



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE ZARZAMORA EN EL
RANCHO "LA HERRADURA" PERIBAN DE RAMOS, MICHOACÁN**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

PRESENTA

DANIEL MORA GARCIA

DIRECTOR

M.C. FABIEL VÁZQUEZ CRUZ

SAN JUAN ACATENO, TEZIUTLÁN, PUEBLA, MÉXICO.

NOVIEMBRE DE 2018



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE ZARZAMORA EN EL
RANCHO "LA HERRADURA" PERIBAN DE RAMOS, MICHOACÁN**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

PRESENTA

DANIEL MORA GARCIA

DIRECTOR

M.C. FABIEL VÁZQUEZ CRUZ

ASESORES

M.C. JOSÉ MÉNDEZ GÓMEZ

M.C. GUILLERMO JESUITA PÉREZ MARROQUÍN

SAN JUAN ACATENO, TEZIUTLÁN, PUEBLA, MÉXICO.

NOVIEMBRE DE 2018

La presente tesis titulada: **PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE ZARZAMORA EN EL RANCHO "LA HERRADURA" PERIBAN DE RAMOS, MICHOACÁN**, realizada por: **DANIEL MORA GARCIA**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

CONSEJO PARTICULAR INTEGRADO POR:

FIRMA

Director: M.C. Fabiel Vázquez Cruz

Asesor: M.C. José Méndez Gómez

Asesor: M.C. Guillermo Jesuita Pérez Marroquín

SAN JUAN ACATENO, TEZIUTLÁN, PUEBLA, MÉXICO.

NOVIEMBRE DE 2018

El presente proyecto forma parte del Cuerpo Académico denominado: **"SUSTENTABILIDAD DEL AGUA" y de la línea de investigación: "USO Y MANEJO DEL AGUA EN LOS AGROECOSISTEMAS"**. Dicho trabajo, fue financiado por recursos propios.

DEDICATORIA

Al igual que todas mis acciones, este trabajo está dedicado a mis padres, quienes son la fuerza motriz que me impulsa a ser mejor día con día.

AGRADECIMIENTOS

A Jesús Mora Rosas, mi padre, no existen palabras en mi vocabulario con las que pueda expresar lo que significas para mí, durante años me educaste y diste tu ejemplo junto con tus incuantificables ganas de superación personal, el día de hoy, soy una persona íntegra gracias a ti.

A Eva García Portilla, mi madre, gracias por estar conmigo todo este tiempo, en situaciones de carencia y abundancia, llenando mi vida de amor y cariño con tus dulces palabras de madre.

A Carlos y Sandra, hermanos míos, gracias por su compañía y apoyo moral para terminar esta carrera.

Al Maestro Fabiel Vázquez Cruz, quien incondicionalmente me ha brindado su apoyo moral y profesional para concluir esta importante etapa de mi vida.

A la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, quien se convirtió en mi segundo hogar durante mi formación profesional.

A mis amigos, muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo donde vivimos momentos felices y tristes, gracias por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevaré en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. REVISION DE LITERATURA	4
3.1 Morfología, Taxonomía y Clasificación	4
3.2 Estadísticas de producción	6
3.2.1 Resumen nacional	6
3.2.3 Resumen estatal	7
3.3 Requerimientos del cultivo	8
3.3.1 Edáficos	8
3.3.2 Hídricos	9
3.4 Riego localizado	9
3.4.1 Vertientes del riego localizado	9
3.4.2 Estudio del bulbo húmedo en la superficie	10
3.5 Diseño agronómico	11
3.5 Evapotranspiración y métodos de calculo	12
3.6 Lamina de riego	13
3.7 Sistema de riego por goteo	13
3.7.1 Ventajas del riego por goteo	14
3.7.2 Goteros autocompensantes (PC)	15
3.7.3 Goteros antidrenantes (CNL)	15
3.7.4 Diseño del sistema de riego	15
IV. MATERIALES Y METODOS	17
4.1 Características del sitio	17
4.1.1 Localizacion geografica	17
4.1.2 Características climaticas	17
4.2 Proyeccion	18
4.2.1 Fase de Campo	18
4.2.1.1 Levantamiento planimetrico	19
4.2.1.2 Informacion para el diseño del sistema	19
4.2.2 Fase se gabinete	19
4.3 Desarrollo del proyecto	20
4.3.1 Plano topografico	20
4.3.2 Densidad de plantación	21
4.3.3 Calculo de la evapotranspiracion	22
4.3.4 Diseño del terreno	23

4.3.5	Diseño hidráulico	24
4.3.5.1	Selección del emisor	24
4.3.5.2	Perdida permisible en lateral de goteo	25
4.3.5.3	Perdida permisible en tubería secundaria	25
4.3.5.4	Selección de tuberías principales	26
4.3.6	Diseño electromecánico	27
4.3.6.1	Carga total dinámica	27
4.3.6.2	Carga neta de succión positiva (NPSH)	27
V.	RESULTADOS Y DISCUSION	32
5.1	Datos generales del proyecto	32
5.2	Plano topográfico	33
5.3	Diseño del proyecto	33
5.3.1	Diseño hidráulico	35
5.3.1.1	Intensidad de riego	35
5.3.1.2	Perdida permisible en lateral de goteo	35
5.3.1.3	Perdida permisible en tubería secundaria	37
5.3.1.4	Calculo de tuberías principales	38
5.3.2	Diseño electromecánico	40
5.3.2.1	Carga total dinámica	40
5.3.2.2	Carga neta de succion positiva (NPSH)	41
5.3.2.3	Equipo de bombeo seleccionado	41
5.3.3	Catalogo de conceptos	43
5.3.4	Análisis de costos	44
5.4	Descripción de materiales y equipos seleccionados	45
5.4.1	Emisor	45
5.4.2	Tuberia	46
5.4.3	Valvulas de control	47
5.4.4	Medidor de flujo	48
5.4.5	Filtracion	49
5.4.6	Bombeo	49
5.5	Planos del proyecto	50
VI.	CONCLUSIONES	51
VII.	LITERATURA CITADA	52

ÍNDICE DE CUADROS

	CONTENIDO	PAGINA
Cuadro 1.	Clasificación taxonómica de la zarzamora	5
Cuadro 2.	Superficie sembrada por entidad federativa	6
Cuadro 3.	Superficie sembrada en Michoacán por municipio	7
Cuadro 4.	Información climática disponible	22
Cuadro 5.	Presión atmosférica respecto a altura sobre el nivel del mar	29
Cuadro 5.	Presión de vapor en función de temperatura del agua	30
Cuadro 6.	Características de operación del emisor	35
Cuadro 7.	Análisis hidráulico de lateral	36
Cuadro 8.	Catalogo de conceptos	43
Cuadro 9.	Ficha técnica tubería inglesa y metrica	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	CONTENIDO	PAGINA
Figura 1.	Morfología del cultivar de zarzamora variedad "Brazos". Morfología de A) Flores; B) Fruto; C) Hojas y Ramas; D) Cultivar comercial de tipo erecto, variedad "Brazos"	5
Figura 2.	Localización del área de estudio	17
Figura 3.	Equipo NGSS Garmin 64s + antena de precisión	18
Figura 4.	Importación de polígono a GPS TrackMaker	20
Figura 5.	Poligonal envolvente	21
Figura 6.	Marco de plantación	21
Figura 7.	Proceso de información en Cropwat	23
Figura 8.	Proceso de información en NaanCAD	25
Figura 9.	Calculo de perdidas por fricción en tubería de succion	30
Figura 10.	Calculo de perdidas localizadas en tubería de succion	31
	Formato de campo	32
Figura 12.	Distribución de lotes de rancho	34
Figura 13.	Sentidos de cultivo en rancho	34
Figura 14.	Grafica de análisis hidráulico de lateral	36
Figura 15.	Proceso de datos para tuberia secundaria	37
Figura 16.	Calculo de tuberías secundarias en plano	37
Figura 17.	Calculo de tubería principal en plano	38
Figura 18.	Tabla de perdidas por friccion en sección 1	39
Figura 19.	Tabla de persidas por friccion en sección 2	39
Figura 20.	Tabla de perdidas por friccion en sección 3	39
Figura 21.	Cuadro de construcción y operación	40
Figura 22.	Datos técnicos de equipo de bombeo	42
Figura 23.	Curva de operación de equipo de bombeo	42
Figura 24.	Curva de NPSHr de equipo de bombeo	43
Figura 25.	AmnonDrip PC AS en zarzamora	46
Figura 26.	Tuberia amanco en zanja	46
Figura 27.	Construccion de valvula de control tipo 1	47

Figura 28.	Construccion de valvula de control tipo 2	48
Figura 29.	Medidor de flujo Mc Crometer	48
Figura 30.	Bateria de filtración de arena automatica	49
Figura 31.	Bateria de bombas en operación paralela	49

ÍNDICE DE ANEXOS

	CONTENIDO	PAGINA
ANEXO 1	Base de datos climatológica	1
ANEXO 2	Plano Hidraulico	1
ANEXO 3	Plano Topográfico	3
ANEXO 4	Plano de detalles de construcción	4
ANEXO 5	Expediente de proyecto	5

RESUMEN

Se realizó un proyecto de diseño de un sistema de riego por goteo para el predio "La Herradura" ubicado en San José Apupataro, Periban de Ramos, Estado de Michoacán.

El desarrollo del proyecto comprende dos etapas: a) fase de campo y b) fase de gabinete. En la primera se obtiene la información necesaria para el diseño del proyecto y en la segunda se procesa para obtener un proyecto económicamente viable e hidráulicamente funcional.

Se determinó la evapotranspiración del cultivo con el programa Cropwat para calcular los tiempos de riego por sector, posteriormente se procedió al diseño hidráulico del proyecto con la aplicación DISIRIM, donde se obtuvo la CDT (carga dinámica total) del sistema, y los diámetros óptimos de tubería. Finalmente se realizó el diseño electromecánico del equipo de bombeo comparando la NPSHd con la NPSHr

Se generaron tres planos, a) Topográfico b) Diseño hidráulico y c) Plano de detalles de construcción e instalación, además de un catálogo de conceptos y expediente de proyecto que incluye el importe de suministro e instalación del proyecto de riego.

Palabras clave: lámina de riego, CDT, NPSH

ABSTRACT

Design project for a drip irrigation system was carried out for the "La Herradura" farm located in San Jose Apupataro, Periban de Ramos, Michoacán State.

The development of the project comprises two stages: a) field phase and b) cabinet phase. In the first, the necessary information is obtained for the design of the project and in the second one it is processed to obtain an economically viable and hydraulically functional project.

The evapotranspiration of the crop was determined with the Cropwat program to calculate the irrigation times by sector, then the hydraulic design of the project was carried out with the DISIRIM application, where the CDT (total dynamic load) of the system was obtained, and the optimum diameters of pipeline. Finally, the electromechanical design of the pumping equipment was carried out comparing the NPSHd with the NPSHr

Three plans were generated: a) Topographic b) Hydraulic design and c) Detail plan of construction and installation, as well as a catalog of concepts and project file that includes the amount of supply and installation of the irrigation project.

