisotrópico cuya variación espacial hace necesario tomar medidas a fin de reducir efectos indeseables provocados por la variación espacial de las condiciones propias del suelo.

Las condiciones topográficas hicieron posible identificar, series de suelo que conservaban las condiciones en un rango adecuado para considerarlos constantes y establecer una región de influencia para ciertas condiciones.

III.- DISEÑO AGRONÓMICO

La metodología empleada en el diseño agronómico es como sigue:

- Se fija el requerimiento de riego por día, obtenido en el capítulo anterior (6.16 mm/día).
- Se fija el dato de infiltración básica para el área de influencia, por ejemplo 1 mm/hr. (Los valores de infiltración básica fueron estimados a partir de la textura de los suelos).
- Se introduce la separación entre surcos y plantas con la variante de que separación entre regantes es igual a separación entre hileras y separación entre emisores es igual a separación entre plantas.
- Se determina el porcentaje de área humedecida entendiéndose que este porcentaje es la superficie que se está dispuesto a regar como mínimo, se estableció el 70%.
- Se propone una eficiencia de aplicación mínima del 90%
- Se selecciona el emisor.

Con todos estos datos se procede a calcular las variables que a continuación se mencionan y que constituyen en sí el diseño agronómico. Aquí se dará una breve explicación de la fórmula matemática empleada, así como la interpretación conceptual del parámetro en cuestión.

3.1 Capacidad del sistema.

La capacidad requerida de un sistema para satisfacer las demandas de riego de una zona agrícola con fines de elaboración de proyectos ejecutivos se le conoce como capacidad del sistema (Q_s), y se define como el gasto que el sistema de riego debe suministrar, en la temporada de máxima demanda, a la zona de riego.

Para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, un sistema de riego debe proveer del caudal necesario, conocido como capacidad del sistema Q_s , su ecuación, expresada en unidades de volumen/tiempo, es como sigue:

$$Q_s = K \frac{(RR_{dd})_{ZR} \cdot A_T}{E_g \cdot HPD} \dots\dots\dots(3.1)$$

Donde:

- Q_s = Capacidad del sistema, lps.
- K = Constante con un valor de 277.8 para las unidades usadas,
- $(RR_{dd})_{ZR}$ = Requerimiento de riego diario de diseño de la zona de riego, cm/día
- A_T = Área total a regar, ha.
- E_g = Eficiencia global, %.
- HPD = Tiempo de operación diario del sistema, h

Para las condiciones del proyecto de tecnificación de la unidad de riego de la presa 50 Aniversario en el municipio de San José de Gracia, Ags. se obtuvo un gasto de 280 lps.

3.2 Volumen bruto de riego diario.

Para el cálculo del volumen bruto de riego se emplea la ecuación 3.2. Como se verá, el volumen bruto está determinado para una planta, estrictamente para el cultivo del maíz esto no se cumple pues la separación entre plantas en la mayoría de las veces es menor a 30 cm.

1. Volumen bruto de riego diario

$$V_b = \frac{S_r \cdot S_e \cdot R_r \cdot F_m \cdot F_o}{\eta_g} \dots\dots\dots(3.2)$$

Donde:

- V_b = Volumen bruto de riego, lt/día/planta.
- S_e = Separación entre emisores, m.
- S_r = Separación entre regantes, m.
- R_r = Requerimiento de riego, mm
- F_m = Factor de mojado, adimensional.
- F_o = Factor de operación, adimensional.
- η_g = Eficiencia global, adimensional.

El factor de operación relaciona los días que se quiere regar con los días totales de la semana, su expresión matemática está dada por la ecuación 3.3.

$$Fo = \frac{ds}{dr} \dots\dots\dots(3.3)$$

Donde:

- Fo = Factor de operación, adimensional.
- ds = Días de la semana.
- dr = Días de riego.

Con riego diario las 24 horas los 7 días de la semana, el volumen bruto es de 1.328 litros, ahora bien, regando las 24 horas, pero en seis de los siete días de la semana el volumen bruto de riego de riego es de 1.54 litros Este volumen incluye el agua requerida por el cultivo para el séptimo día que no se aplica riego.

3.3 Tiempo de riego.

Para el cálculo del tiempo de riego existen metodologías que convergen de acuerdo a lo que el diseñador desea. Por un lado el diseñador puede elegir el tiempo de riego que desea y a partir de ello calcular el gasto del emisor. Otra caso es que a partir de un gasto de emisor específico se calcule el tiempo de riego necesario. Lo cierto es que la mejor manera de realizar un ajuste adecuado es realizar un proceso iterativo.

$$Tr = \frac{Vb}{q_e} \dots\dots\dots(3.4)$$

Donde:

- Tr = Tiempo de riego, hr.
- Vb = Volumen bruto diario, l.
- q_e = Gasto del emisor, lph.

Después de realizar una serie de cálculos iterativos tomando en cuenta los catálogos de los principales distribuidores de sistemas de riego se seleccionó un gasto de emisor de 0.6088 lph y un tiempo de riego de 2.54 hr.

3.4 Gasto por hectárea.

La metodología empleada para el cálculo del gasto por hectárea consistió básicamente en determinar el número de emisores por ha y posteriormente multiplicar por el gasto del emisor. A continuación se presentan los cálculos para una superficie representativa de 1 ha.

- 100 m x 100 m
- No. Regantes = 111
- No emisores por regante = 333
- No emisores = 111 * 333 = 36,963 emisores

- Gasto = 36,963 * 0.6088 lph = 6.25 l/s/ha

3.5 Superficie máxima regada simultáneamente.

Como último paso del diseño agronómico se determinó la superficie máxima de riego que es posible regar en forma simultánea. Para ello se empleó la ecuación 5.

$$S_{rs} = \frac{Q_d}{Q_h} \dots\dots\dots(3.5)$$

Donde:

S_{rs} = Superficie de riego simultánea, ha. Factor de operación, adimensional.

Q_d = Gasto de diseño, lps.

Q_h = Gasto por hectárea, lps/ha.

Después de realizar los cálculos respectivos se determinó que la máxima superficie regada en forma simultánea es de 41.6 h, por lo que en la zona de riego de la Presa 50 Aniversario se contará con un total de 9 unidades de riego, con 9 turnos de riego cada una.



Foto 3.1 Riego con cinta

IV. DISEÑO HIDRÁULICO

4.1 Selección de la carga de operación del emisor

En los sistemas de riego presurizados el dispositivo que entrega el agua a los cultivos es el emisor de riego. Existen diferentes emisores de riego, a saber: cintas, goteros, microaspersores, aspersores, etc. Aquí solo se hablará de cintas de riego por tratarse de un sistema de riego por goteo puntual a través de goteros insertados en la cinta de riego.

Los emisores de riego tienen la particularidad de que su funcionamiento hidráulico está basado en la teoría del orificio, lo cual implica que el gasto entregado este directamente ligado con la carga de presión disponible en el punto de entrega. De ahí pues que cuando se pretenda obtener una variación baja en los gastos entregados a las plantas sea muy importante tomar en cuenta que se debe tener una baja variación en las presiones.

Existen en el mercado, emisores autocompensantes que ajustan el caudal a la carga disponible a fin de obtener variaciones de entrega de mínimos a nulos. El costo de los emisores autocompensantes por el momento se encuentra fuera de las posibilidades de la mayoría de los proyectos de zonas de riego de México. Para salvar esta cuestión técnica y económica en los sistemas de riego se aceptan variaciones en la entrega de caudal de máximo 10%, lo que implica que se aceptan variaciones del 20% en presión.

Los emisores de riego son los dispositivos que controlan la salida del agua desde las líneas laterales, en puntos discretos o continuos. Constituyen uno de los elementos más importantes en los sistemas de riego a presión, tanto porque son los encargados de aplicar el agua en los predios agrícolas, con un caudal acorde a las necesidades hídricas de los cultivos, como porque representan un considerable porcentaje del costo total de la instalación.

El emisor regula el gasto de descarga a través de la línea lateral, en función de la presión con la que el agua llegue hasta el punto de emisión. En el caso particular de los goteros, la presión con que debe salir el agua a la atmósfera debe ser prácticamente nula, para lo cual se usa un paso de flujo largo, una serie de orificios o uno solo que fuerza al agua a perder su energía.

Se recomienda, en general, que los emisores proporcionen un caudal pequeño, con el objeto de que los diámetros de las tuberías –sobre todo en tuberías distribuidoras y mangueras regantes– sean reducidos; debido a que las grandes longitudes que estas tuberías se emplean en los sistemas de riego, hacen que un ligero incremento en su diámetro encarezca en forma importante el suministro.

Las variables que afectan el gasto de un solo emisor, son la presión de operación y la temperatura. Por tanto, para cuantificar el gasto que descarga un emisor hay que obtener primero la relación Carga-Gasto y posteriormente determinar con base en ésta el efecto de la temperatura.

El comportamiento hidráulico de los emisores de riego es similar al de un orificio. La carga de presión de que dispone el agua en el interior de la tubería, se transforma en carga de velocidad en la salida del emisor con un eficiencia dada por el coeficiente de velocidad Cv.

Luego entonces, bajo el punto de vista del funcionamiento hidráulico, la relación Carga-Gasto de los emisores de riego, puede expresarse en forma genérica mediante la ecuación:

$$q_e = a \cdot h^b \dots\dots\dots(4.1)$$

Donde:

q_e = Caudal del emisor, normalmente en l/h

h = Carga de presión o presión de operación, mca o kg/cm^2

a = Constante propia del emisor, que depende de la forma y tamaño de la sección transversal del emisor.

b = Exponente de la carga de presión, que depende del tipo de escurrimiento del agua que se presente en el emisor.

Las empresas fabricantes de emisores elaboran catálogos que especifican las características técnicas de cada emisor. Los catálogos contienen una extensa gama de modelos de emisores que cubren prácticamente todas las posibilidades requeridas para el riego a presión. Para cada emisor se especifica el caudal correspondiente a diversas presiones de funcionamiento. Además, en el caso de aspersión y microaspersión, suele proporcionarse el diámetro de boquilla, el radio o diámetro de mojado a varias presiones de funcionamiento, y en algunas ocasiones el ángulo de salida del agua con respecto a la horizontal.

La variación de las características técnicas de los emisores se encuentra especificada en los catálogos. Para la selección del emisor se contemplaron algunas alternativas entre la que se cuenta la posibilidad de manejar varios tipos de emisores de acuerdo a cada tipo de sección y tamaño de la sección. Al realizar una inspección por la zona de riego se llegó a la conclusión que las secciones de riego presentaban cierta homogeneidad en cuanto a superficie por lo que se decidió elegir un solo tipo de emisor.

4.2 Diseño de la tubería Regante

4.2.1 Generalidades.

Las tuberías regantes son aquellas que tienen integrados los emisores para riego y suministran el agua a los cultivos. Se clasifican hidráulicamente como tuberías con salidas múltiples. Se considera que la diferencia de gastos, entre el primer y el último emisor, no debe ser mayor que el 10% del gasto del último emisor.

Para el cálculo de las pérdidas de carga existen dos enfoques, a saber:

1. Se calculan con el gasto total que entra en la tubería y se le aplica el coeficiente de salidas múltiples correspondiente al número de emisores que tiene la tubería.
2. Se calcula la pérdida de carga en cada uno de los tramos y posteriormente se acumulan para tener la pérdida de carga a lo largo de toda la tubería. Se entiende como tramo a la longitud que separa a dos emisores consecutivos.

Por considerar que la opción 2 es más exacta ya que considera el gasto real que está circulando por cada uno de los tramos, se determinó realizar el diseño empleando este método (enfoque 2). Cabe pues decir aquí, que la opción 1 sobreestima ligeramente las pérdidas de carga lo que conduce a aumentar los diámetros y con ello los costos del proyecto.

Debido a que, para el enfoque No. 2 es necesario estimar las pérdidas de carga en cada uno de los tramos como una tubería simple se presenta un breve desarrollo teórico a fin de resaltar los aspectos más importantes de esta teoría (Hidráulica de tuberías simples), se remarcará de manera importante aquellas metodologías que sirvieron para el desarrollo del proyecto.

4.2.2 Hidráulica de tuberías simples.

Para estudiar el problema de la resistencia al flujo resulta necesario volver a la clasificación inicial de los flujos y considerar las grandes diferencias de su comportamiento entre los flujos laminar y turbulento.

Osborne Reynolds (1883) en base a sus experimentos fue el primero que propuso el criterio para distinguir ambos tipos de flujo mediante el número que lleva su nombre, el cual permite evaluar la preponderancia de las fuerzas viscosas sobre las de inercia.

En el caso de un conducto cilíndrico a presión, el número de Reynolds se define así:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(4.2)$$

Donde V es la velocidad media, D el diámetro del conducto y ν la viscosidad cinemática del fluido.

Reynolds encontró que en un tubo el flujo laminar se vuelve inestable cuando Re ha rebasado un valor crítico, para tornarse después en turbulento. De acuerdo con diferentes investigadores el número crítico de Reynolds adquiere valores muy distintos que van desde 2 000 (determinado por el mismo Reynolds) hasta 40 000 (calculado por Eckman). De ello se deduce que dicho valor depende en mucho de los disturbios iniciales y define además un cierto límite, abajo del cual éstos amortiguan, estabilizando al flujo laminar.

Es interesante observar que, tanto el flujo laminar como el turbulento, resultan propiamente de la viscosidad del fluido por lo que, en ausencia de la misma, no habría distinción entre ambos. Es más, aun en flujo turbulento el esfuerzo tangencial o de fricción, producido por el intercambio en la cantidad de movimiento entre partículas que fluctúan lateralmente, en cierto modo es resultado de los efectos viscosos.

Cálculo de las pérdidas de carga por fricción.

La fórmula de Hazen-Williams fue desarrollada a partir de ensayos realizados con diámetros de tubos mayores a 75 mm y para caudales superiores a 3 l/s.

Se trata de la fórmula más utilizada para la determinación de la pérdida de carga a lo largo de tuberías distribuidoras regantes, además de las principales de los sistemas de riego a presión y esta dada por la siguiente fórmula:

$$h_f = 10.648 \cdot \left(\frac{1}{C_{HW}} \right)^{1.852} \cdot \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} \cdot L \dots\dots\dots(4.3)$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga por fricción en la tubería, en m.

Q = Caudal que circula por la tubería, en m³/s

D = Diámetro interior de la tubería, en m.

L = Longitud de la tubería, en m.

C_{HW} = Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams que se da en la siguiente tabla

Para emplear la misma ecuación, pero en unidades de: H_f = m; Q = lph; D = mm; L = m; se sustituye el coeficiente (10.648) por 3128. Se hace esta aclaración principalmente porque a nivel de tuberías regantes estas son las unidades que se manejan (mm, m, lph).

Cálculo de las pérdidas de carga por localizadas.

Las conexiones y piezas especiales (curvas, codos, válvulas, etc) existente en tuberías simples, producen efectos de turbulencia (torbellinos) que provocan una pérdida de carga accidental **h_x** independientemente de la producida por el rozamiento continuo en estos puntos singulares.

Las pérdidas de carga localizadas, en casi todos los casos, se determinan por experimentación, debido a que el comportamiento del escurrimiento en los puntos singulares, es difícil de tratar analíticamente. Estas pérdidas se pueden expresar convenientemente como un porcentaje de la carga de velocidad mediante la siguiente ecuación:

$$hf = k_x \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(4.4)$$

Si al igual que en las pérdidas de carga por fricción, se expresa en función del caudal se llega a lo siguiente:

$$hf = 0.0826 k_x \cdot \frac{Q^2}{D^4} \dots\dots\dots(4.5)$$

Donde k_x es el coeficiente de pérdida correspondiente a la pieza especial considerada. El coeficiente de carga k_x se determina experimentalmente y su valor varía según las características geométricas de la pieza especial.

En la práctica y para cálculos rápidos que no requieren de gran precisión, se dan valores de K_x para algunas de las piezas especiales más frecuentes, debiendo recurrirse, dada la amplia gama de accesorios que son utilizados en las tuberías para riego, a los valores específicos que, que para cada uno son recomendados por sus fabricantes.

Existe también la posibilidad de evaluar las pérdidas de carga localizadas mediante la introducción del concepto "Longitud equivalente", que se designa por L_e y que corresponde a la longitud de tubería del mismo diámetro D que origina unas pérdidas de carga por fricción iguales a la localizada h_x considerada.

El cálculo separado de la pérdida de carga producida por cada pieza especial, es laborioso e ineficaz, debido al trabajo de diagnosticar caso por caso el valor de las pérdidas singulares de las distintas piezas –a veces de diferentes fabricantes- existentes en las tuberías y a la gran incertidumbre del resultado final. Para superar este inconveniente, las pérdidas de carga localizadas de todas las piezas especiales, son estimadas en la práctica mediante alguno de los siguientes criterios:

- Como un porcentaje de la pérdida de carga por fricción. Este porcentaje varía entre el 10 y 20% y suele estimarse de acuerdo con la experiencia del proyectista, en función del número y tipo de singularidades y de la longitud y diámetro de la tubería donde se encuentran instaladas.
- Otro artificio que se utiliza habitualmente para considerar las pérdidas de carga localizadas, es evaluarlas indirectamente sobreestimando el coeficiente k_s , η_M , C_{HW} o ϵ utilizado en cálculo de la pérdida de carga por fricción.

En general, las pérdidas de carga accidentales se pueden despreciar cuando, en promedio, hay longitud de 1000 diámetros entre cada pérdida accidental y cuando éstas sólo constituyen el, 5% o menos de la pérdida de carga debidas a la fricción en la tubería; esto es, porque el coeficiente k_s , η_M , C_{HW} o ϵ que se introduce en las fórmulas de pérdidas de carga por fricción, para tomar en cuenta la rugosidad de las mismas está sujeto, en el mejor de los casos, a un error de aproximación del 5%.

4.2.3 Hidráulica de tuberías con salidas múltiples

En los sistemas de riego a presión, existe una serie de tuberías que se caracterizan por llevar incorporadas a lo largo de toda su longitud, numerosas salidas de gasto, constituyendo lo que se conoce como una tubería de salidas múltiples.

Las tuberías con salidas múltiples en los sistemas de riego a presión, se denominan tuberías distribuidoras y mangueras regantes (en nuestro caso para riego por microaspersión), las tuberías distribuidoras son las que se ubican las mangueras regantes y sobre estas últimas los emisores de riego.

La información que ha de considerarse al analizar teóricamente las tuberías con salidas múltiples es:

N = Número de salidas, cuantificadas desde el extremo final.

S = Espaciamiento o separación entre las salidas.

L = Longitud total de la tubería.

D = Diámetro interno de la tubería.

Q_1 = Caudal total que entra en la tubería.

q_e = Caudal en cada salida.

En los sistemas de riego a presión, el caudal en cada salida correspondería a la descarga nominal del emisor empleado, trabajando a una presión nominal en el caso de una manguera regante, o al caudal correspondiente a una manguera regante en el caso de una tubería distribuidora.

Los supuestos de los que se parte para efectuar el análisis son los siguientes:

1. Que la longitud total L, consiste de un número N de tramos de igual longitud S, por lo que se cumple la siguiente ecuación:

$$L = \sum_{i=1}^N S_i = N S \dots\dots\dots(4.6)$$

2. Que las salidas proporcionan un caudal idéntico, por lo que el gasto va en aumento del extremo final al comienzo de la tubería y en la entrada de ésta, el caudal Q_1 es igual a la suma de gastos de todas las salidas q_e , por lo que se cumple la siguiente ecuación.

$$Q_1 = \sum_{i=1}^N q_{e_i} = N q_e \dots\dots\dots(4.7)$$

Cálculo de las pérdidas de carga por fricción en tuberías con salidas múltiples.

Las tuberías con salidas múltiples, se caracterizan por transportar un caudal que va disminuyendo en la dirección del flujo en cada tramo sucesivo comprendido entre dos derivaciones de caudal consecutivas. Por esta razón, la pérdida de carga correspondería a una tubería en la que no derivaciones de caudal.

Para el presente proyecto, el cálculo de la pérdida de carga por fricción en una tubería con salidas múltiples, requiere un cálculo separado para cada uno de los tramos, y la suma de la pérdida de todos ellos, será la pérdida de carga total de está.

Según lo anterior, siempre es posible efectuar el cálculo de la pérdida de carga total, en las tuberías con salidas múltiples mediante la aplicación, tramo a tramo, de algunas de las fórmulas de pérdidas de cargas conocidas y expuestas anteriormente que para nuestro caso se utilizó la ecuación de Hazen-Williams.

Además se estima la pérdida de carga localizada que produce el emisor. Finalmente y partiendo del último emisor es posible ir calculando y acumulando las pérdidas de carga.

Este proceso por su simplicidad, además de ser sistemático es posible incorporarlo a una hoja de cálculo de tal manera que facilite los cálculos. Realizar tramo por tramo el cálculo a mano, sería un tanto tedioso y con ello conlleva a posibles errores que se puedan cometer en el camino.

4.3 Diseño de la tubería distribuidora

4.3.1 Generalidades.

Las tuberías distribuidoras son las tuberías que suministran el agua a las tuberías regantes y funcionan como tuberías con salidas múltiples. Tienen pérdidas de energía por fricción y localizadas en las uniones de los regantes y en las conexiones de tubos del distribuidor.

Se podría utilizar el mismo método de cálculo, para la estimación de pérdidas de carga, que se presenta en el diseño de las tuberías regantes, sin embargo, como se realizó diseño de tuberías telescopiadas, el cálculo tramo por tramo lo hacia complicado y engorroso pues es necesario hacer varios cálculos antes de encontrar la solución óptima, en cuanto a diámetros se refiere. Así pues se decidió emplear la fórmula de Christiansen.

Como en las tuberías distribuidoras se manejan gastos mayores, conviene tener a la ecuación de Hazen-Williams (ecuación 4.8) en unidades de m, mm y lps. Para manejar las unidades antes mencionadas solamente es necesario realizar un ajuste del coeficiente que maneja la ecuación (10.648), por 1.22×10^{10} y con eso queda resuelto el problema.

Ahora bien, en el caso de tuberías distribuidoras por los gastos que presentan (>4 lps) y que al final de la distribuidora este sería mínimo se aceptó que las tuberías fueran telescopiadas a fin de ahorrar recursos.

En esta sección se hace necesario incluir un nuevo método para calcular pérdidas de carga en tuberías con salidas múltiples que ciertamente no se tocó, en el diseño de la línea regante, pero, dado que se diseñaron tuberías telescopiadas su uso se hace necesario. Ciertamente responde al enfoque No. 1 que se presentó en el apartado 4.2.1. El método que se presenta, más adelante, fue obra de Christiansen y su principal aportación es que genera un coeficiente de ajuste, para que la estimación de las pérdidas de carga se realice como si se tratará de una tubería sin salidas (tuberías simples).

4.3.2 Cálculo de las pérdidas de carga en tuberías con la fórmula de Christiansen.

Christiansen desarrolló un método que simplifica los cálculos de la pérdida de carga por fricción en las tuberías con salidas múltiples; que considera a la tubería con salidas múltiples, como una tubería simple que transporta el caudal Q_1 hasta el final de esta y determina un factor de corrección F en función del número de salidas N .

Finalmente y después de realizar algunos trucos matemáticos se llega a la ecuación 4.8, que corresponde a la fórmula de Christiansen.

$$F = \frac{1}{1+n} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{n-1}}{6N^2} \dots\dots\dots(4.8)$$

Existen tablas que presentan valores de F en función del número de las salidas N para varios valores de n (exponente del caudal en las fórmulas de pérdidas de carga por fricción).

En su forma definitiva, la ecuación para el cálculo de la pérdida de carga por fricción en una tubería con salidas múltiples, se representa normalmente con la ecuación 4.14.

$$h_{fi} = F \left(k \frac{L}{D^m} Q_1^n \right) \dots\dots\dots(4.9)$$

Donde:

H_{ft} = Pérdida de carga en tubería con salidas múltiples, en m.

F = Factor de corrección de Christiansen.

K = Coeficiente que tiene en cuenta la rugosidad de la tubería.

L = Longitud de la tubería, en m.

D = Diámetro interno de la tubería, en m.

Q_1 = Caudal a la entrada de la tubería, en m^3/s

Para el proyecto de la unidad de riego de la Presa "50 Aniversario" la ecuación utilizada fue la de Hazen-Williams (ecuación 4.3).

4.3.3 Cálculo de los diferentes diámetros en tubería telescopiada.

Por motivos de economía, en algunas ocasiones, se instalan tuberías distribuidoras de más de un diámetro. Dichas tuberías distribuidoras se denominan: tuberías distribuidoras combinadas o tuberías distribuidoras telescopiadas. El tramo de mayor diámetro siempre debe encontrarse al inicio de la línea lateral, ya que en dicha sección el caudal Q es mayor y por lo tanto, también la pérdida de carga por fricción h_f es mayor. A continuación se instala un tramo de menor diámetro y así sucesivamente.

Mientras para el cálculo de la pérdida de carga en tuberías simples, basta con sumar la pérdida de carga por fricción h_f de cada uno de los tramos que la constituyen. Para calcular dichas pérdidas en una tubería telescopiada (con dos diámetros) se siguen los siguientes pasos:

- Obtención de los datos correspondientes a:
 - La longitud L_1 y L_2 de cada uno de los tramos.
 - Los números N_1 y N_2 de las salidas de cada tramo.
 - El diámetro D_1 y D_2 de cada tramo.
 - La descarga Q_1 y Q_2 de cada uno de los tramos.

- Determinación de las pérdidas de carga por fricción h_{f1} en:
 - a) Una tubería de diámetro D_1 . con Q_1 , L y N siendo. $Q_1=Q_1+Q_2$, $L=L_1+L_2$ y $N=N_1+N_2$.
 - b) Un lateral de diámetro D_1 con Q_2 , L_2 y N_2 .
 - c) Un lateral de diámetro D_2 con Q_2 , L_2 y N_2 .

- Cálculo de la pérdida de carga en la tubería h_{f1} con la siguiente fórmula.

$$h_{f1} = hf(a) - hf(b) - hf(c) \dots\dots\dots(4.10)$$

El procedimiento antes descrito, se puede generalizar para cualquier número de diámetros presentes en una tubería distribuidora o regante.

En el caso del proyecto de la unidad de riego de la "Presas 50 Aniversario", se propuso telescopiar hasta máximo 3 diámetros y 2 en casos extremos, y por otra parte, no sería necesario telescopiar siempre y cuando el diámetro requerido fuera el menor para tuberías distribuidoras (38 o 32 mm). De manera tal que la forma adecuada de proponer diámetros, de menor a mayor, es como sigue: 38-50-60-75, 60-75-100. Cabe mencionar que la opción 2 (60-75-100) se utilizó realmente poco, pues la topografía limitaba a realizar secciones pequeñas.

4.4 Parámetros de la sección de riego.

4.4.1 Generalidades.

La sección de riego representa la unidad básica de operación. Estará dominada por una unidad de control en la cual se contará con un manómetro para controlar la correcta operación de la sección. Su geometría esta determinada, entre otras cosas, por el parcelamiento definido en la zona, sin embargo, hidráulicamente la variable que más afectó su forma fue la topografía, ésta evitó realizar líneas regantes más largas, pues en contrapendiente la presión disminuye demasiado, lo ocurrió mismo con las distribuidoras.

Para su mejor manejo contará con válvulas de globo que servirán tanto para seccionar como para regular la carga de operación de la sección.

Las variables a considerar de la sección de riego son, invariablemente, el gasto que debe circular para cubrir el requerimiento de riego de los cultivos, y la presión necesaria para la adecuada distribución del agua en la parcela.

4.4.2 Determinación del gasto necesario para una sección.

La determinación del gasto necesario para una sección de riego se realiza de manera simultánea con el cálculo de las pérdidas de carga. Pues se parte de una dotación constante que responde al requerimiento de riego y que ya se indicó en el diseño agronómico.

El cálculo no es más que la suma de los caudales que salen por cada emisor (ecuación 4.15). Y se realiza secuencialmente, primero se determina la sumatoria de regantes y posteriormente aplicando la misma ecuación 20 se realiza la suma de caudales en la tubería distribuidora.

El dato del gasto necesario por sección es muy importante pues, será necesario a la hora de realizar la simulación de la red de conducción interparcelario.

4.4.3 Determinación de la carga de operación de la sección.

Para determinar la carga de operación de la sección es necesario integrar 3 variables básicas que ya fueron definidos anteriormente, las cuales se involucran por medio de la ecuación 4.11 que se presenta a continuación.

$$H_{op} = H_e + h_{fr} + h_{fd} + h_{fae} \dots\dots\dots(4.11)$$

Donde:

H_{op} = Carga de operación de la sección, m.

H_e = Carga de operación del emisor, m.

h_{fr} = Pérdidas de carga en la tubería regante, m.

h_{fd} = Pérdidas de carga en la tubería distribuidora, m.

h_{fd} = Pérdidas de carga por accesorios especiales, m.

Las pérdidas de cargas por accesorios especiales obedece a la instalación de dispositivos de: filtrado, inyección de fertilizantes, reguladores de presión, medidores; que se colocan en la unidad de control.

Debido a que los manómetros manejan unidades de presión en kg/cm^2 se realizó la respectiva conversión de unidades a fin de que el encargado de la operación, independientemente de su nivel de estudio, no tenga problemas al momento de operar el sistema.

Se aprecia que la presión se encuentra en unidades de kg/cm^2 , por lo que el valor que aquí se presenta deberá ser verificado en el manómetro de la sección a fin de que se garantice el correcto funcionamiento de la sección de riego.

Al generar el cuadro de operación se está dando un paso importante en el proceso de simulación, es decir, al identificar el gasto y presión por sección se puede asignar al nodo respectivo en la red interparcelaria. El tiempo de riego representa la duración del riego.

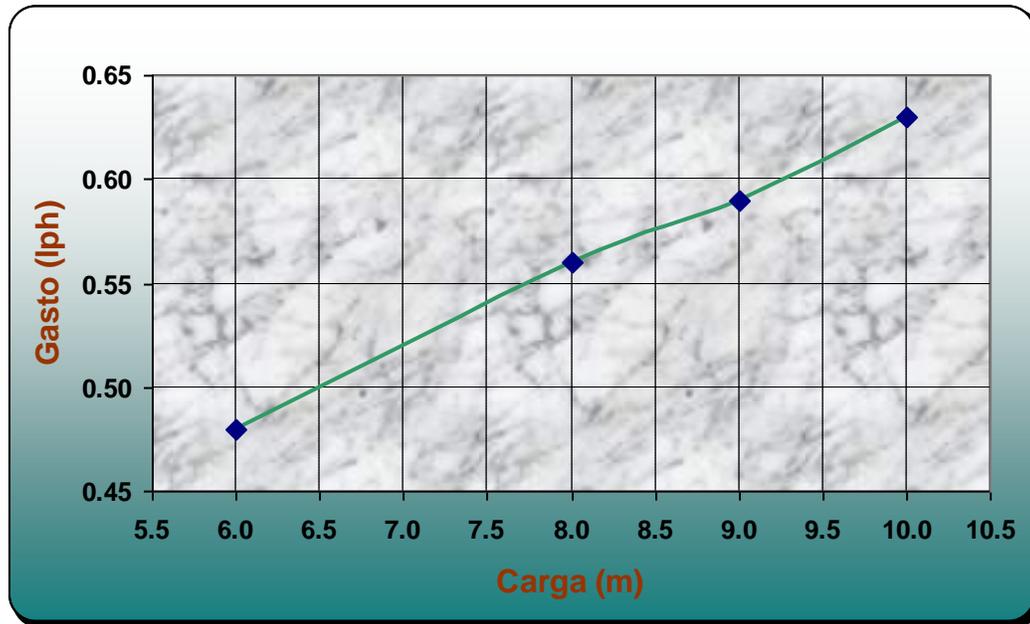
4.5.-Resultados

4.5.1 Selección del emisor.

El proceso para la selección de emisor adecuado se realizó de manera iterativa por un lado se calcula un emisor adecuado para las condiciones del proyecto (el ideal) y por otro lado se verifica su existencia en el mercado, consultando un sinnúmero de catálogos de fabricantes.

En la figura 4.1, se presenta la relación Carga-Gasto de algunas cintas de riego disponibles en el mercado. Para la construcción de esta gráfica se consultaron los catálogos de un gran número de fabricantes y distribuidores de materiales para sistemas de riego.

Figura 4.1.-Relación carga-Gasto del emisor.



Con los pares ordenados de la figura 4.1 se realizó la regresión lineal a fin de determinar la ecuación del emisor (ecuación 4.12). El ajuste obtenido nos da un coeficiente de correlación (r^2) de 0.9984.

$$q_e = 0.1872 h_e^{0.5254} \dots\dots\dots(4.12)$$

En este caso, se ha definido que con un gasto de 0.61 lph, es posible regar la totalidad de la superficie en un día por lo que se realiza el despeje para definir la carga necesaria para que el emisor entregue el gasto necesario. Así pues la ecuación, queda como sigue:

$$h_e = \left(\frac{q_e}{0.1872} \right)^{\frac{1}{0.5454}} \dots\dots\dots(4.13)$$

Finalmente, después de realizar los respectivos cálculos se determina que la presión requerida por el emisor es de 9.43 mca.

4.5.2 Cálculo de las pérdidas de carga en las mangueras regantes.

Como ya se mencionó para la estimación de las pérdidas de carga se realizó en cálculo tramo por tramo empleando la ecuación de Hazen-Williamas (Ec. 4.3).

A continuación se presentan resultados de un análisis realizado a la misma regante para tres condiciones de pendiente diferentes, a saber: pendiente a favor (0.86%), pendiente nula (0%) y pendiente en contra (-0.86%).

En la figura 4.2 presenta el caso en el cual la pendiente es a favor en este caso es necesario adicionar un total 0.56 m de presión en la entrada de la regante. Para el caso de la pendiente nula (figura 4.3) es necesario agregar un total de 0.46 m adicionales. Finalmente en el caso de la pendiente en contra se tiene una pérdida de carga total de 1.46 m (figura 4.4). En estas gráficas la línea inferior ($H_o + \text{Desnivel}$) representa la presión requerida por el emisor (H_o) para funcionar adecuadamente; pero además se encuentra compensada por el la ganancia o pérdida de posición.

Con los valores anteriores se puede ver, como era de esperarse que el caso más práctico era diseñar con pendiente nula, pues aunque con pendiente a favor se gana presión, la mayoría de las veces el desnivel es mayor que la pérdida de carga por lo la diferencia entre el mínimo y el máximo es mayor. Ante esta situación, y con el objetivo de que aquellos puntos con las presiones menores satisfagan el gasto se aumenta ligeramente la presión con el objetivo de cumplir con la eficiencia de riego superior al 90%.

Para la tecnificación de la unidad de riego de la Presa 50 Aniversario se realizó el diseño parcelario para cada una de las parcelas de riego. En algunos casos fue necesario seccionar en dos partes a aquellos terrenos que presentaban dificultades tales como: terreno irregular, superficie grande, tendidas de riego muy largas, etc.

Figura 4.2.-Regante con pendiente a favor.

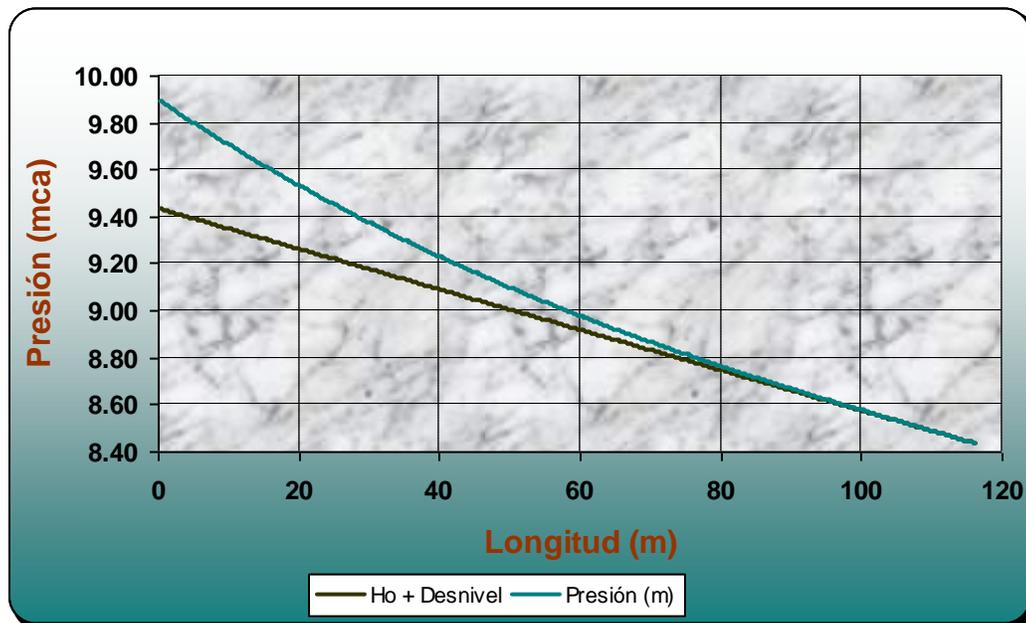


Figura 4.3.-Regante sin pendiente.

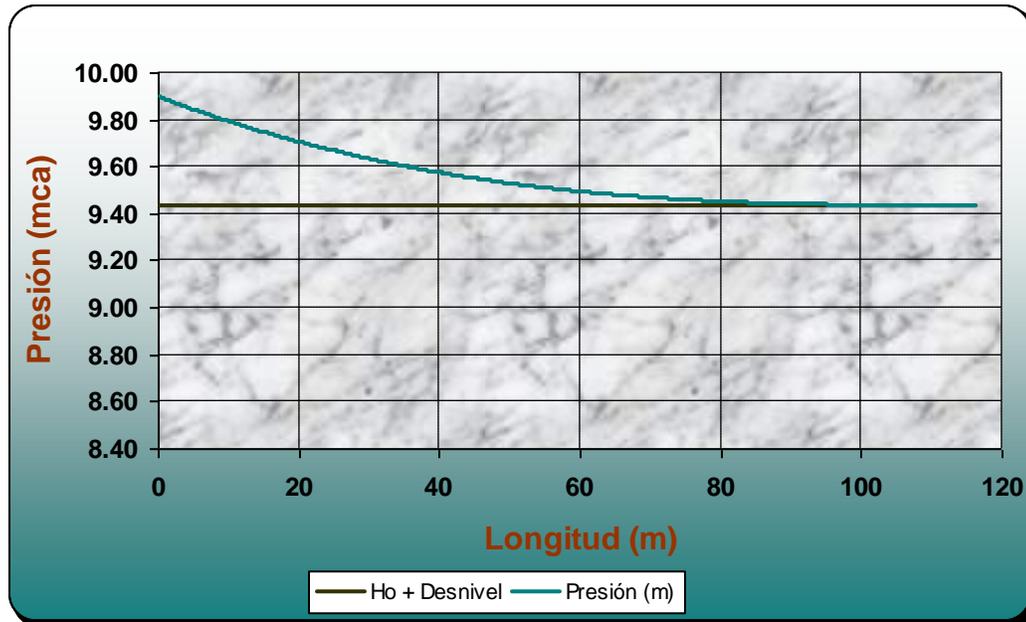
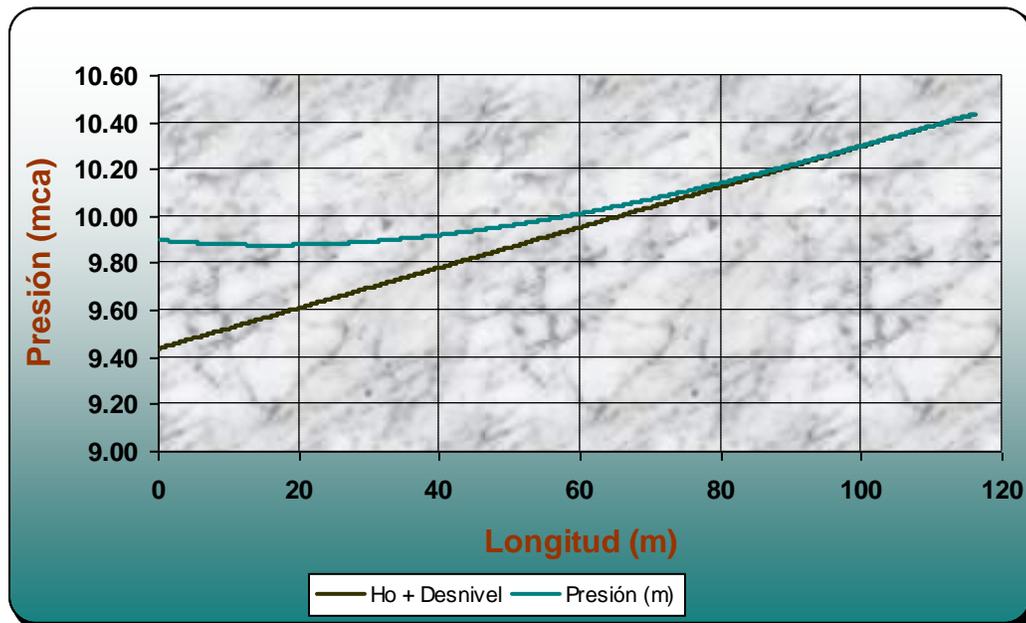


Figura 4.4.-Regante con pendiente en contra.



4.5.3 Cálculo y dimensionamiento de las tuberías distribuidoras.

Para el cálculo y dimensionamiento de las tuberías se realizó una rutina en formato xls la cual tiene la capacidad de ajustar rápidamente los cálculos con tuberías telescopiadas. Los diámetros utilizados en las tuberías telescopiadas van desde 38 hasta 50 mm. En la unidad 8 por presentar pendientes muy grandes (del orden del 10%) se decidió utilizar tubería de 32 mm.

El cuadro 4.1 presenta una vista de la hoja de diseño de las tuberías distribuidoras. En este cuadro se puede apreciar parte del proceso a seguir donde en primer lugar se anotan las características del emisor posteriormente se anotan los datos de la regante que fueron calculadas en otra parte del proceso para finalmente entrar en el diseño de la tubería distribuidora.

En primer lugar es necesario anotar el número de tuberías para cada uno de los diámetros, automáticamente la rutina evalúa de las pérdidas de carga para el arreglo de diámetros propuesto. Con la hoja de cálculo es posible probar diferentes arreglos de tuberías telescopiadas hasta encontrar la óptima.

En el caso que se presenta, que es uno de los más representativos de la unidad de riego de la Presa 50 Aniversario, la fuerte pendiente hace innecesario la utilización de diferentes diámetros pues con el diámetro menor se satisfacen las condiciones del proyecto.

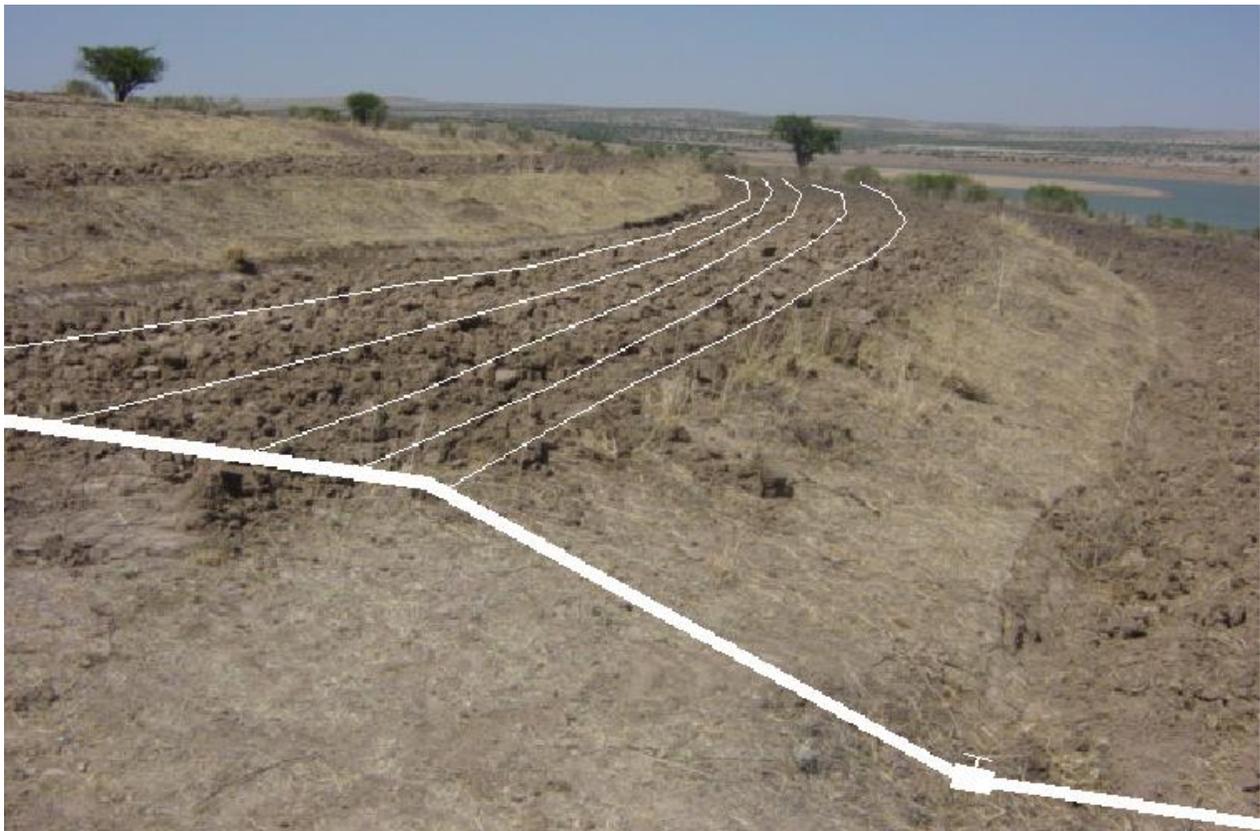


Foto 4.1 Trazo de las líneas regantes y distribuidor con el sistema de riego localizado, para la zona de riego de la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Aguascalientes

Cuadro 4.1.- Cálculo y dimensionamiento de la tubería distribidora.