Keywords: Irrigation sheet, CDT, NPSH

I. INTRODUCCIÓN

La zarzamora (*Rubus* spp.) se cultiva extensamente en algunos países de Europa y Norteamérica, en menor grado en América Central, América del Sur, Australia y Nueva Zelanda. En México, las primeras introducciones se hicieron en 1974 en el área de Chapingo, estado de México, donde el Colegio de Postgraduados evaluó algunos cultivares como "Brazos", el cual es el más cultivado en México; sin embargo, en los últimos años, éste se ha sustituido por otros cultivares (Parra et al., 1999). De ahí se extendió a otros estados, como Puebla, Hidalgo, Jalisco, Guanajuato y Michoacán.

Dentro de los factores que determinan el éxito de la producción de zarzamora dos resaltan significativamente, en primera instancia la aplicación eficiente del recurso hídrico y, en segundo lugar, la adecuada aplicación de fertilizantes. Ambos componentes se encuentran relacionados; pues la actual técnica de fertirriego permite uniformizar la aplicación localizada de agua y solución nutritiva a los cultivos, además de reducir los costos de producción por la disminución de mano de obra.

Lo anteriormente mencionado ha motivado a gran cantidad de agricultores locales a sustituir el riego superficial por riego presurizado por goteo en parcelas productivas y de nuevo inicio. Tal es el caso del proyecto realizado en el Rancho "La Herradura" donde se llevó a cabo la instalación de riego por goteo en una superficie efectiva de 6.17 hectáreas.

Para su desarrollo, el proyecto fue estructurado de acuerdo a la NMX-O-177-SCFI-2011 que establece los lineamientos generales para proyectos de sistemas de riego presurizado.

Finalmente se presenta plano topográfico, plano hidráulico y detalles de construcción de la obra, junto con el correspondiente catálogo de conceptos desglosado particularmente y costo total de inversión.

En base a lo anterior el objetivo es implementar un sistema agronómico e hidráulico eficiente que permitirá el uso eficiente del recurso hídrico en el cultivo de Zarzamora.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Implementar un proyecto de riego por goteo eficiente para cultivo de zarzamora en el municipio de Periban de Ramos, Estado de Michoacán.

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar los parámetros necesarios para el diseño del proyecto de riego por goteo
- b) Determinar el costo de inversión inicial
- c) Evaluar funcionalidad, uniformidad y operatividad del sistema

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Morfología, Taxonomía y Clasificación

Procedente mayormente de América, oeste de Europa, algunas zonas de Asia y del Ártico, la zarzamora (género *Rubus* spp.) figuró en el pasado como una especie invasiva, pero también como una fuente de alimento interesante para diversas especies animales. Posteriormente los frutos fueron considerados como un recurso alimentario de temporada y las plantas fueron usadas por sus propiedades medicinales. Hasta finales del siglo XIX, la demanda por los frutos permitió que se considerara como un cultivar (Striket *al.*, 2007).

Taxonómicamente, la zarzamora pertenece a la familia de las rosáceas (Cuadro 1) por lo que crece de forma arbustiva, presentando tallos leñosos dotados de espinas. Las hojas tienden a distribuirse de forma imparipinnada, constando de tres a cinco folíolos los cuales son ovados con bordes aserrados, el haz presenta coloración verde intenso brillante, mientras que el envés es blanquecino con pilosidad. Presenta flores de hasta tres centímetros de diámetro, las cuales crecen en racimos al final de las ramas, constan de 5 pétalos variando de blanco a rosado, y 5 sépalos. La infrutescencia forma una polidrupa, la cual consta de diversas drupas individuales arracimadas aun eje central (Berg, 2008) (Figura 1).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la zarzamora variedad "Tupi"

Dominio	<i>Eukaryota</i>
Reyno	<i>Plantae</i>
Subreyno	<i>Tracheobionta</i>
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosoideae</i>
Genero	<i>Rubus</i>
Especie	<i>fruticosus</i>
Variedad	'Tupi'

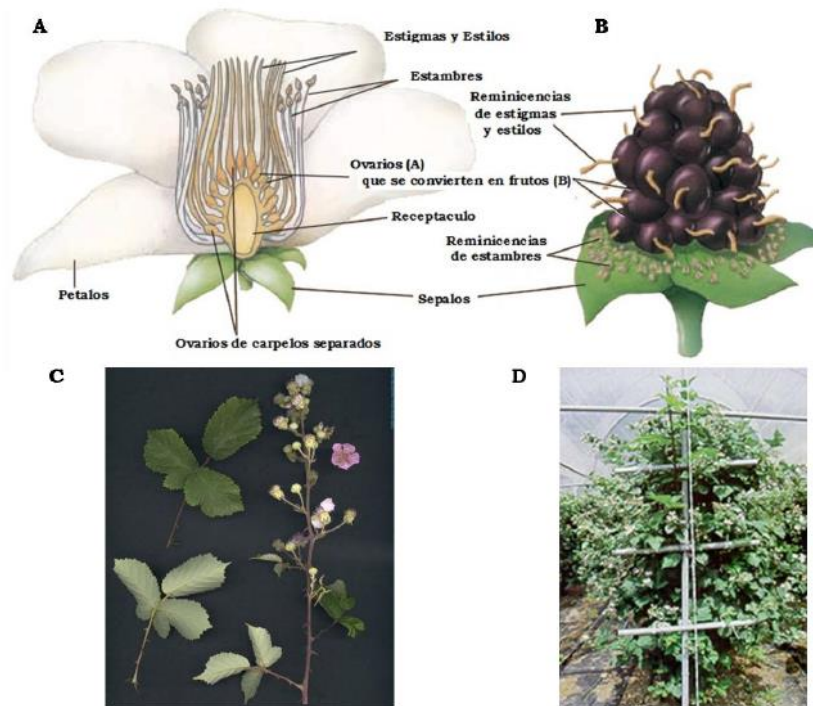


Figura 1. Morfología del cultivar de zarzamora variedad "Brazos". Morfología de A) Flores; B) Fruto; C) Hojas y Ramas; D) Cultivar comercial de tipo erecto, variedad "Brazos"

3.2 Estadísticas de producción

3.2.1 Resumen nacional

En México se reportan 13 entidades federativas (Cuadro 2) que incluyen el cultivo de zarzamora dentro de sus productos agrícolas, sin embargo, Michoacán se sitúa como el líder en superficie sembrada y cosechada (dentro de la modalidad riego + temporal) con 12,033.75 has sembradas en 2017, seguido por el estado de Jalisco (SIAP, 2017).

Cuadro 2. Superficie sembrada por entidad federativa

Entidad federativa	Superficie (ha)			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)
	Sembrada	Cosechada	Siniestrada				
Baja California	56	56	0	721.52	12.88	106,651.93	76,951.50
Ciudad de México	4.8	4.8	0	15.93	3.32	11,153.43	177.67
Colima	136	136	0	1,669.80	12.28	31,739.38	52,998.41
Guanajuato	5.5	4	0	58.8	14.7	12,095.89	711.24
Hidalgo	1	1	0	2.3	2.3	10,800.00	24.84
Jalisco	536.5	536.5	0	7,565.79	14.1	14,936.17	113,003.90
México	19.5	19.5	0	123.4	6.33	15,315.26	1,889.90
Michoacán	12,033.75	11,782.75	0	260,143.25	22.08	39,633.76	10,310,455.16
Morelos	11.5	11.5	0	35.88	3.12	14,203.76	509.63
Nayarit	2	0	0	0	0	0	0
Puebla	3	3	0	13.2	4.4	15,203.41	200.69
Querétaro	3	3	0	33	11	27,440.31	905.53
Veracruz	3	3	0	16.5	5.5	14,600.00	240.9
	12,815.55	12,561.05	0	270,399.37	21.53	39,046.21	10,558,069.37

3.2.2 Resumen estatal

En su mayoría la producción de zarzamora en México es llevada a cabo en el Estado de Michoacán, específicamente en las ciudades de Los Reyes, Atapan, Zamora, Uruapan, Peribán, Tangancicuaro, Ario de Rosales, Tacámbaro y Ziracuaretiro, (Cuadro 3) aunque el cultivo está ampliamente extendido en todo el Estado. Michoacán ofrece las condiciones idóneas para el desarrollo del cultivo, contando con vegetación propia de ecosistemas boscosos (pino - encino) la cual favorece un clima templado y una alta humedad relativa (Cajuste *et al.*, 2000; Calderón-Zavala, 2006).

Cuadro 3. Superficie sembrada en Michoacán por municipio

Municipio	Superficie			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)
	(ha)						
	Sembrada	Cosecha	Siniestrada				
Nuevo Urecho	13	13	0	79.3	6.1	10,700.00	848.51
Ario	504	504	0	7,358.40	14.6	23,816.08	175,248.24
Salvador Escalante	203	203	0	2,142.60	10.55	17,976.61	38,516.69
Tacámbaro	1,152.00	1,152.00	0	13,248.00	11.5	27,757.68	367,733.74
Turicato	80	80	0	1,040.00	13	29,139.61	30,305.19
Jiquilpan	36	36	0	327.6	9.1	22,450.55	7,354.80
Marcos Castellanos	4	4	0	33	8.25	27,187.88	897.2
Venustiano Carranza	4	4	0	36.8	9.2	15,478.26	569.6
Villamar	32	32	0	369.2	11.54	16,126.49	5,953.90
Taretan	170	170	0	2,975.00	17.5	28,500.00	84,787.50
Uruapan	135	135	0	2,322.00	17.2	28,500.00	66,177.00
Ziracuaretiro	800	800	0	13,600.00	17	28,500.00	387,600.00
Chilchota	20	10	0	270	27	43,784.00	11,821.68
Jacona	155	145	0	4,009.50	27.65	42,369.98	169,882.42
Los Reyes	5,088.00	5,060.00	0	131,465.20	25.98	41,664.53	5,477,436.18

Peribán	2,182.0 0	2,160.0 0	0	55,925. 00	25.89	43,509. 10	2,433,246. 61
Tangancícuaro	612.75	571.75	0	11,543. 30	20.19	40,410. 09	466,465.85
Tingüindín	14	14	0	275.8	19.7	46,424. 16	12,803.78
Tlazazalca	20	14	0	431.9	30.85	46,194. 41	19,951.37
Tocumbo	479	460	0	9,185.0 0	19.97	44,379. 06	407,621.71
Zamora	215	115	0	2,396.5 0	20.84	51,520. 25	123,468.28
Contepec	16	16	0	148.96	9.31	17,786. 00	2,649.40
Epitacio Huerta	5	5	0	46.52	9.3	20,453. 04	951.48
Maravatio	14.5	14.5	0	207.35	14.3	17,291. 00	3,585.29
Tuxpan	18	18	0	163.8	9.1	18,499. 83	3,030.27
Zitácuaro	61.5	46.5	0	542.52	11.67	21,286. 71	11,548.46
	12,033. 75	11,782. 75	0	260,143 .25	22.08	39,633. 76	10,310,455 .15

El municipio de Los Reyes Salgado, nombrado "Capital Mundial de la zarzamora" se sitúa como líder a nivel estatal con 5,088.00 hectáreas sembradas en 2017, seguido por Peribán de Ramos con 2,182.00 hectáreas sembradas (SIAP, 2017) ambos municipios son colindantes.

3.3 Requerimientos del cultivo

3.3.1 Edáficos

La zarzamora crece bien en varios tipos de suelos, que van desde los arenosos hasta los arcillosos provistos de buen drenaje. En general, requiere de suelos sueltos, no compactados y profundos (de 0.5 a 1.30 m), con textura franca o franco arcillosa, ya que su sistema radical no tolera los encharcamientos de agua. Un suelo óptimo para este cultivo debiera ser rico en materia orgánica y con un pH entre 5.5 y 7.5 (Moore y Skivin, 1990).

3.3.2 Hídricos

Las mayoría de las recomendaciones para irrigar las zarzamora se abastecen aproximadamente 2.5 cm de agua por semana antes de la cosecha y 2.5 cm o menos por semana durante el resto de la estación de crecimiento. La irrigación es a menudo crítico para la sobrevivencia de la zarzamora en el primer año (Ibañez *et al.*, 2006).

3.4 Riego localizado

El riego localizado consiste en aplicar el agua a una zona más o menos restringida del volumen de suelo que habitualmente ocupan las raíces, sus características principales son (Fuentes, 1998):

- No se moja la totalidad del suelo
- Se utilizan pequeños caudales a baja presión
- El agua se aplica con alta frecuencia

La localización del agua en la proximidad de las plantas se manifiesta en que modifican algunas características de las relaciones agua - suelo - planta, tales como: reducción de la evapotranspiración, distribución del sistema radical, régimen de salinidad, etc. La alta frecuencia de aplicación del agua implica unas importantes consecuencias sobre su aprovechamiento, ya que al estar siempre el suelo a la capacidad de campo o muy próximo a ella, las plantas absorben el agua con mucha facilidad (ídem).

3.4.1 Vertientes del riego localizado

Según Fuentes (1998) el riego localizado se divide en:

- Riego por goteo: El agua se aplica mediante dispositivos gota a gota mediante flujo continuo, con un caudal

inferior a 16 LPH por punto de emisión o por metro lineal de manguera con gotero.

- Riego por microaspersión: el agua se aplica mediante dispositivos que la emanan en forma de lluvia fina, con caudales comprendidos entre 16 y 200 LPH por punto de emisión.

3.4.2 Estudio del bulbo húmedo en la superficie

En el punto donde cae el agua se forma una zona inundada, que se va haciendo mayor cuando el caudal del emisor es superior a la velocidad de infiltración del suelo, a continuación hay una zona húmeda mucho más amplia, producida por la infiltración lateral y vertical del agua. Las pérdidas por evaporación son insignificantes y en su dimensión influyen (Moya, 1998):

- Caudal del gotero
- Textura del suelo
- Pendiente
- Apelmazamiento

Para su cálculo existe la siguiente formula, sin embargo, los valores pueden variar según la mezcla del suelo, labores y otros factores específicos:

$$D = 2.5 \left(2 \sqrt{\frac{0.06 Q}{I}} \right)$$

Donde:

D = diámetro del bulbo en cm

Q = caudal del gotero en LPH

I = Velocidad de infiltración básica mm/hr

3.5 Diseño agronómico

Según López (1996), los datos de partida para el diseño agronómico son los siguientes:

- Comportamiento del suelo cuando es mojado desde una fuente puntual: Se pretende conocer el volumen y forma del bulbo húmedo que dependerá de la textura, estructura y grado de estratificación del suelo, del caudal de emisor, del volumen de agua aplicado y todo ello para condiciones de cultivo y clima conocidas.
- Cultivo a regar: Conocer la profundidad efectiva radicular, marco de plantación, espacio entre líneas y planta y el espacio mínimo necesario referido al marco de plantación.
- Climatología y cultivo: Son las necesidades netas de agua por las plantas cultivadas.
- Calidad del agua de riego: Relacionada con el suelo, cultivo y método de riego mediante los requerimientos o fracción de lavado.
- Uniformidad de riego: En función de la respuesta del cultivo a la aplicación de agua y costo del agua.
- Condiciones técnico comerciales de la instalación: Conocer costos totales del proyecto, caudales nominales, espacios mínimos y máximos entre riegos.
- Disposición de emisores: Influenciada por el marco de plantación y manejo del cultivo (técnicas culturales) mediante la elección del riego en cada planta o mojando franjas laterales, con número entre o fraccionado de emisores por planta.

3.5.1 Evapotranspiración y métodos de cálculo

El concepto de evapotranspiración se ha venido definiendo como la suma del agua evaporada directamente durante el proceso del riego, el agua evaporada desde el suelo, de la evaporación del agua libre interceptada y retenida en la superficie de la cubierta y del agua absorbida por el cultivo y transpirada hacia la atmosfera (De Santa & Valero, 1993).

En la actualidad existe una gran cantidad de métodos indirectos que permiten estimar la evapotranspiración a partir de variables meteorológicas (López et al., 1991). Dichos métodos involucran el empleo de ecuaciones empíricas, las cuales requieren de información climatológica fácil de conseguir y por lo tanto, tienen gran utilidad en la planeación agrícola. Los avances tecnológicos en la construcción de estaciones automatizadas para el registro y almacenamiento de datos, en conjunto con el manejo de sistemas de computación para la programación del riego en tiempo, cada vez son más comunes. Los métodos meteorológicos estiman la evapotranspiración en contos intervalos de tiempo (menores de 30 minutos), por lo que permiten estimar este parámetro en tiempo real (Rosenberg, 1974).

Dentro de estos métodos se encuentran los que se basan en el Balance de energía, como el método de la Relación de Bowen; dentro de los Aerodinámicos podemos mencionar los que se basan en el transporte de masa como es el caso del método de Thornthwaite-Holzman, Aerodinámicos, propiamente dicho los métodos de correlación de transporte turbulento y, finalmente, los mixtos que consideran tanto el Balance de energía como el componente aerodinámico, entre éstos e pueden

mencionar los métodos de Penman, Van Bavel y los que involucran, además, la resistencia de la planta al transporte de vapor de agua, como es el caso del método de Penman-Monteith.

3.6 Lámina de riego

La lámina de riego se expresa en el contenido de humedad en un determinado momento y puede expresarse de la manera siguiente:

$$Lr = (\theta_{cc} - \theta_{actual}) * Pr$$

Donde:

Lr = Lámina de riego, cm.

θ_{cc} = Contenido de humedad volumétrica a capacidad de campo.

θ_{actual} = Contenido de humedad volumétrica inicial.

Pr = Profundidad de raíces, cm.

La cantidad neta de agua entregada al sistema durante cada riego, varía con las condiciones climáticas y según la estrategia de riego. Sin embargo para efectos de diseño se utiliza la demanda máxima para determinar la capacidad que debe tener el sistema. Es decir, el sistema debe ser capaz de entregar un caudal igual a la demanda máxima.

3.7 Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo es un sistema de riego mecanizado a presión, que permite aplicar agua gota a gota sobre la superficie del suelo en el que se desarrolla el sistema radicular de la planta, produciendo un humedecimiento limitado y localizado. El agua se vierte en pequeños volúmenes por unidad de tiempo y a baja presión mediante

emisores o goteros insertados en una tubería lateral de distribución, los cuales son absorbidos por las raíces de la planta, aprovechándose prácticamente en su totalidad. El riego por goteo supone una mejora tecnológica importante, que contribuirá, por tanto, a una mejor productividad. Comporta un cambio profundo dentro de los sistemas de aplicación de agua al suelo que incidirá también en las prácticas culturales a realizar, hasta el punto que puede considerarse como una nueva técnica de producción agrícola (Medina, 2000).

Hartz (1995). Menciona que el riego por goteo ofrece el potencial para el manejo preciso del agua. También proporciona el vehículo ideal para liberar los nutrientes de una manera eficiente en el uso del agua y nutrientes, mientras se maximiza la productividad del cultivo requiere de un manejo intensivo.

3.7.1 Ventajas del riego por goteo

- Reduce de manera importante la evaporación del agua en el suelo.
- Permite automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Debido al mantenimiento de humedades altas en el bulbo realizado por los emisores, permite el uso de aguas más salinas para el riego que los sistemas de irrigación por superficie y por aspersion.
- Tiene una adaptación más fácil en terrenos irregulares, rocosos o con fuertes pendientes.

- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo, es decir es el sistema más adaptado a la fertirrigación.

3.7.2 Goteros autocompensantes (PC)

Estos emisores ofrecen un caudal fijo dentro de un rango más o menos amplio de presión. La utilidad de estos goteros radica en la capacidad de homogeneización del riego a lo largo de una línea de riego, ya que los últimos emisores de la línea normalmente tienen una menor presión que los primeros debido a la caída de presión por rozamiento del agua con la tubería.

3.7.3 Goteros antidrenantes (CNL)

Estos goteros se cierran automáticamente al bajar la presión en el sistema de riego, de manera que no ocurre la descarga de la tubería, lo que produce ventajas tales como evitar la entrada de aire al sistema y la bomba de riego no necesita cargar el sistema para empezar a funcionar, por tanto optimiza su uso.

3.7.4 Diseño del sistema de riego

El diseño de un sistema de riego consiste en las especificaciones detalladas de los componentes del sistema y de las prácticas requeridas para establecer calendarios de riego, operación y mantenimiento (Zazueta, 1992).

Un sistema de riego debe ser capaz de proporcionar la cantidad de agua requerida bajo condiciones de demanda máxima. Para ello es necesario que el sistema sea capaz de

humedecer una fracción del volumen radicular, de dimensiones adecuadas y con un nivel de humedad que permitan satisfacer las condiciones climáticas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Características del sitio

4.1.1 Localización geográfica

El presente proyecto se realizó en la localidad de San José Apupátaro perteneciente al municipio de Peribán de Ramos, Estado de Michoacán (Figura 2).