Cálculo hidráulico del sistema de goteo Presa 50 Aniversario.											
Número de tuberías por salida											
No. regantes/ dist.	1										
No. distribuidor/válvula	1										
Características hidráulicas del emisor											
Emisor	Qe (lph)	Ke (adm)	Xe (adm)	he (m)	Hf perm (m)						
	0.61	0.19	0.53	9.43	11.32						
Carga de operación de cinta regante											
Tramo	D mang (mm)	S e (m)	N e	Desn (m)	Lmang (m)	Qmang (lph)	Q salida (lps)	Vel (m/s)	hf (m)	Hf-Desn (m)	
Tubería regante	16.0	0.3	388	0	116.3	236	0.066	0.33	0.46	0.46	
Carga de operación de tubería distribidora:											
Tramo	Dn tramo (mm)	D interior (mm)	S mang (m)	N cintas	Desn (m)	L tramo (m)	Q tramo (lps)	Q acum (lps)	Vel (m/s)	hf (m)	hf-Desn (m)
I	38	44.70	0.9	42	-0.99	37.8	2.76	2.756	1.76	1.06	0.07
II	50	55.70	0.9	0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
III	60	67.40	0.9	0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
IV	75	82.10	0.9	0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
V	100	108.70	0.9	0	0.00	0.0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
TOTAL				42	-0.99	37.8	2.76			1.06	0.07
				42							
Cálculo de la pérdida de carga en cada tramo tubería distribidora (salidas múltiples)											
Condición del tramo	Q (lps)	Diámetro (m)	Long (m)	CSM (adm)	hf (m)						
hf1=F[q(1) d(1) L(1)]	2.756	44.70	37.80	0.36	1.064						
F1[q(1), d(2), L(1)]	2.756	55.70	0.00	0.36	0.000						
F2[q(1+2), d(2), L(1+2)]	0.000	55.70	0.00	0.00	0.000						
hf2=F2-F1					0.000						
F1[q(1+2), d(3), L(1+2)]	0.000	67.40	0.00	0.00	0.000						
F3[q(1+2+3), d(3), L(1+2+3)]	0.000	67.40	0.00	0.00	0.000						
hf3=F3-F2					0.000						
F3[q(1+2+3), d(4), L(1+2+3)]	0.000	82.10	0.00	0.00	0.000						
F4[q(1+2+3+4), d(4), L(1+2+3+4)]	0.000	82.10	0.00	0.00	0.000						
hf4=F4-F3					0.000						
F4[q(1+2+3+4), d(5), L(1+2+3+4)]	0.000	108.70	0.00	0.00	0.000						
F5[q(1+2+3+4+5), d(5), L(1+2+3+4+5)]	0.000	108.70	0.00	0.00	0.000						
hf4=F5-F4					0.000						
hf dist					1.06						
Carga de operación sección de riego											
Concepto	hf (m)	Concepto		Q	unidad	NOTA 1: El desnivel en regantes y distribuidores se considerará en contra (+) y a favor (-) NOTA 2: La pérdida de carga calculada en Secc debe ser menor que la permisible.					
emisor	9.43	Q min	0.61	lph							
Cinta	0.46	Qmed		lph							
distribuidor	0.07	Q mangera	236	lph							
Pérdida calculada en Secc	9.96	Q dist	2.76	lps							
Pérdida permible en Secc	11.32	Q secc	2.76	lps							

La hoja de cálculo presentada con anterioridad hace sencillo el proceso de cálculo de las tuberías distribuidoras y sin ser un proceso óptimo si converge una distribución adecuada de la presión por lo que se garantiza la eficiencia de aplicación propuesta que para el caso de la presa 50 Aniversario es del orden del 90%.

4.5.4 Integración de resultados.

Se realizaron diseños parcelarios para un total de **493 secciones** lo que arroja un promedio de **0.77 ha/sección**. Los cuadros del 4.2 al 4.10 presentan los resultados obtenidos de los diseños parcelarios para cada una de las secciones de riego agrupadas por unidades. En los cuadros se puede apreciar el número de la sección de riego, la superficie que domina, el gasto asignado y la presión requerida para el correcto funcionamiento de los emisores. La presión que aquí se presenta garantiza una eficiencia mínima del 90% para riego parcelario siempre y cuando se cumplan las especificaciones de materiales, constructivas y operativas que aquí se mencionan.

Cuadro 4.2.- Unidad I.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
* - a	0.71	4.43	1.69	314 a	0.98	6.12	1.73
* - b	0.50	3.13	1.68	314 b	0.69	4.32	1.69
*-A a	0.80	5.00	1.56	315 a	0.43	2.70	1.57
*-B a	0.37	2.31	1.57	315 b	0.48	2.99	1.60
*-B b	0.43	2.69	1.60	317 a	0.48	2.99	1.62
291 a	1.30	8.13	1.87	317 b	0.42	2.63	1.59
292 a	1.18	7.38	1.70	318 a	0.20	1.25	1.56
294 a	0.66	4.13	1.67	318 b	0.30	1.87	1.57
298 a	0.83	5.19	1.61	319 a	0.30	1.88	1.56
299 a	1.00	6.25	1.70	320 a	1.10	6.88	1.73
300 a	1.40	8.75	1.84	321 a	0.40	2.50	1.68
301 a	1.30	8.13	1.85	322 a	0.27	1.68	1.59
302 a	1.20	7.50	1.69	322 b	0.23	1.41	1.55
302.A	0.40	2.50	1.73	322 c	0.21	1.29	1.55
303 a	1.03	6.42	1.69	323 a	1.16	7.23	1.83
303 b	0.87	5.46	1.68	323 b	0.83	5.17	1.67
304 a	0.70	4.38	1.74	323 c	0.42	2.60	1.56
305 a	0.68	4.25	1.68	324 a	0.39	2.43	1.58
305 b	0.62	3.88	1.63	324 b	0.31	1.94	1.55
306 a	0.80	5.00	1.79	325 a	0.70	4.38	1.13
308 a	1.03	6.44	1.69	330 a	0.60	3.75	1.60
308-1 a	1.11	6.94	1.71	332 a	0.30	1.88	1.61
308-2 a	0.94	5.88	1.68	334 a	1.00	6.25	1.63
310 a	0.51	3.17	1.61	335 a	1.20	7.50	1.80
310 b	0.59	3.71	1.68	335-1 a	0.50	3.13	1.62
311 a	1.10	6.88	1.78	354 a	1.10	6.88	1.62
312-313 a	0.90	5.63	1.65	389 a	0.31	1.92	1.55
312-313 b	0.80	5.00	1.65	389 b	0.48	3.01	1.56

Cuadro 4.3.- Unidad II.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
*-C a	0.90	5.63	1.83	350 a	1.00	6.25	1.80
*-D a	0.60	3.75	1.65	351 a	1.10	6.88	1.76
*-E a	0.99	4.18	1.63	352 a	1.50	9.38	1.81
*-E b	0.52	8.28	1.87	355 a	0.50	3.13	1.58
*-G a	0.50	3.13	1.67	356 a	0.80	6.63	1.82
*-H a	0.80	5.00	1.76	356 b	1.18	7.86	1.86
*-I a	1.70	10.63	1.86	358 a	0.90	5.63	1.74
*-J a	1.00	6.25	1.80	359 a	0.80	5.00	1.74
162 a	0.88	5.50	1.76	360 a	0.80	5.00	1.74
297 a	1.00	6.25	1.82	361-1 a	1.03	6.44	1.72
326 a	0.80	5.00	1.65	362-1 a	0.96	6.00	1.80
327 a	1.50	9.38	1.79	363 a	1.00	6.25	1.66
328 a	1.10	6.88	1.89	364 a	1.30	8.13	1.84
329 a	0.80	5.00	1.79	365 a	0.80	5.00	1.76
336 a	1.30	8.13	1.81	366 a	0.80	5.00	1.76
337 a	0.80	5.00	1.76	367 a	0.90	5.63	1.76
338 a	1.10	6.88	1.91	368 a	0.70	4.38	1.76
339 a	0.96	5.75	1.70	369 a	0.90	5.63	1.79
340 a	0.90	5.63	1.76	370 a	0.20	1.25	1.56
344 a	0.97	6.06	1.79	371-1 a	1.10	6.88	1.82
345 a	1.00	6.25	1.82	372 a	0.70	4.38	1.86
347 a	0.90	5.63	1.79	373 a	0.70	4.38	1.68
348 a	1.00	6.25	1.80	375 a	1.30	8.13	1.86
349 a	0.90	5.63	1.80	M2 a	0.21	1.28	1.51

Cuadro 4.4.- Unidad III.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
1 a	0.88	5.49	1.58	18 a	0.60	3.75	1.57
1 b	0.79	4.93	1.57	19 a	0.87	5.41	1.64
1 c	0.33	2.08	1.55	19 b	0.23	1.47	1.55
10 a	0.80	5.00	1.74	20 a	0.50	3.13	1.56
11 a	1.80	11.25	2.03	21 a	0.80	5.00	1.69
12 a	0.33	2.08	1.55	22 a	0.70	4.38	1.65
12 b	0.47	2.92	1.56	23 a	1.20	7.50	1.77
2 a	0.90	5.63	1.62	24 a	1.00	6.25	1.66
3 a	0.32	2.03	1.55	26 a	1.40	8.75	1.63
3 b	0.58	3.60	1.57	27 a	0.80	5.00	1.71
4 a	1.10	6.88	1.76	28 a	0.64	3.98	1.59
5 a	0.80	5.00	1.64	28 a	0.66	4.15	1.62
6 a	1.20	7.50	1.68	29 a	0.80	5.00	1.68
7 a	1.20	7.50	1.68	30 a	1.00	6.25	1.67
8 a	0.35	2.22	1.60	31 a	0.49	3.09	1.57
8 b	0.45	2.78	1.64	31 b	0.51	3.16	1.57
*-I1 a	0.13	0.81	1.54	32 a	1.00	6.25	1.83
*-J1 a	0.57	3.56	1.65	33 a	0.60	3.75	1.64
*-L a	0.80	5.00	1.69	34 a	1.20	7.50	1.78
*-M a	0.50	3.12	1.57	35 a	0.70	4.38	1.60
*-M b	0.33	2.06	1.55	36 a	0.49	3.06	1.56
*-N a	0.30	1.88	1.55	36 a	0.31	1.94	1.55
*-O a	1.40	8.75	1.55	37 a	0.40	2.50	1.56
*-P a	0.20	1.25	1.55	371-2 a	1.01	6.31	1.75
13 a	0.60	3.75	1.64	38 a	1.00	6.25	1.74
14 a	1.00	6.25	1.72	39 a	1.00	6.25	1.74
15 a	0.50	3.11	1.56	40 a	0.80	5.00	1.65
15 b	0.50	3.15	1.56	41 a	0.60	3.75	1.56
17 a	0.51	3.17	1.58	42 a	1.00	6.25	1.75
17 a	0.49	3.08	1.56				

Cuadro 4.5.- Unidad IV.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
*-AA a	0.35	2.19	1.56	145 a	0.50	3.13	1.75
*-R a	0.50	3.13	1.84	146 a	1.00	6.25	1.78
*-T a	1.40	8.75	1.89	147 a	1.20	7.50	1.85
*-V a	0.50	3.13	1.62	245 a	1.05	6.56	1.85
*-W a	0.70	4.38	1.79	43 a	1.20	7.50	1.84
128 a	0.90	5.63	1.80	44 a	1.10	6.88	1.82
132 a	0.90	5.63	1.76	46 a	1.20	7.50	1.72
133 a	0.43	3.08	1.58	47 a	1.40	8.75	1.86
133 b	0.45	2.93	1.57	48 a	1.10	6.88	1.80
134(A) a	1.57	9.81	2.02	49 a	1.20	7.50	1.81
134(B) b	1.79	12.64	2.04	50 a	1.10	6.88	1.81
135-1 a	0.55	3.44	1.65	52 a	1.20	7.50	1.97
135-2 a	0.95	5.94	1.81	53 a	1.10	6.88	1.82
138 a	0.90	5.63	1.77	54 a	0.85	5.31	1.69
139 a	1.30	8.13	1.89	55 a	1.37	7.15	1.83
141 a	0.87	5.44	1.61	55 b	1.19	6.93	1.83
142.1 a	0.40	2.50	1.75	56 a	1.20	7.50	1.75
142.2 a	0.22	1.38	1.45	57 a	0.80	5.00	1.78
142.3 a	0.26	1.63	1.69	58 a	1.11	4.81	1.63
143 a	1.00	6.25	1.72	58 b	1.28	6.93	1.83
144.1 a	0.63	3.94	1.48	60 a	0.56	4.18	1.66
144.2 a	0.42	2.63	1.72	60 b	0.99	5.98	1.75

Cuadro 4.6.- Unidad V.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
*-A1 a	0.66	4.14	1.56	168 a	0.37	2.30	1.56
*-A1 b	0.44	2.74	1.55	168 b	0.43	2.70	1.56
*-B1 a	0.90	5.63	1.60	168-1 a	0.25	1.59	1.55
*-C1 a	0.28	1.77	1.72	168-1 b	0.35	2.16	1.56
*-C1 a	0.22	1.36	1.62	170 a	0.70	4.38	1.77
*-Ñ a	0.05	0.34	1.56	171 a	0.70	4.38	1.74
*-Ñ b	0.05	0.29	1.55	172 a	0.45	2.79	1.56
*-Y a	0.57	3.56	1.58	172 b	0.55	3.46	1.57
*-Y b	0.81	5.06	1.65	173 a	0.50	3.13	1.70
*-Z a	1.06	6.63	1.70	174 a	0.44	2.75	1.55
148 a	0.90	5.63	1.68	174 b	0.36	2.25	1.55
149 a	0.80	5.00	1.61	175 a	0.35	2.21	1.56
151 a	0.70	4.38	1.73	175 b	0.65	4.04	1.58
152 a	0.60	3.75	1.58	176 a	1.10	6.88	1.71
153 a	0.72	4.50	1.66	177 a	0.20	1.25	1.55
154 a	0.78	4.88	1.64	178 a	0.60	3.75	1.57
156 a	0.42	2.63	1.57	180 a	0.50	3.13	1.57
157 a	0.78	4.90	1.59	181 a	0.30	1.88	1.67
157 b	0.22	1.35	1.55	182 a	0.70	4.38	1.57
158 a	1.22	7.63	1.68	183 a	1.00	6.25	1.64
159 a	0.80	5.00	1.61	184 a	0.40	2.50	1.56
160 a	0.63	3.92	1.59	185 a	0.40	2.50	1.56
160 b	0.37	2.33	1.56	186 a	0.20	1.25	1.55
161 a	0.40	2.48	1.57	187 a	0.80	5.00	1.60
161 b	0.80	5.02	1.69	188 a	3.00	18.75	1.75
162-1 a	0.71	4.44	1.57	189 a	0.50	3.13	1.57
165 a	0.34	2.10	1.55	190 a	0.80	5.00	1.65
165 b	0.36	2.27	1.55	191 a	0.60	3.75	1.56
166 a	0.33	2.05	1.55	374 a	0.36	2.25	1.55
166 b	0.27	1.70	1.55	376 a	1.00	6.25	1.60
167 a	0.40	2.52	1.56	M3 a	0.30	1.88	1.55
167 b	0.40	2.48	1.56				

Cuadro 4.7.- Unidad VI.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
*M1 a	0.26	1.63	1.55	73-15 a	0.80	5.00	1.73
390 a	1.31	8.19	1.86	73-16 a	0.50	3.13	1.65
61 a	1.10	6.88	1.78	73-17 a	0.90	5.63	1.68
62(A) a	0.56	3.96	1.66	73-18 a	1.10	6.88	1.73
62(B) a	0.81	5.61	1.80	73-2 a	0.54	4.06	1.72
64 a	1.08	6.75	1.77	73-2 b	0.52	3.22	1.63
65-1 a	0.55	3.44	1.71	73-3 a	0.80	5.00	1.77
65-2 a	1.05	6.56	1.83	73-4 a	0.80	5.00	1.77
66 a	1.10	6.88	1.83	73-5 a	0.80	5.00	1.77
67 a	1.10	6.88	1.83	73-6 a	0.70	4.38	1.77
68 a	1.20	7.50	1.77	73-7 a	0.90	5.63	1.77
69 a	1.00	6.25	1.78	73-8 a	1.10	6.88	1.81
70 a	1.00	6.25	1.81	73-9 a	1.00	6.25	1.75
71 a	1.60	10.00	1.92	74 a	1.51	9.44	1.90
72 a	1.22	7.63	1.81	75 a	1.80	11.25	1.96
73-1 a	0.80	5.00	1.82	76 a	0.70	4.38	1.64
73-10 a	1.10	6.88	1.80	76-Z a	0.17	1.06	1.72
73-11 a	1.40	8.75	1.70	77 a	1.60	10.00	1.83
73-12 a	0.49	3.00	1.57	78 a	1.60	10.00	1.90
73-12 b	0.64	3.99	1.69	79 a	1.20	7.50	1.78
73-13 a	0.60	3.82	1.70	80 a	1.30	8.13	1.85
73-13 b	0.79	5.04	1.74	81 a	1.00	6.25	1.76
73-14 a	0.77	4.89	1.74	82 a	1.30	8.13	1.77
73-14 b	1.28	8.02	1.82				

Cuadro 4.8.- Unidad VII.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
*-G1 a	0.70	4.38	1.57	123 a	0.90	5.63	1.62
*-H1 a	1.30	8.13	1.80	126 a	0.70	4.38	1.62
100 a	0.49	3.07	1.57	127 a	1.20	7.50	1.63
100 b	0.31	1.93	1.55	129 a	1.50	9.38	1.86
101 a	1.20	7.50	1.71	131 a	0.80	5.00	1.67
102 a	0.85	5.29	1.65	194 a	0.80	5.00	1.65
102 b	1.05	6.59	1.73	197 a	0.40	2.50	1.58
103 a	0.48	3.01	1.57	379 a	0.24	1.50	1.55
103 b	0.42	2.62	1.56	379 b	0.13	0.84	1.55
104 a	0.98	6.16	1.70	379 c	0.13	0.78	1.55
104 b	0.92	5.72	1.71	83 a	1.00	6.25	1.76
105 a	0.38	2.37	1.56	84 a	1.00	6.25	1.71
105 b	0.32	2.00	1.56	85 a	1.20	7.50	1.75
106 a	0.50	3.13	1.58	86 a	1.00	6.25	1.67
107 a	0.60	3.75	1.61	87-2 a	1.21	7.56	1.78
108 a	0.70	4.38	1.58	88 a	0.90	5.63	1.65
109 a	1.40	8.75	1.86	89 a	0.70	4.38	1.73
110 a	1.24	7.73	1.86	91 a	0.80	5.00	1.70
110 b	0.66	4.15	1.64	92-1 a	0.39	2.44	1.56
112 a	1.70	10.60	1.77	92-1 b	0.41	2.56	1.56
113 a	0.10	0.63	1.55	92-2 a	0.80	5.00	1.71
113 b	1.10	6.90	1.71	93 a	1.00	6.25	1.70
114 a	0.30	1.88	1.56	94 a	0.70	4.38	1.62
115 a	1.10	6.88	1.73	95 a	0.23	1.45	1.55
117 a	1.40	8.75	1.77	95 b	0.60	3.74	1.67
118 a	1.50	9.38	1.82	96 a	1.00	6.25	1.71
119 a	0.80	5.00	1.66	98 a	0.36	2.24	1.55
120 a	0.30	1.88	1.56	98 b	0.34	2.13	1.55
121 a	0.19	1.16	1.55	99-1 a	0.40	2.50	1.56
121 b	0.41	2.59	1.56	99-2 a	0.91	5.66	1.74
122 a	0.50	3.13	1.58	99-2 b	0.36	2.27	1.56

Cuadro 4.9.- Unidad VIII.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
*-F1 a	0.31	1.94	1.56	216 a	0.50	3.13	1.59
*-L1 a	0.84	5.25	1.65	217 a	0.60	3.75	1.67
125 a	1.41	8.81	1.77	218 a	0.60	3.75	1.63
130 a	1.78	11.13	1.96	219 a	0.70	4.38	1.67
192 a	0.70	4.38	1.73	220 a	0.60	3.75	1.64
193 a	0.90	5.63	1.69	221 a	0.20	1.25	1.60
195 a	1.20	7.50	1.75	222 a	0.90	5.63	1.78
196 a	0.70	4.38	1.63	223 a	1.40	8.75	1.86
198 a	0.80	5.00	1.70	224 a	1.30	8.13	1.86
199 a	0.60	3.75	1.74	225 a	0.70	4.38	1.74
200 a	0.50	3.13	1.63	226 a	1.00	6.25	1.78
201-1 a	0.49	3.06	1.59	227 a	0.59	3.69	1.73
201-2 a	0.40	2.50	1.57	228 a	0.50	3.13	1.52
202 a	0.44	2.66	1.58	229 a	0.50	3.13	1.57
202 b	1.19	8.40	1.82	229 b	0.48	2.30	1.58
203 a	0.70	4.38	1.77	230 a	0.60	3.75	1.54
204 a	1.00	6.25	1.79	231 a	1.05	6.56	1.69
205 a	0.50	3.13	1.59	232 a	1.08	6.75	1.77
206 a	0.70	4.38	1.69	234 a	1.09	6.81	1.72
208 a	0.40	2.50	1.57	236 a	1.03	6.43	1.74
209 a	0.40	2.50	1.57	237 a	0.83	5.18	1.68
210 a	0.90	5.63	1.77	238 a	0.93	5.30	1.78
211 a	1.10	6.88	1.75	239 a	1.16	6.79	1.79
212 a	1.30	8.13	1.71	240 a	0.91	4.60	1.73
213 a	0.70	4.38	1.62	247 a	0.88	4.37	1.71
214 a	0.70	4.38	1.71	288-1 a	0.89	5.56	1.66
215 a	0.70	4.38	1.68				

Cuadro 4.10.- Unidad IX.

SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)	SECCIÓN	SUPERFICIE (ha)	GASTO (lps)	PRESIÓN (kg/cm ²)
** - a	0.8	5.2	1.68	265 b	0.6	3.9	1.57
*-D1 a	0.6	3.8	1.58	266 a	0.6	3.8	1.60
*-D1 b	0.6	3.7	1.57	267 a	0.5	3.1	1.57
124 a	1.4	8.7	1.70	268 a	0.6	4.0	1.58
238 a	0.9	5.6	1.78	268 b	0.7	4.1	1.58
241 a	0.5	3.1	1.57	269 a	0.8	5.0	1.59
242 a	0.9	5.6	1.68	270 a	0.7	4.4	1.68
243 a	0.9	5.6	1.73	271 a	1.2	7.5	1.72
244 a	1.4	8.8	1.76	272 a	0.8	5.2	1.62
245-1 a	0.9	5.9	1.76	272 b	0.7	4.1	1.58
246 a	1.5	9.4	1.88	273 a	0.6	3.8	1.57
248 a	0.7	4.5	1.58	274 a	1.0	6.4	1.62
249 a	0.6	3.6	1.57	274 b	1.0	6.1	1.62
250 a	0.7	4.2	1.57	275 a	0.4	2.8	1.56
251 a	0.8	4.8	1.58	275 b	0.4	2.2	1.55
252 a	0.3	1.7	1.55	276 a	0.3	1.9	1.55
252 b	0.5	3.2	1.56	276 b	0.3	1.9	1.55
253 a	0.9	5.4	1.69	277 a	0.6	3.8	1.71
254 a	0.9	5.9	1.66	278 a	0.4	2.5	1.56
255 a	1.0	6.0	1.68	280 a	0.5	3.1	1.56
256 a	0.3	2.1	1.55	281 a	0.7	4.4	1.59
256 b	0.3	2.0	1.55	282 a	0.9	5.6	1.61
257 a	0.5	2.9	1.56	285 a	0.3	1.8	1.55
257 b	0.6	3.5	1.57	285 a	0.4	2.2	1.55
258 a	1.0	6.1	0.40	286 a	1.2	7.5	1.74
259 a	1.7	10.6	1.84	288-2 a	1.0	6.4	1.60
260 a	0.9	5.6	1.60	288-2 b	0.9	5.7	1.59
261 a	0.7	4.1	1.57	289 a	1.1	6.9	1.67
263 a	1.1	7.1	1.68	361-2 a	0.9	5.6	1.64
264 a	0.9	5.6	1.71	383 a	0.4	2.4	1.56
265 a	0.5	3.0	1.56				

El cuadro 4.11 muestra el concentrado de las características de las unidades de riego para la tecnificación de la unidad de riego de la presa 50 Aniversario. La unidad de riego cuenta con un total de 9 unidades de riego lo cual arroja una superficie de 283.03 ha. Las presiones promedio requeridas varían desde 1.60 a 1.76 kg/cm².

Cuadro 4.11.- Resumen de unidades.

UNIDAD	SUPERFICIE	GASTO	PRESIÓN MEDIA (kg/cm ²)
1	39.53	247.10	1.65
2	44.10	280.52	1.76
3	42.44	265.29	1.63
4	40.69	251.66	1.76
5	36.85	230.35	1.60
6	45.45	285.96	1.76
7	46.01	287.61	1.65
8	42.37	261.88	1.69
9	45.60	285.05	1.60
	383.03	2,395.42	

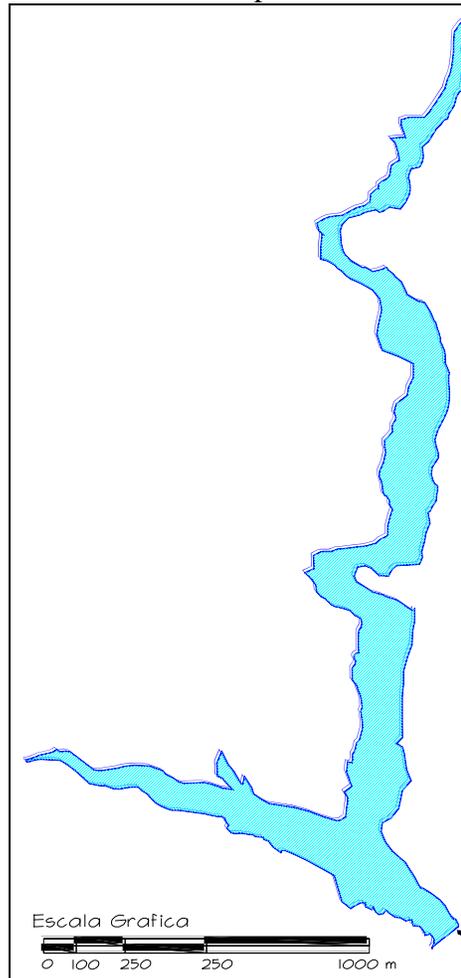
V.- ESCENARIOS DE TECNIFICACIÓN

5.1.- Análisis de funcionamiento del vaso de almacenamiento

La presa "50 Aniversario" presenta un vaso de almacenamiento de topología alargado (figura 5.1), el vertedor de esta presa se localiza sobre uno de los principales afluentes de la presa "Plutarco Elías Calles", por lo tanto, gran parte del volumen de agua que la abastecen, vierten por el vertedor de la presa 50 Aniversario; por lo que la probabilidad de que ésta llene en todos los años es muy alta.

Para la tecnificación de la zona de riego de la presa 50 Aniversario se buscó aprovechar la carga hidráulica de posición del vaso de almacenamiento, con el objetivo de suministrar la presión necesaria para los emisores de riego a partir de la carga hidráulica de la presa.

Figura 5.1.-Vaso de la presa 50 Aniversario.



En el análisis del funcionamiento del vaso de la presa "50 Aniversario" se resume en el cuadro 5.1. En esta tabla se puede ver como van disminuyendo los volúmenes en la presa conforme avanza el ciclo agrícola. En este análisis se consideró una superficie total de 380 ha de riego,

factor de humedecimiento del 66%, eficiencia de aplicación del 90% y eficiencia de conducción del 98%.

Cuadro 5.1.-Volúmenes consumidos en la presa.

MES	Fecha	Requerimiento de riego (mm)	Volumen bruto (10 días) (m ³)	Volumen acumulado (m ³)	Volumen en la Presa (m ³)	Niveles en la Presa (msnm)
Marzo	1er riego	40	114,947.55			
	Total	40		114,947.5	3,720,085.5	2084.56
Abril	01-Abr	13.1	37,645.32	152,592.9	3,682,440.1	2084.41
	11-Abr	13.67	39,283.32	191,876.2	3,643,156.8	2084.26
	21-Abr	15.79	45,375.54	237,251.7	3,597,781.3	2084.08
	Total	42.56		237,251.7	3,597,781.3	2084.08
Mayo	01-May	26.14	75,118.22	312,370.0	3,522,663.0	2083.78
	11-May	37.97	109,113.96	421,483.9	3,413,549.1	2083.35
	21-May	50.01	143,713.17	565,197.1	3,269,835.9	2082.76
	Total	114.12		565,197.1	3,269,835.9	2082.76
Junio	31-May	60.32	173,340.90	738,538.0	3,096,495.0	2082.03
	10-Jun	61.69	177,277.85	915,815.8	2,919,217.2	2081.27
	20-Jun	61.52	176,789.33	1,092,605.2	2,742,427.8	2080.48
	Total	183.53		1,092,605.2	2,742,427.8	2080.48
Julio	30-Jun	60.96	175,180.06	1,267,785.2	2,567,247.8	2079.67
	10-Jul	58.86	169,145.31	1,436,930.5	2,398,102.5	2078.86
	20-Jul	47.9	137,649.69	1,574,580.2	2,260,452.8	2078.18
	Total	167.72		1,574,580.2	2,260,452.8	2078.18
Agosto	30-Jul	35.49	101,987.21	1,676,567.4	2,158,465.6	2077.66
	09-Ago	15.53	44,628.38	1,721,195.8	2,113,837.2	2077.43
	Total	51.02		1,721,195.8	2,113,837.2	2077.43
Gran Total		599.0	1,721,195.82	1,721,195.8	2,113,837.2	

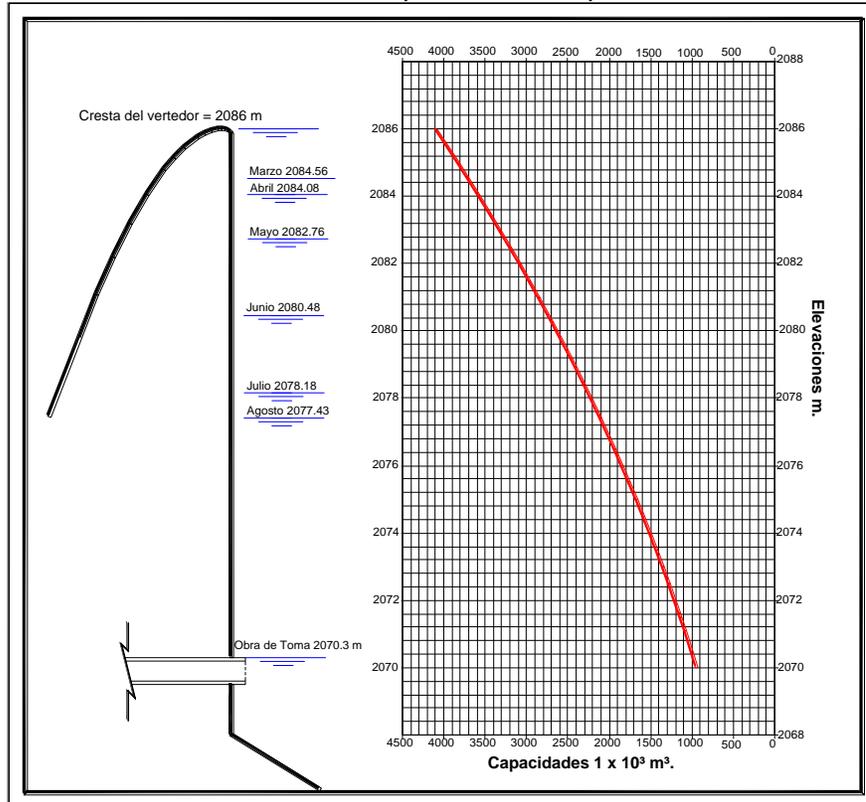
En la unidad de riego de la presa 50 Aniversario se requiere de un total de 1.72 millones de m³ para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos. La figura 5.2 muestra la distribución mensual de la demanda en donde se puede ver que durante el mes de junio se presenta la mayor demanda de agua para la zona de riego.

Figura 5.2.-Volúmenes necesarios para los cultivos en la unidad de riego.



En la figura 5.3 se pueden ver los niveles esperados para cada uno de los meses del ciclo agrícola Primavera-Verano que es precisamente en el que se piensa regar. En esta figura se puede ver que la cota de obra de toma es la 2070.3 m; con ello y a partir del análisis del funcionamiento del vaso se puede ver que la carga mínima esperada en la presa es 7.13 m. La carga máxima en la presa es de 15.7 m cuando la presa se encuentra llena.

Figura 5.3 Elevaciones mensuales esperadas en la presa 50 Aniversario.



5.2 Análisis de los escenarios de tecnificación

De las reuniones celebradas en Aguascalientes con directivos de la Comisión de Desarrollo Agropecuario (CODAGEA), de la Secretaría de Agricultura Desarrollo Rural Pesca y Alimentación -delegación estatal- (SAGARPA) y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se determinó el análisis de tres escenarios de tecnificación. En el proceso también se realizó el análisis de algunas otras propuestas de tecnificación, como el de utilizar energía solar para el bombeo del agua, la cual se desechó por su inviabilidad económica, previo análisis riguroso.

Las tres propuestas que a continuación se presentan tienen el común denominador de que el riego parcelario se realiza a través de goteros insertados en mangueras de polietileno. La red de conducción principal (tramo muerto) se conecta a la obra de toma a partir de una tubería de fierro de 24" de diámetro hasta el inicio la zona de riego para posteriormente bifurcarse en diámetros más pequeños.

Las diferencias en los escenarios de tecnificación radican por un lado en los costos y por el otro en la forma de operar la red. Así pues, las propuestas manejadas son las siguientes:

1. Utilizando una planta de bombeo (costo inicial alto, bajo consumo de energía)
2. Utilizando una planta de bombeo (costo inicial bajo, mayor consumo de energía)
3. Utilizando cuatro sitios de bombeo.

En el presente documento se presenta en un primer punto la información que es común a los tres escenarios y posteriormente se presentan las particularidades de cada escenario.

5.2.1.- Información y cálculos preliminares

Para los tres escenarios de tecnificación que anteriormente se mencionaron se tiene un trazo de la red similar, salvo ligeras modificaciones en el escenario 3.

La figura 5.4 muestra una sección de riego tipo donde se puede apreciar la gran pendiente que se tiene en la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". En el diseño parcelario se determinó el gasto y la presión necesaria para la correcta operación de cada sección. En el caso de la presión los valores se encuentran cercanos a los 18 m.

Una vez que se tenía el cálculo parcelario de cada sección que integra la unidad de riego se procedió a agrupar las parcelas en unidades operativas. De acuerdo al diseño agronómico la unidad de riego debe ser dividida en 9 unidades de 42.22 ha en promedio cada una. En la figura 5.5 se puede ver la división en unidades operativas de la unidad de riego.

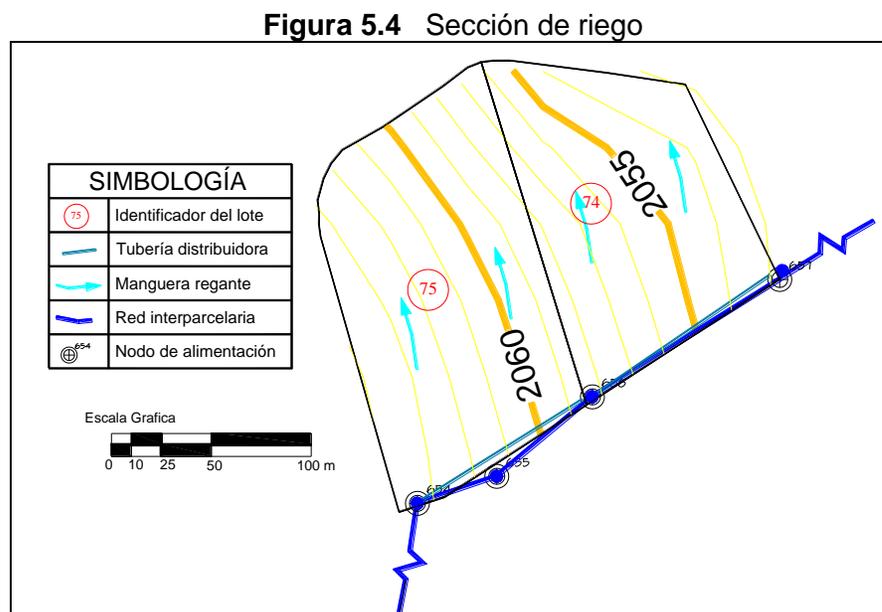
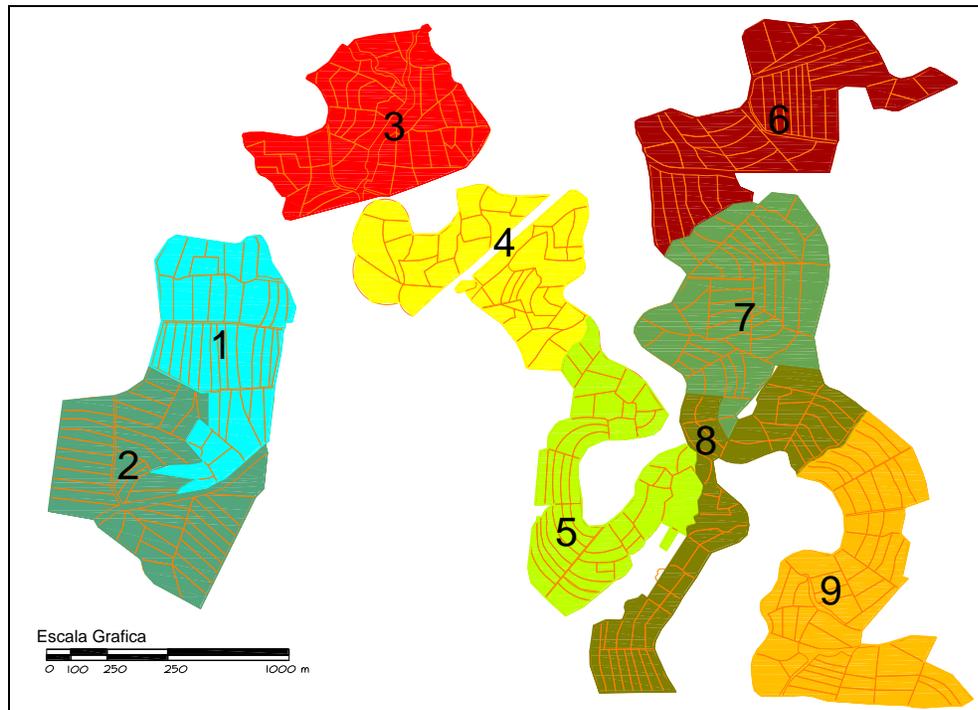


Figura 5.5 Unidades operativas de la zona de riego de la presa "50 Aniversario", Ags.



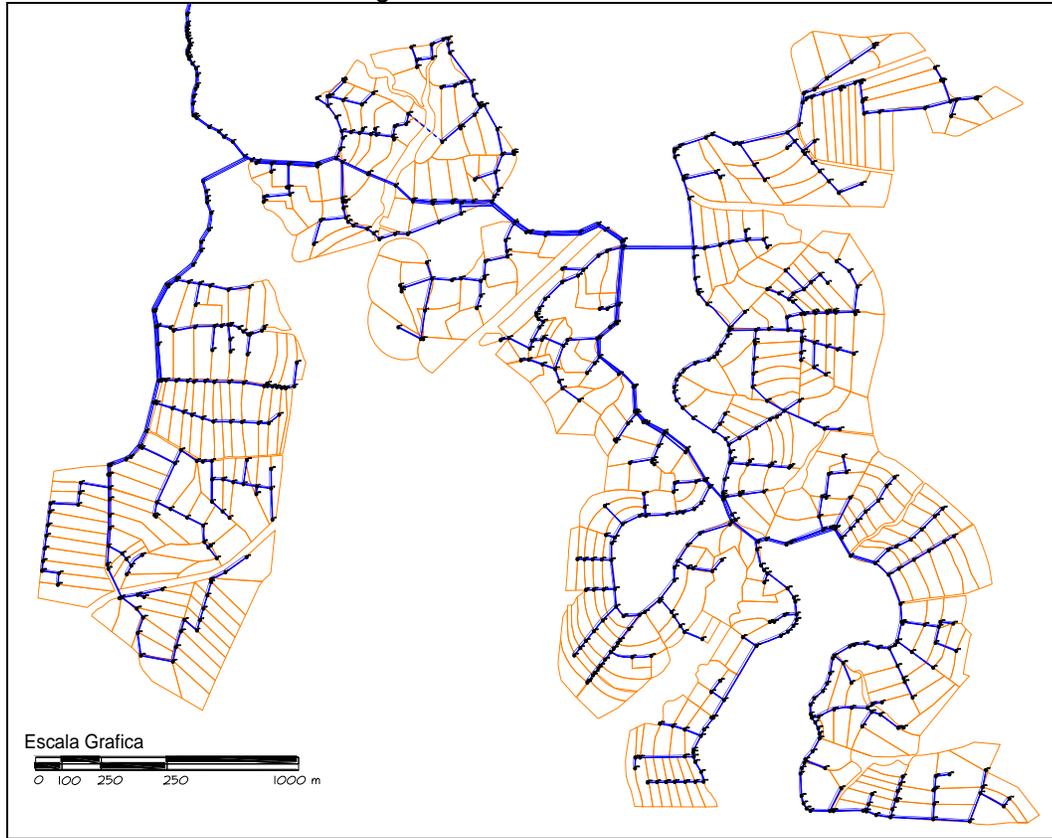
La figura 5.6 muestra uno de los trazos preliminares de la red de conducción interparcelaria de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". El trazo de la red es similar para los escenarios 1 y 2 y presenta ligeros cambios en las unidades 3 y 4 para el escenario 3.

La simulación hidráulica de la red de conducción interparcelaria se realizó con el software libre EPANET versión 2.0.

El proceso para la simulación de la red de conducción en el software EPANET 2.0 implica en primer lugar la captura de la red en donde se definen ubicación y altitud de nodos posteriormente se unen los nodos a través de tuberías y se propone un diámetro inicial de acuerdo a la red. Posteriormente se definen los parámetros de operación, lo cual consiste en asignar gastos a los nodos así como el turno en el cual liberará el gasto asignado.

Para la unidad de riego de la presa "50 Aniversario" se tienen un total de 9 turnos de riego de 2.5 hrs de duración cada uno, para un total de operación diario de 22.5 hrs/día. El cuadro 5.2 presenta información referente a los parámetros de operación, en esta tabla se observa el número de nodo, el gasto asignado, la sección a la que abastece, la unidad a la que pertenece y el turno de operación.

Figura 5.6 Red de conducción principal e interparcelaria de la zona de riego de la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Aguascalientes.

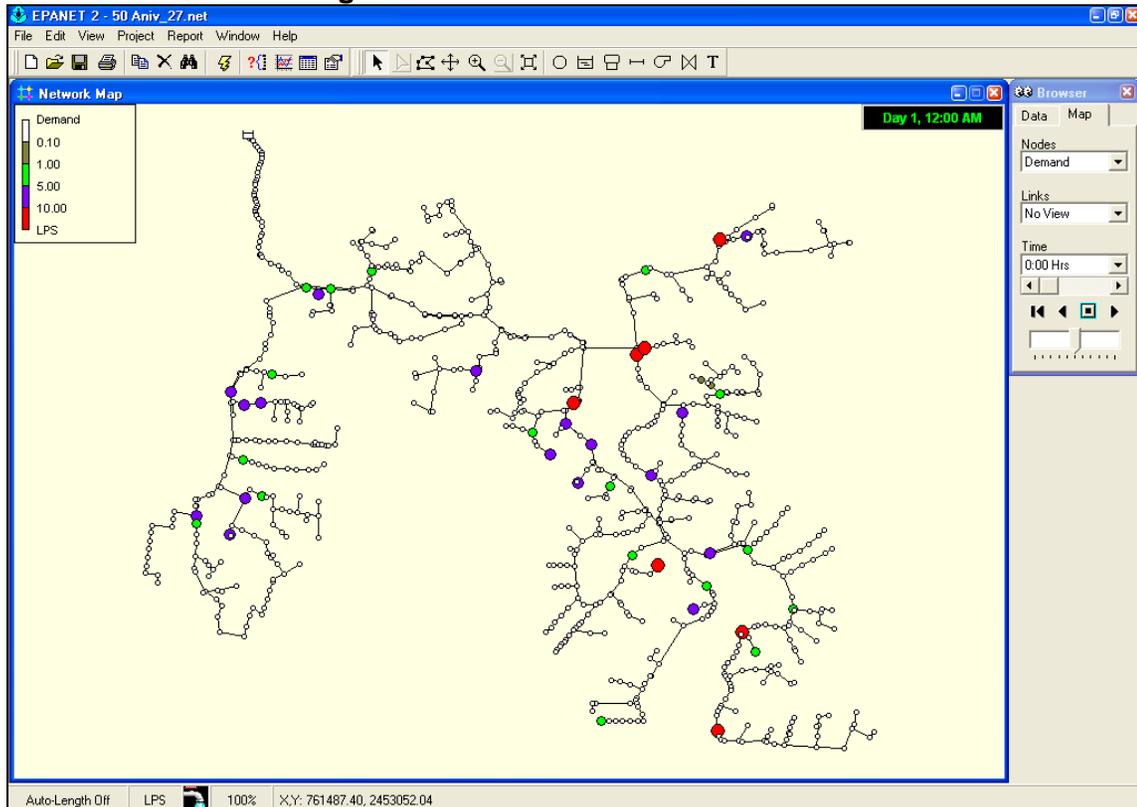


Cuadro 5.2 Parámetros de operación para algunos nodos de la red de conducción.

NODO	GASTO (lps)	SECCIÓN	UNIDAD	TURNO
64	5.6	*-Ca	2	3
65	6.9	328a	2	2
66	1.3	M2a	2	3
68	7.5	6-	3	4
70	5.0	10-	3	2
77	7.5	46a	4	4
88	5.9	135-2a	4	1
97	3.8	199a	8	4
102	6.4	236a	8	5
104	7.4	292-	1	2
106	4.1	294-	1	1
107	6.4	308-	1	9
108	6.9	308-1-	1	9
109	5.2	298-	1	3
111	8.1	291-	1	1
113	6.3	299-	1	3

En la figura 5.7 se pueden ver los nodos que se encuentran operando durante el turno 1. El turno 1 corresponde a la operación de secciones de riego que se encuentran en la parte alta de la zona de riego.

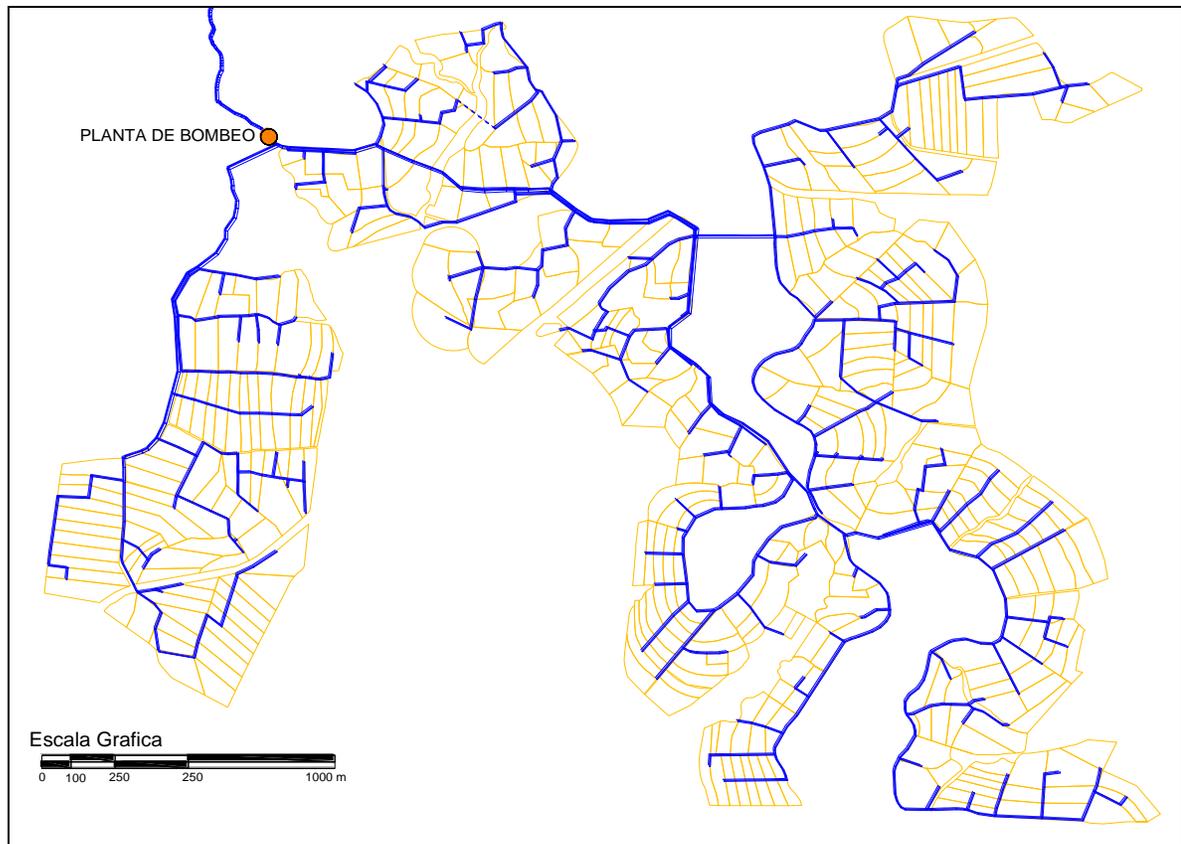
Figura 5.7 Nodos abiertos en el turno 1.



5.2.2 Escenario 1

En el escenario 1 el agua de la presa es tomada a través de la obra de toma y conducida por una tubería de acero (únicamente con la carga hidráulica de la presa) hasta una planta de bombeo que se ubica al inicio de la zona de riego. La planta de bombeo suministra presión a las 9 unidades cuando la carga hidráulica de la presa no es suficiente para la correcta operación de los emisores (figura 5.8). En este escenario se busca que la carga hidráulica de la presa sea suficiente para regar la mayor cantidad de parcelas para lo cual se contemplan velocidades de flujo bajas en toda la red de conducción.

Figura 5.8 Esquema de escenario 1



Para la estimación de la inversión inicial se manejaron por separado 3 conceptos, a saber: Planta de bombeo, Red de conducción interparcelaria y sistema de riego localizado.

Planta de bombeo.- Consiste en 5 bombas tipo centrífuga horizontal para una carga de 16 m cada una. De los 5 equipos de bombeo 4 serán de 60 lps y 1 de 30 lps. La eficiencia electromecánica de los equipos seleccionados son de 58 y 82% respectivamente La subestación eléctrica será independiente para cada equipo a fin de simplificar el cableado.

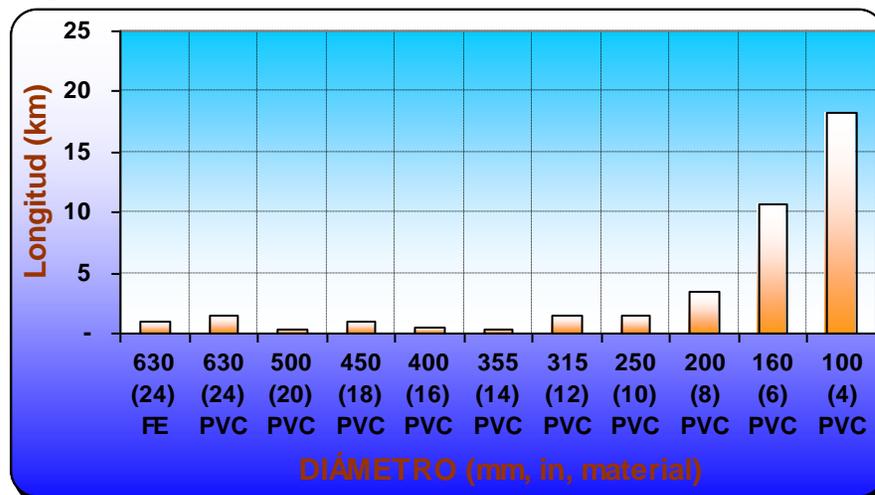
Red de conducción interparcelaria. En el diseño se considera un tramo muerto que va de la obra de toma a la planta de bombeo, en este tramo se utiliza acero al carbono. En la zona de riego el material utilizado es PVC con una resistencia máxima de 5 kg/cm².

La longitud total de tubería de la red de conducción principal e interparcelaria ascienda a 40 km lo cual arroja un promedio de 104 m/ha. La distribución de diámetros va desde 4 a 24" la mayoría en PVC excepto 940 m de tubería de acero

De los 40 km necesarios para la red de conducción principal interparcelaria el 73% corresponde a diámetros pequeños (160 y 100 mm), 18% a diámetros intermedios (200-400 mm), y sólo el

9% corresponde a diámetros grandes (450 – 630 mm). En cuanto a materiales el 97.6% corresponde a PVC y sólo el 2.4% de la longitud requiere acero al carbono (figura 5.9).

Figura 5.9 Distribución de diámetros para el escenario 1



Sistema de riego localizado.-El sistema de riego localizado es similar en los tres escenarios. Para el riego en las parcelas se considera goteros de 0.61 lph insertados en mangueras de polietileno que entregan el agua a las plantas con un coeficiente de uniformidad mínimo de 90%. Para mayores detalles consultar el diseño parcelario.

Así, para el escenario 1, la inversión inicial asciende a \$21.6 millones de pesos de los cuales el 7% corresponde a la planta de bombeo, el 54% a la red de conducción interparcelaria y el 39% al sistema de riego localizado. En el cuadro 5.3 se puede ver el desglose de la inversión inicial para el escenario 1 en donde se puede ver que el costo unitario asciende a cerca de \$57,000 /ha.

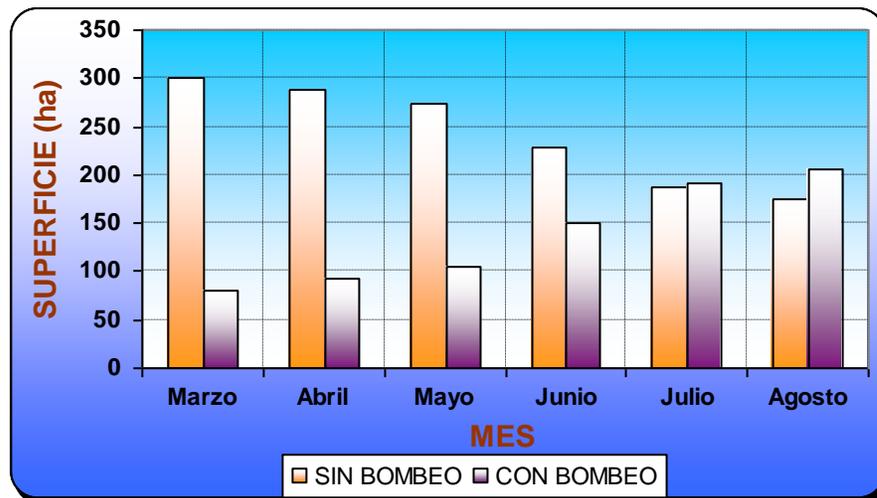
Cudro 5.3 Inversión inicial para el escenario 1.

CONCEPTO	IMPORTE (\$)
1.- PLANTA DE BOMBEO (Incluye Subestación eléctrica, cableado y filtrado general).	1,523,700.00
2.- RED DE CONDUCCIÓN INTERPARCELARIA (Incluye suministro e instalación de tuberías, limpieza, despalme, excavación, relleno y compactación del sitio en donde se colocará la tubería, conexión con la obra de toma, así como piezas y accesorios necesarios en la tubería).	11,758,616.00
8.- SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO (Incluye filtros, inyector, cinta de riego,...).	8,330,740.00
Costo total \$	21,613,056.00
Superficie total ha	380.00
Costo/ha	56,876.46

Para estimar el costo de energía eléctrica es necesario considerar dos cosas, por un lado la superficie que requiere bombeo que se traduce en volúmenes de bombeo y por otro la carga a la cual se requiere bombear. Ambas variables dependen directamente del nivel de agua en la presa y a continuación se presenta el análisis para ambas variables.

Con la finalidad de aprovechar la carga hidráulica de la presa se realizaron simulaciones de la red de conducción interparcelaria para cada uno de los meses del ciclo agrícola. En cada una de las simulaciones realizadas se utilizó la cota esperada del nivel del agua en la presa que resultó del análisis de funcionamiento del vaso de almacenamiento (figura 5.3). La figura 5.10 presenta la relación de superficie con bombeo y sin bombeo para cada uno de los meses del ciclo agrícola. Esta figura se construyó a partir de cuantificar las secciones de riego cuya presión es menor de 18 m que es la que requieren las secciones para operar correctamente lo cual implica que una sección con presión menor de 18 m necesariamente necesita bombeo.

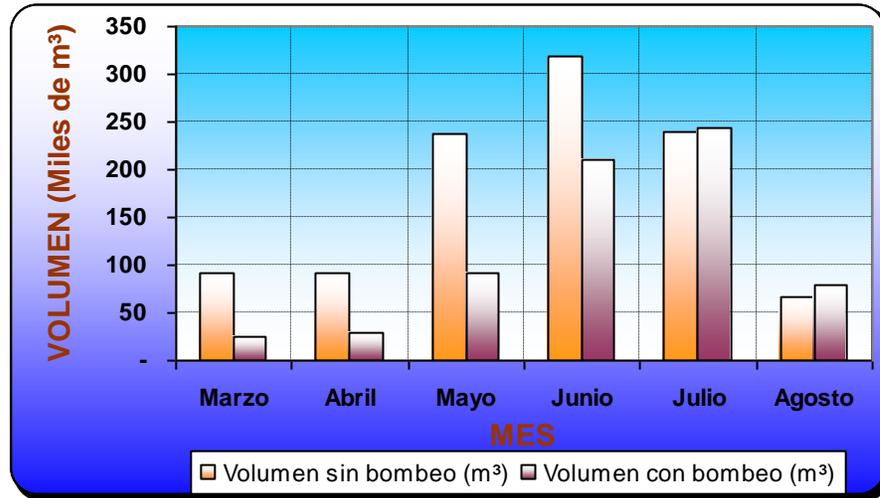
Figura 5.10 Evolución de las superficies sin y con bombeo.



Para fines de la estimación de los costos de bombeo, un indicador más confiable es la distribución del volumen que es necesario bombear en cada uno de los meses debido a que el requerimiento de riego varía largo del ciclo agrícola. La figura 5.11 presenta la evolución de los volúmenes que es necesario bombear para cada uno de los meses.

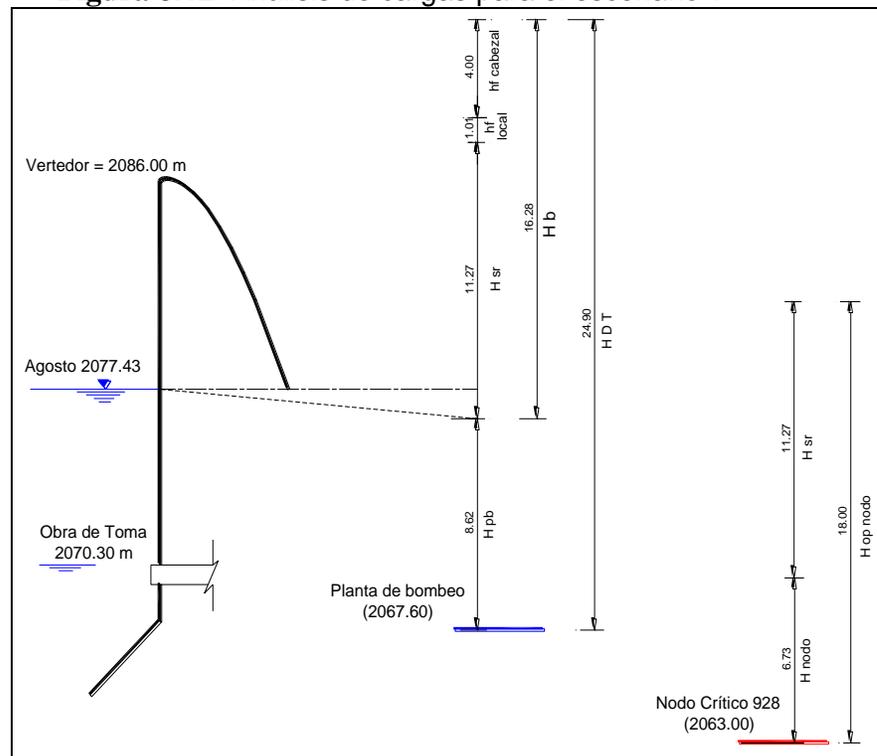
Ahora bien, al disminuir la carga en la presa también es necesario adicionar mayor presión al sistema. De las simulaciones hidráulicas realizadas se encontró que en nodo crítico (presión mínima) corresponde al nodo 928 el cual abastece al lote 274 que a su vez se ubica en la unidad 9. Así pues, el análisis de cargas se realizó para este nodo (928). En el diagrama de cargas (figura 5.12) se puede observar que el nodo crítico (928) tiene una presión de 6.73 m para la carga de la presa mas desfavorable (Agosto 2077.43) por lo que es necesario suministrar 11.27 m (H sr) para satisfacer los 18 m que requiere el sistema de riego.

Figura 5.11 Evolución de los volúmenes sin y con bombeo.



Como se puede ver en la figura 5.12 el sitio de emplazamiento de la bomba se encuentra en la cota 2067.60 y la presión producto de la carga de la presa es de 8.62 m (H pb). La planta de bombeo necesita adicionar al sistema 11.27 m adicionales para la operación del sistema de riego (H sr), además de 1.01 m para reponer las perdidas locales del arreglo (hf locales) y 4 m que se pierden en el cabezal de control (hf cabezal). Así pues el equipo de bombeo debe tener la capacidad para bombear 16.28 m (H b), lo que da como resultado una carga dinámica total (HDT) de 24.90 m.

Figura 5.12 Análisis de cargas para el escenario 1



De acuerdo al análisis de cargas el sistema de riego debe tener una capacidad máxima de 16.28 m para el caso más desfavorable que se presenta en el mes de agosto. El cuadro 5.4 presenta los cálculos completos para la estimación mensual del costo de bombeo. En la quinta columna se anotan las presiones mínimas (h sr) para cada una de las simulaciones mensuales y en la siguiente (sexta columna) la presión adicional que es necesario suministrar al sistema (h b). EL tiempo de bombeo se estimó a partir del análisis de simulación hidráulica y la carga de la bomba (h b) del análisis de cargas.

Finalmente se presentan los cálculos básicos realizados a fin de estimar el costo en dos variantes para las nuevas tarifas impuestas a los sistemas de riego (9N) en las modalidades de tarifas diurnas (CtoEnr f(trf 9N d) y nocturnas (CtoEnr f(trf 9N n), las cuales presentan valores de 0.34 y 0.17 \$/kW-h respectivamente. Los resultados unitarios se presentan en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.4 Cálculos de los costos de bombeo para el escenario 1.

MES	Volumen (m ³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
Marzo	24,193.50	1.24	24.89	4.14	8.68	43.9	32.7	814.69	277.00	138.50
Abril	29,761.96	1.53	30.62	4.62	2.93	14.8	11.1	338.35	115.04	57.52
Mayo	91,341.97	4.70	93.97	5.94	10.58	53.5	39.9	3,752.29	1,275.78	637.89
Junio	209,648.08	10.78	215.69	9.78	14.72	74.4	55.5	11,976.12	4,071.88	2,035.94
Julio	242,948.80	12.50	249.95	10.52	15.46	78.2	58.3	14,578.09	4,956.55	2,478.28
Agosto	79,124.68	4.07	81.40	11.27	16.31	82.5	61.5	5,008.29	1,702.82	851.41
Total	677,018.98	34.83	696.52					36,467.83	12,399.06	6,199.53

Cuadro 5.5 Cálculos de los costos de bombeo para el escenario 1.

CONCEPTO	UNIDAD	f(trf 9N d)	f(trf 9N n)
CtoEnr a	\$/ha	32.6	16.3
CtoEnr v	\$/millar m ³	18.3	9.2

52.3.- Escenario 2

En este escenario el trazo y funcionamiento de la red es similar al escenario 1. La diferencia radica en que en el escenario 2 se busca disminuir la inversión inicial disminuyendo el diámetro de la tubería lo que provoca mayores pérdidas de cargas y con ello mayores costos de bombeo, por concepto de consumo de energía eléctrica.

Para la estimación de la inversión inicial se manejaron por separado 3 conceptos, a saber: Planta de bombeo, Red de conducción principal interparcelaria, y sistema de riego localizado.

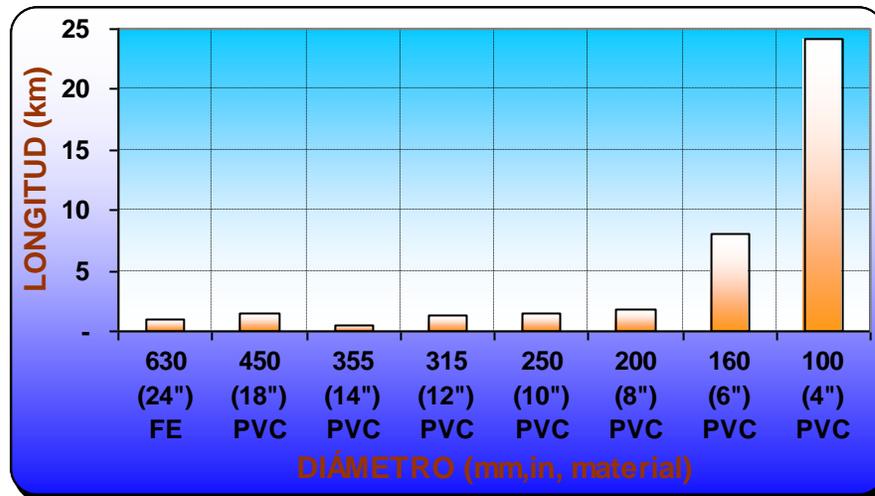
Planta de bombeo.- Consiste en 3 bombas tipo centrifuga horizontal para una carga de 33.26 m y 90 lps cada una. La eficiencia electromecánica de los equipos es de 82%. La subestación eléctrica será independiente para cada equipo a fin de simplificar el cableado.

Red de conducción interparcelaria.- La red de conducción interparcelaria extrae el agua de la presa a la altura de la obra de toma y la entrega en cada una de las secciones de riego. En el diseño se considera un tramo muerto que va de la obra de toma a la planta de bombeo, en este tramo se utiliza acero al carbono. En la zona de riego el material utilizado es PVC con una resistencia máxima de 5 kg/cm².

La longitud total de tubería de la red de conducción interparcelaria ascienda a 40 km lo cual arroja un promedio de 104 m/ha. La distribución de diámetros va desde 4 a 24" la mayoría en PVC excepto 940 m de acero al carbono que corresponde al tramo muerto que va de la obra de toma hasta la planta de bombeo.

De los 40 km necesarios para la red de conducción interparcelaria el 81% corresponde a diámetros pequeños (160 y 100 mm), 13% a diámetros intermedios (200-400 mm), y sólo el 6% corresponde a diámetros grandes (450 – 630 mm). En cuanto a materiales el 97.6% corresponde a PVC y sólo el 2.4% de la longitud requiere acero al carbono (figura 13).

Figura 5.13 Distribución de diámetros para el escenario 2



Sistema de riego localizado.-Similar al escenario 1.

Finalmente, para el escenario 2, la inversión inicial asciende a \$17.8 millones de pesos de los cuales el 9% corresponde a la planta de bombeo, el 44% a la red de conducción interparcelaria y el 47% al sistema de riego localizado. En el cuadro 5.6 se puede ver el desglose de la inversión inicial en donde se puede ver que el costo unitario asciende a cerca de \$47,000 /ha.

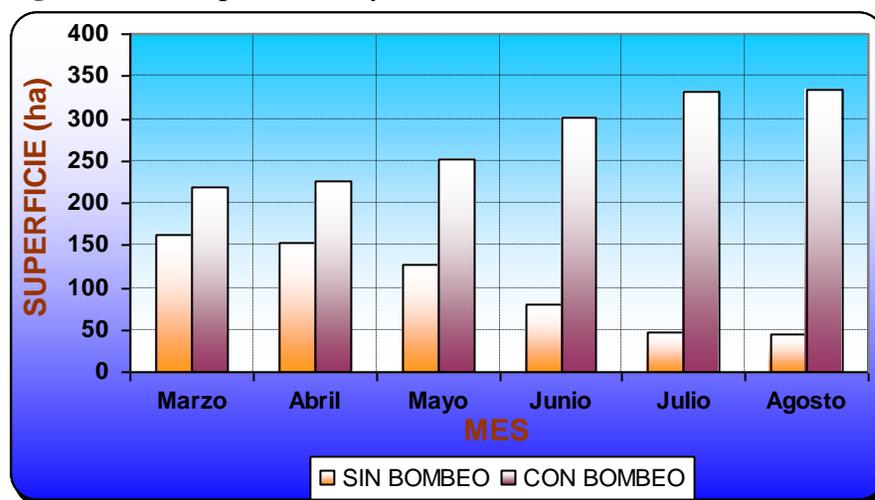
Cuadro 5.6.-Inversión inicial para el escenario 2.

CONCEPTO	IMPORTE (\$)
1.- PLANTA DE BOMBEO (Incluye subestación eléctrica, cableado y filtrado general).	1,583,700.00
2.- RED DE CONDUCCIÓN PRINCIPAL (Incluye suministro e instalación de tuberías, limpieza, despalme, excavación, relleno y compactación del sitio en dónde se colocará la tubería, conexión con la obra de toma, así como piezas y accesorios necesarios en la tubería).	7,862,414.90
8.- COSTO DEL SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO (Incluye filtros, inyector, cinta de riego).	8,330,740.00
Costo total (\$)	17,776,854.90
Superficie total (ha)	380
Costo unitario (\$/ha)	46,781.20

La metodología para estimar el costo de energía eléctrica fue similar a la empleada en el escenario 1.

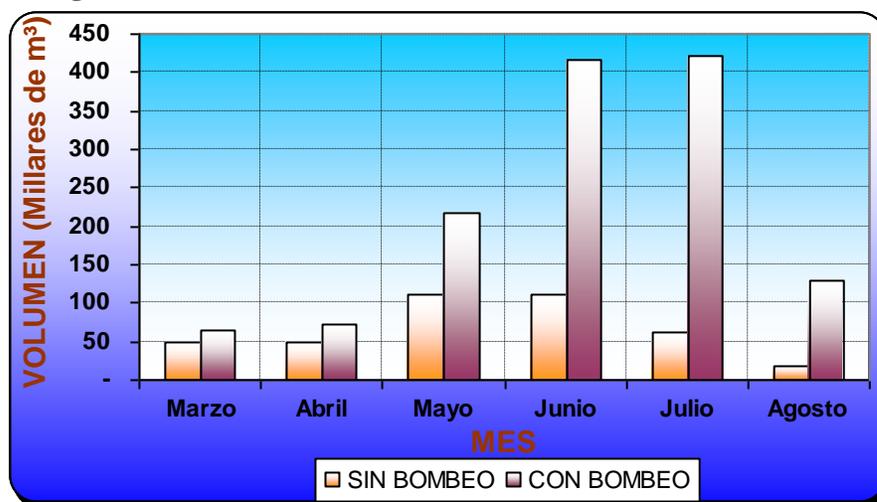
En la figura 5.14 se observa la distribución de superficie sin bombeo y la que requiere presión adicional a través de bombeo. En este caso al aumentar las pérdidas de carga la superficie que requiere bombeo aumenta enormemente a grado tal que en el mes de agosto la superficie sin bombeo prácticamente desaparece.

Figura 5.14.- Superficie sin y con bombeo en el escenario 2.



En la figura 5.15 se puede apreciar la distribución de los volúmenes que es necesario bombear en el escenario 2. Obsérvese que en los meses de Junio y Julio las necesidades de bombeo son muy altas.

Figura 5.15.- Evolución del bombeo en el escenario 2.



En el escenario 2 nuevamente el nodo 928 presentó las menores presiones por lo que el análisis de carga se realizó nuevamente con este nodo.

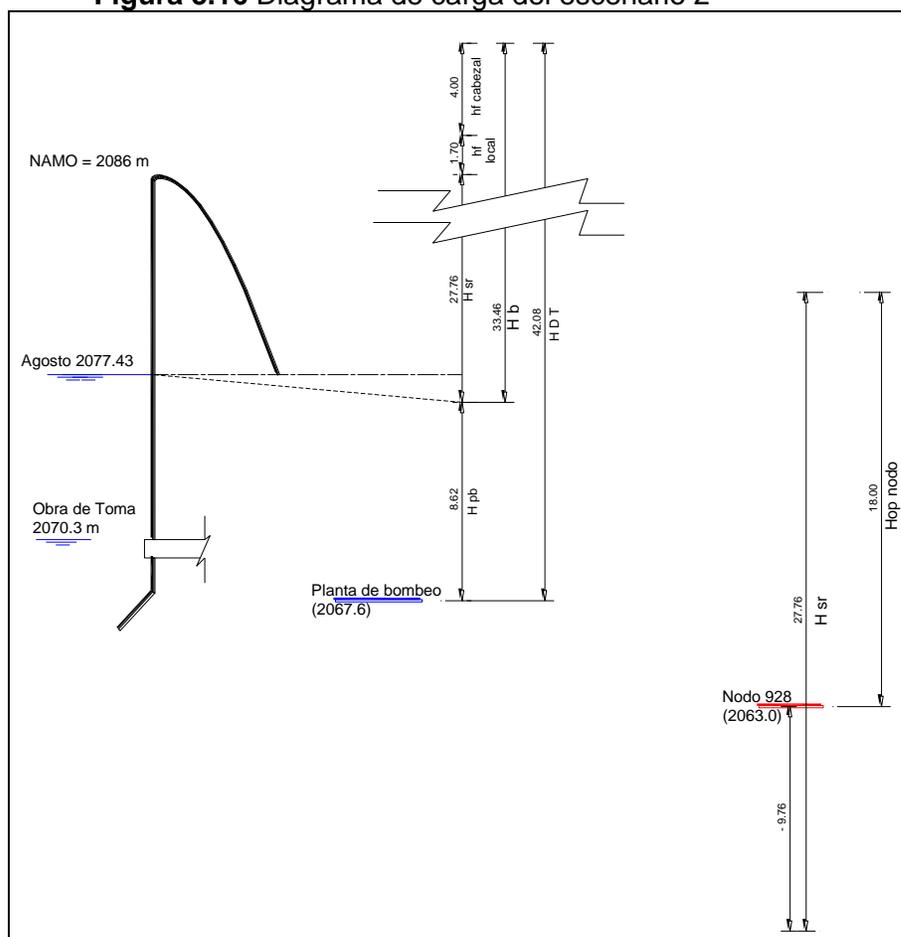
En la figura 5.16 se puede ver que en el nodo 928 se presenta una presión negativa (-9.76 m) por lo que el sistema de bombeo tendrá que suministrar 27.76 m al sistema de riego (H_{sr}). Una vez contabilizadas las pérdidas locales (h_f local) y las del cabezal de control (h_f cabezal) se determinó que la planta de bombeo debe tener una capacidad de 33.46 m, lo cual genera una carga dinámica total en la planta de bombeo (HDT) de 42.08 m.

En el escenario 2 los costos de bombeo aumentan enormemente a grado tal que en el mes de julio el 87% del tiempo de riego tendrá que ser forzosamente de bombeo. Además en ningún mes la superficie sin bombeo supera a la superficie con bombeo.

En el cuadro 5.8 se puede observar el desglose de los costos de operación mensuales donde se puede ver que las presiones mínimas van de 20.5 a 27.7 m lo que genera necesidades de presión adicional que va de 26.3 a 33.4 m.

La potencia requerida para suministrar la presión adicional va de 112.25 a 143 HP lo que genera consumos de energía del orden de los 133 mil kW-h. Los costos de bombeo se encuentran en el orden de \$119.1 /ha-ciclo para tarifa diurna y de \$59.6 para tarifa nocturna. Asimismo el costo por bombear un millar de m³ asciende a \$34.2 para tarifa diurna y de \$17.1 para tarifa nocturna (cuadro 5.8).

Figura 5.16 Diagrama de carga del escenario 2



Cuadro 5.7 Costo de bombeo para el escenario 2.

MES	Volumen (m ³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
Marzo	65,846.38	3.4	67.7	20.5	26.3	112.5	83.9	5,684.63	1,932.77	966.39
Abril	72,685.69	3.7	74.8	21.0	26.8	114.5	85.4	6,389.69	2,172.49	1,086.25
Mayo	218,003.39	11.2	224.3	22.3	28.1	120.2	89.7	20,109.67	6,837.29	3,418.64
Junio	417,076.48	21.5	429.1	24.6	30.4	129.9	96.9	41,583.31	14,138.32	7,069.16
Julio	421,149.12	21.7	433.3	26.9	32.7	139.8	104.3	45,185.25	15,362.99	7,681.49
Agosto	129,019.56	6.6	132.7	27.7	33.4	143.0	106.7	14,160.44	4,814.55	2,407.27
Total	1,323,780.61	68	1361.9					133,112.99	45,258.41	22,629.21

Cuadro 5.8 Costos unitarios de bombeo para el escenario 2.

CONCEPTO	UNIDAD	f(trf 9N d)	f(trf 9N n)
CtoEnr a	\$/ha	119.1	59.6
CtoEnr v	\$/millar m ³	34.2	17.1

5.2.4.- Escenario 3

El escenario 3 maneja 4 módulos (sitios) de bombeo con una planta de bombeo cada uno. El agua se conduce por gravedad desde la obra de toma de la presa hasta 4 puntos de bombeo donde se inyecta presión adicional para las secciones (parcelas ubicadas en la parte alta) en las que no se satisfacen los 18 m necesarios para la operación de los emisores. En este escenario, se privilegia al igual que en el escenario 1, el bajo consumo de energía eléctrica y por supuesto resultando un alto costo inicial del sistema de riego.

En este escenario la superficie de riego se divide en 4 módulos de bombeo donde el módulo 1 agrupa a las unidades 1 y 2; el módulo 2 integra a las unidades 3 y 4; el módulo 3 agrupa a las unidades 6 y 7; y el módulo 4 esta compuesto por las unidades 5, 8 y 9.

En este escenario el trazo de la red es muy similar al de los escenarios 1 y 2 pero con modificaciones en el módulo de bombeo 2 que se abastece con la planta de bombeo 1. Las modificaciones obedecen a que es necesario aislar completamente a las unidades 3 y 4 para que fuera abastecida con un punto común indispensable para colocar la planta de bombeo. En los escenarios 1 y 2 las unidades operativas 3 y 4 se cuelgan a la red principal que avanza para el resto de las unidades (5 al 9).

Para la estimación de la inversión inicial se manejaron por separado 3 conceptos, a saber: Planta de bombeo, Red de conducción interparcelaria y sistema de riego localizado.

Planta de bombeo.- Consiste en 4 plantas de bombeo en donde se colocaran en 2 bombas tipo centrífuga horizontal (8 bombas en total) con una carga de 10 a 12 m y gastos de cercanos a los 30 lps cada una. La eficiencia electromecánica de los equipos va de 74 a 79% La subestación eléctrica será independiente para cada equipo a fin de simplificar el cableado.

Red de conducción interparcelaria.- El agua de la presa es conducida por tubería de acero y polietileno (únicamente con la carga hidráulica de la presa) hasta 4 puntos de bombeo estratégicamente distribuidos en la zona de riego (figura 5.17). Cada planta de bombeo suministra presión adicional a su módulo de influencia cuando la carga hidráulica de la presa no sea suficiente para la operación de los emisores.

La longitud total de tubería de la red de conducción interparcelaria aumenta un 3% respecto a los escenarios 1 y 2 para establecer en el orden de los 41 km lo cual arroja un promedio de 107 m/ha. La distribución de diámetros va desde 4 a 24" la mayoría en PVC excepto 940 m de acero al carbono que corresponde al tramo muerto que va de la obra de toma hasta la planta de bombeo.

De los 41 km necesarios para la red de conducción interparcelaria el 69% corresponde a diámetros pequeños (160 y 100 mm), 22% a diámetros intermedios (200-400 mm), y sólo el 9% corresponde a diámetros grandes (450 – 630 mm). En cuanto a materiales el 97.7% corresponde a PVC y sólo el 2.3% de la longitud requiere acero al carbono (figura 5.18).

Sistema de riego localizado.-Similar al escenario 1.

Figura 5.17 Esquema del escenario 3

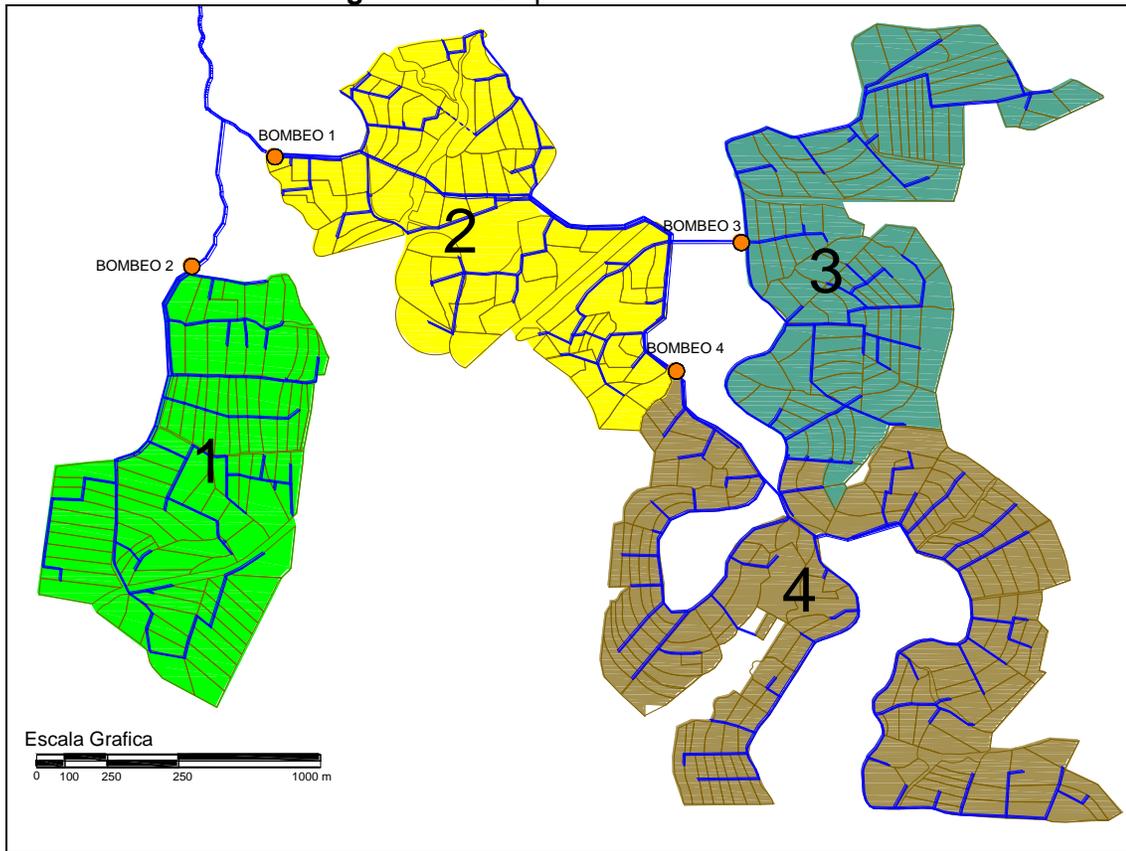
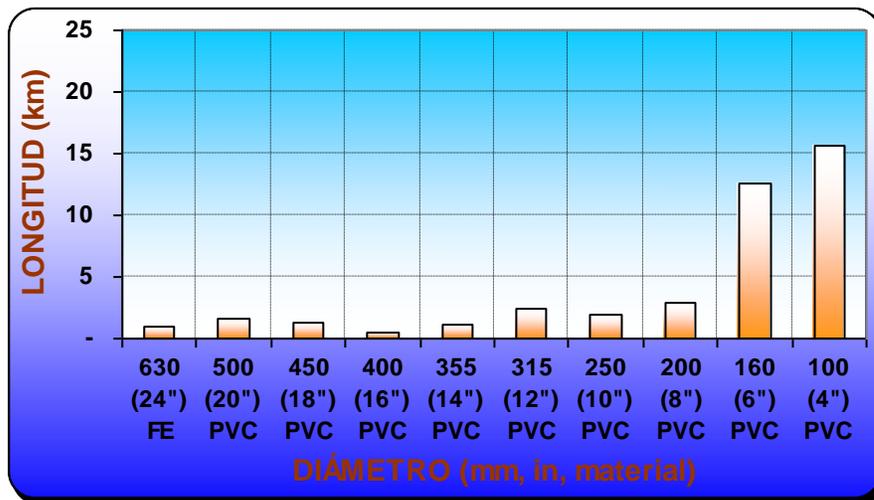


Figura 5.18.- Distribución de diámetros para el escenario 3



Para el escenario 3, la inversión inicial asciende a \$21.9 millones de pesos de los cuales el 10% corresponde a la planta de bombeo, el 52% a la red de conducción interparcelaria y el 38% al sistema de riego localizado. En el cuadro 5.9 se puede ver el desglose de la inversión inicial en donde se aprecia que el costo unitario asciende a cerca de \$57,789 /ha.

Cuadro 5.9 Costos unitarios de bombeo para el escenario 3.

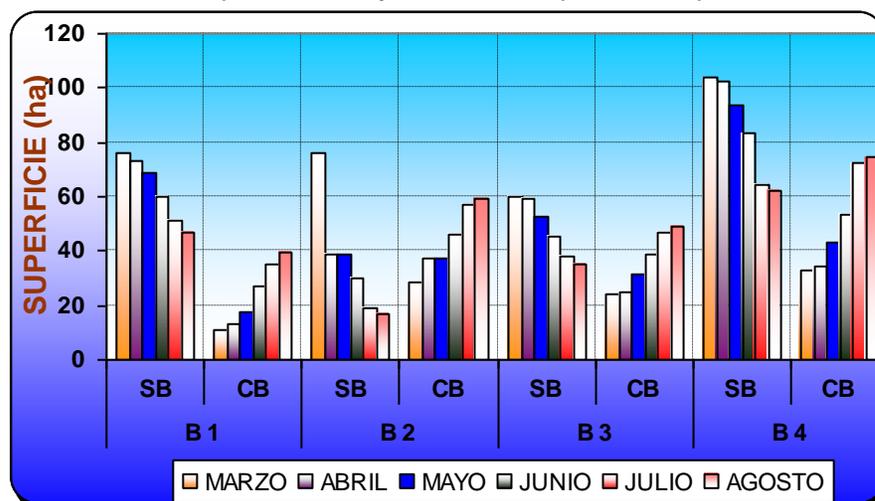
CONCEPTO	IMPORTE (\$)
1.- PLANTA DE BOMBEO (Incluye Subestación eléctrica, cableado y filtrado general),	2,175,276.00
2.- RED DE CONDUCCIÓN PRINCIPAL (Incluye suministro e intalación de tuberías, limpieza, despalme, excavación, relleno y compactación del sitio en donde se colocará la tubería, conexión de la obra de toma, así como piezas y accesorios necesarios en la tubería).	11,453,926.20
3.- COSTO DEL SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO (Incluye filtros, inyector, cinta de riego).	8,330,740.00
Costo total \$	21,959,942.20
Superficie total, ha	380.00
Costo unitario, \$/ha	57,789.32

La estimación de los costos de bombeos se realizó para cada módulo de bombeo por lo que fue necesario hacer el análisis de cada para cada uno de ellos. El cuadro 5.10 presenta la superficie dominada por cada uno de los módulos. En la figura 5.19 se puede ver la variación de la superficie sembrada en cada una de las 4 plantas de bombeo, en esta figura se aprecia como va disminuyendo la superficie sin bombeo (SB) y a su vez, lógicamente, como aumenta la superficie con bombeo (CB) en cada una de las plantas de bombeo (B1,... ,B4).

Cuadro 5.10 Superficie de bombeo para cada módulo.

MÓDULO DE BOMBEO	SUPERFICIE (ha)
1	85.98
2	75.50
3	82.87
4	135.65
	380.00

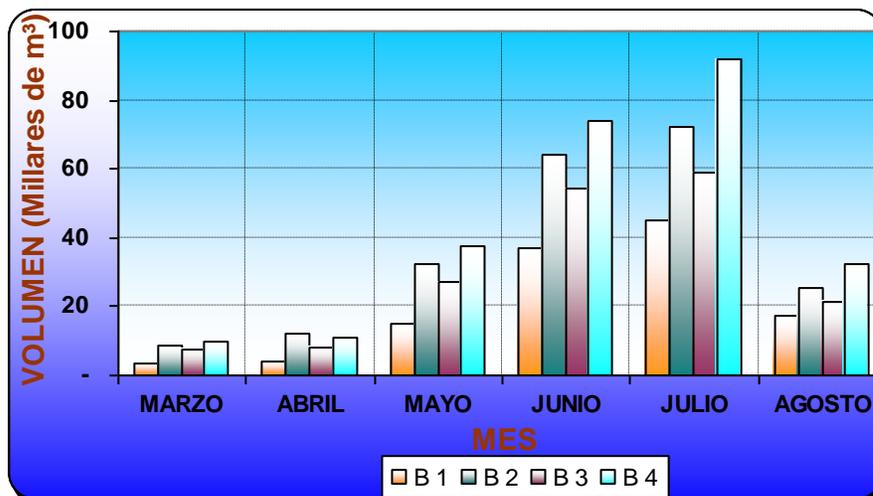
Figura 5.19 Variación de la superficie con y sin bombeo para las 4 plantas de bombeo.