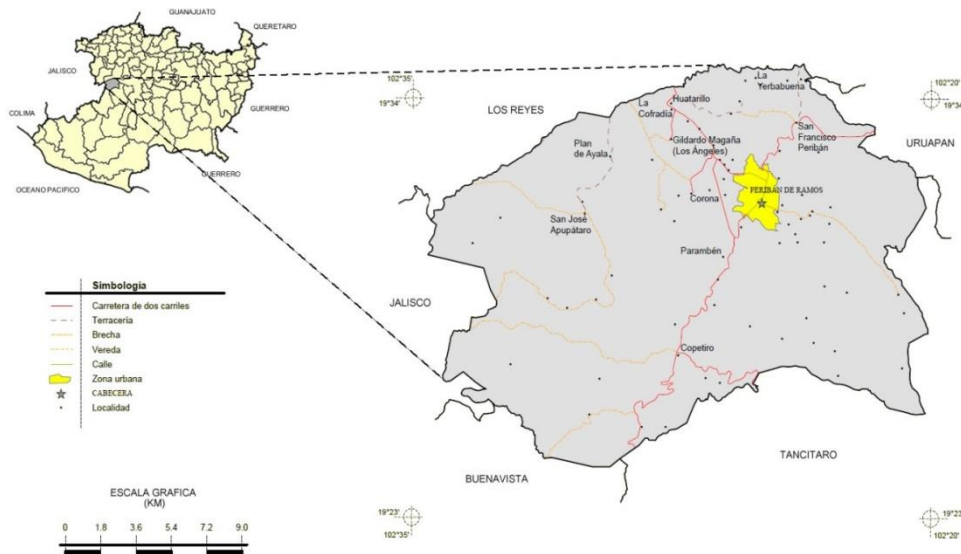


Figura 2.- Localización del área de estudio

4.1.2 Características climáticas

La superficie proyectada para goteo está situada a 1,265.0 msnm y ubicado a 19° 31' 3.2" latitud Norte y 102° 30' 33.7" longitud Oeste. Predomina el tipo de suelo vertisol bajo un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (INEGI, 2009). Presenta una precipitación anual de 1,012.0 mm y un rango variante de temperatura de 13.9°C a 28.7°C, siendo 21.3°C la temperatura media mensual (SMN, 2014).

4.2 Proyección

Para su análisis y diseño el proyecto se divide en dos etapas:

- a) Fase de campo
- b) Fase de gabinete

4.2.1 Fase de campo

Esta etapa consiste en obtener información necesaria que facilite la creación de un proyecto económicamente viable y operativamente funcional.

Inicia junto al primer acercamiento con el agricultor en campo para realizar el levantamiento topográfico y el estudio de la infraestructura disponible.

A continuación, se presenta los materiales utilizados junto con su aplicación en el desarrollo de la mencionada fase:

- a) Receptor GPS Garmin 64s con antena de precisión:**
Registrar puntos geográficos estratégicos y rutas en recorrido perimetral de levantamiento topográfico (Figura 3).



Figura 3.- Equipo NGSS Garmin 64s + antena de precisión

b) Formato de campo: Registro de información elemental para diseño agronómico, hidráulico y alcances del proyecto.

4.2.1.1 Levantamiento planimétrico

Para determinar el área de la poligonal se realizó el recorrido general de la superficie proyectada para sistema de riego, registrando con el GPS durante el trayecto puntos estratégicos y la ruta que dará origen a la poligonal envolvente.

La información geográfica fue procesada en el ordenador con el sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) Zona 13 N bajo el Datúm WGS 84

4.2.1.2 Información para diseño del sistema

El formato utilizado fue proporcionado por NaanDanJain México. Corresponde a una guía de información elemental para la elaboración de proyectos de riego, fue complementada con datos proporcionados por el usuario final.

4.2.2 Fase de gabinete

El desarrollo de la fase de gabinete se llevó a cabo en las oficinas centrales de IDR - Suc. Periban de Ramos, utilizando un equipo de cómputo con programas de diseño precargados, los cuales se describen a continuación:

- a) **GPS TrackMaker 13.9:** Proceso de información satelital obtenida en fase de campo.
- b) **Google Earth 7.3 PRO:** Proceso de información satelital obtenida en fase de campo.
- c) **CropWat 8.0:** Análisis de información climática para determinación de evapotranspiración, láminas y calendarios de riego.
- d) **AutoCAD 2016:**Elaboración y edición de planos
- e) **NaanCAD 2014:**Calculo de laterales de riego
- f) **DISIRIM:** Diseño agronómico e hidráulico del proyecto.

4.3 Desarrollo del proyecto

4.3.1 Plano topográfico

Los puntos recabados en campo fueron procesados inicialmente en GPS TrackMaker 13.9 (Figura 4) para ubicarlos en el mapa. Posteriormente fueron trasladados a Google Earth PRO 7.3 (Figura 5) donde se elaboró un polígono externo a la línea envolvente para dar origen al plano topográfico.

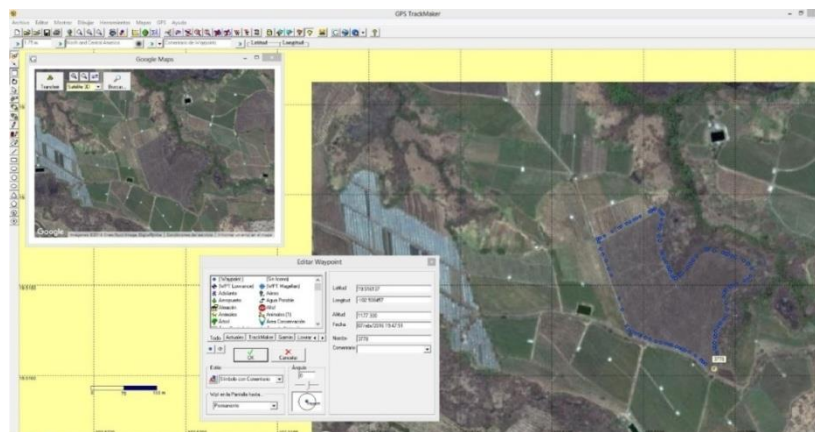


Figura 4.- Importación de polígono a GPS TrackMaker



Figura 5.- Poligonal envolvente

4.3.2 Densidad de plantación

El marco de plantación del cultivo de zarzamora es, por su método de cultivo, de 2.2 metros entre líneas y 0.3 metros entre plantas (Figura 6). Resulta una densidad aproximada de 15, 000.00 plantas por hectárea en la etapa de siembra

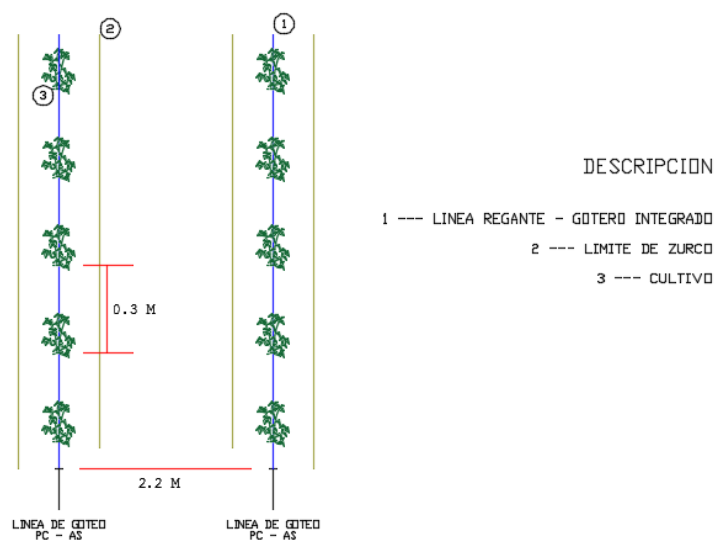


Figura 6.- Marco de plantación

4.3.3 Calculo de evapotranspiración

Se obtuvo del servicio meteorológico nacional (SMN) la base de datos climatológica de la estación meteorológica ubicada en San Sebastián (LAT: 19°34'19" N. LONG: 102°28'54" W. ALTURA: 1,300.0 MSNM.) con registro de 1951 a 2010.

Los datos obtenidos de temperatura máxima y mínima, además de precipitación son presentados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Información climática disponible

	Temperatura máxima mensual (°C)	Temperatura mínima mensual (°C)	Precipitación (mm)
Enero	26.70	10.40	16.10
Febrero	28.20	10.70	4.40
Marzo	30.40	12.20	6.50
Abril	32.40	13.90	4.20
Mayo	32.80	15.70	31.80
Junio	29.10	17.10	206.60
Julio	27.00	16.40	211.50
Agosto	26.90	16.00	198.90
Septiembre	27.00	16.00	214.10
Octubre	28.00	14.80	93.60
Noviembre	28.30	12.80	11.40
Diciembre	27.00	11.20	12.90
TOTAL	28.65	13.93	1,012.00

Los datos obtenidos fueron procesados en el programa CROPWAT (Figura 15) desarrollado por la FAO para la obtención del valor de ET del cultivo mediante la fórmula de Penman-Monteith

Por ser agricultura protegida, es decir, cultivo bajo macrotúnel y acolchado plástico con suministro de agua mediante sistema de riego no se considera el cálculo de precipitación efectiva

ETo Penman-Monteith Mensual - untitled

País Estación

Altitud m. Latitud °N Longitud °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	10.4	26.7	68	173	9.5	18.5	3.60
Febrero	10.7	28.2	67	173	10.3	21.6	4.27
Marzo	12.2	30.4	66	173	11.0	24.9	5.14
Abril	13.9	32.4	66	173	11.7	27.3	5.90
Mayo	15.7	32.8	68	173	11.5	27.3	6.05
Junio	17.1	29.1	74	173	8.9	23.2	4.97
Julio	16.4	27.0	76	173	8.0	21.8	4.49
Agosto	16.0	26.9	76	173	8.0	21.6	4.40
Septiembre	16.0	27.0	75	173	7.8	20.4	4.15
Octubre	14.8	28.0	72	173	8.7	19.9	4.09
Noviembre	12.8	28.3	69	173	9.4	18.8	3.87
Diciembre	11.2	27.0	69	173	9.3	17.6	3.50
Promedio	13.9	28.6	71	173	9.5	21.9	4.54

Figura 7.- Proceso de información en Cropwat

Meza, et al, (2013). Equiparan el cultivo de zarzamora con vid de mesa en el estado de sonora, estiman ETC máxima para el mes de mayo en 5.18 mm/día; sin embargo, para efectos de este estudio y por solicitud del propietario del proyecto, se toma como referencia el parámetro de 6.0 mm/día como valor máximo de diseño.

4.3.4 Diseño del terreno

Con base al plano topográfico se trazaron caminos perimetrales de 7.0 metros de amplitud y 4.0 metros en los parcelarios, la distribución de los caminos fue determinante en la distribución de las secciones y lotes de riego.