En la figura 5.20 se presenta la evolución del volumen de agua que es necesario bombear en cada una de las plantas de bombeo. En todos los meses, excepto en abril, la planta de bombeo

4 requiere bombear una mayor cantidad de volumen y esto obedece principalmente a que su área de influencia es mayor (Cuadro 5.10).

Figura 5.20 Volúmenes que es necesario bombear en cada una de las 4 plantas de bombeo



Del análisis de simulación se determinó la presión mínima de cada módulo de bombeo, encontrando que para la planta de bombeo el nodo crítico es el 381, para el bombeo 2 el 65, para el bombeo 3 el 702 y para el bombeo 4 el 535.

Por el exceso de información que se tenía en el diagrama de cargas que hacia confusa su interpretación se determinó presentar el análisis mensual de cada una de las plantas de bombeo. Los cuadros 5.11 a 5.16 presentan el análisis mensual de los costos de bombeo.

Cuadro 5.11 Costo de bombeo para el escenario 3 (Marzo)

BOMBEO	Volumen (m³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
1	3,233.06	0.2	3.3	1.8	5.0	23.0	17.1	57.04	19.39	9.70
2	8,653.76	0.4	8.9	3.8	4.9	22.8	17.0	151.75	51.60	25.80
3	7,395.38	0.4	7.6	4.7	4.7	21.7	16.2	123.36	41.94	20.97
4	9,892.77	0.5	10.2	3.8	3.8	17.8	13.3	135.04	45.92	22.96
Total	29,174.97	2	30.0					467.19	158.85	79.42

Cuadro 5.12 Costo de bombeo para el escenario 3 (Abril)

BOMBEO	Volumen (m³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
1	4,279.37	0.2	4.4	2.2	5.4	25.2	18.8	82.82	28.16	14.08
2	11,957.52	0.6	12.3	4.3	5.4	25.1	18.7	230.14	78.25	39.12
3	8,095.27	0.4	8.3	5.2	5.2	24.0	17.9	148.88	50.62	25.31
4	11,112.97	0.6	11.4	4.3	4.3	20.0	14.9	170.71	58.04	29.02
Total	35,445.13	2	36.5					632.56	215.07	107.54

Cuadro 5.13 Costo de bombeo para el escenario 3 (Mayo)

BOMBEO	Volumen (m ³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
1	15,092.43	0.8	15.5	3.6	6.8	31.3	23.4	363.10	123.45	61.73
2	32,490.84	1.7	33.4	5.6	6.7	31.2	23.3	778.20	264.59	132.29
3	27,216.08	1.4	28.0	6.5	6.5	30.1	22.4	628.58	213.72	106.86
4	37,572.28	1.9	38.7	5.6	5.6	26.1	19.5	753.94	256.34	128.17
Total	112,371.63	6	115.6					2,523.82	858.10	429.05

Cuadro 5.14 Costo de bombeo para el escenario 3 (Junio)

BOMBEO	Volumen (m ³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
1	37,174.04	1.9	38.2	5.8	9.0	41.9	31.3	1,196.43	406.79	203.39
2	64,310.64	3.3	66.2	7.9	9.0	41.8	31.2	2,062.94	701.40	350.70
3	54,251.00	2.8	55.8	8.2	8.2	38.2	28.5	1,589.43	540.41	270.20
4	74,081.60	3.8	76.2	8.2	8.2	38.1	28.4	2,165.14	736.15	368.07
Total	229,817.28	12	236.4					7,013.94	2,384.74	1,192.37

Cuadro 5.15 Costo de bombeo para el escenario 3 (Julio)

BOMBEO	Volumen (m ³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
1	44,991.22	2.3	46.3	8.1	11.3	52.6	39.3	1,816.85	617.73	308.86
2	72,184.83	3.7	74.3	10.2	11.3	52.5	39.1	2,907.27	988.47	494.24
3	58,953.31	3.0	60.7	9.0	9.0	41.8	31.2	1,891.09	642.97	321.49
4	91,748.00	4.7	94.4	8.9	8.9	41.3	30.8	2,907.10	988.41	494.21
Total	267,877.36	14	275.6					9,522.31	3,237.59	1,618.79

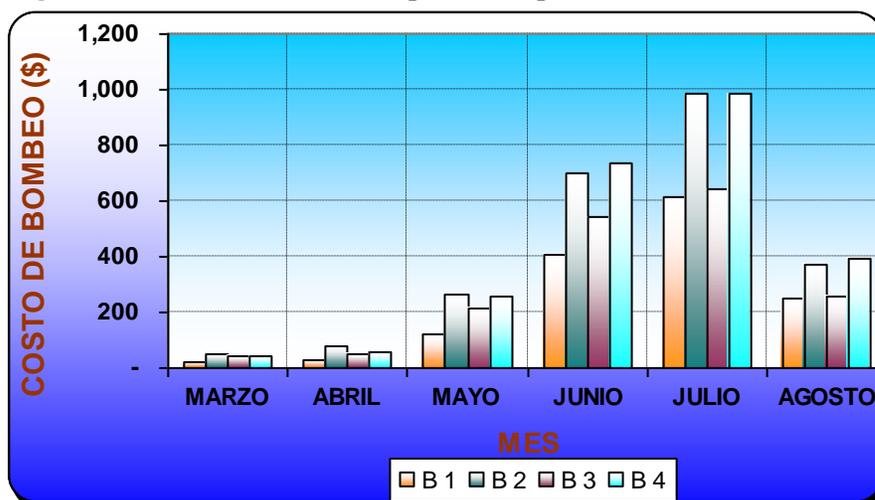
Cuadro 5.16 Costo de bombeo para el escenario 3 (Agosto)

BOMBEO	Volumen (m ³)	Tiempo bombeo		h sr (m)	h b (m)	Potencia		Enr (kW-h)	CtoEnr (\$) f(trf 9N d)	CtoEnr (\$) f(trf 9N n)
		día	hora			HP	kW			
1	17,158.54	0.9	17.7	8.9	12.1	56.1	41.8	738.77	251.18	125.59
2	25,554.97	1.3	26.3	11.0	12.1	56.0	41.7	1,097.55	373.17	186.58
3	21,118.73	1.1	21.7	9.0	10.1	46.9	35.0	760.24	258.48	129.24
4	32,323.18	1.7	33.3	9.0	10.1	46.9	35.0	1,163.58	395.62	197.81
Total	96,155.41	5	98.9					3,760.14	1,278.45	639.22

La figura 5.21 presenta la integración mensual de los costos de bombeo donde se puede apreciar que el costo máximo se presenta en el mes de julio. Las plantas de bombeo que presentan el costo más alto de bombeo son 2 y 4, esto obedece principalmente a que una (4) abastece al módulo de mayor superficie y que la otra (2) presenta la mayor carga de bombeo (ver cuadro 5.16).

El cuadro 5.17 presenta los costos unitarios de bombeo para el escenario 3. El costo de bombeo por ha-ciclo asciende a \$21.4 para tarifa diurna y de \$10.7 para tarifa nocturna. El costo para bombear 1 millar de m³ es de 10.55 para tarifa diurna y de 5.28 para tarifa nocturna.

Figura 5.21 Costo de bombeo para cada planta de bombeo.



Cuadro 5.17.-Costos unitarios de bombeo para el escenario 3.

CONCEPTO	UNIDAD	f(trf 9N d)	f(trf 9N n)
CtoEnr a	\$/ha	21.40	10.70
CtoEnr v	\$/millar m ³	10.55	5.28

5.2.5.- Análisis comparativo de escenarios.

Con el fin de tener una visión integral de los escenarios de tecnificación para la unidad de riego de la presa 50 Aniversario a continuación se presenta un análisis integrado de los escenarios analizados a fin de evidenciar sus bombados pero también sus debilidades de cada.

Escenario 1

Ventajas

- Al estar conectadas la red de conducción y de distribución con la presa, permite aprovechar la carga hidráulica de la presa y el desnivel topográfico dentro de la zona de riego, disminuyendo los requerimientos de bombeo y con ello el consumo de energía eléctrica.

Desventajas

- Para irrigar las parcelas de las zonas de riego alta (de bombeo) y baja (sin bombeo) se utiliza la misma red entubada, debiéndose separar los turnos de riego, esto es que durante cierto horario del día o de la noche operará el sistema de bombeo y durante otro el de gravedad.
- Para utilizar de manera eficiente la carga hidráulica disponible y además la aplicación eficiente del riego, se requiere de manejar una calendarización dinámica de los riegos, misma que define los horarios de los turnos para riego de gravedad y de bombeo.

Escenario 2

Ventajas

- Al estar conectadas la red de conducción y de distribución con la presa, permite aprovechar la carga hidráulica de la presa y el desnivel topográfico dentro de la zona de riego, disminuyendo los requerimientos de bombeo y de consumo de energía eléctrica.

Desventajas

- Para irrigar las parcelas de las zonas de riego alta (con bombeo) y baja (sin bombeo) se utiliza la misma red entubada, debiéndose separar los turnos de riego, esto es, que durante cierto horario del día o de la noche operará el sistema de bombeo y durante otro el de gravedad.
- Para utilizar de manera eficiente la carga hidráulica disponible y además la aplicación eficiente del riego, se requiere de manejar una calendarización dinámica de los riegos, misma que defina los horarios de los turnos para riego de gravedad y de bombeo.

Escenario 3

Ventajas

- Al estar conectada la red de conducción y de distribución con el nivel del agua de la presa, permite aprovechar la carga hidráulica de la presa y el desnivel topográfico dentro de la zona de riego disminuyendo los requerimientos de bombeo y de consumo de energía eléctrica.
- Al tener cuatro áreas de menor superficie, resulta más fácil la organización y los acuerdos entre los usuarios para la operación del riego.

Desventajas

- Para irrigar las parcelas de las zonas de riego alta (sin bombeo) y baja (con bombeo) se utiliza la misma red entubada, debiéndose separar los turnos de riego, esto es, que durante cierto horario del día o de la noche operará el sistema de bombeo y durante otro el de gravedad.

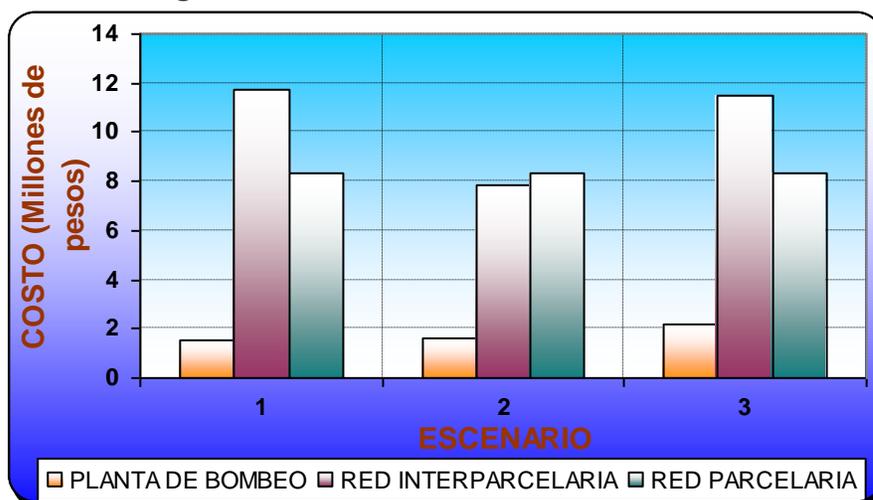
- Para utilizar de manera eficiente la carga hidráulica disponible y además la aplicación eficiente del riego, se requiere de manejar una calendarización dinámica de los riegos, misma que defina los horarios de los turnos para riego con bombeo y sin bombeo.
- Se requiere mayor cantidad de cableado eléctrico.
- Se requiere mayor personal para la operación de las 4 planta de bombeo.

A fin de contar con un panorama integral del costo tanto en inversión inicial como en energía eléctrica de cada uno de los escenarios propuestos se presentan las figuras 5.22 - 5.25.

La figura 5.22 presenta la forma en que se distribuye la inversión inicial en cada uno de los escenarios de tecnificación. Así, el costo de la planta de bombeo tiene ligeras diferencias en cada uno de los escenarios, presentando su mínimo costo en el escenario 1 su máximo en el escenario 3.

La red de conducción interparcelaria presenta las mayores variaciones como producto del reacondicionado de diámetros. El escenario 1 presenta el máximo costo y el escenario 2 el mínimo existiendo una diferencia entre los dos escenarios del orden de los 4 millones. El costo de la red parcelaria es el mismo para los tres escenarios.

Figura 5.22 Distribución de la inversión inicial

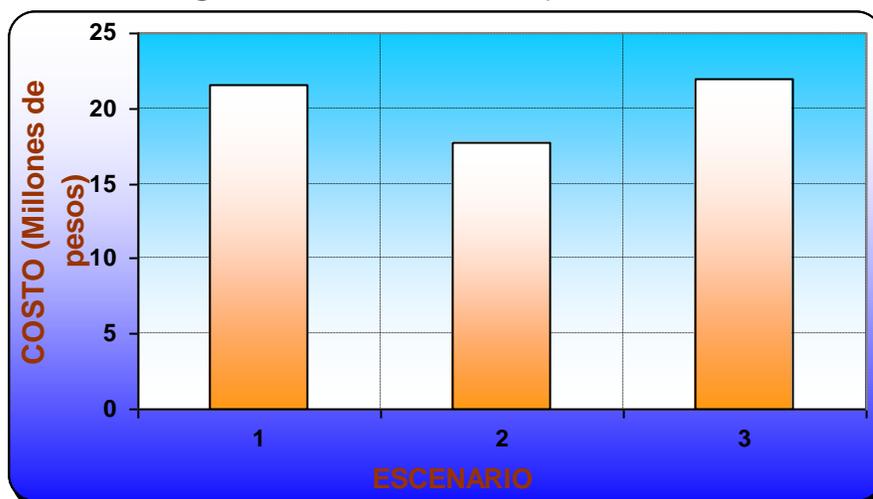


El cuadro 5.18 presenta los costos totales de cada uno de los escenarios de tecnificación. El costo mayor lo respresenta el escenario (figura 5.23) y mucho tiene que ver que el costo de las 4 plantas de bombeo aumenta considerablemente la inversión inicial. La inversión inicial más baja la presenta el escenario 2.

Cuadro 5.18 Costos unitarios de bombeo para el escenario 3.

ESCENARIO	COSTO TOTAL (\$)	COSTO UNITARIO (\$/ha)
1. Utilizando una planta de bombeo (costo inicial alto, bajo consumo de energía)	21'613,056	56,876.00
2. Utilizando una planta de bombeo (costo inicial bajo, mayor consumo de energía)	17'776,855	46,781.00
3. Utilizando cuatro sitios de bombeo (costo inicial alto, bajo consumo de energía)	21'959,942	57,789.00

Figura 5.23 Inversión inicial por escenario.



Los mayores costos de operación por concepto de energía eléctrica se presentan en el escenario 2. El menor costo de operación por energía eléctrica es el escenario 3. El cuadro 5.19 presenta los costos de operación tanto en superficie (figura 5.24) como en volumen (figura 5.25) para las modalidades de tarifa diurna y nocturna.

Cuadro 5.19 Costos unitarios de bombeo para el escenario 3.

ESCENARIO	CtoEnr a (\$/ha)		CtoEnr v (\$/Millar de m ³)	
	Tarifa diurna	Tarifa nocturna	Tarifa diurna	Tarifa nocturna
1	32.60	16.30	18.30	9.20
2	119.10	59.60	34.20	17.10
3	21.40	10.70	10.55	5.28

Figura 5.24 Costo unitario por superficie (\$/ha)

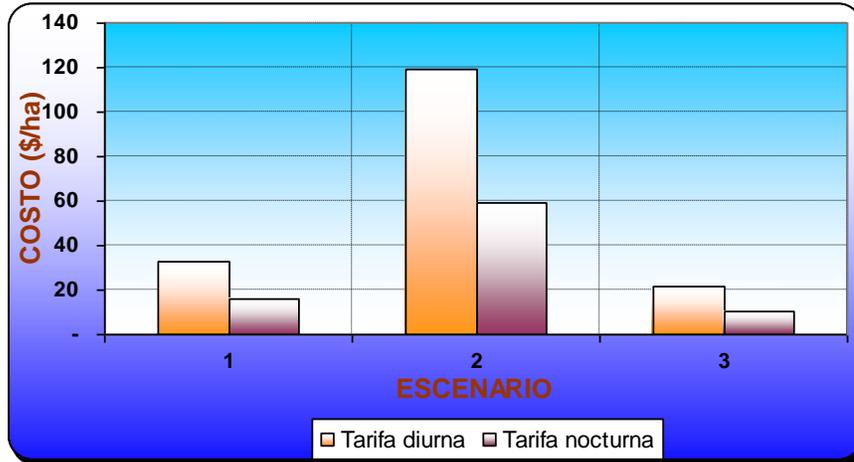
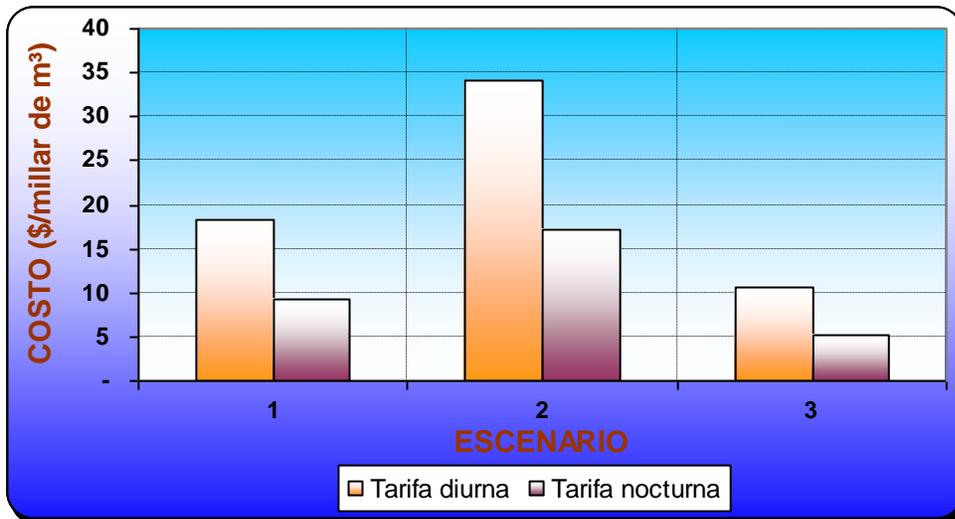


Figura 5.25 Costo unitario por volumen (\$/millar de m³)



VI.- PROYECTO EJECUTIVO DE LA RED DE CONDUCCIÓN PRINCIPAL E INTERPARCELARIA.

A partir del análisis hidráulico de los escenarios de tecnificación se encontró que el escenario 1, el que favorece el bajo consumo de energía eléctrica, característica frecuentemente argumentada a favor por parte de los directivos de la Comisión de Desarrollo Agropecuario (CODAGEA) del gobierno del estado de Aguascalientes, ya que además presenta las mayores ventajas, tomando en cuenta la inversión inicial, **el bajísimo costo de energía eléctrica** y la operación del sistema de riego.

Para realizar el diseño hidráulico de la red de conducción principal e interparcelaria se consideró que el sistema de riego opera de la siguiente forma: una tubería de acero de 24" de diámetro extrae el agua del vaso de almacenamiento en la obra de toma y la conduce a la planta de bombeo que se ubica al inicio de la zona de riego, después la planta de bombeo inyecta la presión adicional al volumen de agua y través de la red de conducción principal e interparcelaria entrega el agua a cada lote de las subunidades, en el gasto y la presión requerida.

La red de conducción interparcelaria del sistema de riego se diseñó para satisfacer la demanda de toda la superficie beneficiada (380 ha) durante la época de máxima demanda de riego. Es decir, la red interparcelaria tiene la capacidad suficiente para satisfacer la demanda de las 9 unidades operativas, durante la época de máxima demanda de riego. El proceso de diseño hidráulico de la red interparcelaria se realizó mediante dos etapas iterativas: el trazo de la red y la simulación hidráulica.

6.1 Trazo de la red

A partir del trazo inicial de la red de conducción interparcelaria resultó una red mixta: aguas arriba, se consideró una red abierta con las tuberías de mayor diámetro; y aguas abajo (en diferentes unidades) la red se trazó para formar una red cerrada con las tuberías de menor diámetro. Las ventajas de esta red mixta consistieron en una reducción de la presión de operación del sistema; así como, una reducción de la longitud de tubería.

El trazo de la red se realizó en forma iterativa con la simulación hidráulica; para cada trazo de la red se realizó una serie de simulaciones hidráulicas; en cada simulación se consideraron diferentes valores para las variables hidráulicas iniciales. Este proceso se repitió hasta conseguir el trazo definitivo de la red, el cual consideró los criterios de economía, eficiencia hidráulica y topografía.

Economía: la red abierta se trazó siguiendo el canal de riego existente por un lado de los lotes de la zona alta; a partir de esta red abierta se trazaron una serie de circuitos para beneficiar a los lotes más alejados. El circuito cerrado se trazó sobre superficies compactas, para beneficiar a la mayor cantidad de lotes; a partir de esta red cerrada se trazaron una serie de redes abiertas para beneficiar a los lotes más alejados.

Eficiencia hidráulica: el trazo de la red se ajustó para que las principales trayectorias del flujo generaran la menor pérdida de energía unitaria posible; así como, la mayor uniformidad de la presión de operación de los nodos.

Topografía: el trazo de la red abierta y cerrada se realizó sobre las partes más altas del terreno; además, con el trazo se evitó atravesar lotes con cultivo establecido, zonas urbanas y barrancos.

6.2 Simulación hidráulica

La simulación hidráulica de la red de conducción interparcelaria se realizó mediante un software comercial denominado EPANET, versión 2.0. El modelo de simulación realiza el Balance Hidráulico de la red para ciertas condiciones iniciales de operación. Para conseguir esto, el modelo aplica el método denominado "Gradiente hidráulico"; mediante el cual, se resuelven en forma simultánea las ecuaciones de continuidad para los nodos y de pérdida de energía para los tramos.

El nodo corresponde a un cruce, un cambio de dirección o punto de distribución; mientras que, el tramo es la distancia entre dos nodos. En cada una de las simulaciones se fijaron ciertas variables hidráulicas iniciales; a partir de las cuales, se determinaron los parámetros hidráulicos de cada uno de los nodos y de los tramos de la red.

6.2.1 Variables hidráulicas iniciales

Para iniciar el proceso de simulación, se fijaron las siguientes variables hidráulicas iniciales: la energía potencial disponible, el diámetro interior de tramos, la longitud de tramos, la cota de nodos y el gasto de nodos (para diferentes condiciones de operación).

Energía potencial: La energía potencial disponible se determinó a partir de la elevación del nivel del agua en la presa para cada uno de los meses del ciclo agrícola (ver análisis de funcionamiento del vaso de la presa "50 Aniversario").

Diámetro interior de tramos: Para la simulación hidráulica se utilizaron tuberías de la serie métrica en PVC y un tramo muerto en Acero. El valor del diámetro interior de la tubería fue obtenido en las respectivas normas vigentes.

Longitud de tramos: la longitud de los tramos se determinó estrictamente a partir de la ubicación de los nodos y a partir del levantamiento topográfico de la zona de riego. Además, se consideró que todos los tramos presentan un diámetro constante para toda su longitud.

Gastos de nodos: El gasto de los nodos se determinó a partir del diseño hidráulico de la red parcelaria; por esta razón, los nodos presentan valores constantes de gasto. A cada simulación se asignó una combinación diferente de nodos en operación. Estas combinaciones estuvieron íntimamente ligadas con los lotes de las subunidades operativas.

Cota de nodos: La ubicación de los nodos se determinó a partir del diseño hidráulico de la red parcelaria; mientras que, su elevación se determinó a partir del levantamiento topográfico de la zona de riego.

6.2.2 Parámetros hidráulicos de nodos y tramos.

Durante el proceso de simulación se utilizaron las variables hidráulicas iniciales, para determinar los parámetros hidráulicos de cada uno de los tramos y nodos de la red como son: la presión del nodo, el gasto del tramo, la velocidad del tramo, la pérdida de energía del tramo y la línea piezométrica para las diferentes condiciones de operación.

Presión del nodo: una de las funciones del nodo es proporcionar la energía necesaria para que operen las secciones de riego de cada una de las parcelas de la zona de riego. Durante la simulación, se mantuvo la presión del nodo en un rango de 1.8 a 3.5 kg/cm²; presión suficiente para que operen los sistemas de goteo y el módulo de inyección. El Cuadro 6.1 presenta las presiones mínimas para algunos nodos de la red de conducción.

Cuadro 6.1 Presiones mínimas en algunos nodos de la red de conducción.

NODO	PRESIÓN (m)	NODO	PRESIÓN (m)	NODO	PRESIÓN (m)
64	5.60	114	2.50	143	3.00
65	6.90	116	8.80	144	5.00
66	1.30	117	8.10	145	1.30
68	7.50	118	7.50	146	1.90
70	5.00	127	5.90	148	1.90
77	7.50	130	8.10	151	2.70
88	5.90	131	11.90	152	3.00
97	3.80	132	5.00	153	3.70
102	6.40	133	2.30	154	6.90
104	7.40	134	1.90	155	5.00
106	4.10	135	3.20	156	3.10
107	6.40	137	5.60	157	4.30
108	6.90	138	4.40	158	3.00
109	5.20	139	6.10	159	2.60
111	8.10	140	2.70	160	28.06
113	6.30	142	4.40	161	9.70

Gasto del tramo: este gasto depende de la combinación de nodos que se hayan considerado para la simulación hidráulica de la red; en cada una de las simulaciones se verificó el gasto que circula por cada tramo con objeto de para realizar los ajustes necesarios al trazo de la red. El Cuadro 6.2 presenta el gasto máximo que circula por el tramo.

Cuadro 6.2 Gastos máximos en algunos tramos

TRAMO	GASTO (lps)	TRAMO	GASTO (lps)
84	179.4	100	80.8
85	121.99	101	48.6
86	121.99	102	48.6
87	109.39	103	65.53
88	103.9	104	12.2
89	101.93	105	7.4
90	101.93	106	5.2
91	101.92	107	4.1
92	101.92	110	5.2
93	101.92	111	8.1
94	101.92	112	8.1
95	98.11	114	16.9
96	97.69	115	16.9
97	80.81	116	11.9

Velocidad del tramo: esta velocidad depende de la combinación de nodos que se haya considerado para la simulación hidráulica; durante la simulación hidráulica se ajustó el diámetro

de cada tramo, de tal forma que la velocidad del flujo se conservará en el rango de 0.5 a 2.0 m/s. El Cuadro 6.3 presenta el la velocidad máxima en algunos tramos de la red de conducción.

Cuadro 6.3.-Velocidad máxima en algunos tramos

TRAMO	VELOCIDAD (m/s)	TRAMO	VELOCIDAD (m/s)
84	0.62	100	0.69
85	0.67	101	0.67
86	0.67	102	0.67
87	0.74	103	0.71
88	0.70	104	0.65
89	0.69	105	0.98
90	0.69	106	0.69
91	0.69	107	0.54
92	0.69	110	0.69
93	0.69	111	0.43
94	0.69	112	0.43
95	0.66	114	0.91
96	0.66	115	0.91
97	0.69	116	0.64
98	0.69	117	0.64
99	0.69	118	0.64

Pérdida de energía del tramo: para el cálculo hidráulico de las pérdidas de energía se utilizó la ecuación de Hazen-Williams; con un coeficiente de rugosidad de 140, el cual es adecuado para materiales de PVC. Durante la simulación se ajusto el diámetro de los tramos para mantener su pérdida de energía unitaria. El Cuadro 6.4 presenta la pérdida de carga máxima de algunos tramos de la red de conducción.

Cuadro 6.4 Pérdida de carga en algunos tramos.

TRAMO	PÉRDIDA DE CARGA (m/km)	TRAMO	PÉRDIDA DE CARGA (m/km)
84	0.50	100	1.04
85	0.75	101	1.31
86	0.75	102	1.32
87	1.03	103	1.27
88	0.93	104	2.73
89	0.90	105	9.84
90	0.90	106	5.12
91	0.90	107	3.29
92	0.90	110	5.12
93	0.90	111	1.29
94	0.90	112	1.29
95	0.84	114	5.02
96	0.83	115	5.03
97	1.04	116	2.62
98	1.04	117	2.62

Línea piezométrica: durante la simulación se ajustó el diámetro de cada tramo mediante un proceso iterativo; concluido el proceso de ajuste, se determinó la cota piezométrica de cada nodo de la red, la cual esta en función de su carga de posición y de su carga de presión. Ya que, la presión del nodo varía en cada simulación, la cota piezométrica también lo hace en cada una de ellas. Gracias a los resultados obtenidos las simulaciones hidráulicas para los diámetros definitivos fue posible determinar el rango de variación de la cota piezométrica de los nodos.

6.2.3 Proceso de diseño.

El proceso de diseño se realizó a partir del trazo de la red y de la simulación hidráulica; considerando una serie de simulaciones para cada trazo de la red. El diseño de la red se inició con un trazo preliminar y una serie de simulaciones hidráulicas, las cuales se definieron a partir de las subunidades en operación.

Para cada trazo de la red se consideró la operación simultánea de una sola subunidad en cada unidad operativa; es decir, se consideró la operación de 9 subunidades distribuidas en la zona de riego. La simulación hidráulica de la red se inició con diámetros preliminares de los tramos de la red y con una serie de combinaciones de subunidades; con objeto de identificar la combinación crítica, que es la que genera la mayor pérdida de energía.

Para identificar la combinación crítica se verificaron algunos parámetros hidráulicos como la presión del nodo y la pérdida de energía en el tramo; resultando que la combinación crítica tiende a presentarse cuando las subunidades operativas se encuentran más alejadas de los tramos de mayor diámetro. Identificada la combinación crítica se procedió a ajustar el diámetro de los tramos de la red en forma iterativa. Los resultados de la ruta crítica se presentan en el cuadro 6.5.

Cuadro 6.5 Análisis de nodo crítico.

Desnivel topográfico	14.43
Presión que se adiciona con equipos de bombeo	16.28
<i>Subtotal</i>	<i>30.71</i>
Presión requerida en el emisor	10.00
Pérdida de carga por fricción en la conducción	7.70
Pérdida de carga por filtrado	7.0
Pérdida de carga para inyección de fertilizante (venturi) Opcional puede utilizarse un inyector con su bomba	6.00
<i>Subtotal</i>	<i>30.7</i>

Para ajustar el diámetro de los tramos, se realizó una serie de simulaciones, en las cuales se verificaron cada uno de los parámetros hidráulicos de la red (la presión del nodo, el gasto del tramo, la velocidad del tramo, la pérdida de energía del tramo y la línea piezométrica), para las diferentes combinaciones de subunidades. En cada una de estas simulaciones se verificó que los parámetros hidráulicos se ubicaron entre los valores máximos y mínimos deseados.

Cuando algún parámetro resultó fuera del rango deseado, a pesar del ajuste realizado; se procedió a modificar el trazo de la red y a repetir el diseño. El proceso de diseño se concluyó cuando el trazo de la red alcanzó la eficiencia hidráulica y económica; es decir, cuando los parámetros hidráulicos de cada una de las simulaciones consideradas se encontraron en el rango deseado.

VII OBRA CIVIL Y EQUIPO DE BOMBEO

Para la tecnificación de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario" es necesario restaurar algunas estructuras y otras se tienen que contruir totalmente. A continuación se presenta un la memoria técnica sobre la conexión de la red hidráulica a la única obra de toma existente localizada en la margen izquierda del Río Blanco; además se presentan los equipos de bombeo seleccionados.

7.1 Obra de toma

La obra de toma se constituye de una estructura de concreto tipo torre, con dos compuertas cuadradas del tipo deslizante de 106x106 cm (42"x42") colocadas en serie, con especificaciones según plano TM-C-437 de la extinta SRH, una localizada aguas arriba de la torre que controla la alimentación del embalse y otra localizada en el interior de la torre que controla el gasto de salida a la zona de riego; en la entrada de agua a la torre se localiza una estructura rectangular de 2.60x2.30 m de concreto que contiene tres rejillas de entrada de agua, alojadas en los paramentos verticales exteriores, todas de 150x150 cm, una localizada en la parte posterior, y una más en cada muro lateral; todas con una separación de barras de c.a.c. de 10 cm. A la toma de torre se accede desde la corona de la cortina por un puente de acero, fabricado en un tramo de 8.00 m de longitud aproximadamente, apoyado el primero sobre una ménsula que sobresale de la torre y el segundo sobre la corona de la cortina, y se baja por una escalera marina hasta el área de compuertas.

La obra de toma de origen se diseñó para un gasto de desfogue de 9433 l/seg, a carga mínima, cuyo nivel de azolves se encuentra a la elevación 70.30, el NAMIN se encuentra a la elevación 71.36 msnm, el NAMO a la elevación 86.00 msnm, mientras que el NAME se encuentra en el nivel 88.37 msnm, da servicio a una zona de riego que domina 406 ha con un gasto de diseño de 875 l/seg.

El orificio de la compuerta descarga a una galería subterránea de 12.00 m de longitud, de sección rectangular de arco bóveda de medio punto, de 125 cm de ancho por 362.5 cm en su punto más alto y radio de curvatura de 62.5 cm, con gradiente hidráulico (S) de 0.015; construida de concreto reforzado que forma parte del cuerpo de la cortina y conecta la obra de toma con el canal principal el cual inicia en el km 0+012.

7.1.1 Estado actual de las estructuras y de la operación

Las compuertas requieren ajuste de vástagos sobre las ménsulas empotradas en los muros, ajustes en los sellos y pueden seguir operando con toda normalidad. El gasto requerido para las nuevas condiciones de operación, es menor al gasto de desfogue que actualmente puede extraerse de la obra de toma, estando la compuerta totalmente abierta, por lo que no existe ningún problema para cubrir el requerimiento, por tal motivo se presenta la siguiente:

Propuesta de conexión de la red a la obra de toma.

Utilizando el gradiente hidráulico actual, con tubería de acero (FE), polietileno (PEAD) o poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), por economía se determinó el diámetro mínimo de tubería. Cabe señalar que ante la dificultad para acceder al trayecto que sigue la línea de conducción que va sobre la ladera escarpada de la corriente, aprovechando el canal de mampostería, se decidió instalar todo el tramo muerto de tubería de acero y reducir el gasto de desfogue del diseño original a 1500 l/seg, equivalente a 1.7 veces el gasto del servicio de la zona de riego (875 l/seg), con la siguiente expresión:

$$d_{cm} = \left[\frac{691000 Qn}{s^{1/2}} \right]^{3/8} \dots\dots\dots(7.1)$$

Sustituyendo valores

- Q = 875 l/seg
- S = 0.015
- n = 0.012 (acero en dos tramos de 12.00 m cada uno)

$$d = \left[\frac{691000 (1.50)(0.012)}{(0.015)^{(0.5)}} \right]^{0.375}$$

$d = 75.00 \text{ cm}$ => se adopta un diámetro comercial de 76.00 cm (30")

Revisando la velocidad máxima, con este diámetro comercial de 76 cm (2.5 pies), se tiene:

$$v = \frac{0.590}{n} d^{2/3} s^{1/2} (2) \dots\dots\dots(7.2)$$

$$v = \frac{0.590}{0.012} (2.5)^{0.6667} (0.015)^{0.5}$$

$v = 11.1 \text{ pies/seg} = 3.40 \text{ m/seg}$

Esta velocidad resulta muy adecuada a la operación, tanto para la zona de riego como para la obra de toma.

El gasto de diseño para los nuevos requerimientos de la zona de riego, toda vez que la aplicación será por goteo, es de 280 l/seg, comparativamente con el gasto de riego anterior apenas representa el 30% y el 17% sobre el nuevo gasto de desfogue.

La presión máxima de trabajo es de 1.7 kg/cm², por lo que la tubería seleccionada deberá tener una resistencia a la presión de prueba de 3.0 kg/cm². Ante las difíciles condiciones topográficas para acceder a la línea de conducción, tanto para facilitar la operación, como para su mantenimiento, se decidió el diseño con tubería de acero.

La línea de conducción se construye en su primer tramo muerto de tubería de acero al carbón, ASTM A53, Grado B, de 76.00 cm (30") de diámetro, cédula 10, de 8.7 mm de espesor, de 24.00 m de longitud, con brida en un extremo para conectarse a una T de acero para desfogue al río y con reducción a 61.00 cm (24") de diámetro para continuar en ese diámetro hasta el punto de derivación. El primer tramo deberá anclarse en su extremo aguas arriba, a una pantalla de concreto reforzado, la cual debe adherirse al paramento del orificio existente de sección cuadrada, preparando la superficie vieja de concreto para recibir la superficie nueva mediante un adherente, además de una junta de neopreno colocada sobre el perímetro de la galería. La pantalla de concreto se diseñó para un empuje hidrostático que actúa solo en la superficie expuesta, entre el perímetro del tubo y el perímetro de la sección cuadrada, pues la compuerta actual recibe el mayor empuje cuando está cerrada y solo una parte cuando se abre, para ese empuje que se presenta en la pantalla se considera una carga estática máxima con los siguientes niveles reportados por la topografía anterior (CNA) y confirmada con un gps actual.

NAME = 88.37 m (nivel de aguas máximas extraordinarias)

NPISO = 70.30 m (nivel de piso de la compuerta)

La máxima presión hidrostática sobre la compuerta deslizante de sección cuadrada de 1.06X1.06, se calcula como sigue:

$$y_p = \bar{y} + \frac{K^2}{y} \dots\dots\dots(7.3)$$

$$y_p = [(88.37 - 71.36) + 1.06/2] + (1.06)^2/12/[(88.37 - 71.36) + 1.06/2]$$

$$y_p = 17.54 + 0.005 = 17.545 \text{ m}$$

La presión hidrostática en la compuerta será:

$$P = \gamma h \frac{h}{2} \dots\dots\dots(7.4)$$

$$P = 1(0.40)(17.54)^2(0.5)$$

$$P = 61.53 \text{ ton}$$

La máxima presión de la compuerta cuadrada de 1.06X1.06 m se presenta cuando está cerrada, considerando que la fuerza máxima se produce a dos tercios de su altura el momento será:

$$M = \frac{2hP}{3} \dots\dots\dots(7.5)$$

$$M = 61530(0.66667)(1.06)$$

$$M = 43460 \text{ kg-m}$$

Sin embargo, la pantalla de concreto colocada aguas abajo de la compuerta y adherida al paño del muro de la torre, estará recibiendo sobre su superficie apenas el 40% del empuje sobre el contorno que envuelve a la tubería de acero, cuando la compuerta se abre; es decir, a la

superficie del orificio cuadrado (106x106cm), se resta el área o sección del tubo (76 cm de diámetro). Así el empuje hidrostático será de:

$$P = 61530(0.4) = 24612 \text{ kg}$$

La pantalla de concreto estará empotrada en los muros y el piso de concreto de la galería y el momento de empotramiento será:

$$M = \frac{Pl}{10} \dots\dots\dots(7.6)$$

$$M = 24612(1.06)/(10)$$

$$M = 2609 \text{ kg-m}$$

Empleando el método elástico, el espesor del muro por flexión será:

$$d_m = \sqrt{\frac{M}{Kb}} \dots\dots\dots(7.7)$$

$$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.45(250) \text{ kg/cm}^2$$

$$\underline{f_c = 112.50 \text{ kg/cm}^2}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_y}{nf_c}} \dots\dots\dots(7.8)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \dots\dots\dots(7.9)$$

$$n = \frac{2039000}{10000 \sqrt{250}}$$

$$\underline{n = 12.90}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{3000}{12.90(112.50)}}$$

$$\underline{k = 0.326}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} \dots\dots\dots(7.10)$$

$$j = 1 - (0.326)/3$$

$$\underline{j = 0.891}$$

$$K = 0.5(f_c k j) \dots\dots\dots(7.11)$$

$$K = 0.5(112.50)(0.326)(0.891)$$

$$\underline{K = 16.34}$$

$$d_m = [(260900)/(16.34)(106)]^{0.5}$$

$$d_m = \underline{12.3 \text{ cm}}$$

$$d_v = \frac{V}{v j b} \dots\dots\dots(7.12)$$

$$v = 0.03 f'_c \dots\dots\dots(7.13)$$

$$v = 0.03(250) = 7.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_v = \frac{24612 (0.5)}{7.5(0.891)(106)}$$

$$d_v = 17.4 \text{ cm}$$

$d = d_m + d_v = 12.3 + 17.4 = 29.7 \text{ cm}$, más 2.5 cm de recubrimiento de varillas por lado del muro

$h = 29.7 + 5 = 34.7 \text{ cm}$, se adopta un espesor de 35 cm

El área de acero será:

$$A_s = \frac{M}{f_y j d} \dots\dots\dots(7.14)$$

$$A_s = \frac{260900}{3000 (0.891)(29.7)}$$

$$A_s = 3.28 \text{ cm}^2$$

Con vr # 5 el área por varilla es: $a_s = 1.99 \text{ cm}^2$

La separación de varillas para el 40% del ancho de orificio de 106 cm (42.4 cm de longitud expuesta) será:

$$s = 100a_s/A_s$$

$$s = 42.4(1.99)/3.28 = 25 \text{ cm}$$

Los anclajes de la tubería de acero se estimaron a cada 12.00 m coincidentes con la unión entre tubos, los cuales serán colocados sobre un basamento de concreto simple de 20 cm de espesor y soldados al refuerzo del piso de la galería; la tubería se mantendrá al centro de la galería y a nivel de piso terminado.

Determinación de las silletas para soportes de la tubería de acero

La tubería de acero, se instalará sobre el canal principal (tramo muerto), revestido actualmente de concreto y de mampostería.

CÁLCULO DE LA CARGA EN LA TUBERÍA				
Diámetro exterior de la tubería	0.6100	m		61
radio exterior	0.3050			30.5
Espesor de la pared	0.0064	m		
diámetro interior	0.5972	m		59.72
radio interior	0.2986			29.86
area transversal	0.2801	m ²		
peso del tubo	95.3	kg/m		
Peso del agua	280.1	kg/m		
peso total	375.4	kg/m	3.75371	kg/cm
Sección en la viga				
area total	2922.5	cm ²		
area interior	2801.1	cm ²		
sección	121.4	cm ²		
CALCULO DE LA INERCIA EN LA VIGA				
Inercia en el diámetro exterior	679656.1			

inercia diámetro interior	624380.2			
Inercia del tubo	55276.0	cm ⁴		
ESFUERZOS PERMISIBLES				
fy	2530	kg/cm ²		
cortante	Fv	1012	kg/cm ²	
tensión	Ft	1518	kg/cm ²	
flexión	Fb	1518	kg/cm ²	
SEGÚN LA FORMULA DE FLEXIÓN				
sustituyendo los valores anteriores en la fórmula				
M	1375556.116			
Despejando en la ecuación de momento flexionante en el centro de la viga				
longitud	3172.912573	cm	31.72912573	m
Despejando de la ecuación de momento flexionante en el punto de apoyo				
longitud	2265.477178	cm	22.65477178	m
Despejando en la ecuación del momento flexionante en los primeros soportes				
longitud	1849.75	cm	18.50	m
RECTIFICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE				
			Resistencia del concreto	F'c = 200 kg/cm ²
CÁLCULO DE LA FUERZA CORTANTE				
Cortante en el primer extremo			resistencia de trabajo	= 66 kg/cm ²
v	4214.67	kg		
Cortante en los apoyos interiores				

v	3221.76	kg	área requerida = 120.25 cm ²	
Esfuerzos cortantes				
En el primer soporte	34.7	kg/cm ²		
En los soportes interiores	26.55	kg/cm ²		
REACCIONES				
Reaccion en los extremos	2728.77	kg		
En el primer soporte	7936.35	kg		
En los soportes interiores	6443.51	kg		
Cálculo de volumen de concreto				
			volumen del medio tubo	
Ancho	1		radio exterior	0.305
altura	0.6			
profundidad	0.4		area de la circunferencia	0.292246657
			volumen del medio tubo	0.058449331
Volumen	0.24			
Volumen de concreto	0.18155067	m ³		

La silleta tendrá las siguientes dimensiones (mismas que se indican en el plano respectivo):

Ancho de 1.0 m (transversal a la sección del canal)

Profundidad de 0.40 m (paralelo al eje longitudinal del canal)

Altura de 0.60 m

Concreto reforzado de f'c de 200 kg/cm²

Varillas de 3/8" a cada 20 cm de separación

Silletas a cada 15 metros de separación, en total 65 silletas.

En el plano se muestra un sistema de desague para desalojar el agua pluvial retenida por las silletas.

7.2 Equipos de bombeo

Se consultaron los catálogos de los principales fabricantes y distribuidores de equipos de bombeo a fin de encontrar las características mínimas que deben satisfacer los equipos de bombeo.

El cuadro 7.1 presenta las características mínimas que deben tener los equipos de bombeo y en el cuadro 7.2 se presenta la potencia necesaria para cada equipo de bombeo.

Cuadro 7.1 Características de los equipos de bombeo.

EQUIPO	CANTIDAD DE EQUIPOS	GASTO DEL EQUIPO		CARGA HIDRÁULICA					BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL				
		(lps)	(gpm)	h red (m)	Hf local	hf cabezal (m)	h b		MODELO	TAMAÑO	DIÁM IMPULSOR	Ef m (%)	Ef b (%)
							(m)	(pie)					
B	4	60	952	11.27	1.01	4	16.28	53.43	15 AI/BF	4 x 6 - 13	10 1/4"	90	58
A	1	30	476	11.27	1.01	4	16.28	53.43	10 AI/BF	4 x 5 - 8	7 7/8"	90	82.5

Cuadro 7.2 Potencia de los equipos de bombeo.

EQUIPO	CANTIDAD DE EQUIPOS	POTENCIA (hp)	
		Calculada	Ajustada
B	4	24.7	28
A	1	8.7	10

7.3 Capacidad del transformador

Los cálculos correspondientes para determinar la capacidad del transformador, en referencia a la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas (NOM-001-SEDE-1999) Se obtiene:

$$4 \text{ motores } 28 \text{ Hp} \Rightarrow 112 \text{ Hp}$$

$$1 \text{ motor } 10 \text{ Hp} \Rightarrow 10 \text{ Hp}$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} 122 \text{ Hp}$$

Calculando la corriente de los motores de 28 Hp's

$$I = \frac{Hp \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times fp} = 33.84 \text{ A}$$

Para el motor de 10 Hp

$$I = \frac{Hp \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times fp} = 12.085 A$$

Aplicando la NOM – 001 de instalaciones eléctricas:

$$33.84 \times 300\% = 101.51A$$

$$12.085 \times 300\% = 36.25A$$

Aplicando el 125% de la corriente nominal:

$$33.84 \times 1.25 = 42.3A \quad \Rightarrow \quad \text{Cal. 8 THW}$$

$$12.085 \times 1.25 = 15.11A \quad \Rightarrow \quad \text{Cal. 14 THW}$$

Para la selección del transformador se revisaron varios catálogos de diferentes fabricantes, así como las características de cada uno de ellos, por lo que se tomó en cuenta lo siguiente:

A) Su carga eléctrica estará determinada por:

1. Sistema monofásico o trifásico
2. El voltaje requerido por su carga
3. Su demanda de corriente o KVA
4. Frecuencia en Hz

B) El voltaje de suministro (entrada) se determina por:

1. El voltaje de su fuente
2. Frecuencia de operación

Para determinar la capacidad en KVA cuando se conocen los valores de corriente y voltaje:

$$KVA = \frac{V \times A \times Nf}{1000} = \frac{440 \times 33.84 \times \sqrt{3}}{1000} = 25.79 KVA$$

$$KVA = \frac{V \times A \times Nf}{1000} = \frac{440 \times 12.085 \times \sqrt{3}}{1000} = 9.21 KVA$$

Cálculo del transformador de acuerdo a la carga requerida:

DATOS:

- 4 Bombas 28 Hp cada una
- 1 Bomba 10 Hp

$$I = 147.44A + 20A = 167.44A$$

$$KVA = \frac{440 \times 167.44 \times \sqrt{3}}{1000} = 127.61 KVA$$

Por lo que se sugieren 2 transformadores de 75KVA, para formar un total de 150KVA; repartiendo cargas de la siguiente manera:

Transformador 1:

- 2 motores de 28 Hp
- Alumbrado (20 A)

$$56 \text{ Hp} \rightarrow 41.776 \text{ kW}$$

$$I = 67.675 + 20 = 87.675 \text{ A}$$

$$KVA = \frac{440 \times 87.675 \times \sqrt{3}}{1000} = 66.82 \text{ KVA}$$

El valor comercial próximo a este valor es el de 75 KVA. El valor considerado para el alumbrado es aproximado.

Transformador 2:

- 2 motores de 28 Hp
- 1 motor de 10 Hp

$$66 \text{ Hp} \rightarrow 49.236 \text{ kW}$$

$$I = 79.7599 \text{ A}$$

$$KVA = \frac{440 \times 79.7599 \times \sqrt{3}}{1000} = 60.7852 \text{ KVA}$$

El valor comercial próximo a este valor es el de 75 KVA.

EQUIPO	POTENCIA (HP)	POTENCIA (KW)	Voltaje (V)	In (A)	Ic (A)
B1	28	20.9	440	30.454	38.067
B2	28	20.9	440	30.454	38.067
B3	28	20.9	440	30.454	38.067
B4	28	20.9	440	30.454	38.067
A1	10	7.5	440	10.876	13.595

EQUIPO	Calibre (Kcmil 90°C)	Calibre (Kcmil 75°C)	I (A)	D. Cond. (mm ²)
B1	10	8	42.635	8.367
B2	10	8	42.635	8.367
B3	10	8	42.635	8.367
B4	10	8	42.635	8.367
A1	18	14	15.227	2.082

VIII CATÁLOGOS

8.1 Catálogo del sistema de riego parcelario

Se elaboró el catálogo para cada unidad de riego. Se tienen 9 unidades de riego.

8.1.1 Unidad I

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	102	168.00	17,136.00
Adaptador espiga 50 mm	pza	17	168.00	2,856.00
Adaptador espiga 60 mm	pza	9	168.00	1,512.00
Adaptador espiga 75 mm	pza	2	168.00	336.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	118	1.10	129.80
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	19	3.80	72.20
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	138	4.95	683.10
Adaptador Hid. Cem. Hembra 60 mm	pza	10	16.80	168.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 75 mm	pza	2	21.80	43.60
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	177	4.95	876.15
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	3,888	3.20	12,441.60
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	460,771.56	0.78	359,401.81
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	59	4.95	292.05
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	118	1.40	165.20
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	118	7.70	908.60
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	59	41.31	2,437.29
Cople inserción 16 mm	pza	3,888	2.80	10,886.40
Filtro de discos 50 mm	pza	59	1,883.00	111,097.00
Goma para iniciales	pza	3,888	1.80	6,998.40
Inyector Venturi 19 mm	pza	59	1,007.90	59,466.10
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	23	33.99	781.77
Reducción de PE para termofusión de 60-38 mm (2 1/2 - 1 1/2")	pza	1	38.00	38.00
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	12	34.76	417.12
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción de PVC cementada bushing (SI) de 75-50 mm (3"-2")	pza	2	45.04	90.08
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	118	5.65	666.70
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	177	11.30	2,000.10
Toma de presión 1/4"	pza	118	127.00	14,986.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	1,832.40	19.60	35,915.04
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	1,115.10	28.35	31,613.09
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	424.80	36.75	15,611.40
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	115.20	61.08	7,036.42
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	27	2.85	76.95
Tubo Hid S/I RD 26 38 mm	m	16.60	19.35	321.21
Tubo Hid S/I RD 26 50 mm	m	2.50	28.80	72.00
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	3	43.60	109.00
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	0.40	62.70	25.08
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	147.50	10.75	1,585.63
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	354.30	28.80	10,203.84
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	0.40	64.00	25.60
Tubo PEBD 16 mm	pza	3,888	1.61	6,259.68
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	47.20	19.60	925.12
Tuerca unión 50 mm RH	pza	118	130.60	15,410.80
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	118	27.00	3,186.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	59	240.00	14,160.00

Válvula angular 19 mm	pza	59	71.10	4,194.90
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	59	230.30	13,587.70
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	59	317.90	18,756.10
Válvula de esfera de 19 mm	pza	118	21.00	2,478.00
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	59	1,824.60	107,651.40
				900,354.77

8.1.2 Unidad II

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	47	168.00	7,896.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	94	1.10	103.40
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	7	3.80	26.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	94	4.95	465.30
Adap hid cem hembra 75 mm	pza	9	21.80	196.20
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	141	4.95	697.95
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	4,819	3.20	15,420.80
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	407,427.50	0.78	317,793.45
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	47	4.95	232.65
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	94	1.40	131.60
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	94	7.70	723.80
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	47	41.31	1,941.57
Cople inserción 16 mm	pza	4,819	2.80	13,493.20
Filtro de discos 50 mm	pza	47	1,883.00	88,501.00
Goma para iniciales	pza	4,819	1.80	8,674.20
Inyector Venturi 19 mm	pza	47	1,007.90	47,371.30
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	40	33.99	1,359.60
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	36	34.76	1,251.36
Reducción de PE para termofusión de 75-60 mm (3" - 2 1/2")	pza	9	101.00	909.00
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 60 x 50 mm	pza	27	93.25	2,517.75
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 75 x 50 mm	pza	9	122.55	1,102.95
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	94	5.65	531.10
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	141	11.30	1,593.30
Toma de presión 1/4"	pza	94	127.00	11,938.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	1,499.90	19.60	29,398.04
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	685.70	28.35	19,439.60
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	1,212.60	36.75	44,563.05
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	349.20	61.08	21,329.14
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	47	2.85	133.95
Tubo Hid S/I RD 26 38 mm	m	11.70	19.35	226.40
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	27	43.60	1,177.20
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	9.00	62.70	564.30
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	117.50	10.75	1,263.13
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	282.00	28.80	8,121.60
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	9.00	64.00	576.00
Tubo PEBD 16 mm	pza	4,819	1.61	7,758.59
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	37.60	19.60	736.96
Tuerca unión 50 mm RH	pza	94	130.60	12,276.40
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	94	27.00	2,538.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	47	240.00	11,280.00
Válvula angular 19 mm	pza	47	71.10	3,341.70
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	47	230.30	10,824.10
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	47	317.90	14,941.30
Válvula de esfera de 19 mm	pza	94	21.00	1,974.00
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	1	1,824.60	1,824.60
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	47	1,824.60	85,756.20
				809,179.07

8.1.3 Unidad III

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	89	168.00	14,952.00
Adaptador espiga 50 mm	pza	11	168.00	1,848.00
Adaptador espiga 60 mm	pza	3	168.00	504.00
Adaptador espiga 75 mm	pza	1	168.00	168.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	118	1.10	129.80
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	32	3.80	121.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	133	4.95	658.35
Adaptador Hid. Cem. Hembra 60 mm	pza	11	16.80	184.80
Adaptador Hid. Cem. Hembra 75 mm	pza	1	21.80	21.80
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	177	4.95	876.15
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	5,890	3.20	18,848.00
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	457,063.75	0.78	356,509.73
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	59	4.95	292.05
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	118	1.40	165.20
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	118	7.70	908.60
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	59	41.31	2,437.29
Cople inserción 16 mm	pza	5,890	2.80	16,492.00
Filtro de discos 50 mm	pza	59	1,883.00	111,097.00
Goma para iniciales	pza	5,890	1.80	10,602.00
Inyector Venturi 19 mm	pza	59	1,007.90	59,466.10
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	25	33.99	849.75
Reducción de PE para termofusión de 60-38 mm (2 1/2 - 1 1/2")	pza	1	38.00	38.00
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	11	34.76	382.36
Reducción de PE para termofusión de 75-60 mm (3" - 2 1/2")	pza	1	101.00	101.00
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción de PVC cementada bushing (SI) de 75-50 mm (3"-2")	pza	1	45.04	45.04
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	118	5.65	666.70
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	177	11.30	2,000.10
Toma de presión 1/4"	pza	118	127.00	14,986.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	3,699.90	19.60	72,518.04
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	1,053.00	28.35	29,852.55
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	486.90	36.75	17,893.58
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	34.20	61.08	2,088.94
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	59	2.85	168.15
Tubo Hid S/I RD 26 38 mm	m	21.70	19.35	419.90
Tubo Hid S/I RD 26 50 mm	m	3.00	28.80	86.40
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	3	43.60	130.80
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	0.40	62.70	25.08
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	147.50	10.75	1,585.63
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	355.20	28.80	10,229.76
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	0.40	64.00	25.60
Tubo PEBD 16 mm	pza	5,890	1.61	9,482.90
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	47.20	19.60	925.12
Tuerca unión 50 mm RH	pza	118	130.60	15,410.80
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	118	27.00	3,186.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	59	240.00	14,160.00
Válvula angular 19 mm	pza	59	71.10	4,194.90
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	59	230.30	13,587.70
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	59	317.90	18,756.10
Válvula de esfera de 19 mm	pza	118	21.00	2,478.00
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	20	1,824.60	36,492.00
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	59	1,824.60	107,651.40
				980,963.49

8.1.4 Unidad IV

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	44	168.00	7,392.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	88	1.10	96.80
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	7	3.80	26.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	88	4.95	435.60
Adap hid cem hembra 75 mm	pza	5	21.80	109.00
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	132	4.95	653.40
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	6,067	3.20	19,414.40
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	435,518.40	0.78	339,704.35
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	44	4.95	217.80
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	88	1.40	123.20
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	88	7.70	677.60
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	44	41.31	1,817.64
Cople inserción 16 mm	pza	6,067	2.80	16,987.60
Filtro de discos 50 mm	pza	44	1,883.00	82,852.00
Goma para iniciales	pza	6,067	1.80	10,920.60
Inyector Venturi 19 mm	pza	44	1,007.90	44,347.60
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	36	33.99	1,223.64
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	26	34.76	903.76
Reducción de PE para termofusión de 75-60 mm (3" - 2 1/2")	pza	5	101.00	505.00
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 60 x 50 mm	pza	21	93.25	1,958.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 75 x 50 mm	pza	5	122.55	612.75
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	88	5.65	497.20
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	132	11.30	1,491.60
Toma de presión 1/4"	pza	88	127.00	11,176.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	2,845.80	19.60	55,777.68
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	788.40	28.35	22,351.14
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	869.40	36.75	31,950.45
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	215.10	61.08	13,138.31
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	44	2.85	125.40
Tubo Hid S/I RD 26 38 mm	m	11.40	19.35	220.59
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	21	43.60	915.60
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	5.00	62.70	313.50
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	110.00	10.75	1,182.50
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	264.00	28.80	7,603.20
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	5.00	64.00	320.00
Tubo PEBD 16 mm	pza	6,067	1.61	9,767.87
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	35.20	19.60	689.92
Tuerca unión 50 mm RH	pza	88	130.60	11,492.80
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	88	27.00	2,376.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	44	240.00	10,560.00
Válvula angular 19 mm	pza	44	71.10	3,128.40
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	44	230.30	10,133.20
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	44	317.90	13,987.60
Válvula de esfera de 19 mm	pza	88	21.00	1,848.00
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	3	1,824.60	5,473.80
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	46	1,824.60	83,931.60
				835,694.70

8.1.5 Unidad V

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	109	168.00	18,312.00
Adaptador espiga 50 mm	pza	12	168.00	2,016.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	126	1.10	138.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	46	3.80	174.80
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	138	4.95	683.10
Adaptador Hid. Cem. Hembra 60 mm	pza	5	16.80	84.00
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	189	4.95	935.55
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	4,341	3.20	13,891.20
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	418,164.75	0.78	326,168.51
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	63	4.95	311.85
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	126	1.40	176.40
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	126	7.70	970.20
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	63	41.31	2,602.53
Cople inserción 16 mm	pza	4,341	2.80	12,154.80
Filtro de discos 50 mm	pza	63	1,883.00	118,629.00
Goma para iniciales	pza	4,341	1.80	7,813.80
Inyector Venturi 19 mm	pza	63	1,007.90	63,497.70
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	17	33.99	577.83
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	5	34.76	173.80
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	126	5.65	711.90
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	189	11.30	2,135.70
Toma de presión 1/4"	pza	126	127.00	16,002.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	3,372.30	19.60	66,097.08
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	364.50	28.35	10,333.58
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	170.10	36.75	6,251.18
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	63	2.85	179.55
Tubo Hid S/I RD 26 50 mm	m	4.80	28.80	138.24
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	2	43.60	87.20
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	157.50	10.75	1,693.13
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	378.00	28.80	10,886.40
Tubo PEBD 16 mm	pza	4,341	1.61	6,989.01
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	50.40	19.60	987.84
Tuerca unión 50 mm RH	pza	126	130.60	16,455.60
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	126	27.00	3,402.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	63	240.00	15,120.00
Válvula angular 19 mm	pza	63	71.10	4,479.30
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	63	230.30	14,508.90
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	63	317.90	20,027.70
Válvula de esfera de 19 mm	pza	126	21.00	2,646.00
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	75	1,824.60	136,845.00
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	63	1,824.60	114,949.80
				1,024,501.51

8.1.5 Unidad VI

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	48	168.00	8,064.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	96	1.10	105.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	9	3.80	34.20
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	96	4.95	475.20
Adap hid cem hembra 75 mm	pza	6	21.80	130.80
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	144	4.95	712.80
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	7,120	3.20	22,784.00
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	444,663.15	0.78	346,837.26
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	48	4.95	237.60
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	96	1.40	134.40
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	96	7.70	739.20
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	48	41.31	1,982.88
Cople inserción 16 mm	pza	7,120	2.80	19,936.00
Filtro de discos 50 mm	pza	48	1,883.00	90,384.00
Goma para iniciales	pza	7,120	1.80	12,816.00
Inyector Venturi 19 mm	pza	48	1,007.90	48,379.20
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	38	33.99	1,291.62
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	27	34.76	938.52
Reducción de PE para termofusión de 75-60 mm (3" - 2 1/2")	pza	6	101.00	606.00
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 60 x 50 mm	pza	21	93.25	1,958.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 75 x 50 mm	pza	6	122.55	735.30
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	96	5.65	542.40
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	144	11.30	1,627.20
Toma de presión 1/4"	pza	96	127.00	12,192.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	3,232.80	19.60	63,362.88
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	955.80	28.35	27,096.93
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	1,264.50	36.75	46,470.38
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	155.70	61.08	9,510.16
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	48	2.85	136.80
Tubo Hid S/I RD 26 38 mm	m	13.80	19.35	267.03
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	21	43.60	915.60
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	6.00	62.70	376.20
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	120.00	10.75	1,290.00
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	288.00	28.80	8,294.40
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	6.00	64.00	384.00
Tubo PEBD 16 mm	pza	7,120	1.61	11,463.20
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	38.40	19.60	752.64
Tuerca unión 50 mm RH	pza	96	130.60	12,537.60
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	96	27.00	2,592.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	48	240.00	11,520.00
Válvula angular 19 mm	pza	48	71.10	3,412.80
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	48	230.30	11,054.40
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	48	317.90	15,259.20
Válvula de esfera de 19 mm	pza	96	21.00	2,016.00
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	2	1,824.60	3,649.20
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	49	1,824.60	89,405.40
				899,673.99

8.1.7 Unidad VII

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	87	168.00	14,616.00
Adaptador espiga 50 mm	pza	8	168.00	1,344.00
Adaptador espiga 75 mm	pza	7	168.00	1,176.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	120	1.10	132.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	27	3.80	102.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	128	4.95	633.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 60 mm	pza	18	16.80	302.40
Adaptador Hid. Cem. Hembra 75 mm	pza	7	21.80	152.60
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	180	4.95	891.00
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	5,258	3.20	16,825.60
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	518,266.75	0.78	404,248.07
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	60	4.95	297.00
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	120	1.40	168.00
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	120	7.70	924.00
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	60	41.31	2,478.60
Cople inserción 16 mm	pza	5,258	2.80	14,722.40
Filtro de discos 50 mm	pza	60	1,883.00	112,980.00
Goma para iniciales	pza	5,258	1.80	9,464.40
Inyector Venturi 19 mm	pza	60	1,007.90	60,474.00
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	33	33.99	1,121.67
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	25	34.76	869.00
Reducción de PE para termofusión de 75-60 mm (3" - 2 1/2")	pza	7	101.00	707.00
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción de PVC cementada bushing (SI) de 75-50 mm (3"-2")	pza	7	45.04	315.26
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	120	5.65	678.00
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	180	11.30	2,034.00
Toma de presión 1/4"	pza	120	127.00	15,240.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	2,978.10	19.60	58,370.76
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	873.00	28.35	24,749.55
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	627.30	36.75	23,053.28
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	254.70	61.08	15,557.08
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	60	2.85	171.00
Tubo Hid S/I RD 26 50 mm	m	3.20	28.80	92.16
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	7	43.60	313.92
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	2.80	62.70	175.56
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	150.00	10.75	1,612.50
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	360.00	28.80	10,368.00
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	2.80	64.00	179.20
Tubo PEBD 16 mm	pza	5,258	1.61	8,465.38
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	48.00	19.60	940.80
Tuerca unión 50 mm RH	pza	120	130.60	15,672.00
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	120	27.00	3,240.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	60	240.00	14,400.00
Válvula angular 19 mm	pza	60	71.10	4,266.00
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	60	230.30	13,818.00
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	60	317.90	19,074.00
Válvula de esfera de 19 mm	pza	120	21.00	2,520.00
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	35	1,824.60	63,861.00
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	60	1,824.60	109,476.00
				1,057,536.13

8.1.8 Unidad VIII

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	25	168.00	4,200.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	110	1.10	121.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	34	3.80	129.20
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	110	4.95	544.50
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	165	4.95	816.75
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	5,468	3.20	17,497.60
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	353,858.65	0.78	276,009.75
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	25	4.95	123.75
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	110	1.40	154.00
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	110	7.70	847.00
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	25	41.31	1,032.75
Cople inserción 16 mm	pza	5,468	2.80	15,310.40
Filtro de discos 50 mm	pza	55	1,883.00	103,565.00
Goma para iniciales	pza	5,468	1.80	9,842.40
Inyector Venturi 19 mm	pza	55	1,007.90	55,434.50
Reducción de PE para termofusión de 38-32 mm (1 1/2" - 1 1/4")	pza	30	32.46	973.80
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	21	33.99	713.79
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	5	34.76	173.80
Reducción de PE para termofusión de 75-60 mm (3" - 2 1/2")	pza	1	101.00	101.00
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 60 x 50 mm	pza	5	93.25	466.25
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	110	5.65	621.50
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	165	11.30	1,864.50
Toma de presión 1/4"	pza	110	127.00	13,970.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 32 mm (1 1/4")	m	1,322.10	18.50	24,458.85
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	1,647.90	19.60	32,298.84
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	433.80	28.35	12,298.23
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	117.00	36.75	4,299.75
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	4.50	61.08	274.86
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	25	2.85	71.25
Tubo Hid S/I RD 26 38 mm	m	36.50	19.35	706.28
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	5	43.60	218.00
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	137.50	10.75	1,478.13
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	330.00	28.80	9,504.00
Tubo PEBD 16 mm	pza	5,468	1.61	8,803.48
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	20.00	19.60	392.00
Tuerca unión 50 mm RH	pza	110	130.60	14,366.00
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	110	27.00	2,970.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	25	240.00	6,000.00
Válvula angular 19 mm	pza	55	71.10	3,910.50
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	55	230.30	12,666.50
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	55	317.90	17,484.50
Válvula de esfera de 19 mm	pza	110	21.00	2,310.00
Válvula reguladora de presión 32 mm	pza	8	1,824.60	14,596.80
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	2	1,824.60	3,649.20
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	55	1,824.60	100,353.00
				781,886.15

8.1.8 Unidad IX

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo U \$	Costo total \$
Adaptador espiga 38 mm	pza	98	168.00	16,464.00
Adaptador espiga 50 mm	pza	13	168.00	2,184.00
Adaptador espiga 75 mm	pza	2	168.00	336.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 19 mm	pza	120	1.10	132.00
Adaptador Hid. Cem. Hembra 38 mm	pza	38	3.80	144.40
Adaptador Hid. Cem. Hembra 50 mm	pza	133	4.95	658.35
Adaptador Hid. Cem. Hembra 60 mm	pza	7	16.80	117.60
Adaptador Hid. Cem. Hembra 75 mm	pza	2	21.80	43.60
Adap hid cem hembra 75 mm	pza	-	21.80	-
Adaptador hid. Cem. Macho 50 mm	pza	180	4.95	891.00
Adaptador Inicial inserción-macho 16 mm	pza	4,813	3.20	15,401.60
Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm	m	481,057.50	0.78	375,224.85
Codo Hid cem 90 x 38 mm	pza	60	4.95	297.00
Codo Hid. Cem. 90 x 19 mm	pza	120	1.40	168.00
Codo Hid. Cem. 90 x 50 mm	pza	120	7.70	924.00
Codo PEBD 90 x 38 mm RD 26	pza	60	41.31	2,478.60
Cople inserción 16 mm	pza	4,813	2.80	13,476.40
Filtro de discos 50 mm	pza	60	1,883.00	112,980.00
Goma para iniciales	pza	4,813	1.80	8,663.40
Inyector Venturi 19 mm	pza	60	1,007.90	60,474.00
Reducción de PE para termofusión de 50-38 mm (2" - 1 1/2")	pza	22	33.99	747.78
Reducción de PE para termofusión de 60-50 mm (2 1/2" - 2")	pza	9	34.76	312.84
Reducción de PE para termofusión de 75-60 mm (3" - 2 1/2")	pza	2	101.00	202.00
REDUC. HID CAM. 50-38 MM	pza	29	72.25	2,095.25
Reducción campana Hid. Cem PVC RD 26 50 x 38 mm	pza	30	72.25	2,167.50
Reducción de PVC cementada bushing (SI) de 75-50 mm (3"-2")	pza	2	45.04	90.08
Reducción Hid. Cem. Bushing 50 -19 mm	pza	120	5.65	678.00
Te Hid. Cem. 50 mm	pza	180	11.30	2,034.00
Toma de presión 1/4"	pza	120	127.00	15,240.00
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 38 mm (1 1/2")	m	3,589.20	19.60	70,348.32
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 50 mm (2")	m	378.90	28.35	10,741.82
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 60 mm (2 1/2")	m	342.90	36.75	12,601.58
Tubería de PE según norma NMX-018-SCFI-2002 RD-26 con diámetro nominal de 75 mm (3")	m	21.60	61.08	1,319.33
Tubo Hid cem macho 38 mm	pza	60	2.85	171.00
Tubo Hid S/I RD 26 50 mm	m	5.20	28.80	149.76
Tubo Hid S/I RD 26 60 mm	pza	3	43.60	122.08
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	0.80	62.70	50.16
Tubo hid. S/I RD - 26 19 mm	m	150.00	10.75	1,612.50
Tubo hid. S/I RD - 26 50 mm	m	360.00	28.80	10,368.00
Tubo Hid S/I RD 26 75 mm	m	0.80	64.00	51.20
Tubo PEBD 16 mm	pza	4,813	1.61	7,748.93
Tubo PEBD RD 26 38 mm	m	48.00	19.60	940.80
Tuerca unión 50 mm RH	pza	120	130.60	15,672.00
Tuerca unión cem. 19 mm	pza	120	27.00	3,240.00
Valv esfera RH 38 mm	pza	60	240.00	14,400.00
Válvula angular 19 mm	pza	60	71.10	4,266.00
Válvula angular I-R 50 mm RM RM	pza	60	230.30	13,818.00
Valvula de admisión y expulsión de aire 50 mm	pza	60	317.90	19,074.00
Válvula de esfera de 19 mm	pza	120	21.00	2,520.00
Válvula reguladora de presión 38 mm	pza	59	1,824.60	107,651.40
Válvula reguladora de presión 50 mm	pza	60	1,824.60	109,476.00
				1,040,969.11

Cuadro 8.1.-Integrado de costo parcelario

UNIDAD	COSTO
UNIDAD I	900,354.77
UNIDAD II	809,179.07
UNIDAD III	980,963.49
UNIDAD IV	835,694.70
UNIDAD V	1,024,501.51
UNIDAD VI	899,673.99
UNIDAD VII	1,057,536.13
UNIDAD VIII	781,886.15
UNIDAD IX	1,040,969.11
TOTAL	8,330,758.91

8.2 Catálogo de la red de conducción principal e interparcelaria

CATÁLOGO DE PIEZAS Y MATERIALES.				
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Importe \$
1. LIMPIEZA Y DESPALME DEL TERRENO DONDE SE VA A ALOJAR LA TUBERÍA DE PVC				
	m2	38903	1.42	55,242.3
2. TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO DONDE SE VA A ALOJAR LA TUBERÍA DE PVC				
	m2	38903	1.51	58,743.5
3. EXCAVACION				
3.1. Excavación en material común, excepto roca, para alojar la Tubería	m ³	13672	21.0	287,103.0
3.2. Excavación en material tipo III, para alojar la tubería	m ³	4557	60.0	273,431.5
4. RELLENO Y COMPACTACIÓN				
4.1. Relleno y compactación de plantilla	m ³	1314	14.0	18,390.0
4.2. Relleno y compactación de zanja en capas de 20 cm	m ³	5043	16.0	80,693.7
4.3. Relleno a volteo y compactación de zanja en capas de 50 cm	m ³	10509	8.0	84,068.5
5. SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				
5.1. Suministro e instalación de tubería de PVC hidráulica, serie métrica con campana, con una presión de trabajo de 5 Kg/cm ² (clase 5), incluye anillo de empaque:				
630 mm (24")	m	1871	1,654.25	3,095,101.8
500 mm (20")	m	291	1,044.60	303,978.6
450 mm (18")	m	962	835.55	803,799.1
400 mm (16")	m	428	662.90	283,721.2
355 mm (14")	m	269	544.95	146,591.6
315 mm (12")	m	1457	388.75	566,408.8
250 mm (10")	m	1408	242.50	341,440.0
200 mm (8")	m	3343	154.50	516,493.5
160 mm (6")	m	10037	98.20	985,633.4
100 mm (4")	m	18837	45.25	852,374.3
5.2. Suministro e instalación de tubería de acero al carbono (grado A53B).				
630 mm (24")	m	940	1,628.00	1,530,320.0
5.3. Maniobras de Transporte e instalación en el tramo muerto en una longitud de 940 m.	Lote	1	612,128.00	612,128.0
5.4. Soportes de concreto reforzado para la tubería de acero (silletas) a cada 15 m. Concreto de f'c=200 kg/cm2 (65 piezas a cada 15 m). Varillas de acero de 3/8".	m3	12		
	pza	55		
6. PIEZAS Y ACCESORIOS				
6.1. Suministro e instalación de codo de PVC de 22°30', en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7) con campana, incluye anillo de hule:				
100 mm (4")	pza	95	143.2	13,604.0
160 mm (6")	pza	53	263.2	13,949.6
200 mm (8")	pza	27	385.6	10,411.2
250 mm (10")	pza	11	567.8	6,245.8
315 mm (12")	pza	6	939.2	5,635.2
400 mm (16")	pza	1	3,814.0	3,814.0
450 mm (18")	pza	4	4,833.2	19,332.8
630 mm (24")	pza	4	6,827.0	27,308.0
6.2. Suministro e instalación de codo de PVC de 45°, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7) con campana, incluye anillo de hule:				
100 mm (4")	pza	97	143.2	13,890.4
160 mm (6")	pza	46	263.2	12,107.2
200 mm (8")	pza	17	385.6	6,555.2
250 mm (10")	pza	6	637.4	3,824.4

CATÁLOGO DE PIEZAS Y MATERIALES.				
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
			unitario	\$
315 mm (12")	pza	7	995.0	6,965.0
400 mm (16")	pza	3	3,814.0	11,442.0
450 mm (18")	pza	4	5,893.6	23,574.4
500 mm (20")	pza	1	6,827.0	6,827.0
630 mm (24")	pza	8	10,670.6	85,364.8
6.3. Suministro e instalación de codo de PVC de 90°, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7) con campana, incluye anillo de hule:				
100 mm (4")	pza	26	143.2	3,723.2
160 mm (6")	pza	18	263.2	4,737.6
200 mm (8")	pza	2	446.4	892.8
315 mm (12")	pza	1	1,254.4	1,254.4
6.4. Suministro e instalación de cople de PVC, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7) con campana, incluye anillo de hule:				
100 mm (4")	pza	7	71.9	503.2
6.5. Suministro e instalación de cruz de PVC, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7) con campana, incluye anillo de hule:				
100 mm x 100 mm (4" x 4")	pza	3	521.6	1,564.7
160 mm x 160 mm (6" x 6")	pza	1	494.2	494.2
200 mm x 160 mm (8" x 6")	pza	1	820.8	820.8
200 mm x 200 mm (8" x 8")	pza	1	893.0	893.0
250 mm x 250 mm (10" X 10")	pza	1	1,486.4	1,486.4
6.6. Suministro e instalación de Niple de PVC, en serie métrica, con una presión de trabajo de 5 kg/cm2 (clase 5) con campana, incluye anillo de hule:				
100 mm (4")	m	2	45.3	90.5
160 mm (6")	m	2	98.2	196.4
250 mm (10")	m	1	242.5	242.5
6.7. Suministro e instalación de Reducción de PVC, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7) con campana, incluye anillo de hule:				
160 mm x 100 mm (6" x 4")	pza	39	276.0	10,764.0
200 mm x 100 mm (8" x 4")	pza	5	776.0	3,880.0
200 mm x 160 mm (8" x 6")	pza	11	344.8	3,792.8
250 mm x 160 mm (10" x 6")	pza	1	880.8	880.8
250 mm x 200 mm (10" x 8")	pza	3	704.6	2,113.8
315 mm x 200 mm (12" x 8")	pza	1	954.8	954.8
315 mm x 250 mm (12" x 10")	pza	1	999.8	999.8
355 mm x 250 mm (14" x 10")	pza	1	1,787.0	1,787.0
400 mm x 315 mm (16" x 12")	pza	1	2,352.0	2,352.0
500 mm x 400 mm (20" x 16")	pza	2	3,865.8	7,731.6
500 mm x 450 mm (20" x 18")	pza	1	5,472.0	5,472.0
630 mm x 500 mm (24" x 20")	pza	1	8,566.0	8,566.0
6.8. Suministro e instalación de Tee de PVC para crucero, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7) con campana, incluye anillo de hule:				
100 mm x 100 mm (4" x 4")	pza	51	372.8	19,010.3
160 mm x 100 mm (6" x 4")	pza	26	415.6	10,805.1
160 mm x 160 mm (6" x 6")	pza	22	458.4	10,084.8
200 mm x 100 mm (8" x 4")	pza	11	620.0	6,820.0
200 mm x 160 mm (8" x 6")	pza	3	737.2	2,211.6
200 mm x 200 mm (8" x 8")	pza	3	809.2	2,427.6
250 mm x 100 mm (10" x 4")	pza	3	900.0	2,700.0
250 mm x 160 mm (10" x 6")	pza	2	1,034.8	2,069.6
250 mm x 200 mm (10" x 8")	pza	2	1,178.6	2,357.2
315 mm x 160 mm (12" x 6")	pza	4	1,426.2	5,704.8
315 mm x 200 mm (12" x 8")	pza	1	1,620.4	1,620.4

CATÁLOGO DE PIEZAS Y MATERIALES.				
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
			unitario	\$
315 mm x 250 mm (12" x 10")	pza	1	1,910.4	1,910.4
400 mm x 160 mm (16" x 6")	pza	1	2,706.4	2,706.4
400 mm x 200 mm (16" x 8")	pza	1	4,220.2	4,220.2
450 mm x 100 mm (18" x 4")	pza	7	3,950.0	27,650.0
450 mm x 200 mm (18" x 8")	pza	1	3,817.8	3,817.8
500 mm x 100 mm (20" x 4")	pza	2	7,500.0	15,000.0
500 mm x 355 mm (20" x 14")	pza	1	7,115.0	7,115.0
630 mm x 100 mm (24" x 4")	pza	3	9,500.0	28,500.0
630 mm x 160 mm (24" x 6")	pza	4	11,353.6	45,414.4
630 mm x 200 mm (24" x 8")	pza	2	10,548.8	21,097.6
6.9. Suministro e instalación de Tee con elevador de 1 m y adaptador macho roscado de PVC para válvula de aire, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7), incluye anillo de hule.				
100 mm x 50 mm (4" x 2")	pza	19	410.0	7,790.0
160 mm x 50 mm (6" x 2")	pza	23	700.0	16,100.0
200 mm x 60 mm (8" x 2 1/2")	pza	6	750.0	4,500.0
250 mm x 60 mm (10" x 2 1/2")	pza	4	950.0	3,800.0
315 mm x 60 mm (12" x 2 1/2")	pza	4	1,680.0	6,720.0
400 mm x 75 mm (16" x 3")	pza	1	4,150.0	4,150.0
450 mm x 75 mm (18" x 3")	pza	4	5,000.0	20,000.0
500 mm x 100 mm (20" x 4")	pza	2	8,000.0	16,000.0
630 mm x 100 mm (24" x 4")	pza	2	12,000.0	24,000.0
6.10. Suministro e instalación de Tee con elevador de 1 m y adaptador macho roscado de PVC para válvula de alivio de presión, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7), incluye anillo de hule.				
100 mm x 60 mm (4" x 2 1/2")	pza	12	500.0	6,000.0
160 mm x 60 mm (6" x 2 1/2")	pza	2	800.0	1,600.0
6.11. Suministro e instalación de Tee para entrega a unidades de control, con elevador de 1 m y adaptador macho roscado, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7), incluye anillo de hule.				
100 mm x 50 mm (4" x 2")	pza	66	410.0	27,060.0
160 mm x 50 mm (6" x 2")	pza	9	700.0	6,300.0
200 mm x 50 mm (8" x 2")	pza	2	800.0	1,600.0
250 mm x 50 mm (10" x 2")	pza	2	1,000.0	2,000.0
6.12. Suministro e instalación de Tee tipo árbol para entrega a unidad de control y válvula de aire, con elevador de 1 m y adaptador macho roscado, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7), incluye anillo de hule.				
100 mm x 50 mm (4" x 2")	pza	271	410.0	111,110.0
160 mm x 50 mm (6" x 2")	pza	94	700.0	65,800.0
200 mm x 50 mm (8" x 2")	pza	21	800.0	16,800.0
250 mm x 50 mm (10" x 2")	pza	2	1,000.0	2,000.0
6.13. Suministro e instalación de tapón de campana de PVC, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7), incluye anillos de hule:				
100 mm (4")	pza	138	250.0	34,500.0
160 mm (6")	pza	13	317.6	4,128.8
6.14. Suministro e instalación de válvula de admisión y expulsión de aire y de rompe vacío de 50 mm, de acción continua, resistente a la corrosión, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm2 (clase 7)				
50 mm (2")	pza	105	317.9	33,379.5
60 mm (2 1/2")	pza	12	600.0	7,200.0
75 mm (3")	pza	7	900.0	6,300.0
100 mm (4")	pza	12	1,200.0	14,400.0
6.15. Suministro e instalación de válvula de mariposa bridada y				

CATÁLOGO DE PIEZAS Y MATERIALES.				
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
			unitario	\$
con volante de hierro fundido, presión mínima de trabajo 7 kg/cm ² , incluye tornillería y empaques				
100 mm (4")	pza	2	1,503.7	3,007.4
160 mm (6")	pza	4	2,005.0	8,020.0
200 mm (8")	pza	5	3,258.1	16,290.5
250 mm (10")	pza	1	5,764.4	5,764.4
6.16. Suministro e instalación de extremidad espiga bridada de PVC para unir la tubería de PVC a la válvula de mariposa, presión de trabajo de 7 kg/cm², bridas según ANSI B16.1, serie métrica				
100 mm (4")	pza	2	284.6	569.2
160 mm (6")	pza	4	545.8	2,183.2
200 mm (8")	pza	5	930.6	4,653.0
250 mm (10")	pza	1	2,290.8	2,290.8
6.17. Suministro e instalación de válvula de alivio de presión de 60 mm (2 1/2"), resistente a la corrosión, en serie métrica, con una presión de trabajo de 7 kg/cm² (clase 7), incluye anillo de hule 60 mm (2 1/2")				
	pza	14	1,065.0	14,910.0
7. EQUIPO DE FILTRADO.				
Equipo de filtrado automático de malla con 3 juegos, con capacidad de 400 m ³ /h por juego, con retrolavado automático, incluye válvulas y automatización.	Lote	1	650,000.00	650,000.00
8. SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO				
Incluye Cinta de riego PEBD con diámetro interior de 16 mm, filtro de discos de 50 mm, Inyector Venturi 19 mm, válvulas y accesorios (según catálogo anexo).	ha	380	21,923.00	8,330,740.00
9. SUBESTACION ELÉCTRICA				
9.1 Sistema de conducción exterior de la planta de bombeo en una longitud de 1300 m incluye cables de tensión media a 13200V, 13 postes de concreto colocados a 100 m y herrajes necesarios	Lote	1	256,100.00	256,100.00
9.2. Suministro e instalación de transformador.	Lote	1	120,000.00	120,000.00
9.3. Suministro e instalación de un arrancador magnético.	Lote	3	5,200.00	15,600.00
9.4. Suministro e instalación de un sistema de conducción e iluminación interior de la planta de bombeo, alumbrado y tierra.	Lote	1	32,000.00	32,000.00
10. EQUIPO DE BOMBEO				
10.1. Bomba Centrífuga Horizontal con capacidad para un gasto de 60 l/s y carga dinámica total de 18 m.	Unidad	4	60,000.00	240,000.00
10.2. Bomba Centrífuga Horizontal con capacidad para un gasto de 30 l/s y carga dinámica total de 18 m.	Unidad	1	40,000.00	40,000.00
10.3. Obra civil de planta de bombeo	Lote	1	40,000.00	40,000.00
11. OBRA DE TOMA (según catálogo anexo)	Lote	1	328,716.00	328,716.00
			Costo total \$	22,010,033.7
			Total has.	380

8.3 Catálogo de la obra de toma.

CONCEPTO	Cantidad	Unidad	P. U.	Importe
Tubo de acero al carbón ASTM A53 Grado B, cedula 10, de 24.00 de longitud, 30" Φ, de 8.7 mm de espesor, bridado en un extremo	24	m	2,675.00	64,200.00
Extremidad de acero al carbón ASTM A53, Grado B, cédula 10, 1.00 m de longitud, 30" Φ, de 8.7 mm de espesor, bridada en un extremo	1	Pza	14,640.00	14,640.00
Reducción de acero ASTM A53, Grado B, 30" x 24" Φ, bridado en sus extremos	1	Pza	24,415.00	24,415.00
Tee de acero ASTM A53, Grado B, 30"x30" Φ, bridada en sus extremos	1	Pza	64,460.00	64,460.00
Cople dresser, estilo 80, con sello, de 30" Φ (762 mm)	1	Pza	7,780.00	7,780.00
Válvula de mariposa de 30"Φ, 150 psi, operador de engrane, cuerpo de fierro, disco de bronce4, vástago de acero y asiento de buna	1	Pza	97,760.00	97,760.00
Válvula de admisión y expulsión de aire, 4"Φ, 125 psi, bridada, tipo A	1	Pza	4,315.00	4,315.00
Brida soldable, de 30"Φ, 28 barrenos	1	Pza	7,910.00	7,910.00
Brida soldable, de 24"Φ, 20 barrenos	1	Pza	5,330.00	5,330.00
Tornillos con tuerca exagonal de 1 1/4x12" para válvula de mariposa	28	Pza	325.00	9,100.00
Tornillos con tuerca exagonal de 1 1/4x6 1/2" para instalar una Tee	56	Pza	160.00	8,960.00
Tornillos con tuerca exagonal de 1 1/4x5 1/2" para instalar reducción	20	Pza	145.00	2,900.00
Empaque de plomo de 30" Φ	6	Pza	840.00	5,040.00
Empaque de plomo de 24" Φ	1	Pza	575.00	575.00
Concreto hidráulico de f'c=250 kg/cm2	1	m3	1,320.00	1,320.00
Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo del # 5 15.9mm(5/8")Φ de fy=3000kg/cm2	60	kg	14.10	846.00
Habilitación de cimbra común para estructura de concreto	2.5	m2	50.00	125.00
Junta de neopreno de 47"Φ ext y 42"Φ int y 2" espesor	1	Pza	1,180.00	1,180.00
Abrazadera de solera de 78 3/4"x3"x1/4" (2000x76x6mm)	2	Pza	160.00	320.00
Ganchos con rosca y tuerca exagonal de 1"Φx12" de longitud	4	Pza	270.00	1,080.00
Aditivo para unir concreto nuevo al existente	4	L	775.00	3,100.00
Bombeo de achique	48	h	65.00	3,120.00
Anclajes de tubo de acero de 20"x4"x1/4" (50x10x0.6cm)	2	Pza	120.00	240.00
SUBTOTAL				328,716.00

8.4 Resumen.

Cuadro 8.2 Resumen del presupuesto de la tecnificación del riego de la U. R. de la Presa 50 Aniversario, del municipio de San José de Gracia, Ags.

CONCEPTO	IMPORTE (\$)
1.- PLANTA DE BOMBEO (Incluye Subestación eléctrica, cableado y filtrado general).	1,393,700.00
2.- RED DE CONDUCCIÓN INTERPARCELARIA (Incluye suministro e instalación de tuberías, limpieza, despalme, excavación, relleno y compactación del sitio en donde se colocará la tubería, conexión con la obra de toma, así como piezas y accesorios necesarios en la tubería).	12,285,897.00
8.- SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO (Incluye filtros, inyector, cinta de riego,...).	8,330,740.00
Costo total \$	22,010,337.00
Superficie total ha	380.00
Costo/ha	57,992.46

Este presupuesto se obtuvo a partir de los precios de lista de los catálogos de los principales distribuidores de tubería y materiales.