4.3.5 Diseño hidráulico

Se realizó el diseño del proyecto en base a lo requerido por la NMX-O-177-SCFI-2011 utilizando el programa AutoCAD con la aplicación DISIRIM

4.3.5.1 Selección del emisor

Al estar sembrada a 0.3 metros entre plantas y ser un cultivo de alta demanda hídrica se ha seleccionado como el mejor emisor la manguera con gotero integrado autocompensado de 3.8 LPH con espaciamiento a 30 cm en 20 mm de diámetro (mayor longitud de laterales). De tal manera que, con este emisor se calcula la intensidad de riego con la siguiente fórmula:

Intensidad de riego

$$Ir = \frac{Q}{de * dr}$$

Donde

Ir = Intensidad de riego (mm/hr)

De = Distancia entre emisores (m)

Dr = Distancia entre regantes (m)

Q = Caudal del emisor (LPH)

Sustituyendo valores

$$Ir = \frac{3.8}{0.3 * 2.2}$$

Obtenemos que la intensidad de riego es de **5.76 mm/hr/m²**

4.3.5.2 Pérdida permisible en lateral de goteo

Dentro del riego por goteo existen dos categorías principales, los de flujo abierto (FT) y los autocompensados (PC). La diferencia entre ambos es principalmente el costo, y el criterio de selección entre uno y otro depende de los requerimientos planteados en la encuesta preliminar al diseño y la topografía del terreno.

Con los emisores autocompensados se permite instalar laterales de mayor longitud sin modificar la uniformidad del riego.

Se calculo la pérdida de carga permisible en el programa NaanCAD (Figura 8) para el lateral de máxima longitud (ruta crítica) correspondiente a la sección 2, en el lote numero 14, el cual es equivalente a 70.0 metros

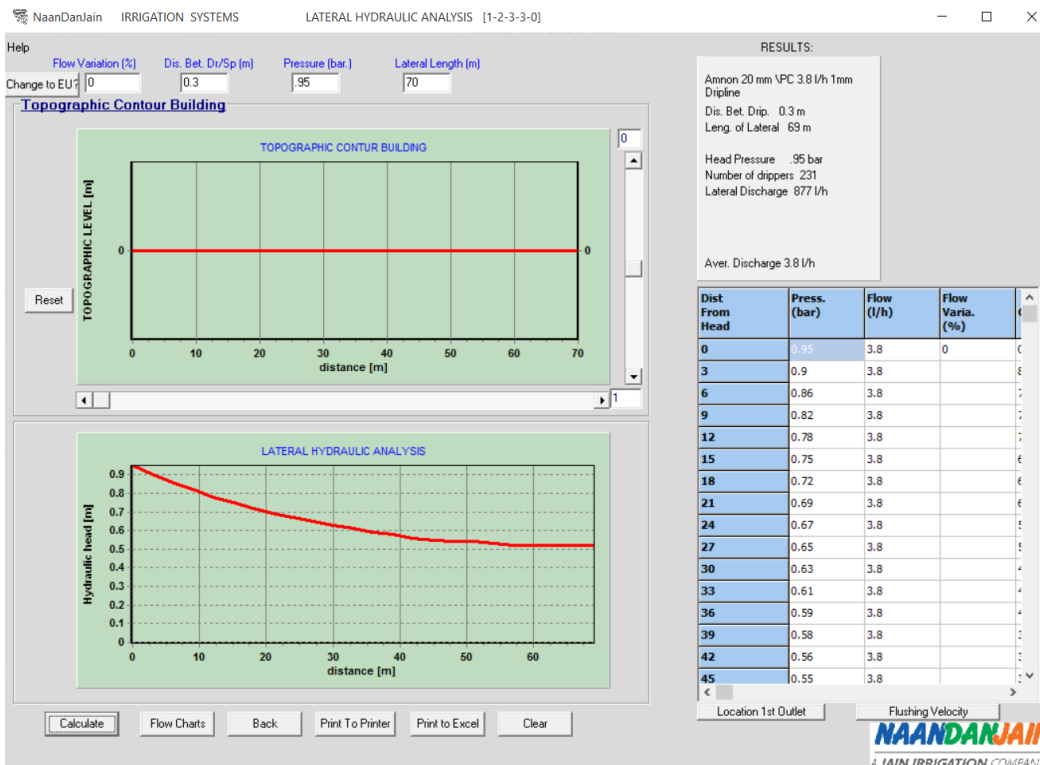


Figura 8.- Proceso de información en NaanCAD

4.3.5.3 Pérdida permisible en tubería secundaria

En emisores FT, se considera el 10% de la presión de operación del emisor como valor de pérdida permisible en una sección, este valor se reparte cantidades iguales entre laterales y tubería secundaria

Sin embargo, en sistemas PC, donde las presiones están reguladas por las membranas ubicadas dentro del gotero, el valor de pérdida de presión se puede incrementar, esto lleva consigo un aumento en la presión de operación del lote.

Se calcularon los diámetros óptimos para cada lote de riego con un valor de pérdida equivalente a 0.15 bar

4.3.5.4 Selección de tuberías principales

Se utilizo el programa DISIRIM para selección y calculo de tuberías principales mediante la fórmula de Hazen - Williams, descrita a continuación:

$$hf = \frac{1.21 \times 10^{10}}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} L$$

Donde:

hf = Pérdidas de carga por fricción (m)

D = Diámetro interno del tubo (mm)

Q = Gasto o caudal (lps)

C = Coeficiente de fricción (adim) 145 para PVC y PE

L = Longitud del conducto (m)

4.3.6 Diseño electromecánico

4.3.6.1 Carga total dinámica

El cálculo de la carga total de bombeo consiste en determinar la energía requerida para impulsar el líquido desde el nivel de succión hasta el nivel de descarga, venciendo la resistencia que ofrecen la tubería y los accesorios, al paso del fluido.

La carga dinámica total de bombeo se define como la suma total de resistencias del sistema, correspondientes a la carga estática total, a la pérdida de carga por fricción en la tubería de succión y descarga y a la carga de velocidad.

4.3.6.2 Carga neta de succión positiva (NPSH)

La NPSH también es una curva característica que se obtiene en función del caudal a una velocidad de giro constante del impulsor.

El NPSHr es el valor mínimo que se necesita para evitar la cavitación. Depende de las características de la bomba, por lo que es un dato proporcionado por el fabricante.

$$NPSHr = Hz + (V^2/2G)$$

Donde

Hz = Presión absoluta mínima necesaria en la zona anterior a los alabes

$V^2/2g$ = Carga cinética correspondiente a la velocidad de entrada del líquido en la boca del impulsor

La NPSHd depende de las características de instalación y del líquido a bombear. Esta es independiente del tipo de bomba y se calcula de acuerdo a las condiciones atmosféricas y de instalación/operación

$$\mathbf{NPSHd = Ha - Hs - Hv - Hf}$$

Donde

Ha = Presión atmosférica

Hs = Altura de succión (se resta si el nivel del agua está por debajo del ojo del impulsor; se suma si el nivel del agua está por arriba del impulsor)

Hv = presión de vapor

Hf = Perdidas de presión en la tubería (puede ser calculo por formula de HW)

Como criterio elemental se considera que la NPSH disponible siempre debe ser mayor al valor requerido por la bomba

Los cuadros de obtención de valores para la formula de NPSH se presentan a continuación

Cuadro 5. Presión atmosférica respecto a altura sobre el nivel del mar

ALTITUD PRESION ATMOSFERICA		
msnm	PSI	Bar
0	14.70	1.01
152.40	14.40	0.99
304.80	14.20	0.98
609.60	13.70	0.94
914.40	13.20	0.91
1,219.20	12.70	0.88
1,270.00	12.78	0.88
1,524.00	12.20	0.84
1,828.80	11.80	0.81
2,133.60	11.30	0.78
2,438.40	10.90	0.75
2,743.20	10.50	0.72
3,048.00	10.10	0.70

Cuadro 6. Presión de vapor en función de temperatura del agua

TEMPERATURA		PRESION DE VAPOR	
°F	°C	ft de agua	mca
60.00	15.56	0.59	0.18
70.00	21.11	0.84	0.26
80.00	26.67	1.17	0.36
90.00	32.22	1.61	0.49
100.00	37.78	2.19	0.67
110.00	43.33	2.94	0.90
120.00	48.89	3.91	1.19
130.00	54.44	5.14	1.57
140.00	60.00	6.67	2.03
150.00	65.56	8.58	2.62
160.00	71.11	10.90	3.32
170.00	76.67	13.80	4.21
180.00	82.22	17.30	5.27
190.00	87.78	21.60	6.58
200.00	93.33	26.60	8.11
210.00	98.89	32.60	9.94
212.00	100.00	34.00	10.36

A continuación se presenta las pérdidas de carga (localizadas) para la tubería de succión de 6" (Figura 9) y las perdidas localizadas por accesorios en la succión (Figura 10)

PERDIDAS DE CARGA H. AND W. (m)

Longitud de la tubería (m) =

Gasto de la tubería (lps) =

Coef. de rugosidad H. and W. =

Diámetro de la tubería (m) =

Pérdida de carga "hf" (m) = 0.0298253

Velocidad "m/s" = 0.8444547

Figura 9.- Calculo de perdidas por fricción en tubería de succión

Pérdidas localizadas



Concepto	Cantidad	hf(mca)
Válvula tipo globo	0	0.0000
Válvula de ángulo	0	0.0000
Válvula de compuerta	0	0.0000
Val. retención tipo giratorio (Liviana)	0	0.0000
Valvula retención tipo bola (Pesada)	0	0.0000
Válvula mariposa	0	0.0000
Válvula de bola cierre rápido	0	0.0000
Válvula de pie	1	0.0636
Medidor de gasto	0	0.0000
Te paso directo	0	0.0000
Te salida lateral	0	0.0000
Te salida bilateral	0	0.0000
Codo 90°	1	0.0327
Codo 45°	0	0.0000
Curva 90°	0	0.0000
Curva 45°	0	0.0000
Curva 22°	0	0.0000
Reducción gradual	1	0.0055
Ampliación Gradual	0	0.0000
Reducción brusca	0	0.0000
Ampliación brusca	0	0.0000
Total		0.1018

Método de cálculo:

Kx Longitud equivalente

Gasto: l/s

Material:

CLASE O RD:

Diámetro:

Diámetro reducción brusca:

Diámetro ampliación brusca:

Figura 10.- Calculo de perdidas localizadas en tubería de succión

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Datos generales del proyecto

Se recopiló información del proyecto tomando como línea de base la información establecida por la NOM-0-177-SCFI-2011 completada con datos específicos para el desarrollo del proyecto. En la Figura 11 se presenta el formato de campo.