IX. ANTEPROYECTO DE NIVELACIÓN DE TIERRAS

9.1 Caracterización de las parcelas

La mayoría de las parcelas de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario", la conforman parcelas con terrazas, por lo cual se hicieron estudios de profundidad de suelos. En total se realizaron 36 barrenaciones en toda la zona de riego, para identificar la profundidad del suelo y definir la factibilidad de realizar nivelación a las parcelas. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 9.1 Descripción de la profundidad y tipo de suelo de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Aguascalientes

Barrenación	Descripción
B - 1	Parte alta de terraza. Suelo de textura arcilla, de color negro en seco; con profundidad de 50 cm a tepetate de color rojizo claro.
B - 2	Parte media-alta de terraza. Suelo de textura arcilla, de color negro en seco; con profundidad de 60 cm a tepetate de color café rojizo.
B - 3	Parte media de terraza. Suelo de textura franco arcillosa, de color café grisáceo oscuro en seco; con profundidad de 60 cm a tepetate de color café rojizo claro.
B - 4	Parte baja de terraza. Suelo de textura franca, de color café grisáceo claro en seco; con profundidad de más de 60 cm.
B - 5	Parte baja de terraza. Suelo de textura franco arcillosa, de color gris oscuro en seco; con profundidad de 75 cm a tepetate.
B - 6	Parte media-alta de terraza. Suelo de textura franca, de color café en seco; con profundidad de 35 cm a tepetate.
B - 7	Parte alta de terraza. Suelo de textura franca, de color café grisáceo claro en seco; con profundidad de 55 cm a tepetate.
B - 8	Parte media-alta de terraza. Suelo de textura franca, de color café grisáceo claro en seco; con profundidad de 30 cm a tepetate.
B - 9	Parte alta de terraza. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 40 cm a especie de arenisca.
B - 10	Parte media-baja de terraza. Suelo de textura franco arcillosa, de color gris café claro en seco; con profundidad de 50 cm a tepetate. A los 20 cm de profundidad se intercala una capa dura de 5 cm de espesor
B - 11	Parte plana. Suelo de textura franca, de color café rojizo claro en seco; con profundidad de más de 60 cm.
B - 12	Parte baja de terraza. Suelo de textura franco arcillosa, de color gris café claro en seco; con profundidad de 50 cm a tepetate.
B - 13	Ladera de loma. Suelo de textura franca, de color gris café claro en seco; con profundidad de 20 cm a tepetate.
B - 14	Ladera de loma. Suelo de textura franca, de color gris café claro en seco; con profundidad de 35 cm a tepetate.
B - 15	Ladera media de loma. Suelo de textura franca, de color gris claro en seco; con profundidad de 40 cm a tepetate.
B - 16	Ladera baja de loma. Suelo de textura franca, de color gris claro en seco; con

	profundidad de 45 cm a tepetate.
B - 17	Ladera baja de loma, a unos 100 m de embalse. Suelo de textura franca, de color gris claro en seco; con profundidad de 30 cm a tepetate.
B - 18	Ladera alta de loma. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 40 cm a tepetate.
B - 19	Ladera media de loma. Suelo de textura franco arcillosa, de color café claro en seco; con profundidad de 40 cm a tepetate.
B - 20	Ladera baja de loma, a unos 200 m de embalse. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 45 cm a tepetate.
B - 21	Ladera media-alta de loma. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 40 cm a tepetate.
B - 22	Ladera media de loma. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 45 cm a tepetate.
B - 23	Ladera baja de loma. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 55 cm a tepetate.
B - 24	Ladera alta de loma. Suelo de textura franca, de color café grisáceo claro en seco; con profundidad de 25 cm a tepetate.
B - 25	Ladera media de loma. Suelo de textura franca, de color café en húmedo; con profundidad de 40 cm a tepetate. Recién regado.
B - 26	Parte media-baja de ladera. Suelo de textura franco arenosa, de color café claro en seco; con profundidad de 45 cm a tepetate.
B - 27	Parte baja de ladera, a unos 200 m de embalse. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 45 cm a tepetate.
B - 28	Parte alta de ladera. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con más de 60 cm de profundidad.
B - 29	Parte media de ladera. Suelo de textura franca a franco arcillosa, de color café claro en seco; con profundidad de 60 cm a tepetate.
B - 30	Parte baja de ladera, a unos 150 m de embalse. Suelo de textura franco arcillo-arenosa, de color café grisáceo oscuro en seco; con profundidad de 55 cm a tepetate.
B - 31	Parte alta de ladera. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 50 cm a tepetate.
B - 32	Parte media de ladera. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 55 cm a tepetate.
B - 33	Parte media de ladera. Suelo de textura franco arcillo-arenosa, de color café claro en seco; con profundidad de 30 cm a arenisca muy intemperizada.
B - 34	Parte baja de ladera, a unos 50 m de embalse. Suelo de textura franca, de color café claro en seco; con profundidad de 35 cm a arenisca muy intemperizada.
B - 35	Parte alta de ladera rocosa. Suelo de textura franco arcilloso, de color gris en seco; con profundidad de 40 cm a arenisca.
B - 36	Parte baja de ladera. Suelo de textura franca, de color gris claro en seco; con profundidad de 35 cm a tepetate.

Recomendaciones para la nivelación. Como punto básico, en el caso de las terrazas actuales, se recomienda efectuar la nivelación de manera individual en cada terraza. Es decir, no resulta conveniente ampliar o borrar totalmente las terrazas de cada lote, ya que las pendientes naturales tan pronunciadas de las lomas, obligarían a cortes excesivos para suavizar tales pendientes; por el contrario, si se minimizan los cortes, el lote una vez nivelado tendría una pendiente excesiva, situaciones que no ocurren si se conservan las terrazas actuales y se hace la nivelación de cada una de ellas.

Magnitud de los cortes. En lo que se refiere a los cortes, se identificaron tres condiciones:

a).- Zonas con profundidades de 35 centímetros o menores. Estas áreas son las más críticas, ya que los cortes que en ellas pueden efectuarse son mínimos; en efecto, si se considera una profundidad media de 30 cm, un corte de por ejemplo 10 cm, dejaría un suelo de 20 cm de profundidad, que no sería recomendable para la agricultura. Por lo tanto, estas porciones (que aparente y afortunadamente son reducidas) prácticamente no admiten corte alguno.

b).- Zonas de lomeríos profundos. Estas áreas corresponden a las laderas con suelos de 40 ó más cm de profundidad, en ellas pudieran tenerse cortes de hasta 15 centímetros, ya que en estas condiciones quedaría, en el peor de los casos, un suelo de 25 centímetros de profundidad. Sin embargo, no es conveniente eliminar parte o la totalidad de las terrazas de cada lote por las razones mencionadas en párrafos anteriores. Así mismo, debe aclararse que dentro de este grupo, existen algunas porciones en donde la profundidad es mayor de 60 cm.

c).- Zonas planas profundas. Estas porciones tienen profundidades mayores a los 60 centímetros, por lo que admiten cortes de 30 cm ó mayores, de tal forma que en este aspecto puede decirse que no tienen limitaciones, las cuales serían de otro tipo como pudieran ser los costos.

Las labores agrícolas, especialmente el subsoleo y el riego a través de los años, han provocado el reblandecimiento paulatino del material del subsuelo (tepetate, arenisca o "chaute"), lo que acelera su intemperización y a la larga, este tepetate pasará a ser parte del suelo, lo que aumentará su profundidad actual, situación que en un momento dado puede tomarse en cuenta al decidir sobre la magnitud de los cortes.

Finalmente, de llevarse a efecto una nivelación, debe considerarse dentro del costo de ésta una fertilización "generosa", para disminuir el efecto de heterogeneidad en la fertilidad causado por los movimientos de tierra propios de la nivelación y evitar de esta manera reducciones excesivas en los rendimientos de los cultivos.

9.2 Superficie susceptible de nivelación

Para determinar los costos de nivelación de tierras, se determinó con base en el espesor de los suelos y a la topografía en particular de cada parcela, la necesidad de llevar a cabo la nivelación o considerar únicamente un empareje de las parcelas; de esta manera se cuantificó la superficie de nivelación y de empareje.

Se determinó que la superficie para nivelación asciende a una superficie de 80 ha y el resto 300 ha es necesario solamente el empareje de la parcela y conservar los bordos de la terraza.

A continuación se presenta el cálculo de volúmenes de cortes y rellenos para una parcela en particular.

Proyecto: Presa 50 Aniversario, Ags.

Usuario: Landín Rodríguez Socorro.

Lote: 348.

RESUMEN DE RESULTADOS (PENDIENTES NATURALES)

Volumen de corte por ha.....	286.88	m ³
Volumen de relleno por ha.....	221.16	m ³
Volumen total de corte.....	269.67	m ³
Volumen total de relleno.....	207.89	m ³
Superficie a nivelar	0.94	ha
Pendiente natural en el eje Y.....	1.1083	%
Pendiente natural en el eje X.....	-1.5441	%
Costo unitario de movimiento.....	10.00	\$/m ³
Costo de nivelación por hectárea....	2,868.80	\$
Costo total de nivelación	2,696.68	\$
Area interior.....	0.880	ha
Suma de espesores de corte.....	1.384	m
Suma de espesores de relleno.....	1.105	m
Coeficiente de compactación.....	0.300	m
Volumen de corte en área interior....	252.455	
Volumen de relleno en área interior..	194.624	
Relación Vol. Corte/Vol. Relleno.....	1.297	
Número de puntos de corte	16	
Número de puntos de relleno.....	20	
Altura de corte promedio	8.6	cm
Num. de puntos con corte < 5 cm.....	5	
X centroidal.....	29.858	m
Y centroidal.....	127.518	m
Cota centroidal.....	2053.984	m
Cota del punto de origen.....	2056.427	m

Los anteriores resultados se obtuvieron por medio del software "Sistema de Nivelación de Tierras SINIVET", desarrollado por el departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma

Chapingo, que emplea el método de mínimos cuadrados que permite minimizar el movimiento de tierras en un lote irregular.

La superficie viable a nivelar es de 80 has, y la superficie restante de 300 has, estas últimas son parcelas con terrazas en la cual se recomienda únicamente actividades de empareje y de mantenimiento y conservación de bordos de las terrazas. Las actividades para llevar a cabo el empareje de las parcelas se requiere de un rastreo previo y posteriormente el paso de tablonos para rellenar los puntos o áreas bajas. El cuadro 2 presenta la superficie y los costos de las necesidades de nivelación y empareje.

Se integraron los costos de nivelación, tomando en cuenta un promedio de un volumen de cortes y rellenos menores de 400 m³/ha, con un costo promedio de \$ 2,800/ha.

Cuadro 9.2 Superficie preliminar y los costos de las necesidades de nivelación y empareje para la unidad de riego de la presa "50 Aniversario", municipio de San José de Gracia

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U. (\$/ha)	Total (\$)
Nivelación	ha	80	2,800	224000
Empareje y conservación del bordo de la terraza	ha	300	1,200	360000
Total				584, 000

El costo total es de \$ 584,000 para nivelación y empareje de terrenos.



X. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL SISTEMA DE RIEGO DE LA UNIDAD DE RIEGO DE LA PRESA "50 ANIVERSARIO", SAN JOSÉ DE GRACIA, AGUASCALIENTES.

10 1. Antecedentes

Actualmente la Unidad de riego de la presa "50 Aniversario", aplica el agua a los cultivos con sistemas de riego por gravedad, mediante una red de canales principales que conducen el agua desde la obra de toma de la presa hasta cada uno de los canales laterales y sublaterales que conforman la red de conducción secundaria, los cuales se encuentran en mal estado de conservación. La superficie dominada es de 380 ha en beneficio de 400 usuarios. Las parcelas de esta Unidad de riego, en general se caracterizan por tener una topografía accidentada, por lo que la mayoría de éstas se laboran mediante el sistema de terrazas. Esta situación origina grandes pérdidas de agua en la conducción interparcelaria y en el manejo parcelario, teniendo servicio de riego poco oportuno que repercute directamente en los bajos rendimientos de los cultivos.

Con el fin de hacer un uso eficiente del agua se elaboró un proyecto que plantea la tecnificación de las 380 ha con sistemas de riego localizado (cintilla). Este proyecto tiene la capacidad para regar diariamente en la época de máxima demanda con un gasto total de 280 l/s, para ello utiliza emisores con un gasto de 0.61 l/h. La sección de riego está dominada por una unidad de control que regula el gasto y la presión necesaria con el fin de lograr una eficiencia de aplicación parcelaria del 90%. Con la finalidad de reducir los costos de bombeo, el proyecto elaborado aprovecha la carga hidráulica disponible de la presa y el desnivel topográfico de la zona de riego, lo cual permite regar con sistema de riego presurizado (cintilla) una determinada superficie sin necesidad de bombeo. Para dominar la superficie de las parcelas ubicadas en la parte alta, se instaló una planta de bombeo. La planta de bombeo está conformada por 5 bombas.

La red de conducción del tramo muerto conecta la obra de toma de la presa con la planta de bombeo, mediante tubería de acero de 24 pulgadas de diámetro en una longitud de 940 m, el agua llega por gravedad hasta la planta de bombeo; después de este lugar, se tiene una bifurcación para derivar el agua durante los turnos de riego sin bombeo y en los demás turnos del día el agua ingresa a la planta de bombeo. El proyecto se diseñó para favorecer el bajo costo de operación por concepto de energía eléctrica.

Se realizó una caracterización y un diagnóstico socioeconómico de la población y de los usuarios de riego de la Unidad de la presa "50 Aniversario" del municipio de San José de Gracia, Aguascalientes, basado en la revisión bibliográfica de información documentada del gobierno del estado de Aguascalientes y de documentos afines de la zona de riego. Asimismo se incluye un anexo con la información básica para llevar a cabo la operación del nuevo sistema de riego proyectado, y se proponen líneas de capacitación para lograr el uso eficiente del agua de riego, obtenido a partir de los resultados del estudio socioeconómico.

10.2 Objetivos

Realizar una caracterización y un diagnóstico socioeconómico de los usuarios de riego de la Unidad de la presa "50 Aniversario" del municipio de San José de Gracia, Aguascalientes.

Elaborar propuesta de organización para la operación del sistema de riego proyectado y proponer líneas y programas de capacitación para lograr el uso eficiente del agua de riego, con base en los resultados obtenidos del estudio socioeconómico.

10.3 Caracterización física, geográfica y demográfica

El municipio de San José de Gracia se localiza en la región noroeste del estado en las coordenadas 102°25' longitud oeste y 22°09' latitud norte, y a una altura de 2050 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Calvillo y Jesús María, al oriente con el estado de Zacatecas, al sur con los municipios de Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos y al poniente con el estado de Zacatecas. Se divide en 26 localidades, de las cuales la única mayor de 2500 habitantes es San José de Gracia.

Los recursos hidrológicos de este municipio están representados por los ríos Blanco y Prieto, que atraviesan su territorio, y los arroyos Coyotes, Tortugas y Gutiérrez, todos con escaso caudal; las presas son: Plutarco Elías Calles, El Jocoque y La 50 Aniversario; cuenta con algunos bordos, como son: la Congoja, la Cieneguita y el Potrero de los López.

El clima predominante en el municipio es frío, sobre todo en la zona de la Sierra Fría. La temperatura media anual es de 16°C, registrándose la máxima en junio y julio, y la mínima en diciembre, enero y febrero; los meses calurosos se presentan a partir de abril. La precipitación media anual oscila entre 450 a 600 milímetros. Los vientos son alisios de dirección suroeste-noreste y noreste-suroeste durante el verano y parte del otoño.

La orografía de este municipio pertenece a la provincia de la Sierra Madre Occidental y presenta dos características perfectamente definidas, la zona de relieve accidentado localizada en la parte occidental, hacia la periferia del territorio municipal, representada por el macizo de la sierra Fría y la restante está constituida por zonas semiplanas.

El municipio cuenta con bosques localizados en la sierra Fría, los cuales están considerados como reserva forestal protegida. La vegetación es abundante en la mayor parte de la sierra, predominando bosques de encino y pino, pastizal natural, matorral subtropical, chaparral y algunas pequeñas porciones que no son aptas para ninguna vegetación. Por lo que a fauna se refiere cuenta con venado cola blanca, puma, coyote, jabalí, zorro y distintas variedades de aves.

El pueblo de San José de Gracia se fundó en el año de 1673, en un sitio de ganado mayor llamado "De Marta". Establecidos los primeros moradores, indígenas chichimecas, que provenían de las inmediaciones de Tepatlán, quisieron ser los legítimos dueños de estas tierras, para lo cual compraron y pagaron el precio de las mismas. Por ello, la Real Audiencia de la Nueva Galicia les extendió títulos primordiales desde el año de 1780. En el año de 1928, con motivo de la construcción de la presa Calles, por decreto de la Legislatura local quedó suprimida la cabecera municipal, siendo decretada nuevamente en el año de 1934 y confirmado como municipio sólo hasta el año de 1953.

Las principales localidades del municipio de San José de Gracia, además de la cabecera municipal son:

Paredes (1123 habitantes).
San Antonio de los Ríos (887 habitantes).
La Congoja (341 habitantes).
Rancho Viejo (237 habitantes).

El municipio de San José de Gracia cuenta con 7244 habitantes, de los cuales 3455 son hombres (47.7%) y 3789 mujeres (52.3%). La tasa media de crecimiento anual en el período 1990-2000 fue de 0.7%. INEGI. 2001. Del total de la población de San José de Gracia, 3045 habitantes (42%) están entre 0 y 14 años de edad, 3699 (51.1%) tienen entre 15 y 64 años, 416 (5.7%) tienen 65 ó más y 84 no especificaron su edad. INEGI. 2001.

10.3.1 Servicios de la población

4115 pobladores de San José de Gracia son mayores de 15 años, de éstos habitantes, el 94.9% sabe leer y escribir. INEGI 2001.

El municipio cuenta con la infraestructura adecuada para impartir educación primaria, secundaria y a nivel medio superior.

En San José de Gracia existen 1449 viviendas particulares habitadas, de las cuales el 93.9% cuenta con energía eléctrica, el 97.4% posee agua entubada, el 71.4% posee drenaje y se tiene un promedio de 5 habitantes por vivienda. INEGI 2001.

La vivienda en su mayoría es privada, generalmente de adobe, tienen bóveda de ladrillo y el piso de cemento y firme.

La cobertura en servicios de salud pública se presta por medio del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y la Secretaría de Salud (SSA), a través de puestos periféricos.

La estructura vial del municipio se compone por la carretera estatal Núm.16, la cual entronca con la federal Núm. 45. Existe también una carretera de terracería que lo comunica con el municipio de Calvillo.

Los medios de comunicación de transporte público son insuficientes, pues sólo cuenta con corridas diarias de autobuses; asimismo está dotado de correo, teléfono, telégrafo, que sólo opera en la cabecera municipal.

10.3.2 Actividades socioeconómicas

La mayor parte de la población se encuentra ocupada en el sector agropecuario. Sus principales cultivos son el maíz y el frijol (cuadros 10.1, 10.2, 10.3 y 10.4). En la ganadería predomina el libre pastoreo en pequeña escala de algunas variedades de bovino, caprino y ovino.

La industria desarrollada en la región se concentra en un pequeño taller textil en la cabecera municipal, así como en la extracción de cantera, la que no ha sido debidamente explotada.

En el municipio se localiza la mayor parte de la Sierra Fría, que alberga distintos sitios de interés turístico como el Campamento Ecológico Los Alamos y el club náutico San José en la presa Plutarco Elías Calles. En la Sierra de La Congoja se practica a su vez la cacería.

**Cuadro 10.1 Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2000.
Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes.**

Año	Tipo	Ciclo	Cultivo	Modalidad	Municipio	Sembrada (Ha)	Cosechada (Ha)	Siniestrada (Ha)	Volumen (Ton)	Rendimiento (kg/Ha)	Precio (\$)	Valor (\$)
2000	Alimenticios	Primavera Verano	Maíz Pozolero	Riego	San José de Gracia	122	100	22	250.00	2,500.00	6,000.00	1,500,000.00
2000	Básico	Primavera Verano	Frijol	Riego	San José de Gracia	4	4	0	8.50	2,125.00	4,700.00	39,950.00
2000	Básico	Primavera Verano	Maíz Grano	Riego	San José de Gracia	230	89	141	311.50	3,500.00	1,600.00	498,400.00
2000	Forraje	Perennes	Alfalfa	Riego	San José de Gracia	2	2	0	147.00	73,500.00	380.00	55,860.00
2000	Forraje	Primavera Verano	Kochia	Riego	San José de Gracia	4	2	2	95.00	47,500.00	300.00	28,500.00
2000	Frutal	Perennes	Manzana	Riego	San José de Gracia	2	2	0	6.00	3,000.00	2,300.00	13,800.00

**Cuadro 10.2 Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2001.
Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes.**

Año	Tipo	Ciclo	Cultivo	Modalidad	Municipio	Sembrada (Ha)	Cosechada (Ha)	Siniestrada (Ha)	Volumen (Ton)	Rendimiento (kg/Ha)	Precio (\$)	Valor (\$)
2001	Alimenticios	Perennes	Nopal Verdura	Riego	San José de Gracia	1	1	0	45.00	45,000.00	1,157.78	52,100.00
2001	Alimenticios	Primavera Verano	Maíz Pozolero	Riego	San José de Gracia	152	152	0	532.00	3,500.00	5,000.00	2,660,000.00
2001	Básico	Primavera Verano	Maíz Grano	Riego	San José de Gracia	223	223	0	669.00	3,000.00	1,400.00	936,600.00
2001	Forraje	Otoño Invierno	Pasto Ciclo Corto	Riego	San José de Gracia	2	2	0	94.00	47,000.00	215.96	20,300.00
2001	Forraje	Perennes	Alfalfa	Riego	San José de Gracia	2	2	0	173.50	86,750.00	274.35	47,600.00
2001	Forraje	Otoño Invierno	Avena Forraje	Riego	San José de Gracia	13	13	0	500.00	38,461.54	300.00	150,000.00
2001	Forraje	Primavera Verano	Avena Forraje	Riego	San José de Gracia	2	2	0	60.00	30,000.00	180.00	10,800.00
2001	Frutal	Perennes	Manzana	Riego	San José de Gracia	16	15	0	110.00	7,333.33	1,563.64	171,999.98

Cuadro 10.3 Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2002.
Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes.

Año	Tipo	Ciclo	Cultivo	Modalidad	Municipio	Sembrada (Ha)	Cosechada (Ha)	Siniestrada (Ha)	Volumen (Ton)	Rendimiento (kg/Ha)	Precio (\$)	Valor (\$)
2002	Forraje	Perennes	Alfalfa	Riego	San José de Gracia	2	2	0	130.00	65,000.00	250.00	32,500.00
2002	Básico	Primavera Verano	Frijol	Riego	San José de Gracia	9	9	0	22.50	2,500.00	6,000.00	135,000.00
2002	Básico	Primavera Verano	Maíz Grano	Riego	San José de Gracia	322	322	0	996.00	3,093.17	1,450.00	1,444,200.00
2002	Alimenticios	Primavera Verano	Maíz Pozolero	Riego	San José de Gracia	42	42	0	151.00	3,595.24	3,500.00	528,500.00
2002	Frutal	Perennes	Manzano	Riego	San José de Gracia	14	14	0	137.50	9,821.43	3,000.00	412,500.00
2002	Alimenticios	Perennes	Nopal Verdura	Riego	San José de Gracia	2	2	0	83.00	41,500.00	1,265.66	105,050.00

Cuadro 10.4 Principales cultivos de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario". Año 2003.
Municipio de San José de Gracia, Aguascalientes.

Año	Tipo	Ciclo	Cultivo	Modalidad	Municipio	Sembrada (Ha)	Cosechada (Ha)	Siniestrada (Ha)	Volumen (Ton)	Rendimiento (kg/Ha)	Precio (\$)	Valor (\$)
2003	Basico	Primavera Verano	Maiz Grano	Riego	San José de Gracia	335	335	0	1,005.00	3,000.00	1,800.00	1,809,000.00
2003	Forraje	Primavera Verano	Maiz	Riego	San José de Gracia	15	15	0	234.00	15,600.00	300.00	70,200.00
2003	Basico	Primavera Verano	Frijol	Riego	San José de Gracia	4	4	0	7.50	1,875.00	3,500.00	26,250.00
2003	Alimenticio	Primavera Verano	Maiz Pozolero	Riego	San José de Gracia	30	30	0	90.00	3,000.00	3,500.00	315,000.00
2003	Forraje	Perennes	Alfalfa	Riego	San José de Gracia	2	2	0	26.00	13,000.00	265.40	6,900.00
2003	Frutal	Perennes	Manzano	Riego	San José de Gracia	14	14	0	45.00	3,214.30	3,000.00	135,000.00
2003	Alimenticio	Perennes	Nopal Verdura	Riego	San José de Gracia	2	2	0	119.00	59,500.00	835.30	99,400.00

Fuente: Comisión para el Desarrollo Agropecuario del estado de Aguascalientes (CODAGEA), <http://www.aguascalientes.gob.mx>.

Resumen cultivos principales

Año	Ciclo	Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Precio (\$/ton)
2000	PV	Maíz grano	230	3.5	1,600
		Maíz pozolero	122	2.5	6,000
	Perenne	Manzano	2	3.0	2,300
2001	PV	Maíz grano	223	3.0	1,400
		Maíz pozolero	152	3.5	5,000
	Perenne	Manzano	16	7.3	1,564
2002	PV	Maíz grano	322	3.1	1,450
		Maíz pozolero	42	3.6	3,500
	Perenne	Manzano	14	9.8	3,000
2003	PV	Maíz grano	335	3.0	1,800
		Maíz pozolero	30	3.0	3,500
	Perenne	Manzano	14	3.2	3,000

El cultivo principal lo representa el maíz para grano, con una superficie que varía en este período de 223 a 335 ha. El maíz pozolero, es otro cultivo con una superficie considerable que varía de 30 a 122 ha. El cultivo de manzano es una superficie que tiende a incrementarse y por lo tanto con el sistema presurizado representa un cultivo potencial para la zona de riego.

10.3.3 Aspectos culturales y religiosos

El pueblo entero conserva la costumbre de ir a bañarse a la presa Calles el 24 de junio, día de San Juan, ya que ese día consideran que el agua se encuentra bendita.

Existen talleres familiares que fabrican accesorios de charrería.

El municipio cuenta con Casa de la Cultura.

El día 6 de enero es la celebración religiosa de San José de Gracia, dedicada al maíz como base de alimentación y producto netamente de la región, que se viene celebrando desde 1915.

El 8 de diciembre se celebra la fiesta patronal, día de la Virgen de la Inmaculada Concepción.

10.3.4 Tenencia de la Tierra.



Lámina 10.1 Verificación de la ubicación de la infraestructura hidroagrícola existente y relación de Usuarios de la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Ags.

El 30 de octubre de 1923 los vecinos del pueblo de San José de Gracia solicitaron ante el C. Gobernador del Estado, de conformidad con las leyes agrarias, se les dotara de ejidos, en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. Misma que se concede por la resolución presidencial el día 3 de septiembre del año de 1925, con un total de 3,902.50 ha, mismas que se tomaron de las haciendas denominadas Pabellón y Paredes, a razón de 2,788.18 ha de la primera y 1,114.32 de la segunda, para beneficio de 336 jefes de familia y varones mayores de 18 años. Publicándose en el diario oficial de la federación el día martes 3 de noviembre de 1925.

Iniciando la posesión y deslinde el día 1 de diciembre de 1925, y concluida el día 15 de julio de 1964. Se anexa copia de resolución presidencial y actas de posesión y deslinde.

En 1973 por petición de ejidatarios de San José de Gracia, se da inicio a la construcción de la presa 50 Aniversario. Las 400 ha de riego quedan comprendidas dentro de esta resolución presidencial.

En cuanto a certificados agrarios no existe problema, ya que todos los usuarios tienen la documentación correspondiente.

Perfil de tenencia de la tierra.

Rango (ha)	No de usuarios comprendidos en el rango	%	Superficie del rango (ha)	%
1.0 a 2.0	298	94.90	334	83.50
2.1 a 4.0	15	4.78	48	12.00
4.1 a 8.0	1	0.32	18	4.50
Total	314	100.00	400	100.00

La unidad se constituyó como asociación el 16 de marzo de 1990 en el municipio de San José de Gracia, está conformada por 314 usuarios todos ellos ejidatarios, con un total de 400 ha de riego. Esta asociación lleva el control de los aspectos de administración como: los derechos sobre el agua para riego, cuotas en efectivo para la conservación de la infraestructura y pago de canaleros.

Existe una actitud personalista, lo que hace que los esfuerzos se dispersen obteniendo con ello, que los usuarios estén cada día más alejados de unirse para producir y comercializar sus productos.

Están organizados como Asociación Civil, cuyo objetivo es tener personalidad jurídica y fortalecer la unidad de riego mejorando la operación, conservación y administración de las obras; contar con un reglamento interno y estatutos sociales que todos los usuarios apliquen para el buen uso del agua, celebrar contratos en beneficio de los usuarios y gestionar recursos ante instituciones gubernamentales para el mejoramiento de su infraestructura.

Aunque la presencia y el apoyo institucional es esporádico, se han tenido apoyos tales como: el de la SAGARPA en el aspecto agropecuario, poca asistencia técnica y la de procampo; de CONAGUA en expedición de concesiones y permisos para el uso del agua, INIFAP en información por medio de folletos en las labores agrícolas y control de plagas, entre otros.

Labores agrícolas.

Las labores agrícolas están debidamente establecidas, sin embargo se realizan reuniones una vez al año para planear las actividades relacionadas con los operativos de la siembra y la distribución del riego.

Gestión de apoyos.

La gestión de apoyos se realiza de forma individual por cada usuario. Ante la asociación se gestiona la distribución del agua y las cuotas para el mantenimiento de la infraestructura.

10.4 Operación del sistema de producción actual

La mesa directiva de la Asociación civil está conformada por un presidente, un secretario y un tesorero. Los cuales llevan a su mejor entender la administración, control, operación y aplicación de los riegos. Los demás aspectos relacionados con la producción agrícola recaen directamente en la autoridad del comisariado ejidal.

Actualmente la operación del servicio de riego es manejada por dos canaleros encargados de distribuir el agua hasta la parcela de los usuarios, así como de vigilar el buen uso de la misma. En la lámina 2 se presenta la zona de riego dominada con la presa "50 Aniversario", con la red de canales actuales.

Los salarios de estas personas son cubiertos por las cuotas de riego que los usuarios aportan cada año.

No existe una planeación de la superficie de riego a sembrar en cada ciclo, es decir, si en algún año el volumen almacenado en la presa no es suficiente para cubrir toda la superficie sembrada, los cultivos podrían no completar su lámina de riego total, repercutiendo en el rendimiento potencial del mismo, por lo que se recomienda que al inicio de cada ciclo agrícola exista una planeación, distribución y cobro oportuno de la cuota por servicio de riego, mismos que servirán para garantizar los trabajos de conservación y otros.

Sin embargo, como una fortaleza de la Unidad de riego, es que existe entre los usuarios una buena disposición para recibir capacitación. Están dispuestos a la capacitación necesaria que les ayude a elevar su nivel de ingresos y además son altamente receptivos.

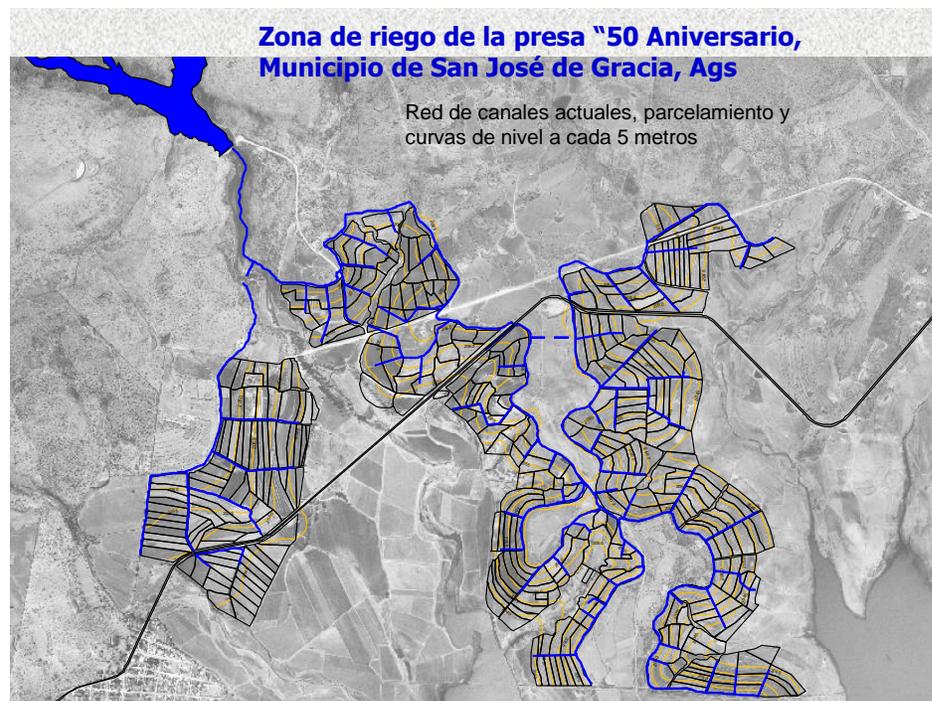


Lámina 10.2 Zona de riego la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Ags.

Con respecto a la producción agrícola actual en un 50% es consumida por ellos mismos y el resto se comercializa, el principal canal de comercialización es el estado de Aguascalientes. Como ya se mencionó, los productores se enfrentan ante un bajo costo del maíz y a una falta de mercado, pues en ocasiones no encuentran a quién venderle su producto. En los últimos años algunos productores han cultivado maíz pozolero, por tener un mejor precio en el mercado, esto ha ayudado a mejorar la utilidad del agricultor. (ver cuadros 1, 2, 3 y 4).

Dentro de la Unidad de riego, básicamente no existen conflictos internos, más bien, los usuarios actúan en forma individual con el resto de los productores, en lo que respecta a actividades primordiales como la adquisición de insumos, las labores agrícolas y comercialización de sus productos; impidiendo el trabajo en grupo o equipo, propiciando más a la desunión. También existe una falta de aplicación del reglamento de operación. La agricultura bajo riego en la unidad, si ha sido favorable en la elevación del nivel de vida del grupo de usuarios, aún cuando pueden obtenerse mejores resultados con una mejor organización.

La capacidad de satisfacer las necesidades elementales de la mayoría de los productores de: investigación agrícola, mejoramiento y manejo de tierra, manejo de los sistemas de créditos en formas apropiadas, comercialización, almacenamiento, transporte y elaboración de productos agrícolas, adiestramiento para la utilización de las nuevas tecnologías y la propia tarea docente para desarrollar todas las destrezas y formas de conocimientos adquiridos por el productor, son todavía de hecho limitadas y no han incidido en un 100% en la obtención de mejores resultados.

10.5 Propuesta de organización y capacitación

En primer lugar, aprovechar la Asociación civil ya constituida, la cual está conformada por 314 usuarios todos ellos ejidatarios, con un total de 400 ha de riego. Esta asociación llevaría el control de los aspectos de administración como: la operación del nuevo sistema de riego, la reglamentación y aplicación de la misma, los derechos sobre el agua para riego y las cuotas de riego entre otros aspectos.

Ahora con el nuevo sistema de riego es necesario seguir disponiendo del personal encargado de distribuir los riegos (al menos de estos dos canaleros), que con el nuevo sistema proyectado serían los encargados de la distribución y entrega de los riegos a nivel de parcela (Unidad de control autónomo) y además de una persona adicional, encargada de operar la planta de bombeo y el sistema de filtrado general.

Instrumentar organizaciones de apoyo para la adquisición de insumos y para la comercialización, que gire en torno a la mesa directiva de la asociación civil ya existente. En donde los mismos integrantes de la mesa directiva se encarguen de la administración de las otras organizaciones que se conformen.

Para lo anterior, es necesario fomentar programas de capacitación al personal directivo, de vigilancia y distribuidores del riego en aspectos de organización, operación, conservación y administración de unidades de riego; uso eficiente del agua; cumplir y hacer cumplir el reglamento interno de la asociación, asignar personal técnico para dar seguimiento a programas que coadyuven a mejorar la producción, operación y conservación de la zona de riego.

En especial se debe de brindar capacitación para los encargados de la operación del riego, esto incluye a los distribuidores del agua y al encargado de la planta de bombeo.

Para obtener mejores resultados se proponen las acciones siguientes:

Instrumentar programas de demostración agrícola que integren a los predios con prácticas agrícolas intensivas, vincular a los sobresalientes productores de la unidad con técnicos de investigación agrícola, generando paquetes tecnológicos conjuntos que puedan ofrecerse a agricultores de escasos recursos y de superficies pequeñas. Con parcelas de prueba donde intervengan estudiantes de las universidades, técnicos e investigadores, se podrán exponer en forma objetiva los métodos técnicos de riego y de cultivo, señalando los correctos trazos de riego, importancia de los estudios de suelos, aplicación de la lámina de riego adecuada, así como la correcta programación y distribución del agua de riego.

La misma directiva de la unidad de riego debe gestionar con ayuda de instituciones, mejores alternativas de mercado. Sin embargo, se recomienda la instrumentación de una asociación u organización para la adquisición de insumos para la producción y la comercialización de sus productos, que giren en torno de la Asociación civil existente.

Esto último se podrá lograr, con la implementación de las siguientes estrategias:

- a) Participación desinteresada y comprometida de los agremiados, para ocupar cargos administrativos.
- b) La organización de la Asociación civil, con base en el compromiso y eficiencia de la mesa directiva y de los agremiados, la cual, es la principal fortaleza con la cual se pueden lograr grandes avances en materia económica y social.
- c) La transparencia de las cuentas entregadas a los usuarios, permite obtener la confianza de los usuarios y lograr las metas propuestas sobre el consenso de los usuarios y la participación en la toma de decisiones.

En relación con las necesidades de capacitación, se requiere para los usuarios de la Unidad de Riego, considerar los siguientes temas, mismos que se presentan a continuación y en orden de importancia:

Taller de formulación del Reglamento Interno de Operación
Sistemas de operación, administración y conservación en una Unidad de Riego
Cómo regar eficientemente
Importancia del Pago de la Cuota por Servicio de Riego
Tecnificación del riego por goteo
Producción y fertirrigación de maíz y hortalizas

Con esta capacitación se pretende:

- ❖ Cumplir y hacer cumplir las funciones que establece el reglamento de operación, concernientes a las disposiciones de la distribución y aplicación del agua a nivel parcelario.
- ❖ Conocimiento y aplicación del reglamento de operación, conservación y administración por parte de los canaleros, directivos y usuarios.
- ❖ Manejar y operar de manera eficiente el nuevo sistema de riego
- ❖ Reconversión paulatina hacia cultivos más remunerativos, y que sean generadores de empleos (hortalizas).

XI. CONCLUSIONES

La Unidad de Riego de la presa "50 Aniversario" cuenta con una superficie de 400, los principales cultivos son el maíz para grano y el maíz pozolero, utilizando tanto semillas mejoradas como semillas criollas. El rendimiento promedio ha sido hasta de 3.5 ton/ha. La tenencia de la tierra es ejidal, con una superficie promedio por usuario de 1 a 2 ha.

Las labores agrícolas las llevan acabo con maquinaria (tractor) en un 80% y el otro 20% restante con tracción animal. Las labores que llevan acabo son: barbecho, rastra, siembra, escarda, fertilización, aplicación de herbicidas y fungicidas, riego, tumba, acarreo, pizca y desgrane.

La operación actual del sistema de riego que utiliza la red de canales, se hace a criterio de la mesa directiva y de los canaleros en cada una de las actividades de planeación, programación del riego, distribución del agua, etc. No se dispone de información estadística al respecto. El estado de conservación de los canales principales es bueno, no así en los laterales, ya que en estos últimos la conservación la realizan los usuarios. Generando con ellos pérdidas considerables de agua en la conducción y distribución de la misma. La conservación la realizan una vez que concluye el ciclo agrícola.

Según estadísticas de la Comisión Nacional del Agua, no se tiene problemas de escases de agua para la producción agropecuaria, ya que el agua que abastece a la presa Plutarco Elías calles se localiza aguas debajo de la presa "50 Aniversario", además, el volumen promedio de escurrimiento anual es de 4.07 millones de m³, y una capacidad útil de 3.1 millones de m³, a presa llena la capacidad es de 4.1 millones de m³.

Con el fin de hacer un uso eficiente del agua se plantea la tecnificación de las 380 ha con sistemas de riego localizado (cintilla). El proyecto planteado tiene la capacidad para regar diariamente en la época de máxima demanda con un gasto total de 280 l/s, para ello utiliza emisores con un gasto de 0.61 l/h. La sección de riego está dominada por una unidad de control que regula el gasto y la presión necesaria con el fin de lograr una eficiencia de aplicación del 90%.

Se analizaron varias alternativas de tecnificación, sin embargo, se optó por considerar la propuesta de conectar la red de conducción y de distribución con la presa, que permite aprovechar la carga hidráulica de la misma y el desnivel topográfico dentro de la zona de riego, disminuyendo los requerimientos de bombeo y con ello el consumo de energía eléctrica.

Sin embargo, esta propuesta requiere una buena organización y sincronización entre los operadores y usuarios del riego, ya que para irrigar las parcelas de las zonas de riego alta (de bombeo) y baja (sin bombeo) se utiliza la misma red entubada, debiéndose separar los turnos de riego, esto es que durante cierto horario del día o de la noche operará el sistema de bombeo y durante otro el de gravedad.

Para utilizar de manera eficiente la carga hidráulica disponible y además la aplicación eficiente del riego, se requiere de manejar una calendarización dinámica de los riegos, misma que define los horarios de los turnos para riego de gravedad y de bombeo

El proyecto elaborado aprovecha la carga hidráulica de la presa y el desnivel topográfico de la zona de riego, lo cual permite regar con sistema de riego presurizado una determinada superficie sin necesidad de bombeo, para dominar la superficie de las parcelas ubicadas en la parte alta, se instaló una planta de bombeo. La planta de bombeo está conformada por 5 bombas con una capacidad total de 270 l/s y 122 HP.

La red de conducción principal (tramo muerto) conecta la obra de toma de la presa con la planta de bombeo, mediante tubería de acero de 24 pulgadas de diámetro en una longitud de 940 m, en donde llega el agua por gravedad hasta la planta de bombeo; después de este lugar, se tiene una bifurcación para derivar el agua durante los turnos de riego sin bombeo y en los demás turnos del día el agua ingresa por la planta de bombeo. El proyecto se diseñó para favorecer el bajo costo de operación por concepto de energía eléctrica, resultando costos de energía eléctrica de \$ 33/ha ciclo, equivalentes en este caso en particular, a \$ 18.30 por millar de m³.

La organización actual es una Asociación Civil, siendo la asamblea general la autoridad suprema de la Unidad. Se realizan asambleas ordinarias cada año y extraordinarias cuando se requiere. El periodo de la mesa directiva es de 3 años, pudiéndose reelegir por otro período de acuerdo a decisión de la asamblea general.

La cuota de riego es de \$ 200.00 (doscientos pesos) por hectárea por año, considerándose insuficiente para la operación, mantenimiento y administración de la infraestructura. Independientemente de los cultivos y del volumen de riego utilizado.