		NaanDanJain México SA de CV Área Técnica Leontina Gudiño 1 • Parque San Bernardino • Texcoco, México Teléfono: 595.925.1240 • www.naandanjain.com.mx	
Cliente (*):	Jaime J. Auda Martínez	Fecha (*):	10 de Septiembre de 2017
Teléfono (*):	354.101.3324	Nombre del proyecto (*):	Riego por goteo
e-mail (*):	jaimeauda@hotmail.com	Clave de proyecto:	IDR-10/09/18-17
Distribuidor (*):	IDR - Suc. Peribán de Ramos	Responsable de obra (*):	Daniel Mora García
INFORMACIÓN DEL PREDIO (*)			
Nombre:	La Herradura	Estado	Municipio
Superficie (*):	6.90 ha	Ubicación (*):	Localidad
		Michoacán	Peribán
			San José Apupátaro
ALCANCES DEL PROYECTO Y ESTUDIOS REALIZADOS (*)			
<input checked="" type="checkbox"/> Cálculo de reservorio y h	<input checked="" type="checkbox"/> Diseño hidráulico	<input checked="" type="checkbox"/> Automatización	<input checked="" type="checkbox"/> Lista de materiales importado
<input checked="" type="checkbox"/> Expediente técnico	<input checked="" type="checkbox"/> Localización	<input checked="" type="checkbox"/> Cálculo de bombas	<input checked="" type="checkbox"/> Fertilización
<input checked="" type="checkbox"/> Listas de materiales nacionales	<input checked="" type="checkbox"/> Presentación	<input type="checkbox"/> Estudio de suelos	<input type="checkbox"/> Estudio de calidad de agua
Trabajos realizados (*): <input checked="" type="checkbox"/> Levantamiento topográfico			
Observaciones adicionales:			
Incluir: A) Trazo de caminos parcelarios primarios y secundarios; B) Trazo de línea de cultivo referencia norte magnético			
FUENTE DE AGUA			
Fuente:	Reservorio	Tiempo de abastecimiento (*):	10.00 horas/día
Gasto disponible (*):	130.00 m ³ /h	Presión disponible (*):	- bar
Observaciones adicionales:			
Fuente de abastecimiento discontinua con intervalo de 6 a 8 días; caudal aproximado 130 a 230 m ³ /h depende de estacionalidad			
INFORMACIÓN DEL CULTIVO Y DISTRIBUCIÓN EN CAMPO			
Cultivo (*):	Zarzamora	Área deseable de módulos:	2.00 ha
Distancia entre plantas (*):	0.30 m	Área deseable de parcela (*):	5.50 ha
Distancia entre hileras (*):	2.20 m	Ancho de calle principal:	4.00 m
Longitud máxima de surco:	75.00 m	Ancho de calle perimétrica:	7.00 m
Tipo de surco:	Tradicional	Ancho de calle de servicio:	4.00 m
INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO			
Lámina de reposición diaria (*):	6.00 mm/día	Caudal del emisor:	3.80 lph
Método de riego sugerido (*):	Riego por goteo PC - AS	Separación entre emisores:	0.30 m
Tiempo de riego diario (*):	8.00 horas/día	Separación entre laterales:	2.20 m
		Regantes por hilera de plantas:	1.00
Observaciones adicionales:			
FERTIRRIGACIÓN		OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO	
Sistema sugerido (*):	Bomba booster	Fuente de energía:	Eléctrica 220 3F
Caudal de inyección (*):	50.00 lpm	Control de riego:	Manual
<small>Obtenido del cálculo del agrónomo (fórmula de fertilización)</small>			
OBSERVACIONES GENERALES			
<small>En caso de no contar con un plano topográfico, se recomienda enviar un punto GPS, preferentemente de Google Earth. TODOS LOS CAMPOS MARCADOS (*) SON OBLIGATORIOS PARA REALIZAR UNA PROPUESTA TÉCNICA.</small>			

Figura 11.- Formato de campo

En base a esta encuesta preliminar se logra obtener información fiable y útil para el desarrollo del proyecto, tomando en cuenta los requerimientos del cultivo y económicos del agricultor, ambos ajustados a la infraestructura y topografía del terreno.

5.2 Plano topográfico

En base a la información recolectada en campo se genero el plano topográfico de la superficie proyectada para sistema de riego con el programa AutoCAD (Anexo 1), el polígono fue importado como formato KML mediante la aplicación DISIRIM, misma que genero el cuadro de construcción.

La superficie total del rancho es de 06-89-87.00 has y la superficie efectiva del cultivo es de 05-41-46.00 has

La reducción en superficie se debe al trazo de caminos internos y externos, reservorios superficiales, empaques, entre otros.

5.3 Diseño del proyecto

El rancho fue Posterior dividido en tres secciones de riego, todas con diferentes extensiones, los lotes que pertenecen a secciones de mayor tamaño fueron divididos para manejarlos desde una válvula de 75 mm (Figura 12).

El sentido del cultivo se encuentra establecido a 7.539° respecto a la línea del norte magnético con rumbo N - E (Figura 13). El diseño adecuado de una plantación optimiza el uso de los recursos humanos, además de hacer prácticas y eficientes las labores culturales del cultivo.

5.3.1 Diseño hidráulico

5.3.1.1 Intensidad de riego

La intensidad de riego para el emisor seleccionado es de **5.76 mm/hr/m²**, es decir, el caudal unitario en una hectárea es de **15.99 LPS**

5.3.1.2 Pérdida permisible en lateral de goteo

Se calculo mediante la ruta critica de 70.0 metros, es decir, el lateral más largo para las siguientes características de operación

Cuadro 6 Características de operación del emisor

Parámetro	Valor
Espesor de pared	39 mil (1.0 mm)
Espacio entre goteros	0.3 metros
Diámetro nominal	20 mm
Presión de apertura	0.50 Bar
Caudal de emisor	3.8 LPH
Presión de cabecera	0.95 Bar
Longitud de lateral	70.0 metros
Numero de emisiones	233
Descarga de lateral	885.4 LPH

Se determino la presión requerida en la cabecera del surco para operar la manguera de gotero a la longitud de 70.0 metros; si la presión de apertura del emisor es de 0.5 Bar y tiene una perdida durante el trayecto de 0.45 Bar, por lo tanto, la presión en la cabecera debe ser de 0.95 Bar (Cuadro x)

Cuadro 7 Análisis hidráulico de lateral

Distance From Head (m)	Pressure (bar)	Flow (l/hr)	Flow Variation (%)
0	0.95	3.8	0
3	0.90	3.8	
6	0.86	3.8	
9	0.82	3.8	
12	0.78	3.8	
15	0.75	3.8	
18	0.72	3.8	
21	0.69	3.8	
24	0.67	3.8	
27	0.65	3.8	
30	0.63	3.8	
33	0.61	3.8	
36	0.59	3.8	
39	0.58	3.8	
42	0.56	3.8	
45	0.55	3.8	
48	0.54	3.8	
51	0.54	3.8	
54	0.53	3.8	
57	0.52	3.8	
60	0.52	3.8	
63	0.52	3.8	
66	0.52	3.8	
69	0.52	3.8	

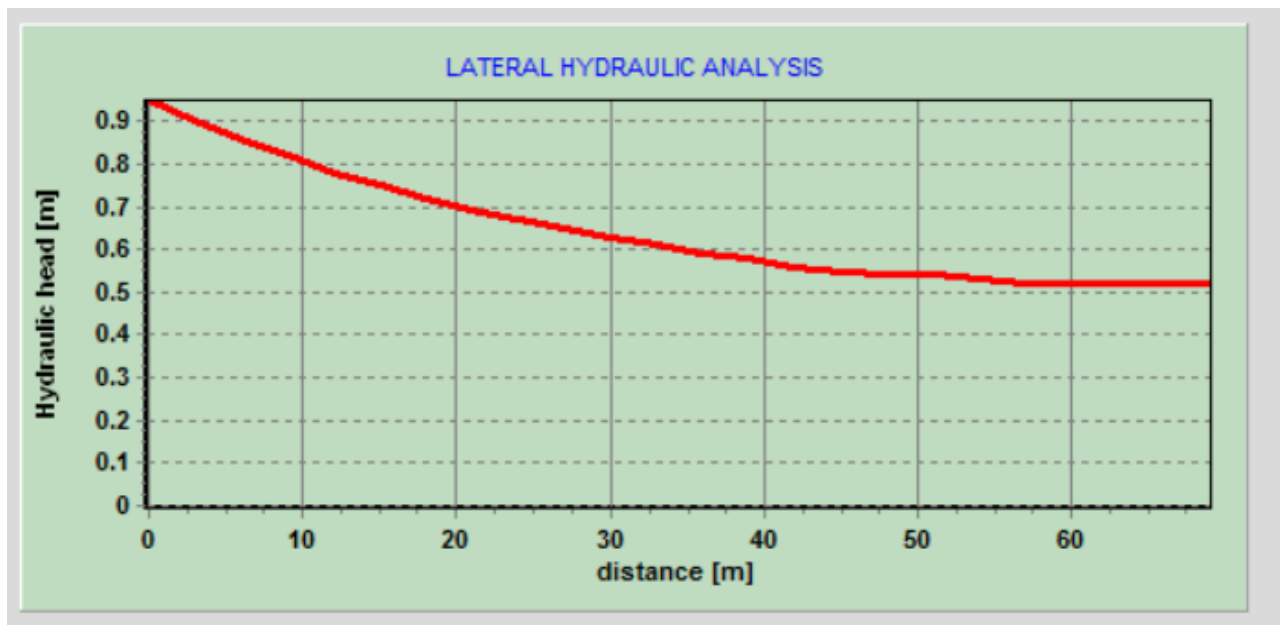


Figura 14 Grafica de análisis hidráulico de lateral

5.3.1.3 Pérdida permisible en tubería secundaria

Para la instalación de la tubería secundaria se considera un valor de pérdida permisible de 0.15 Bar, posterior a la selección de los diámetros de trabajo el programa selecciona automáticamente la tubería para obtener la pérdida ingresada anteriormente (Figura 15)

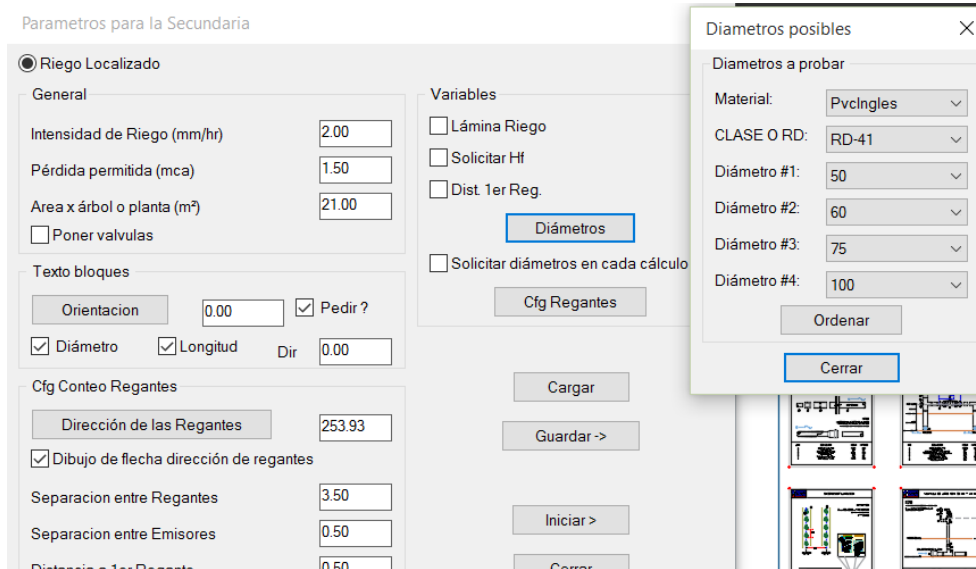


Figura 15.- Proceso de datos para tubería secundaria

El programa calcula automáticamente los diámetros y longitudes (Figura 16) a instalar dentro del proyecto

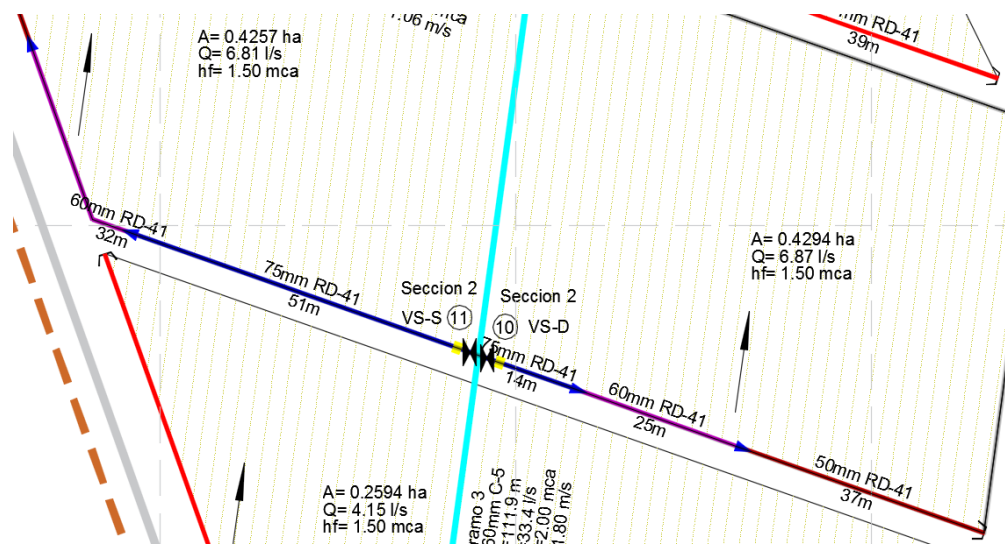


Figura 16.- Calculo de tuberías secundarias en plano

5.3.1.4 Calculo de tuberías principales

Se calcularon las pérdidas de presión en la tubería principal para cada una de las secciones, el programa coloca automáticamente una leyenda con el diámetro, longitud, caudal, velocidad y pérdida de presión (Figura 17)

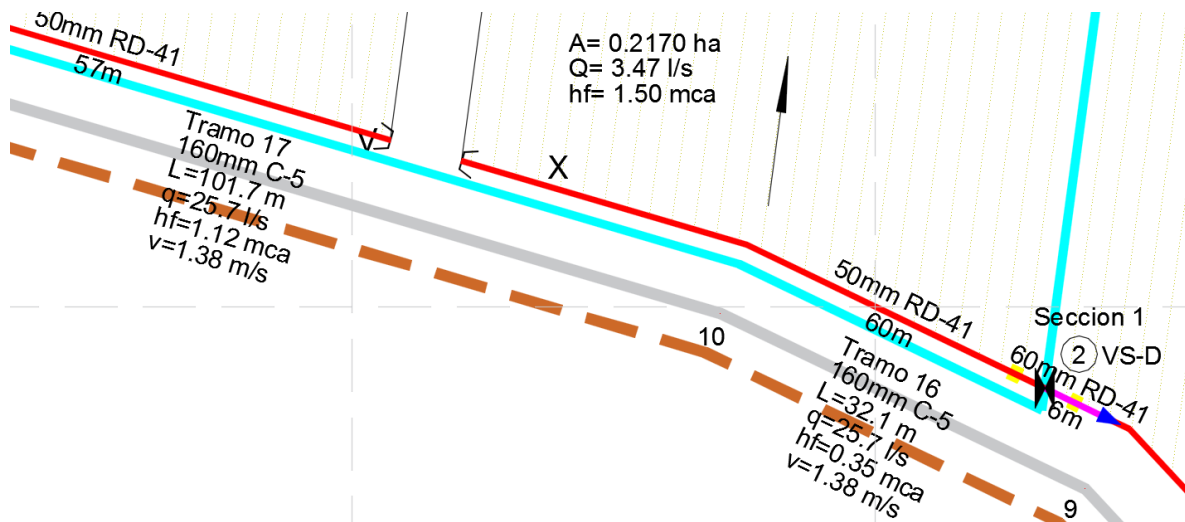


Figura 17.- Calculo de tubería principal en plano

A continuación se presenta el detalle de pérdidas de presión por fricción por sector:

Sector de riego 1 = 0.104 Bar

Sector de riego 2 = 0.544 Bar

Sector de riego 3 = 0.857 Bar

TABLA DE PÉRDIDAS - SECCION 1.0						
Tramo	Gasto	Longitud	Diámetro	Clase RD	Pérdida	Velocidad
	l/s	m	mm "		m.c.a.	m/s
	7.50	45.74	160	C-5	0.05	0.40
	15.00	32.12	160	C-5	0.13	0.81
	15.00	112.40	160	C-5	0.46	0.81
	8.30	8.43	75	RD-41	0.21	1.48
	8.30	43.54	160	C-5	0.06	0.45
	27.50	10.73	160	C-5	0.13	1.48
				Total	1.04	

Figura 18.- Tabla de perdidas por friccion en sección 1

TABLA DE PÉRDIDAS - SECCION 2.0						
Tramo	Gasto	Longitud	Diámetro	Clase RD	Pérdida	Velocidad
	l/s	m	mm "		m.c.a.	m/s
1	5.41	73.81	60	RD-41	2.18	1.43
2	19.72	22.60	160	C-5	0.15	1.06
3	33.40	111.87	160	C-5	2.00	1.80
4	33.40	8.12	160	C-5	0.14	1.80
5	33.40	43.54	160	C-5	0.78	1.80
6	33.40	10.73	160	C-5	0.19	1.80
				Total	5.44	

Figura 19.- Tabla de perdidas por friccion en sección 2

TABLA DE PÉRDIDAS - SECCION 3.0						
Tramo	Gasto	Longitud	Diámetro	Clase RD	Pérdida	Velocidad
	l/s	m	mm "		m.c.a.	m/s
11	4.01	28.07	50	RD-41	1.21	1.56
12	4.01	69.73	50	RD-41	3.01	1.56
13	14.91	24.10	100	RD-41	0.52	1.61
14	14.91	62.36	100	RD-41	1.35	1.61
15	25.71	91.17	160	C-5	1.00	1.38
16	25.71	32.12	160	C-5	0.35	1.38
17	25.71	101.68	160	C-5	1.12	1.38
				Total	8.57	

Figura 20.- Tabla de perdidas por friccion en sección 3

5.3.2 Diseño electromecánico

5.3.2.1 Carga total dinámica

Los datos obtenidos mediante el diseño hidráulico indican caudales y presiones distintas para cada una de las secciones (Figura 21)

CUADRO DE CONSTRUCCION & OPERACION							
Seccion	Valvula	T - Val	P. O. Regulador	Hf	Caudal	P.D.D.F.	CDT
			BAR	BAR	LPS	BAR	BAR
1	1	VS-D	1.1000	0.1040	27.5200	1.5040	1.8540
	2	VS-D	1.1000				
	3	VS-D	1.1000				
	4	VS-D	1.1000				
2	10	VS-D	1.1000	0.5440	33.4100	1.9440	2.2940
	11	VS-S	1.1000				
	12	VS-S	1.1000				
	13	VS-D	1.1000				
	14	VS-D	1.1000				
3	5	VS-S	1.1000	0.8570	25.7100	2.2570	2.6070
	6	VS-D	1.1000				
	7	VS-D	1.1000				
	8	VS-S	1.1000				
	9	VS-D	1.1000				

P.O. = Presion de operacion

P.D.D.F. = Presion despues de filtros

C.D.T = Carga dinamica total / presion a la descarga de equipo de bombeo

Figura 21.- Cuadro de construcción y operación

Por lo que se propone tomar la ruta crítica, es decir, la sección de mayor caudal como punto de partida, este parámetro se divide en 2 para instalar doble equipo de bombeo de las mismas características operando en paralelo

La carga total dinámica del sistema es de 2.29 bar en la descarga del equipo de bombeo

5.3.2.2 Carga neta de succión positiva (NPSH)

Sustituyendo valores en la ecuación tenemos que

$$\mathbf{NPSHd = 8.8 - 3.5 - 0.26 - 0.1316}$$

Donde

Ha = Presión atmosférica

Hs = Altura de succión (se resta si el nivel del agua está por debajo del ojo del impulsor; se suma si el nivel del agua está por arriba del impulsor)

Hv = presión de vapor

Hf = Perdidas de presión en la tubería (puede ser calculo por formula de HW)+ perdidas localizadas por instalación de accesorios

$$\mathbf{NPSHd = 8.8 - 2.5 - 0.26 - 0.1316}$$

Por lo tanto, la NPSH disponible en la instalación es de:

$$\mathbf{NPSHd = 5.9084}$$

5.3.2.3 Equipo de bombeo seleccionado

El equipo seleccionado es una batería de dos bombas centrifugas horizontales marca Berkeley 7.5 HP 17 LPS/2.2 Bar succión en 100 mm, descarga en 75 mm

Se presentan las curvas de operación a continuación

Hoja de datos características de la bomba			
Cliente	: Daniel Mora	Cotización No.	: 01475
Referencia cliente	: 0125	Tamaño	: 3 x 4 x 6 H (B3TPH)
Artículo número	: 0125	Etapas	: 1
Servicio	: Diseño de Sistemas de Riego	Según el número de la curva	: 9068
Cantidad	: 1	Fecha de último salvado	: 21 Oct 2018 7:46 PM
Condiciones de operación		Líquido	
Caudal, nominal	: 61.20 m3/h	Tipo de líquido	: -Water
Presión / altura diferencial, rated (requerido)	: 22.00 m	También conocido como	:
Presión / altura diferencial, rated (efectiva)	: 22.80 m	Diámetro máximo de sólidos	: 0.00 mm
Presión de succión, diseño/máx.	: 0.00 / 0.00 bar.g	Concentración de sólidos, en volumen	: 0.00 %
NPSH disponible, Diseño	: Amplio	Temperatura, máxima	: 20.00 C
Frecuencia	: 60 Hz	Densidad del líquido	: 0.999 / 0.999 kg/dm3
		Viscosidad, diseño	: 1.00 cSt
		Presión de vapor, diseño	: 0.00 bar.a
Rendimiento		Material	
Velocidad, valorada	: 2400 rpm	Material seleccionado	: Not specified
Diámetro impulsor, nominal	: 165 mm	Datos presión	
Diámetro impulsor, máximo	: 165 mm	Presión máxima de trabajo	: 2.32 bar.g
Diámetro impulsor, mínimo	: 165 mm	Máxima presión de operación permisible	: 10.34 bar.g
Eficiencia	: 76.39 %	Límite de presión de succión	: N/D
NPSH requerido / margen requerido	: 2.87 / 0.00 m	Presión de prueba hidrostática	: N/D
nq (flujo rodete) / S (flujo rodete)	: 35 / 145 Unidades métricas	Datos unidad motriz & Potencia (@Densidad máx.)	
Caudal estable continuo mínimo	: 33.91 m3/h	Margen sobre el criterio de potencia	: Potencia nominal
Altura, diámetro máximo, nominal	: 23.70 m	Margen de prestación	: 0.00 %
Aumento de la altura de elevación con flujo de impulsión cerrado	: 0.58 %	Factor de servicio	: 1.00
Caudal, punto de mejor rendimiento	: 76.63 m3/h	Potencia, hidráulica	: 3.80 kW
Relación de caudal, nominal / PMR	: 79.86 %	Potencia, nominal	: 4.97 kW
Relación de diámetro (nominal / máximo)	: 100.00 %	Potencia, diámetro máximo, nominal	: 6.73 kW
Relación de altura (diám. nominal / diám. máximo)	: 100.00 %	Potencia mínima recomendada de motor	: 5.59 kW / 7.50 hp
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00		
Condición de selección	: Aceptable		