Con el nuevo sistema de riego se pretende beneficiar una superficie de 380 ha, en beneficio de 400 usuarios, utilizando un gasto máximo de riego de 280 l/s. Con este sistema es necesario organizar y capacitar a los usuarios para la operación, manejo y administración eficiente del riego. Específicamente capacitarlos en los siguientes temas:

Taller de formulación del Reglamento Interno de Operación

Sistemas de operación, administración y conservación en una Unidad de Riego

Cómo regar eficientemente

Importancia del Pago de la Cuota por Servicio de Riego

Tecnificación del riego por goteo

Producción y fertirrigación de maíz y hortalizas

ANEXO 1. RELACIÓN DE USUARIOS

RELACIÓN DE USUARIOS DE LA PRESA "50 ANIVERSARIO", MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE GRACIA, AGS.					
ha	NUM	PROPIETARIO ACTUAL			PROPIETARIO ANTERIOR
		PATERNAL	MATERNAL	NOMBRE (S)	
2	1	MENDEZ	LANDIN	J. GUADALUPE	ANTONIO MENDEZ RODRIGUEZ
0.9	2	GARCIA	LOPEZ	JESUS	
0.9	3	RODRIGUEZ	GARCIA	NADIA	
1.1	4	RODRIGUEZ	GARCIA	BLANCA ESTELA	
0.8	5	RODRIGUEZ	GARCIA	NORA NELIDA	
1.2	6	RODRIGUEZ	AGUAYO	FRANCISCO	
1.2	7	CERVANTES	HERNANDEZ	JOSE	
0.8	8	NERI	LIRA	JUAN	
0.8	10	ESCOBAR	RENDON	SALOME	
1.8	11	HERRERA	GARCIA	JOAQUIN	
0.8	12	HERRERA	GARCIA	ANTONIO	
0.6	13	GARCIA	GONZALEZ	ENRIQUE	
1	14	GARCIA	GARCIA	SENON	
1	15	LUCERO	NUÑEZ	ANTONIO	
1	17	LUCERO	HERNANDEZ	ARTURO	
0.6	18	DIAZ	CARDONA	DIONICIO	
1.1	19	DIAZ	TISCAREÑO	ANDRES	
0.5	20	RODRIGUEZ	TORRES	GERARDO	PAULA CAMPOS
0.8	21	QUIROZ	NERI	NEZAHUALCOYOTL	ROMUALDO QUIROZ HDEZ
0.7	22	HERNANDEZ	MARTINEZ	OTILIA	
1.2	23	ROMAN	RAMIREZ	LINO	
1	24	ROMAN	RAMIREZ	LINO	
1.4	26	CASTORENA	GONZALEZ	GUADALUPE	
0.8	27	LOPEZ	AVILA	SONIA	ANTONIO GARCIA ORTEGA
1.3	28	RODRIGUEZ	DE LA CRUZ	JULIAN	
0.8	29	CASTORENA	GONZALEZ	EVARISTO	
1	30	LOPEZ	AVILA	SONIA	GUADALUPE ?
1	31	RODRIGUEZ	SANTOS	BENJAMIN	
1	32	LOPEZ	AVILA	SONIA	JUAN RODRIGUEZ RGUEZ
0.6	33	DURAN	GONZALEZ	RAFAEL	
1.2	34	LOPEZ	AVILA	SONIA	RODRIGO PUENTES S
0.7	35	SANTOS	GARCIA	MARGARITA	
0.8	36	GARCIA	DE LARA	PEDRO	
0.4	37	LOPEZ	CASTORENA	EMILIA	
1	38	SANCHEZ	MENDEZ	J. JESUS	
1	39	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	MAURILIO	MONICA HERNANDEZ RGUEZ
0.8	40	HERNANDEZ	LOPEZ	AGUSTIN	
0.6	41	UVALLE	RODRIGUEZ	CATARINO	

1	42	ROMERO	DIAZ	MARIA CRUZ	MACEDONIO ROMERO RGUEZ
1.2	43	DIAZ	ESPINO	MARGARITO	
1.1	44	DIAZ	CHAVEZ	PEDRO ERICK	PEDRO DIAZ GONZALEZ
1.2	46	GARCIA	DE LARA	PEDRO	
1.4	47	GARCIA	ORTEGA	ENRIQUE	
1.1	48	LOPEZ	GARCIA	ENRIQUE	
1.2	49	HERNANDEZ	LOPEZ	J. INES	
1.1	50	GARCIA	LUCERO	ALEJO	
0.8	51	LOPEZ	CARDONA	JOSE MANUEL	MARCELINA RODRIGUEZ .
1.2	52	MENDEZ	AVILA	ALMA DELIA	TORIBIO UVALLE RODRIGUEZ
1.1	53	DIAZ	GONZALEZ	J. REFUGIO	
0.85	54	SALAZAR	VDA. DE CHAVEZ	PETRA	
1.2	55	RODRIGUEZ	RODRIGUEZ	JOSE MANUEL	
1.2	56	ROMAN	DE ROCHA	MA. TRINIDAD	
0.8	57	CASTORENA	GARCIA	PABLO	
2.4	58	TRINIDAD	DE LARA	J. JESUS	
1.6	60	RAMIREZ	R.	MARIA GUADALUPE	
1.1	61	GARCIA	LOPEZ	GLORIA	J. JESUS GARCIA GARCIA I.
1.4	62	GARCIA	RAMIREZ	HILARIO	
1.08	64	GONZALEZ	CHAVEZ	FERNANDO	
0.55	65-1	GONZALEZ	QUIROZ	JOSE	
1.05	65-2	GONZALEZ	QUIROZ	JOSE	
1.1	66	GONZALEZ	QUIROZ	J. JESUS	
1.1	67	TRINIDAD	DE LARA	ANTONIO	
1.2	68	DE LARA	VDA. DE TRINIDAD	CELIA	
1	69	MENDEZ	LANDIN	SALVADOR	
1	70	CHAVEZ	CASTORENA	HECTOR	REFUGIO GONZALEZ S
1.6	71	PUNTES	GONZALEZ	TERESA	INOCENCIO MENDEZ R.
1.22	72	MENDEZ	RODRIGUEZ	MA. MERCEDES	JUAN ESCOBAR RENDON
	73	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.	SUPERFICIE TOTAL = 18.2 HA.	
0.8	73-1	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1	73-2	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.8	73-3	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.8	73-4	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.8	73-5	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.7	73-6	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.9	73-7	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1.1	73-8	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1	73-9	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1.1	73-10	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		

1.4	73-11	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1.1	73-12	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1.4	73-13	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
2	73-14	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.8	73-15	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.5	73-16	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
0.9	73-17	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1.1	73-18	ESCUELA SECUNDARIA	TECNICA No. 618 D.		
1.51	74	ALVARADO	VDA. DE AVILA	CELINA	
1.8	75	CHAVEZ	HERNANDEZ	SERGIO	
0.7	76	AVILA	ALVARADO	JOSE ANGEL	
1.6	77	PUENTES	GONZALEZ	ELENO	
1.6	78	PUENTES	GONZALEZ	ELENO	
1.2	79	PUENTES	GONZALEZ	ELENO	
1.3	80	RODRIGUEZ	CARDONA	FERNANDO	
1	81	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	JOSE	
1.3	82	LOPEZ	GONZALEZ	ISMAEL	
1	83	GONZALEZ	NUÑEZ	ALFREDO	
1	84	GONZALEZ	NUÑEZ	ALFREDO	
1.2	85	MARTINEZ	LOPEZ	ARTURO	J. JESUS MARTINEZ GLEZ
1	86	MARTINEZ	LOPEZ	ARTURO	ARTURO MARTINEZ LOPEZ
0.4	87-1	ROCHA	HERNANDEZ	ARTURO	
1.21	87-2	ROCHA	HERNANDEZ	ARTURO	
0.9	88	MEDINA	QUIROZ	GUSTAVO	
0.7	89	RODRIGUEZ	GONZALEZ	SARA	J. CONCEPCION ALVARADO H
0.8	91	RODRIGUEZ	GONZALEZ	SARA	
0.8	92-1	RODRIGUEZ	GONZALEZ	MIGUEL	
0.8	92-2	RODRIGUEZ	PUENTES	MA. ANGELINA	
1	93	RODRIGUEZ	PUENTES	JOSE LUIS	
0.7	94	ROCHA	HERNANDEZ	ROBERTO	
0.6	95	ROCHA	GARCIA	GONZALO	
1	96	ROCHA	HERNANDEZ	J. REFUGIO	
0.7	98	GARCIA	REQUENES	SIVILO	
0.4	99-1	GONZALEZ	CASILLAS	BERNARDINO	
0.8	100	GONZALEZ	QUIROZ	EZEQUIEL	
1.2	101	ROCHA	HERNANDEZ	ARTURO	
1.9	102	LOPEZ	VENTURA	SERGIO	
0.9	103	RODRIGUEZ	GARCIA	ATENOGENES	
1.9	104	RODRIGUEZ	GONZALEZ	DOMINGO	
0.7	105	RODRIGUEZ	GONZALEZ	BRUNO	
0.5	106	ROCHA	HERNANDEZ	GUILLERMO	
0.6	107	HERNANDEZ	RODRIGUEZ	BRUNO	

0.7	108	HERNANDEZ	RODRIGUEZ	BRUNO	
1.4	109	HERNANDEZ	RODRIGUEZ	J. INES	
1.9	110	HERNANDEZ	RODRIGUEZ	J. INES	
2.8	112	GARCIA	CAMPOS	FRANCISCO	
0.1	113	ALCOCER	CARDONA	ISIDRO	ANTONIO HERNANDEZ GARCIA
0.3	114	ALCOCER	CARDONA	ISIDRO	ANTONIO HERNANDEZ GARCIA
1.1	115	DUEÑAS	CLAUDIO	J. GUADALUPE	
1.4	117	RODRIGUEZ	PUNTES	PETRONILO	
1.5	118	VALLIN	GARCIA	JULIO	
0.8	119	VALLIN	GARCIA	JULIO	J. REFUGIO VALLIN S.
0.3	120	ESCOBAR	RODRIGUEZ	J. JESUS	MA. DOLORES RODRIGUEZ G
0.6	121	RODRIGUEZ	RODRIGUEZ	VICTORIANO	
0.5	122	RODRIGUEZ	RODRIGUEZ	FRANCISCO	
0.9	123	RODRIGUEZ	RODRIGUEZ	J. MERCED	
1.39	124	GONZALEZ	NUÑEZ	REFUGIO	JUAN SANCHEZ R.
1.41	125	LOPEZ	GONZALEZ	JACINTO	
0.7	126	GONZALEZ	QUIROZ	MANUEL	
1.2	127	MARTINEZ	GONZALEZ	ALICIA	
0.9	128	CARDONA	LIRA	JUAN JOSE	
1.5	129	LOPEZ	GARCIA	JAVIER	
1.78	130	LOPEZ	GONZALEZ	FERMIN	
0.8	131	LOPEZ	GONZALEZ	JESUS	
0.9	132	HERNANDEZ	DE CHAVEZ	MA. DEL REFUGIO	
0.9	133	CALVILLO	REYES	JESUS	J. MANUEL HERNANDEZ DE L
3.3	134	LOPEZ	GARCIA	JOSE	
0.55	135-1	CARDONA	RODRIGUEZ	BLAS	
0.95	135-2	ROCHA	GARCIA	J. JESUS	
0.9	138	HERNANDEZ	RODRIGUEZ	ALBERTO	
1.3	139	DE LA CRUZ	ZAMARRIPA	J. REFUGIO	
0.9	141.1	ROCHA	HERNANDEZ	ARTURO	
	141.2	ROCHA	GARCIA	REFUGIO	
0.4	142.1	REYES	CRUZ	ODILON	
0.22	142.2	REYES	CRUZ	ODILON	
0.26	142.3	REYES	CRUZ	ODILON	
1	143	CERVANTES	QUIROZ	ISAIAS	
0.6	144	ROCHA	GARCIA	REFUGIO	
0.5	145	GARCÍA	VIUDA DE REYES	DOMITILA	
1	146	GONZALEZ	VDA. DE LANDIN	EUSEBIA	
1.2	147	GONZALEZ	VDA. DE LANDIN	EUSEBIA	
0.9	148	LIRA	REYES	REFUGIO	
0.8	149	LIRA	REYES	CATARINO	
0.7	151	VENTURA	LOPEZ	VICENTE	ALFONSO LIRA REYES
0.6	152	VENTURA	LOPEZ	VICENTE	PAULA REYES DELGADO
0.72	153	LOPEZ	GARCIA	ANTONIO	
0.78	154	LOPEZ	GARCIA	ROMUALDO	
0.42	156	GARCIA	VDA. DE LOPEZ	JULIA	

1	157	CARDONA		MARIA CONCEPCION	
1.22	158	LANDIN	GARCIA	LORENZO	
0.8	159	LANDIN	GARCIA	LORENZO	
1	160	GARCIA	LOPEZ	AMADO	
1.2	161	GARCIA	GARCIA	MARCO ANTONIO	
0.71	162-1	GARCIA	LOPEZ	J. LEONOR	
0.7	165	ROMAN	DURON	MIGUEL ANGEL	RAFAEL ROMAN DURON
0.6	166	ROMAN	DURON	J. JUAN	
0.8	167	ROMAN	DURON	BRAULIO	
0.8	168	DELGADO	ROMÁN	DAVID	BALTAZAR ROMÁN MARTINEZ
0.6	168-1	ROMAN	MARTINEZ	BALTAZAR	
0.7	170	ROMAN	MARTINEZ	FLORA	
0.7	171	ROMAN	MARTINEZ	MARINA	
1	172	ROMAN	MARTINEZ	MA. DEL JESUS	
0.5	173	RODRIGUEZ	RODRIGUEZ	ANASTACIO	
0.8	174	CARDONA	RODRIGUEZ	RAFAEL	
1	175	NERI	BOCANEGRA	ESTHER	
1.1	176	REYES	ROMAN	PAULA	
0.2	177	CHAVEZ	REYES	BERNARDO	
0.6	178	ROJAS	LECHUGA	ESTHER	VALENTIN ROMÁN MARTÍNEZ
0.5	180	LOPEZ	GARCIA	SALVADOR	
0.3	181	GARCIA	RODRIGUEZ	ANTONIO	
0.7	182	GARCIA	GARCIA	MAURILIO	
1	183	LOPEZ	GARCIA	ELISEO	
0.4	184	LOPEZ	GARCIA	ROSA	
0.4	185	ROCHA	GARCIA	MARTIN	
0.2	186	ROCHA	LUEVANO	ANGEL	
0.8	187	LANDIN	MIRANDA	ARMANDO	
0.5	189	ROMERO	RODRIGUEZ	FRANCISCO	
0.8	190	TORRES	MARTINEZ	ALFREDO	JOSEFINA GARCIA MENDEZ
0.6	191	UVALLE	RODRIGUEZ	ANTONIO	
0.7	192	TORRES	MARTINEZ	ALFREDO	PETRA SALAZAR ORTEGA
0.9	193	PUNTES	GONZALEZ	GONZALO	
0.8	194	CARDONA	HERNANDEZ	JOSE VICTORIO	
1.2	195	GARCIA	LOPEZ	PANFILO	
0.7	196	GARCIA	GARCIA	JESUS	
0.4	197	GARCIA	GARCIA	MARGARITO	
0.8	198	LOPEZ	GARCIA	J. REFUGIO	
0.6	199	LOPEZ	QUIROZ	J. REFUGIO	
0.5	200	HERNANDEZ	LOPEZ	ELENA	
0.49	201-1	MENDEZ	LANDIN	SALVADOR	
0.4	201-2	HERNANDEZ	RODRIGUEZ	PEDRO	ALFREDO RODRIGUEZ LUNA
1.66	202	RODRIGUEZ	RODRIGUEZ	GONZALO	
0.7	203	RODRIGUEZ	ESCOBEDO	GONZALO	J. JESUS NERI LIRA

1	204	MENDEZ	HERNANDEZ	MANUEL	
0.5	205	MENDEZ	AVILA	LUIS MANUEL	
0.7	206	NERI	CHAVEZ	ALFREDO	
0.4	208	MENDEZ	LANDIN	MA. DOLORES	J. JESUS RODRIGUEZ GLEZ
0.4	209	GONZALEZ	REYES	RAUL	
0.9	210	SANCHEZ	HERNANDEZ	ALFREDO	
1.1	211	SANCHEZ	HERNANDEZ	ALFREDO	MA. DOLORES CHAVEZ
1.3	212	NERI	MARTINEZ	JOSE	
0.7	213	RODRIGUEZ	GARCIA	MANUEL	
0.7	214	ROCHA	GONZALEZ	HUMBERTO	JORGE RODRIGUEZ GARCIA
0.7	215	LOPEZ	GARCIA	MARIO	
0.5	216	LOPEZ	GARCIA	ROMUALDO	
0.6	217	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	ENRRIQUE	ANDRÉS RODRÍGUEZ HDEZ
0.6	218	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	ENRIQUE	
0.7	219	RODRIGUEZ	CARDONA	FELIX	
0.6	220	RODRIGUEZ	CARDONA	MIGUEL	MARTIN CARDONA RGUEZ
0.2	221	CHAVEZ	RODRIGUEZ	SILVIA	
0.9	222	UVALLE	IBARRA	LUIS	
1.4	223	LOPEZ	VILLALOBOS	JUAN	
1.3	224	LOPEZ	VILLALOBOS	ALEJANDRO	
0.7	225	REYES	CHAVEZ	J. SANTOS	
1	226	REYES	ROSALES	J. SANTOS	
0.59	227	REYES	CHAVEZ	PEDRO	
0.5	228	GARCIA	MARTINEZ	J. JESUS	
0.5	229	GARCIA	RODRIGUEZ	J. CRUZ	
0.6	230	GARCIA	CARDONA	J. GUADALUPE	
1.05	231	RAMIREZ	CORTES	MARIANO	CORTES NUÑEZ VICENTE
1.08	232	RAMIREZ	CORTES	SALVADOR	
1.09	234	CERVANTES	GARCIA	JACINTO	
1	236	HERNANDEZ		ISABEL	LIBORIO HERNANDEZ GLEZ
0.8	237	GONZALEZ	G.	JOSE HUMBERTO	
0.9	238	VENTURA	MEDINA	ANTONIO	J. INES GONZALEZ C
1.2	239	ROCHA	GARCIA	RAMON	INADEA MARTINEZ DE ROCHA
0.9	240	GARCIA	ROMAN	JUAN	
0.5	241	ROMAN	RAMIREZ	LINO	
0.9	242	GARCIA	LUCERO	J. JESUS	
0.9	243	PASILLAS	DE FIERROS	MA. GUADALUPE	
1.4	244	PASILLAS	TRINIDAD	MA. AURELIA	
1.05	245	ROCHA	GARCIA	AMALIA	ROMERO ROCHA FELIPA
1.5	246	MARTINEZ	REYES	MA. MARGARITA	
0.9	247	RODRIGUEZ	VENTURA	EMILIA	FIDEL MARTINEZ REYES
0.72	248	SANTOS	CALZADA	J. CLEOFAS	
0.57	249	SANTOS	CALZADA	J.CLEOFAS	
0.67	250	QUIROZ	HERNANDEZ	ALFREDO	
0.76	251	QUIROZ	HERNANDEZ	ARTURO	
0.78	252	DIAZ	ESPINO	RAFAEL	RAFAEL NERI RODRIGUEZ
0.87	253	GONZALEZ	NUÑEZ	ELENA	

0.94	254	RAMIREZ	GONZALEZ	RAUL	
0.65	256	QUIROZ	NERI	NETZAHUALCOYOTL	
1.02	257	GARCIA	DE LARA	MA. DEL JESUS	JORGE RAMIREZ CORTES
0.97	258	RAMIREZ	CORTES	MARIANO	JUAN RAMIREZ CORTES
1.7	259	HERNANDEZ	GARCIA	ANTONIO	
0.89	260	HERNANDEZ	GARCIA	ANTONIO	
0.65	261	ALCOCER	CARDONA	JULIAN	
1.14	263	HERNANDEZ	PUNTES	ANTONIO	LUIS SANTOS NUÑEZ
0.9	264	GARCIA	GARCIA	PETRONILO	JUANA GARCIA LOPEZ
1.1	265	ROCHA	GARCIA	REFUGIO	JOSE LUIS GARCIA GARCIA
0.6	266	LOPEZ	QUIROZ	CLETO	
0.5	267	RODRIGUEZ	VENTURA	ANTONIO	ANTONIO RODRIGUEZ GARCIA
1.3	268	RODRIGUEZ	VENTURA	MIGUEL	
0.8	269	RODRIGUEZ	VENTURA	ANTONIO	SERAPIO FCO. RODRIGUEZ V
0.7	270	RODRIGUEZ	VENTURA	ANTONIO	VICENTE RAMIREZ CHAVEZ
1.2	271	RAMIREZ	GARCIA	ARTURO	
1.5	272	RAMIREZ	GARCIA	RODOLFO	
0.6	273	CHAVEZ	LOPEZ	MA. CONCEPCION	
2	274	GARCIA	CHAVEZ	JESUS	
0.8	275	LIRA	GARCIA	BENJAMIN	
0.6	276	LIRA	GARCIA	CONRADO	
0.6	277	LIRA	GARCIA	JOSE MANUEL	
0.4	278	GONZALEZ	VENTURA	ESTHER	
0.5	280	GONZALEZ	REYES	MARIA DE LOURDES	REFUGIO ALVARADO RAMIREZ
0.7	281	GONZALEZ	REYES	MARIA DE LOURDES	ISIDRO ALCOCER CARDONA
0.9	282	SANCHEZ	AREVALO	JOSE	
0.4	283	GONZALEZ	NUÑEZ	J. REFUGIO	J. NIEVES SANCHEZ GLEZ
1.01	285	VENTURA	ESPARZA	CUITLAHUAC	
1.2	286	VENTURA	ESPARZA	VICTOR MANUEL	
0.8	288	RAMIREZ	CORTES	MARIANO	VICTORIO SANCHEZ GLEZ
1.1	289	CHAVEZ	CAMARRILLO	EPIFANIO	
0.4	290	RAMIREZ	CORTES	MARIANO	
1.3	291	SANCHEZ	LOPEZ	ANTONIO	
1.18	292	SANCHEZ	LOPEZ	ANTONIO	
0.66	294	SANCHEZ	LOPEZ	ANTONIO	
1	297	DELGADO	PALOS	JUAN	AMELIA PALOS RODRIGUEZ
0.83	298	LEOS	GALLEGOS	MIGUEL ANGEL	ALFREDO MEDINA VENTURA
1	299	LEOS	GALLEGOS	MIGUEL ANGEL	EDMUNDO MEDINA QUIROZ
1.4	300	LEOS	GALLEGOS	MIGUEL ANGEL	OMED MEDINA QUIROZ
1.3	301	LEOS	GALLEGOS	MIGUEL ANGEL	ABSALON MEDINA QUIROZ
1.2	302	LEOS	GALLEGOS	MIGUEL ANGEL	CELIA QUIROZ DE MEDINA
0.4	302A	LEOS	GALLEGOS	MIGUEL ANGEL	
1.9	303	SANTOS	NUÑEZ	J. JESUS	
0.7	304	SANTOS	LANDIN	FERNANDO	
1.3	305	SANTOS	LANDIN	J. JESUS	
0.8	306	LOPEZ	CARDONA	MANUEL	
1.03	308	SANCHEZ	LOPEZ	ANTONIO	

1.11	308-1	SANCHEZ	LOPEZ	ANTONIO	
0.94	308-2	SANCHEZ	LOPEZ	ANTONIO	
1.1	310	MUÑOZ	SANTOS	MARIA ISABEL	DAVID LOPEZ GARCIA
1.1	311	TORRES	MARTINEZ	ALFREDO	
0.8	312	TORRES	MARTINEZ	ALFREDO	
0.9	313	TORRES	MARTINEZ	ALFREDO	
0.9	317	GONZALEZ	VDA. DE LANDIN	RICARDA	
0.5	318	LANDIN	GONZALEZ	ARTURO	
0.3	319	ESCUELA PRIMARIA	AQUILES SERDAN		
1.1	320	RODRIGUEZ	VENTURA	PEDRO	
0.4	321	RODRIGUEZ	GARCIA	PEDRO PABLO	
0.7	322	RODRIGUEZ	GARCIA	JOSE ANGEL	
2.4	323	HERNANDEZ	ESTRADA	JOSE	
0.7	324	HERNANDEZ	VALDIVIA	J. JESUS	
0.7	325	HERNANDEZ	VALDIVIA	ALFREDO	
0.8	326	ALVARADO	DUEÑAS	NORMA	JOSE ALVARADO GONZALEZ
1.5	327	DUEÑAS	CLAUDIO	GUADALUPE	RAFAEL ALVARADO DUEÑAS
1.1	328	DELGADO	PALOS	JUAN	ELIAS ALVARADO DUEÑAS
0.8	329	DUEÑAS	CLAUDIO	J. GUADALUPE	
0.6	330	DUEÑAS	CLAUDIO	J. GUADALUPE	
0.3	332	MIRANDA	AGUAYO	AMALIA	URBANO RODRIGUEZ NAJERA
0.9	333	DUEÑAS	CLAUDIO	GUADALUPE	
1	334	MUÑOZ	SANTOS	MA. ISABEL	DAVID LOPEZ GARCIA
1.2	335	MIRANDA	AGUAYO	AMALIA	PEDRO MIRANDA CASTAÑEDA
1.3	336	MIRANDA	AGUAYO	AMALIA	ANTONIO LANDIN RODRIGUEZ
0.8	337	LANDIN	MIRANDA	OSCAR	
1.1	338	LANDIN	MIRANDA	JAIME	
0.92	339	LANDIN	MIRANDA	ANTONIO	
0.9	340	MIRANDA	AGUAYO	AMALIA	JUANA FUENTES VILLALOBOS
1	345	DIAZ	ALVARADO	FELIPE	
0.7	346	GARCIA	LOPEZ	JOSE LEONEL	
0.9	347	SANTOS	LANDIN	JAIME	ANTONIA LANDIN RODRIGUEZ
1	348	LANDIN	RODRIGUEZ	SOCORRO	
0.9	349	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	ENRIQUE	PEDRO RODRIGUEZ NAJERA
1	350	RODRIGUEZ	NAJERA	ALBERTO	
1.1	351	RODRIGUEZ	RAMIREZ	EMILIA	JUAN RODRIGUEZ NAJERA
1.5	352	RODRIGUEZ	NAJERA	SOTERO	
1.1	354	GARCIA	AGUAYO	ESPERANZA	
0.5	355	NUÑEZ	RODRIGUEZ	RAUL	CONRADO NUÑEZ RGUEZ
2	356	MIRANDA	AGUAYO	AMALIA	MA. CONCEPCION LOPEZ C
0.9	358	GONZALEZ	HERNANDEZ	NIEVES	
0.8	359	VENTURA	TRINIDAD	VICENTE	
0.8	360	VENTURA	TRINIDAD	VICENTE	
1.03	361-1	VENTURA	LOPEZ	VICENTE	
0.89	361-2	VENTURA	ESPARZA	VICENTE	

0.9	362	VENTURA	LOPEZ	FRANCISCO	
1	363	VENTURA	LOPEZ	ANTONIO	
1.3	364	VENTURA	LOPEZ	CESAR AUGUSTO	
0.8	365	VENTURA	RODRIGUEZ	CUAUHTEMOC	CUAUHTEMOC VENTURA L
0.8	366	VENTURA	MEDINA II	ANTONIO	
0.9	367	REYES	DE VENTURA	CARMEN	
0.7	368	VENTURA	RODRIGUEZ	RUBEN	
0.9	369	VENTURA	RODRIGUEZ	FELIPE	
0.2	370	VENTURA	RODRIGUEZ	HERMINIO	
1.1	371-1	LOPEZ	AVILA	SONIA	ARTURO DE LUNA VENTURA
1.01	371-2	LOPEZ	AVILA	SONIA	ARTURO DE LUNA VENTURA
0.7	372	LOPEZ	AVILA	SONIA	ARTURO DE LUNA VENTURA
0.7	373	MIRANDA	AGUAYO	AMALIA	CRISPIN LOPEZ CASTORENA
0.36	374	GARCIA	AGUAYO	MA. ESPERANZA	
1.3	375	GARCÍA	AGUAYO	MA. ESPERANZA	
1	376	ROCHA	ESCALERA	FERNANDO	
0.8	*-A	DELGADO	PALOS	JESUS	
0.8	*-B	SANCHEZ	DELGADO	JORGE ANTONIO	
0.9	*-C	TORRES	MARTINEZ	ALFREDO	
0.6	*-D	ALVARADO	GONZALEZ	REFUGIO	
1.5	*-E	FUENTES	VILLALOBOS	JUANA	
0.5	335-1	MIRANDA	AGUAYO	AMALIA	
0.5	*-G	NUÑEZ	RODRIGUEZ	CONRADO	
0.8	*-H	RODRIGUEZ	ALVARADO	JOSE	
1.7	*-I	LANDIN	MIRANDA	ANTONIO	
1	*-J	HERNANDEZ	VALDIVIA	TERESA	
0.8	*-L	ALVARADO	DUEÑAS	IRENE	
0.3	*-M	GARCIA	CAMPOS	FRANCISCO	
0.3	*-N	ROMAN	RAMIREZ	SEFERINO	
0.1	*-Ñ	ROMAN	DURON	ARTURO	
1.4	*-O	RODRIGUEZ	RODRIGUEZ	JUANA	
0.2	*-P	RODRIGUEZ	HERNANDEZ	MAURILIO	
0.5	*-R	REYES	DE LA CRUZ	DANIEL	
1.4	*-T	ROCHA	GARCIA	REFUGIO	
0.5	*-V	HERNANDEZ	AGUAYO	REGINO	
0.7	*-W	ROCHA	GARCIA	REFUGIO	
1.38	*-Y	GARCIA	QUIROZ	ERMELINDA	
1.06	*-Z	LOPEZ	GARCIA	PABLO	
1.1	*-A1	DURON	MARTINEZ	REGINA	
0.9	*-B1	ROMAN	ROJAS	ALFREDO	
0.5	*-C1	GARCIA	GONZALEZ	JOSEFA	
0.3	*-D1	RAMIREZ	CORTES	MARIANO	
0.31	*-F1	REYES	ROSALES	JORGE ANTONIO	
0.7	*-G1	SANCHEZ	RODRIGUEZ	JUAN	
0.13	*-I1	GARCIA	GONZALEZ	ENRIQUE	

0.57	*-J1	CASTORENA	GONZALEZ	GUADALUPE	
0.91	233	RAMIREZ	CORTES	MARIANO	
0.26	*M1	NERI	RODRIGUEZ	RAFAEL	
0.25	M2	CALVILLO	REYES	JESUS	
1.67	314	DELGADO	ROMAN	DAVID	
0.91	315	LIRA	NERI	FACUNDA	
1.21	*	TORRES	MARTINEZ	ALFREDO	
0.79	389	GARCIA	DE LARA	INOCENCIA	
3	188	LOPEZ	GARCIA	REFUGIO	
0.3	M3	SANCHEZ	HERNANDEZ	ALFREDO	
0.83	**	HERNANDEZ	RODRIGUEZ	MONICA	
1.27	99-2	GONZALEZ	CASILLAS	BERNARDINO	
0.5	379	RODRIGUEZ	VDA DE TOVAR	FRANCISCA	
1.31	390	GARCIA	QUIROZ	MA. DEL REFUGIO	
0.88	162	GARCIA	LOPEZ	J. LEONOR	
0.94	245-1	ROCHA	GARCIA	AMALIA	ROMERO ROCHA FELIPA

RELACION DE USUARIOS FALTANTES					
ha	n°	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NOMBRE (S)	PROPIETARIO ANTERIOR
0.7	*-K				
0.42	144.2				
0.63	144.1				
1.93	288-2				
0.89	288-1				
0.22	142				
0.38	383				
0.6	*-E1				
1.3	*-H1				
0.7	*-X				
0.5	*-S				
1.2	*-Q				
0.97	344				
0.96	362-1				
0.87	141				
0.35	*-AA				
0.17	76-Z				
0.84	*-L1				

ANEXO 2. Clima y cálculo de los requerimientos de riego

Para la zona de riego de la presa "50 Aniversario", se utilizaron los datos climáticos de la estación de Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Esta última se localiza geográficamente dentro de la cuenca hidrológica del Río Verde, entre los paralelos 22° 11' de latitud norte y 102° 20' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, con una altura aproximada sobre el nivel del mar de 1910 m.

➤ Climatología del estado de Aguascalientes

El clima es un factor determinante en los sistemas de producción del mundo. En Aguascalientes, las condiciones climatológicas tienen las características de ser frías durante el invierno, con precipitación pluvial en verano y temperatura media anual de 17 °C.

El clima en Aguascalientes, según la clasificación de Köppen adaptada a la República Mexicana, pertenece al grupo climático semiseco, ya que en la entidad ocurre una precipitación media anual de 530 mm, que varía desde 400 hasta más de 700 mm, con precipitaciones medias mensuales de 100 mm en julio y agosto, los cuales son los meses de mayor precipitación durante la temporada de lluvia e inferior a los 20 mm en los meses del estiaje que dura de noviembre a mayo. La evaporación potencial media anual es de 2,477 mm, con una media mensual de 205 mm y una máxima mensual de 302 mm presentada durante mayo; todo ello con base en los registros climatológicos correspondientes al período de 1979 a 1996.

En Aguascalientes se puede definir dos regiones climatológicas: la Norte Central, con temperatura media anual menor de 18 °C (cuenca del río Calvillo) y considerando la clasificación de Köppen, se distinguen dos tipos de clima; el primero corresponde al grupo de climas secos esteparios y fríos (BS, KW) cubriendo éste 95% de la superficie estatal y el 5% restante pertenece al grupo de climas templados subhúmedos (CW OWW), localizados en ésta región, al suroeste de la entidad.

➤ Precipitación en el estado de Aguascalientes

Aguascalientes tiene un régimen pluviométrico que está determinado básicamente por la influencia de los vientos alisios y en segundo término, por la influencia ciclónica, aunque la posición geográfica del estado hacia el centro del país provoca que las lluvias sean más bien escasas, por lo que la pérdida de cosecha por sequía ocupa el primer lugar en el estado.

Las lluvias se presentan durante el verano, mientras que en las otras estaciones del año son de poca intensidad; la precipitación media anual en el Estado es de 499 mm, la máxima de 677 mm, la cual se registra al Suroeste de la capital y la mínima es de 201 mm, que se registra en el otro extremo de la entidad.

➤ Evaporación potencial en el estado de Aguascalientes

Como consecuencia de una alta insolación, de poca humedad relativa y otros fenómenos climatológicos y físicos, la evaporación potencial media anual (del tanque evaporímetro) en el estado es de 2,477 mm, siendo un valor alto, incluso a nivel nacional, acentuándose con ello los problemas del agostadero creados por la escasez de precipitaciones.

➤ Climatología del DR 001, Pabellón

Las variables climatológicas necesarias para el cálculo de la evapotranspiración de referencia mediante el algoritmo de Penman-Monteith incluyen: Temperatura mínima y máxima, humedad relativa promedio, horas luz (insolación) y velocidad del viento.

La estación meteorológica Pabellón de Arteaga operada por el Servicio Meteorológico Nacional (clave CLICOM #1014), y localizada dentro de la zona de riego, cuentan con datos casi continuos de precipitación, temperatura mínima y máxima. Los registros de datos meteorológicos cubren un periodo muy amplio, incluyendo 26 años de datos de 1978 a 2004 (Cuadro 1.1). Hay menos que 1% de los registros de temperatura y precipitación faltantes en la estación de Pabellón.

A pesar de que la estación ante mencionada no cuenta con sensores de radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, fue necesario suplementar dichos registros con datos climatológicos promedios para la misma zona, de la manera siguiente (Cuadro 1.1):

- Promedios mensuales de temperatura máxima y mínima se calcularon de datos locales de la estación Pabellón de Arteaga, registros de los cuales fueron proporcionados por personal del DR 001, Pabellón.
- Promedios mensuales de radiación solar (horas luz) de los cuadros publicados en el Atlas de Agua de la República Mexicana (1976).
- Promedios mensuales de la velocidad del viento y de la humedad relativa publicados para la estación Aguascalientes, en la base de datos CLIMWAT (Smith *et al.*, 1996).

Adicionalmente, para determinar el requerimiento de riego, se necesitan datos de precipitación efectiva. Por tal fin, se utilizaron datos locales registrados en la estación Pabellón de Arteaga de la precipitación total.

Cabe mencionar que la estación automatizada CEPAB, operada por INIFAP, no cuenta con suficientes registros (solamente hay 1.5 años de datos disponibles hasta la fecha), período insuficiente para el calculo de los requerimientos de riego. Adicionalmente, se detectó que los datos de la radiación solar registrados en dicha estación durante todo el año son mucho más altos que los datos correspondientes del Atlas de Agua de la República Mexicana (1976) y de la base de datos CLIMWAT (Smith *et al.*, 1996). Lo anterior señala que hay una alta probabilidad que el piranómetro instalado en la estación CEPAB esta mal calibrado.

Cuadro 1.1 Datos climatológicos utilizadas en el cálculo de los requerimientos de riego para Pabellón de Arteaga, Aguascalientes (N/D= no disponible).

Variable Climatológica	Fuente de datos	Estación de referencia	Ubicación Geográfica		Altitud m.s.n.	Período de datos disponibles		% de datos faltantes
			Lat. N	Long W		desde	hasta	
Tmin/ Tmax	Estación Pabellón	# 1014 (CLICOM)	22° 11'	102° 20'	1912	01/01/1978	31/12/2004	< 1
Precip.	Estación Pabellón	# 1014 (CLICOM)	22° 11'	102° 20'	1912	01/01/1978	31/12/2004	<1
Hum.	CLIMWAT	Aguascalientes	21°32'	102° 11'	1908	N/D	N/D	N/D

Rel.								
Rad. Sol (hrs luz)	Atlas Agua	Aguascalientes	21°32'	102° 11'	N/D	1941	1970	N/D
Vel. Viento	CLIMWAT	Aguascalientes	21°32'	102° 11'	1908	N/D	N/D	N/D

Nomenclatura:

CLICOM: Base de datos climatológicos del Servicio Meteorológico Nacional

Atlas Agua: Atlas del Agua de la República Mexicana (1976)

CLIMWAT: Base de datos CLIMWAT publicado en Smith et al. (1996)

De acuerdo con la clasificación climática propuesta por Köppen (1948) y modificada por García (1987), el clima es del tipo seco estepario y frío (BS, KW).

En el cuadro 1.2 se presentan los datos medios mensuales y anuales de la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, precipitación y la evapotranspiración de referencia resultante, datos usados para calcular el requerimiento de riego para la zona agrícola del DR 001, Pabellón de Arteaga.

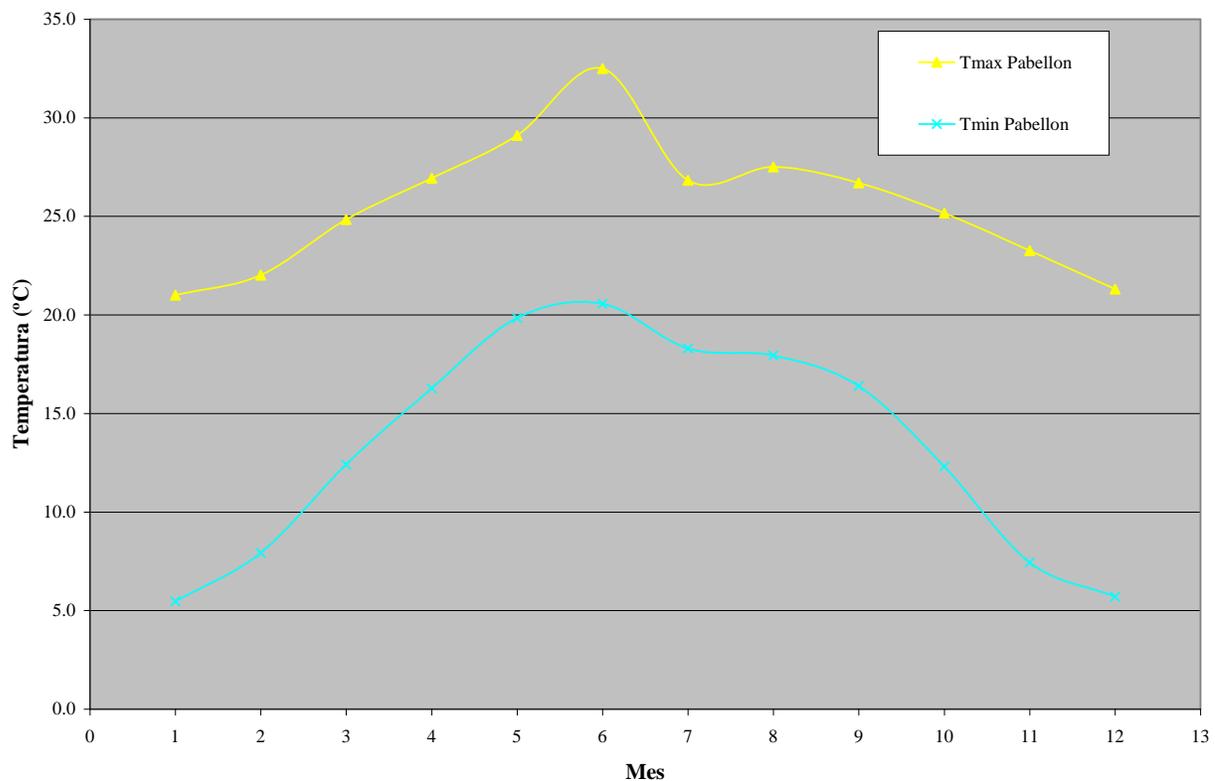
Cuadro 1.2 Datos climatológicos y ETo usados en el cálculo de los requerimientos de riego para Pabellón de Arteaga.

Mes	Temp Máx prom. °C	Temp Mín prom. °C	Hum Rel. prom. %	Vel. Viento prom. km/día	Rad. solar prom. hr/día	ETo total mm/d	Precip total mm/d	Precip Efectiva total mm/d	ETo total mm/mes	Precip total mm/mes	Precip Efectiva total mm/mes
Ene	21	5.5	69	86	7.5	2.40	0.22	0.21	74.4	21.2	20.5
Feb	22	7.9	62	112	8.1	3.14	0.11	0.11	87.9	8.9	8.8
Mar	24.8	12.4	57	112	8.1	3.94	0.10	0.10	122.1	3.8	3.8
Abr	26.9	16.3	51	112	8.1	4.62	0.35	0.35	138.6	5.0	5.0
May	29.1	19.8	54	130	8.4	5.19	1.98	1.79	160.9	18.0	17.5
Jun	32.5	20.6	62	156	7.3	5.33	6.00	4.27	159.9	61.4	55.4
Jul	26.8	18.3	69	147	7.2	4.52	5.65	4.07	140.1	116.7	94.9
Ago	27.5	17.9	71	138	7.6	4.49	6.41	4.37	139.2	84.1	72.8
Sep	26.7	16.4	72	173	6.5	4.03	5.46	4.03	120.9	72.8	64.3
Oct	25.2	12.3	71	156	7.6	3.60	1.66	1.52	111.6	39.8	37.3
Nov	23.3	7.4	69	112	7.9	2.82	0.37	0.36	84.6	8.6	8.5
Dic	21.3	5.7	71	86	6.9	2.22	0.08	0.08	68.8	9.6	9.5
Prom Total año	25.6	13.4	64.8	126.7	7.6	3.86	72.3	54.2	117.4 1409.1	37.5 449.9	33.2 398.3

➤ Temperatura

La temperatura media anual es de 19.5 °C, ligeramente arriba de la media del estado de Aguascalientes. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es poco variable, debido a la sequía frecuente de la región (< 900 mm/año de precipitación pluvial). Las temperaturas medias mensuales más bajas se presentan en los meses de noviembre a febrero con la temperatura mínima mensual de 5.5 °C en enero. Las temperaturas mayores se presentan de marzo a julio, las meses anteriores de y al principio de la época de lluvias, con la temperatura máxima de 32.5° en junio (Lámina 1).

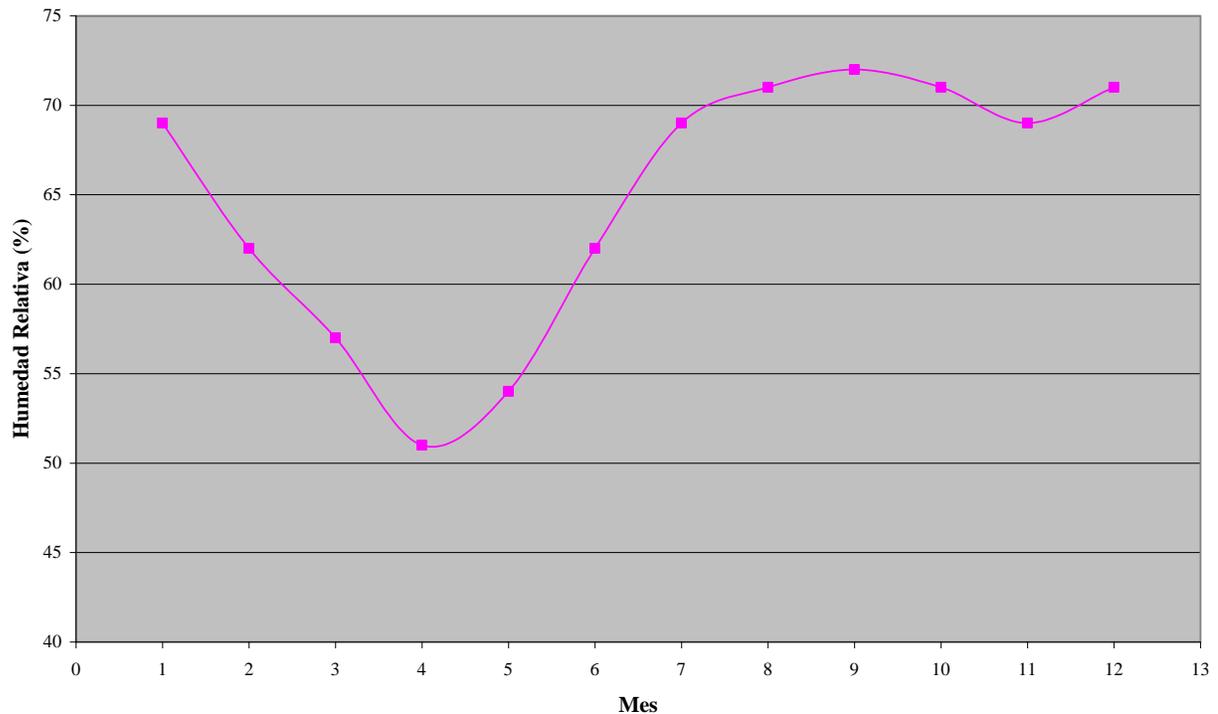
Lámina 1. Temperaturas extremas promedias mensuales.



➤ Humedad relativa

La humedad relativa promedio mensual es arriba de los 50% durante todo el año. La humedad relativa más baja se presenta en la época de secas de marzo a mayo. La mínima anual se presenta en el mes de abril con 51 % de humedad relativa, mientras que la humedad relativa máxima se presenta durante la época húmeda entre julio y octubre. El valor más alto se registra en el mes de septiembre con 72 % de humedad relativa (Lámina 2).

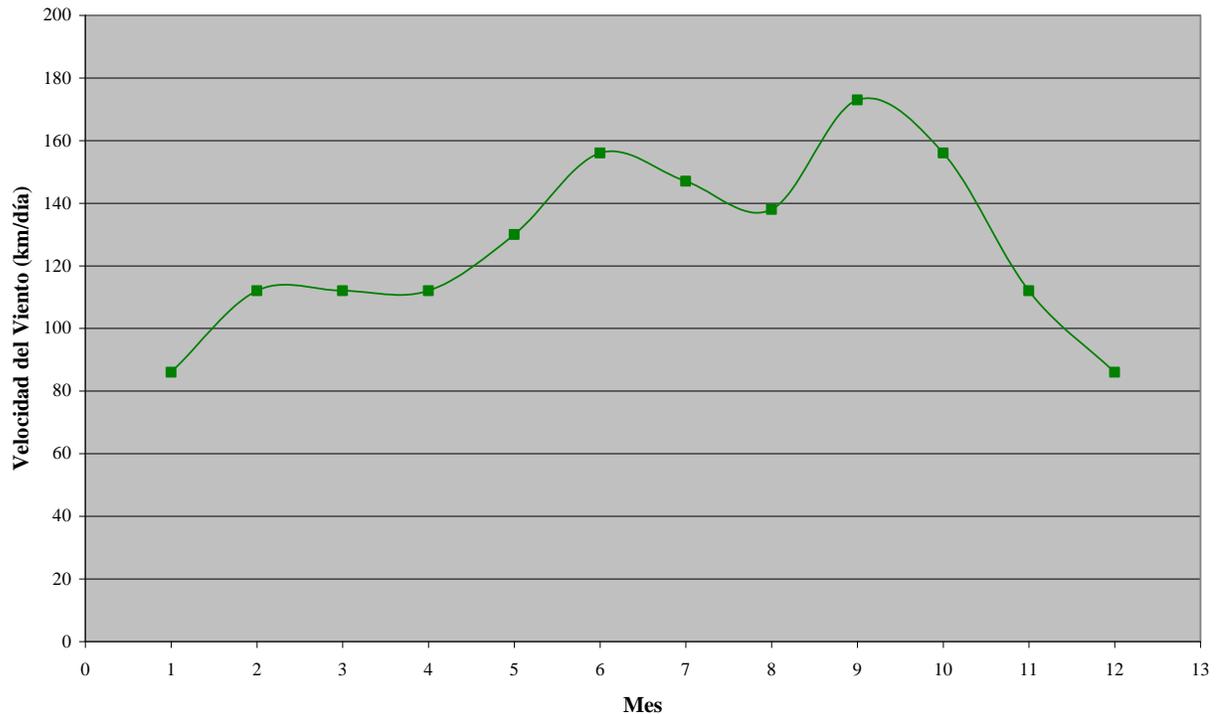
Lámina 2. Humedad relativa promedio mensual.



➤ **Velocidad del Viento**

A pesar de no contar con datos locales de la velocidad de viento se utilizaron los registros de la base de datos CLIMWAT para la estación Aguascalientes. Durante todo el año se presentan velocidades de viento bajas a moderadas, con un promedio anual de 127 km/día. El período con los vientos mas altos se presenta durante la temporada de las tormentas tropicales (mayo a octubre) con una máxima de 156 km/día en septiembre. Los vientos más bajas se observan en los meses de diciembre y enero con un promedio de 86 km/día (Lámina 3).

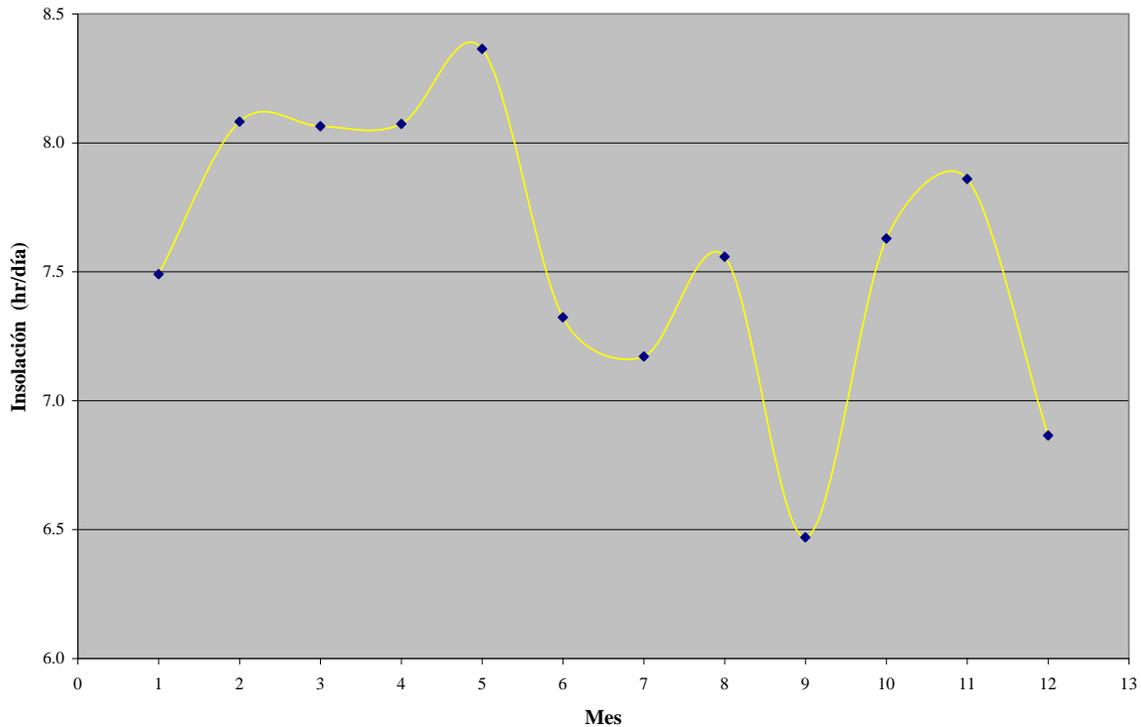
Lámina 3. Velocidad del viento promedio mensual.



➤ Radiación Solar (Insolación)

Entre los meses de enero y mayo, se registra un incremento en la insolación (Lámina 4). La máxima insolación mensual se registra en el mes de mayo con 8.1 horas luz/día, debido a la baja nubosidad la cual también propicia incrementos notables en la temperatura (Lamina 1). En verano es más alta la insolación incidente, pero la nubosidad y las precipitaciones durante la época húmeda de junio a septiembre atenúan la insolación significativamente. Este fenómeno se refleja en una baja importante en las horas luz con una mínima de 6.3 horas luz/día registrada en el mes de septiembre (Lamina 4). En otoño se vuelve de presentar un incremento en insolación debido a la disminución de la nubosidad y de las precipitaciones (Lamina 4). La radiación solar media en el año es de 7.4 horas/día.

Lámina 4. Radiación solar promedio mensual.

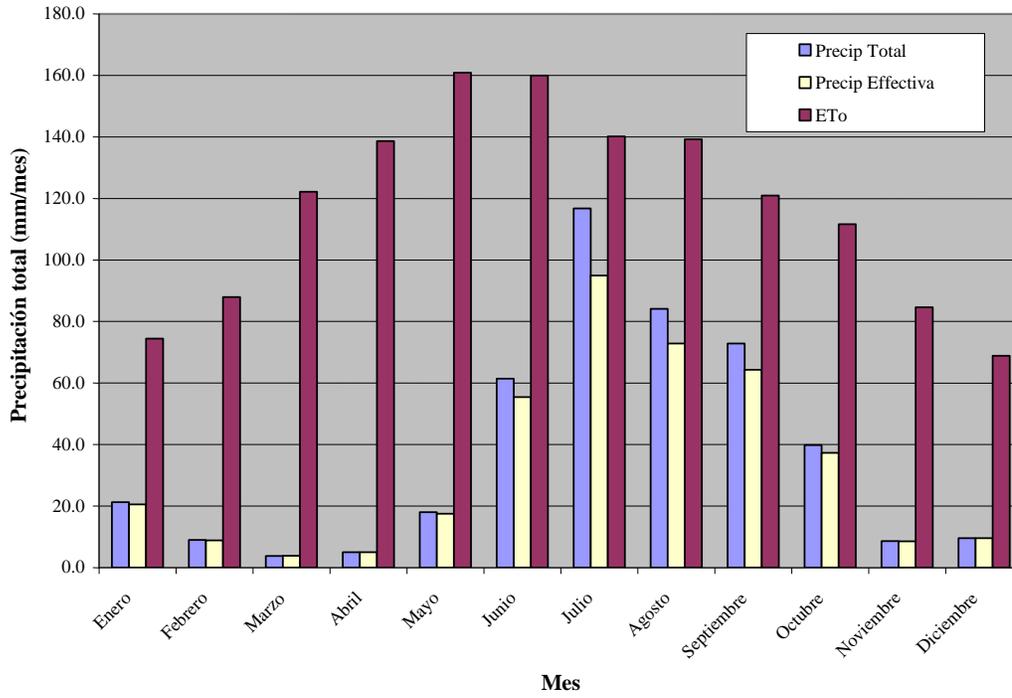


➤ Precipitación pluvial y Evapotranspiración de referencia

A pesar de que el proyecto está ubicado en el centro del estado de Aguascalientes en el DR 001, Pabellón de Arteaga, la precipitación total es más baja del promedio estatal, sumando 450 mm por año. Las lluvias más fuertes se concentran en la época húmeda de mayo a octubre con un total de 393 mm, representando el 87 % del total anual (Lámina 5).

La evapotranspiración de referencia total anual es de 1409 mm, presentándose los valores mayores en los meses de mayo y junio con 5.19 y 5.33 mm/día, respectivamente. La evapotranspiración más baja en el mes de diciembre es 2.22 mm/día (Cuadro 1.2). La evapotranspiración promedio anual es de 3.86 mm/día.

Lámina 5. Precipitación media mensual (total y efectiva) y evapotranspiración de referencia total mensual.



ANEXO 3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RIEGO POR BOMBEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA, PARA LA UNIDAD DE RIEGO DE LA PRESA "50 ANIVERSARIO", MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE GRACIA, AGUASCALIENTES.

A3.1. INFORMACIÓN BÁSICA

Fuente de abastecimiento: presa de almacenamiento
Requerimiento de riego máximo: 6.16 mm/día,
Sin considerar la precipitación efectiva, ya que se trata de riego de alta frecuencia
Eficiencia de aplicación: 90 %
Eficiencia de conducción: 98 %
Área de mojado, sujeta a evaporación: 66.7 %
Requerimiento de riego bruto: 4.65 mm/día
Superficie promedio por parcela: 1 ha
Superficie total: 370 ha
Textura del suelo: Franca y franca arcillosa
Cultivo: Maíz grano
Separación entre surcos: 0.90 m
Espaciamiento entre emisores: 30 cm
Planos con curvas de nivel a cada metro

A3.2. CAPACIDAD Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Requerimiento de riego máximo de 6.16 mm/día, para la fecha de siembra del 01 de abril, se presenta en la segunda semana del mes de junio. Considerando nula la precipitación efectiva, ya que se manejará riego de alta frecuencia
Gasto total: 260 l/s
Gasto del emisor: 0.6088 lph
Volumen bruto de riego: 1.544 litros/emisor
Tiempo de riego: 2.5 horas
Gasto por hectárea: 6.25 l/s
Superficie regada simultáneamente: 41 ha
9 unidades de riego
41.13 ha/unidad de riego
Tiempo de riego diario: 19.6 horas
Gasto por Unidad (turno): 260 l/s

En el cuadro 1 se presenta el volumen de agua requerido en períodos de 10 días, para el cultivo de maíz grano, con un factor de humedecimiento del 70 %.

Cuadro 1. Volumen de agua requerido en períodos de 10 días, para el cultivo de maíz grano, con fecha de siembra del 01 de abril.

Fecha	Requerimiento de riego (mm)	Volumen neto (m ³)	Factor de humedecimiento Volumen neto (m ³)	Volumen bruto (m ³)	Volumen mensual (m ³)
Riego germinación Marzo	40	148068.0	98716.9	111924.0	111924.0
01-Abr	13.1	48492.3	32329.8	36655.1	
11-Abr	13.67	50602.2	33736.5	38250.0	
21-Abr	15.79	58449.8	38968.5	44182.0	119087.1
01-May	26.14	96762.4	64511.5	73142.3	
11-May	37.97	140553.5	93707.1	106243.8	
21-May	50.01	185122.0	123420.8	139932.9	319319.1
31-May	60.32	223286.5	148865.1	168781.3	
10-Jun	61.69	228357.9	152246.2	172614.7	
20-Jun	61.52	227728.6	151826.6	172139.1	513535.1
30-Jun	60.96	225655.6	150444.6	170572.1	
10-Jul	58.86	217882.1	145262.0	164696.1	
20-Jul	47.9	177311.4	118213.5	134028.9	469297.2
30-Jul	35.49	131373.3	87586.6	99304.5	
09-Ago	15.53	57487.4	38326.9	43454.5	142759.0
Total	599.0	2217133.2	1478162.7	1'675,921.4	1675921.4

En el cuadro anterior se observa que el volumen utilizado para un ciclo de cultivo de maíz grano para la fecha de siembra indicada, en una superficie de 370 ha con los requerimientos de riego indicados y con las eficiencias de riego consideradas, es de 1,675 921.4 m³, equivalentes a una lámina de riego bruta de 45.2 cm.

A3.3. REQUERIMIENTOS DE BOMBEO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Con la finalidad de reducir los costos de bombeo, se diferenciaron las áreas de riego localizadas en la parte alta y en la parte baja (cuadro 2). Dividiéndose para su operación en nueve áreas compactas. La zona alta que requiere equipo de bombeo para regar con sistemas de riego por goteo es de 205 ha, y de 165 para la zona de riego baja que no requiere equipo de bombeo para operar el sistema de riego por goteo.

Cuadro 2. Superficie y gasto requerido para las zonas altas y bajas

ÁREA	SUPERFICIES (ha)		
	Total	Zona alta	Zona baja
1	42	22	20
2	42	16	26
3	42	32	10
4	40	24	16
5	33	17	16
6	46	22	24
7	42	21	21
8	36	24	12
9	47	27	20
SUMA	370	205	165

Capacidad del sistema
(Qs).

$$Q_s = 277.78 \frac{(RR_{dd})_{ZR} A_T}{E_g * HPD}$$

(RRdd)zr=	6.16 mm/día.	Requerimientos de riego diarios en la zona de riego (RRdd)zr.
At=	205 ha.	Área total (ha) a regar.
Eg=	88.2 %.	Eficiencia global de riego desde la fuente a la zona radical.
HPD=	8 hrs.	Horas por día que opera el sistema.
Ea=	90 %.	Eficiencia de aplicación.
Ec=	98 %.	Eficiencia de conducción.
Traslape=	70 %	
Qs=	348.00 l/s.	

De la información anterior, se desprende que se requiere de un gasto total en la conducción principal tramo muerto de 348 l/s, ya que la zona de riego alta se tiene que regar en un lapso de 8 horas que corresponde al período de captación de energía fotovoltaica. La zona de riego baja

se regaría durante el período nocturno, quedando cubierta su capacidad con el gasto requerido para la zona alta de bombeo.

La superficie de la zona alta (que requiere de bombeo) es de 205 ha (55.4 %) y el resto en donde el riego por goteo se realizará sin bombeo alguno cubre una superficie de 165 ha (44.6%). Con el dato del coeficiente unitario de riego de 1.7 l/s/ha (348 l/s/205 ha), se determinaron y se ajustaron los gastos requeridos para cada una de las áreas compactas y de las zonas altas y bajas.

Cuadro 3. Gastos ajustados y número de tomas abiertas abiertas con base en el gasto requerido por hectárea.

ZONA ALTA		Gastos		Tomas abiertas
ÁREA	Superficie (ha)	Requeridos (l/s)	Ajustados (l/s)	
1	22	37.35	37.50	6
2	16	27.16	25.00	4
3	32	54.32	50.00	8
4	24	40.74	43.75	7
5	17	28.86	31.25	5
6	22	37.35	37.50	6
7	21	35.65	31.25	5
8	24	40.74	43.75	7
9	27	45.83	50.00	8
SUMA	205	348.00	350.00	56

A3.4. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Se elaboró la cotización del equipo de bombeo y de los paneles solares con la información disponible de los catálogos de distribuidores de estos equipos. En el cuadro 4 se presenta una cotización para un volumen a bombear de 46,000 litros por día, y una carga dinámica total de 28.2 m., el costo por hectárea es de \$ 218,812, haciendo un costo total para la superficie de bombeo de 205 ha, de \$ 44'856,460.00 M.N. En el cuadro 5 se presenta el mismo volumen bombeado, pero para una carga de 14.1 m., el costo por hectárea es de 140,008, haciendo un costo total para la superficie de bombeo de 205 ha, de \$ 28'701,640.00 M.N.

Cuadro 4. Costo del equipo de bombeo y de los paneles solares, considerando una carga dinámica total de 28.2 m

Concepto	Valor		
Requerimiento de riego (mm/día)	4.6		
Volumen (l/día/ha)	46,000		
Horas Luz promedio por día	8		
Gasto (lpm)	95.83		
EQUIPO DE BOMBEO			
Bomba sumergible marca Sun Pumps			
Modelo	SCS 20 - 200		
Cantidad	2		
Gasto (lpm)	64.3		
Carga dinámica total (m)	28.2		
Voltaje (Volts)	120		
Corriente	5.53		
Potencia (Watts)	664		
Ef	45%		
Precio Unitario (dólares)	\$ 3,051.00		
Controlador (dólares)	\$ 873.00		
Subtotal (dólares)	\$ 7,848.00		
PANELES SOLARES			
Módulos fotovoltaicos SYSCOM de silicio monocristalino, con 36 celdas conectadas en serie, diodos de bloqueo integrado, para utilizarse en sistemas con un voltaje máximo de hasta 600 V.			
Modelo	SW120		
Potencia	120		
Voltaje	16.7		
Amp	7.18		
Dimensiones ((mm)	1480	660	360
Peso	11.8	Kg	
Precio Unitario (dólares)	\$ 1,080.00		
Cantidad	11		
Convertidor (dólares)	\$ 164.00		
Subtotal (dólares)	\$ 12,044.00		
Total (dólares)	\$ 19,892.00		
	\$218,812.00	Pesos	

Cuadro 5. Costo del equipo de bombeo y de los paneles solares, considerando una carga dinámica total de 14.1 m

Concepto	Valor		
Requerimiento de riego (mm/día)	4.6		
Volumen (l/día/ha)	46,000		
Horas Luz promedio por día	8		
Gasto (lpm)	95.83		
EQUIPO DE BOMBEO			
Bomba sumergible marca Sun Pumps			
Modelo	SCS 20 - 200		
Cantidad	1		
Gasto (lpm)	102.2		
Carga dinámica total (m)	14.1		
Volts	135		
Corriente	6.84		
Potencia (Watts)	923		
Ef	45%		
Precio Unitario (dólares)	\$ 3,051.00		
Controlador (dólares)	\$ 873.00		
Subtotal (dólares)	\$ 3,924.00		
PANELES SOLARES			
Módulos fotovoltaicos SYSCOM de silicio monocristalino, con 36 celdas conectadas en serie, diodos de bloqueo integrado, para utilizarse en sistemas con un voltaje máximo de hasta 600 V.			
Modelo	SW120		
Potencia	120		
Voltaje	16.7		
Amp	7.18		
Dimensiones ((mm)	1480	660	360
Peso	11.8	Kg	
Precio Unitario (dólares)	\$ 1,080.00		
Cantidad	8		
Convertidor (dólares)	\$ 164.00		
Subtotal (dólares)	\$ 8,804.00		
Total (dólares)	\$ 12,728.00		
	\$140,008.00	Pesos	

Fuente: <http://www.syscom.com.mx/>

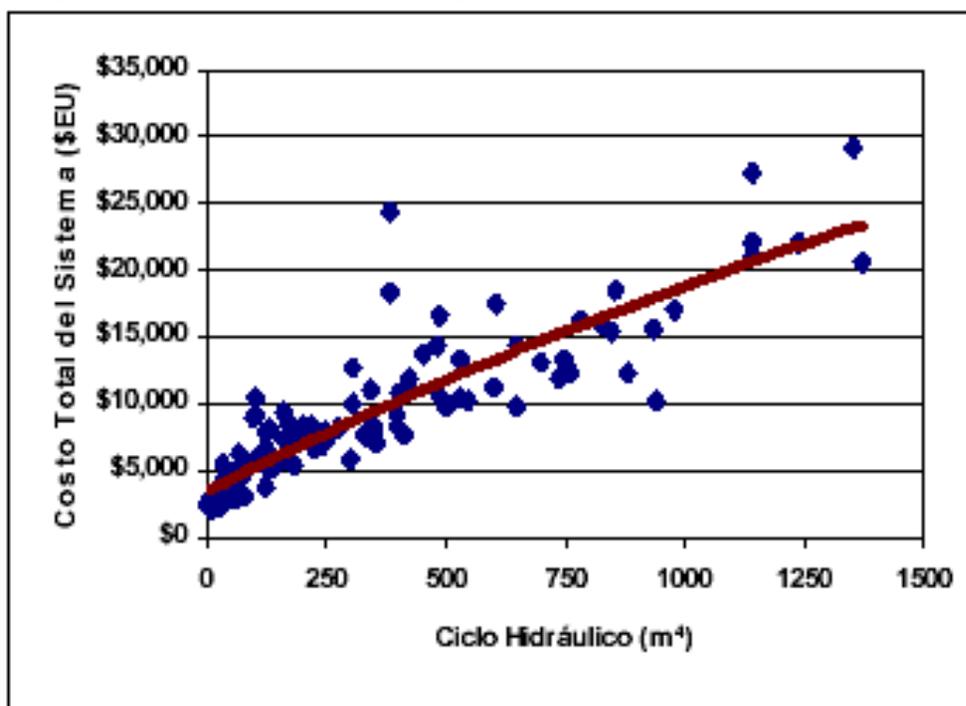
La carga requerida a bombear es de 20 m.c.a., haciendo un promedio entre los dos equipos disponibles en catálogos (para una carga media de 21.15 m), se obtiene un costo por hectárea de \$ 179,410 M.N, por concepto del sistema fotovoltaico.

Una manera alternativa para estimar el costo total del equipo de bombeo y del equipo de paneles solares, consiste en definir el factor de cantidad de energía hidráulica, el cual se obtiene con la carga dinámica total multiplicada por el volumen diario bombeado, de esta manera se determina un valor estimado utilizando la información que se presenta en el cuadro 6, y utilizando el gráfico de la figura 1 (Firco, sin año).

Cuadro 6. Estimación de costos de bombeo y de paneles solares de la zona de riego alta.
Incluye equipo de bombeo y panel solar

ÁREA	Superficie Zona alta	Gastos		Energía	Energía	Costo	Costo
		Requeridos	Volúmen	hidráulica	hidráulica	aproximado	Total de
		en 8 h riego (l/s)	en 8 h riego (m3)	20 m.c.a. (m3*m)	dividida en 20 equipos	de equipo de bombeo	bombeo por Área
1	22	37.35	1080	21600	1080	220000	4400000
2	16	27.16	720	14400	720	170500	3410000
3	32	54.32	1620	32400	1620	280500	5610000
4	24	40.74	1080	21600	1080	220000	4400000
5	17	28.86	720	14400	720	170500	3410000
6	22	37.35	1080	21600	1080	220000	4400000
7	21	35.65	1080	21600	1080	220000	4400000
8	24	40.74	1080	21600	1080	220000	4400000
9	27	45.83	1260	25200	1260	247500	4950000
SUMA	205	348.00	9720			Costo total=	39,380,000
						Costo/ha=	192,098

Figura 1. Costo promedio de sistemas fotovoltaicos de bombeo en función de la energía hidráulica (volumen por carga dinámica)



Fuente. Firco (sin año). Energía solar para bombeo de agua. Experiencias con ranchos sustentables en baja California Sur.

Con la información del cuadro 6 y con el gráfico de la figura 1, se obtiene que para un volumen que satisface las necesidades de riego de cada área compacta en tiempos de riego de 8 horas por día, y una carga de 20 m, obtenemos un costo total aproximado de \$ 39', 380,000; para la superficie de 205 ha, resulta un costo promedio por hectárea de \$ 192,098.00 M.N. por concepto del sistema fotovoltaico.

A3.5. PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE RIEGO

Los cálculos se determinaron para un tiempo de riego por día de 8 horas considerando que es el tiempo promedio diario en que se dispone de suficiente energía fotovoltaica. Para este tiempo de riego se requiere de una capacidad en la conducción principal de 348 l/s, a comparación de los 260 l/s requeridos cuando se riega en un período de 20 horas por día, por lo tanto, la red de conducción del tramo muerto cambia de un diámetro de 24 pulgadas a 30 pulgadas. Por lo tanto, la red de conducción principal, y la red interparcelaria de la zona alta también se aumenta la capacidad de conducción y los diámetros, en consecuencia el costo de la misma.

En el cuadro 7 se presenta el costo total del sistema de riego, considerando un sistema de bombeo con energía solar.

Cuadro 7. Presupuesto para el sistema de riego por goteo con sistema fotovoltaico de bombeo, de la Unidad de riego de la Presa "50 Aniversario", Municipio de san José de Gracia, Aguascalientes.

SISTEMA DE BOMBEO CON ENERGÍA SOLAR.	
CONCEPTO	Importe \$
1. EQUIPO DE BOMBEO Y PANELES SOLARES PARA 205 ha.	36,779,050.00
2. CONEXIÓN CON LA OBRA DE TOMA, GALERIA Y VÁLVULAS DE DESFOGUE.	300,000.00
3. LIMPIEZA, TRAZO, EXCAVACIÓN, RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA ALOJAR LA TUBERÍA.	670,324.0
4. SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS	7,844,255.7
5. PIEZAS Y ACCESORIOS	342,296.9
6. EQUIPO DE FILTRADO.	850,000.0
7. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.	7,520,000.00
Costo total \$	54,305,926.6
Total has.	370
Costo \$/ha	146,705.37

El costo total del sistema de riego es de \$ 54'305 926.60, en beneficio de una superficie total de 370 ha. Con un costo promedio por hectárea de \$ 146,705.37 M.N.

A3.6. OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

El sistema de bombeo fotovoltaico seleccionado (disponibles en los catálogos consultados) proporciona un gasto de riego de 1.6 l/s, sin embargo, para regar una unidad de control autónoma de riego (UCA) de una superficie promedio de 1 ha, se requiere de un gasto promedio de 6.25 l/s durante un tiempo de 2.25 horas, por lo tanto, con este equipo seleccionado se requiere que cuatro de estos equipos se conecten a una UCA para el riego simultáneo de 1 ha, posteriormente al concluir este tiempo se turnaría a la siguiente superficie de 1 ha , y así de esta manera hasta completar la superficie de 4 ha en un tiempo de 8 a 9 horas en promedio por día. Esta forma de operar el riego con esta capacidad en los equipos, requiere que los cuatro equipos fotovoltaicos estén conectados entre sí.

A3.7. CONCLUSIONES

1. La superficie que requiere bombeo es de 205 ha (55.4 %), el resto 165 ha (44.6%) se riega sin bombeo.
2. Para el sistema de emisores de riego seleccionados, se requiere de un gasto promedio por hectárea de 6.25 l/s y una carga de operación (incluye filtrado, inyección de fertilizantes) de 20 metros, y un tiempo de riego de 2.2 horas.
3. El tiempo promedio de energía fotovoltaica diaria es de 8 horas
4. Se cotizaron dos equipos de bombeo y sus respectivos paneles solares, para una capacidad de 46 m³/ha, y cargas dinámicas de 14 y 28 metros
5. El costo promedio de estos equipos asciende a la cantidad de \$ 179,410.00 por ha.
6. El disponer únicamente de 8 horas por día de energía fotovoltaica, implica regar con bombeo el mismo número de horas, para no incrementar el costo por mantenimiento del sistema de baterías para almacenar la energía; incrementando el gasto hidráulico requerido en la conducción principal de 260 l/s a 348 l/s (aún considerando que las parcelas de la parte baja tendrán riego nocturno). Requiriendo una mayor capacidad de la red de conducción principal y secundaria, por ejemplo el tramo muerto de la conducción principal cambia de 24 pulgadas a 30 pulgadas, y si es en tubería de acero el costo se duplica.

El costo del sistema de riego por goteo para las parcelas ubicadas en la parte alta en una superficie de 205 ha, por concepto de adquisición del equipo de bombeo con energía fotovoltaica asciende a la cantidad \$ 36´779,050.00, con un costo por hectárea de \$ 179,410.00; resultando un costo total del sistema de riego por goteo de \$ 54´305 926.60, en beneficio de una superficie total de 370 ha. Con un costo promedio por hectárea de \$ 146,705.37 M.N.

Con base en la información obtenida y al análisis realizado, se considera que la tecnología de los sistemas de bombeo que utilizan energía fotovoltaica, aún no está accesible para los volúmenes de agua y las cargas de bombeo generalmente requeridas en las áreas de riego tradicionales del país. Sin embargo, ponemos a su consideración y análisis esta información.

A3.8. BIBLIOGRAFIA

<http://www.syscom.com.mx/Productos>

Fuente. Firco (sin año). Energía solar para bombeo de agua. Experiencias con ranchos sustentables en baja California Sur.

ANEXO 4

OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO

Esta información es importante dentro del cuerpo del estudio socioeconómico, para ayudar a elaborar en forma conjunta con la asociación de usuarios, el futuro reglamento de operación de la unidad de riego de la presa "50 Aniversario", del municipio de San José de Gracia, Aguascalientes.

Conducción en tramo muerto. Se proyectó una red entubada para conectar la planta de bombeo y el sistema de filtrado general con la obra de toma de la presa "50 Aniversario". El

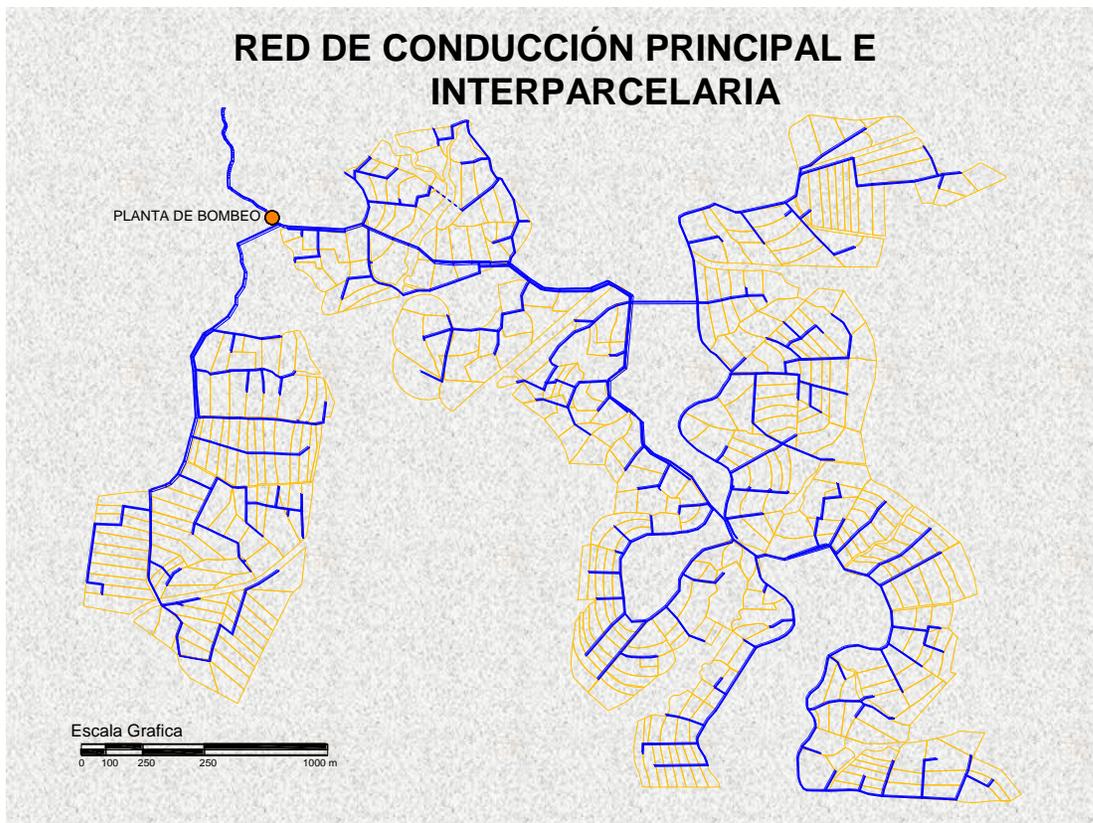


Lámina 3. Tecnificación de la Unidad de riego la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Ags.

abrir la compuerta de la presa para iniciar el riego y el cierre de la misma al final del día para concluirlo como se hace actualmente con los canales, deja de operar con este nuevo sistema de riego. Ahora todo el control estará ubicado en el sitio de la planta de bombeo, es decir, que la tubería del tramo muerto siempre permanecerá llena de agua.

Planta de bombeo y sistema de filtrado general.

El sistema de riego consta de una planta de bombeo y de un sistema de filtrado general automatizado. La planta de bombeo (lámina 4) consta de un grupo de cinco bombas (cuatro de 60 l/s y una de 30 l/s) para abastecer la zona de riego. Existen turnos de riego en el que el agua no ingresará a la planta de bombeo y pasará directamente al sistema de filtrado, sin embargo,

para llevar a cabo el retrolavado de los filtros automáticos, es necesario encender las bombas necesarias para proporcionar la suficiente presión al sistema de filtrado.

El ingreso del agua a la zona de riego estará controlada en este punto, ya sea para regar con bombeo o sin bombeo.

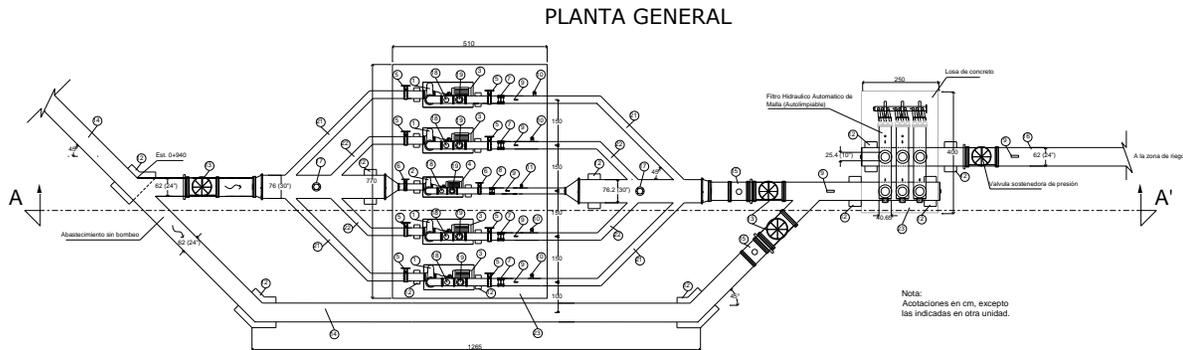


Lámina 4. Planta de bombeo y filtrado general con el proyecto de tecnificación del riego de la presa "50 Aniversario", San José de Gracia, Ags.

Red de conducción principal e interparcelaria

Una vez que el agua es filtrada, ingresa a la red de conducción principal y a la red interparcelaria, para distribuirse en toda la zona de riego y llegar a las unidades de control autónomo (UCA). La tubería de esta red es de material PVC, y toda va enterrada. Únicamente se pueden apreciar sobre la superficie del terreno las válvulas de aire y las UCAs.



Lámina 5. Puntos de entrega del agua a nivel parcelario, del proyecto de tecnificación del riego.

Unidad de Control Autónoma (UCA)

Representa el punto de entrega del agua a cada sección de riego (lámina 5). En este punto el usuario únicamente tiene que abrir la válvula e iniciar el riego con o sin el inyectado de la solución de fertilizantes previamente elaborado. Generalmente estas unidades disponen una válvula de admisión y expulsión de aire, de un sistema de inyector de fertilizantes, un sistema de filtrado (después del inyectado de fertilizantes) y manómetro o tomas para medir la presión hidráulica disponible en el sistema de riego.

Sistema de riego por cintilla

Posterior a la unidad de control autónoma, se tiene el distribuidor y las líneas regantes (cintilla) a través de la cual se aplica el agua a las plantas (lámina 6).



Lámina 6. Distribuidor y cintilla de riego, del proyecto de tecnificación del riego.

Aplicación del riego

El agua es extraída de la presa a través de la obra de toma por una tubería de acero conducida hasta una planta de bombeo ubicada al inicio de la zona de riego. La zona de riego tiene un total de 9 unidades operativas de un promedio de 42 ha cada una y 9 turnos de riego de 2.2 horas.

El sistema de riego está diseñado para aprovechar por un lado la carga hidráulica disponible en la presa y por el otro, el desnivel la topografía de la zona de riego, de manera tal que los turnos de riego agrupan a lotes de cotas topográficas similares. Esto es, los primeros turnos (1, 2 y 3) agrupa a las parcelas de la parte alta por lo que el bombeo es absolutamente indispensable; los turnos intermedios (4, 5 y 6) agrupa a parcelas con cotas topográficas intermedias y estos lotes

de acuerdo al nivel del agua en la presa pueden o no requerir bombeo; y los últimos turnos (7, 8 y 9) agrupa a las parcelas de la zona baja por lo que en ninguna época del ciclo agrícola requieren de bombeo.

En la lámina 7 se presenta un ejemplo de la distribución de las parcelas para el caso de un turno de bombeo (color rojo) para las parcelas de la zona alta, y de un turno sin bombeo (color verde) para las parcelas de la zona baja.

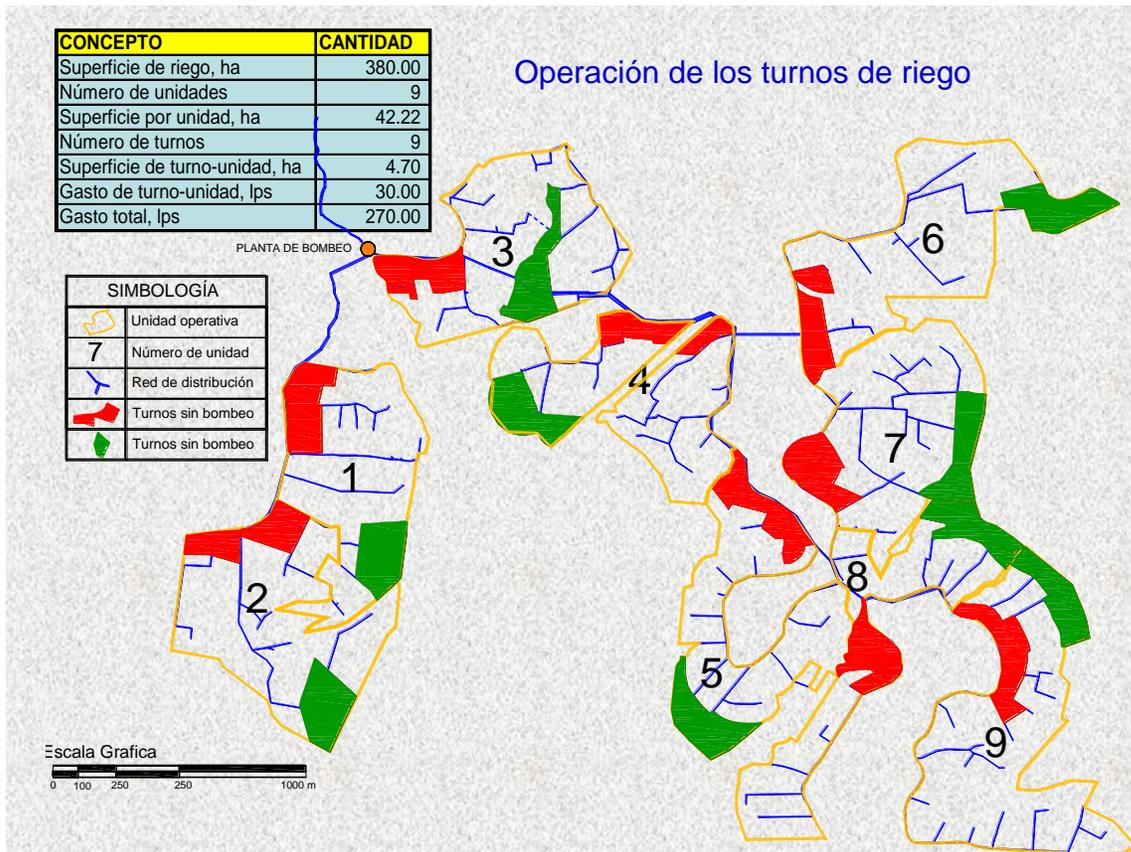


Lámina 7. Plano de operación del riego por turnos, del proyecto de tecnificación del riego.

ANEXO 5

SUPERFICIE DE RIEGO DE LA PRESA "50 ANIVERSARIO", SUJETA A INUNDACIÓN POR EL VASO DE ALMACENAMIENTO DE LA PRESA PLUTARCO ELIAS CALLES

Aguas debajo de la zona de riego de la presa 50 Aniversario, del municipio de San José de Gracia, se localiza el vaso de almacenamiento de la presa Plutarco Elías Calles. La cota del vertedor de la presa Elías Calles corresponde a la 2020 m.s.n.m., de manera que si el nivel del agua alcanzara esta cota, en estas condiciones inunda una superficie aproximada de 58.5 ha de la zona de riego correspondiente a la presa 50 Aniversario.

En la lámina siguiente se presenta la superficie (en color azul) sujeta a inundación en caso de que el nivel del agua de la presa Plutarco Elías Calles alcance el nivel del vertedor.

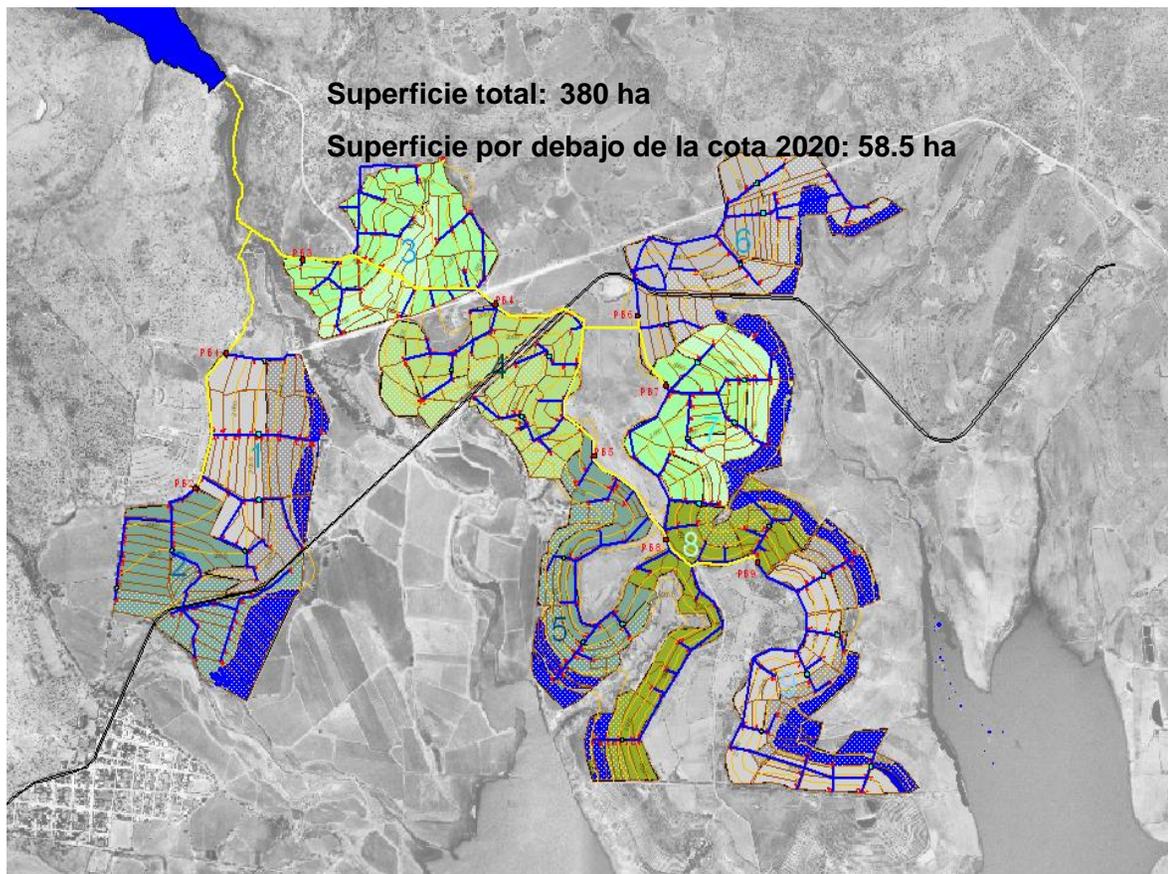


Lámina anexo 5. Superficie de la zona de riego de la presa 50 Aniversario sujeta a inundación, en caso de que el nivel del agua de la presa Plutarco Elías Calles alcance el nivel del vertedor.