Figura 22.- Datos técnicos de equipo de bombeo

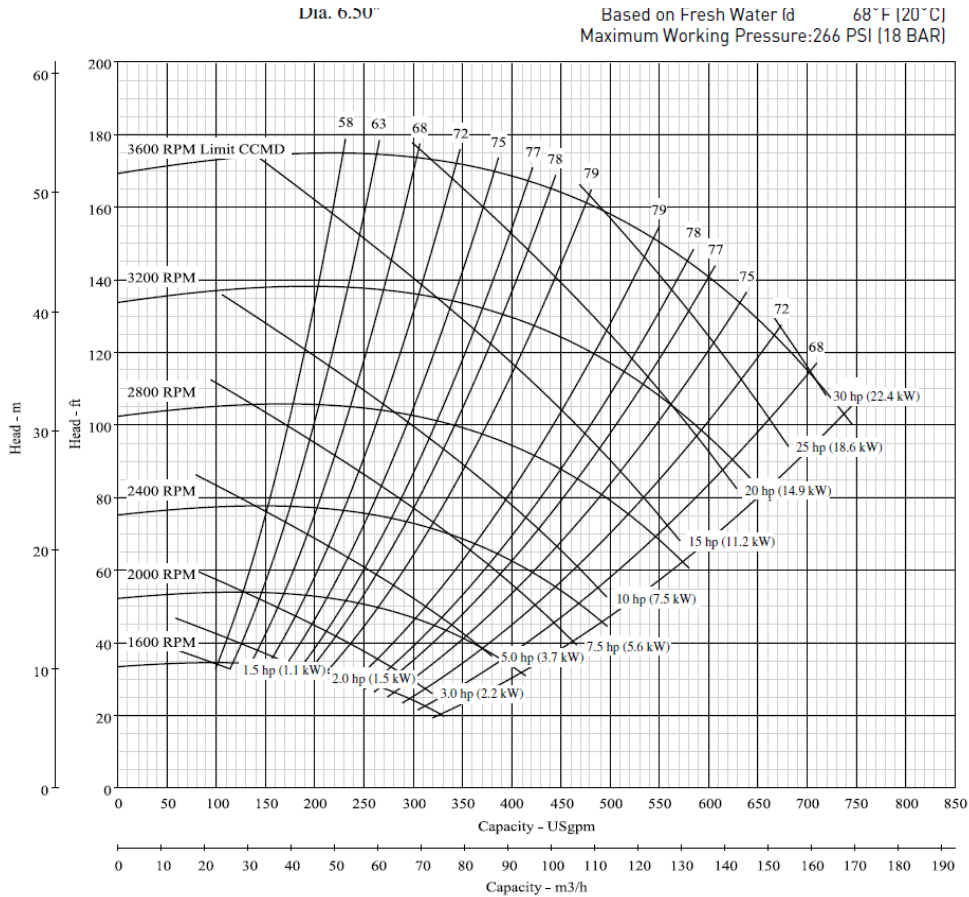


Figura 23.- Curva de operación de equipo de bombeo

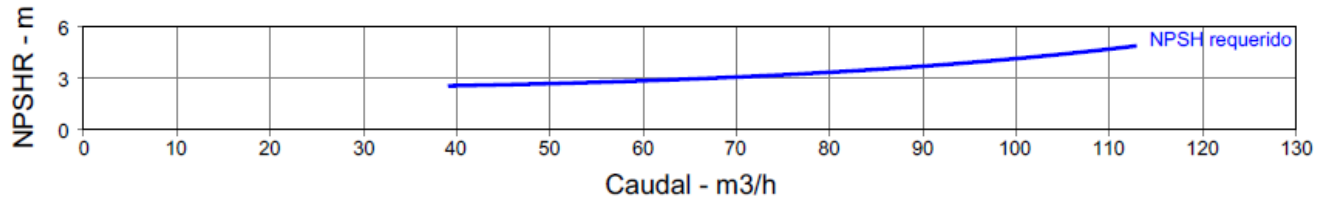


Figura 24.- Curva de NPSHr de equipo de bombeo

Si la NPSHr de la bomba es de 2.87 mca y la NPSHd de 5.9084 mca, se cumple el criterio de selección, por lo que se prevé que los equipos de bombeo no tendrán cavitación

5.3.3 Catalogo de conceptos

A continuación, en el Cuadro 8, se desglosa el importe en pesos por cada lote de material requerido para la instalación, presentado según la NMX-O-177-SCFI-2011

Cuadro 8. Catalogo de conceptos

#iD	CONCEPTO	UNIDAD	CANT.	C. U.	IMPORTE
1.0	Equipo de bombeo, conexiones de succión y descarga				
1.1		Lote	1.00	\$ 45,630.00	\$ 45,630.00
				SUBTOTAL	\$ 45,630.00
2.0	Sistema de filtración				
2.1		Lote	1.00	\$ 290,000.00	\$ 290,000.00
				SUBTOTAL	\$ 290,000.00
3.0	Elementos de medición				
3.1		Lote	1.00	\$ 10,178.67	\$ 10,178.67
				SUBTOTAL	\$ 10,178.67
4.0	Equipo de fertirrigacion				
4.1		Lote	1.00	\$ 12,345.15	\$ 12,345.15
				SUBTOTAL	\$ 12,345.15
5.0	Sistema de automatización				
5.1		Lote	1.00	\$ -	\$ -

				SUBTOTAL	\$
				-	-
6.0	Línea de conducción principal, conexiones, válvulas y acc.				
6.1	Lote	1.00	\$ 44,656.00	\$ 44,656.00	
				SUBTOTAL	\$ 44,656.00
7.0	Línea de conducción secundaria, conexiones, válvulas y acc.				
7.1	Lote	1.00	\$ 132,456.00	\$ 132,456.00	
				SUBTOTAL	\$ 132,456.00
8.0	Línea regante				
8.1	Lote	1.00	\$ 18,800.00	\$ 18,800.00	
				SUBTOTAL	\$ 18,800.00
9.0	Emisores				
9.1	Lote	1.00	\$ 184,509.00	\$ 184,509.00	
				SUBTOTAL	\$ 184,509.00
10.0	Líneas colectoras y válvulas de lavado				
10.1	Lote	1.00	\$ -	\$ -	
				SUBTOTAL	\$ -
11.0	Accesorios de automatización en válvulas				
11.1	Lote	1.00	\$ -	\$ -	
				SUBTOTAL	\$ -
12.0	Consumibles				
12.1	Lote	1.00	\$ 2,275.00	\$ 2,275.00	
				SUBTOTAL	\$ 2,275.00
13.0	Obra de excavación y relleno de zanja				
13.1	Lote	1.00	\$ 33,138.00	\$ 33,138.00	
				SUBTOTAL	\$ 33,138.00

5.3.4 Análisis de costos

a) Costo de materiales y equipos

Engloba el suministro de materiales y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto

b) Importe de construcción

Costo generado por la instalación de los materiales y equipos suministrados

c) Costo total

Corresponde al importe generado por la sumatoria del costo de los materiales y equipos de riego con el monto adjudicado a la construcción del proyecto

- a) 773,987.82 (Setecientos setenta y tres mil, novecientos ochenta y siete 82/100 MXN)

- b) 17,597.45 (Diez y siete mil, quinientos noventa y siete 45/100 MXN)

- c) 791,585.27 (Setecientos noventa y un mil, quinientos ochenta y cinco pesos 27/100 MXN)

5.4 Descripción de materiales y equipos seleccionados

5.4.1 Emisor

Se selecciono el emisor de origen israelita AmnonDrip PC AS de NaanDanJain por sus características de autocompensación, además de poseer las propiedades AS (antisifon) que reducen el taponamiento de los emisores. El diámetro en 20 mm permite hacer laterales a 75 metros (Figura 25).

Por ser gotero de pastilla con laberinto de cascada, aumenta la turbulencia del flujo de agua dentro del gotero reduciendo directamente los taponamientos ocasionados por sedimentos



Figura 25.- AmmonDrip PC AS en Zarzamora

5.4.2 Tubería

Se diseñó el proyecto con tubería de campana marca Amanco (Figura 26) de categoría inglesa y métrica de fabricación nacional, se presenta en el Cuadro 9 las características de la tubería



Figura 26.- Tubería amanco en zanja

Cuadro 9. Ficha técnica tubería inglesa y metrica

Diámetro nominal	RD-21		RD-26		RD-32.5		RD-41	
	Diámetro exterior	Espesor mínimo	Diámetro interior	Espesor mínimo	Diámetro interior	Espesor mínimo	Diámetro interior	Espesor mínimo
<i>Pulg</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
2	60.3	2.9	54.3	2.3	55.7	1.8	56.7	1.5
2 - 1/2'	73	3.5	66	2.8	67.4	2.2	68.6	1.8
3	88.9	4.2	80.5	3.4	82.1	2.7	83.5	2.2
4	114.3	5.4	103.5	4.4	105.5	3.5	107.3	2.8
6	168.3	8	152.3	6.5	155.3	5.1	158.1	4.1

Diámetro exterior	Clase 10		Clase 7		Clase 5		Clase 3.5	
	Diámetro exterior	Espesor mínimo	Diámetro interior	Espesor mínimo	Diámetro exterior	Espesor mínimo	Diámetro interior	Espesor mínimo
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
160	5.5	149	3.9	152.2	2.8	154.4	2	156

5.4.3 Válvulas de control

Se diseño con válvulas de control de flujo, reguladoras de presión en polipropileno de 75 mm con válvulas de aire de efecto simple y efecto triple marca ARI para expulsar aire y burbujas de aire sobre tubería con flujo continuo



Figura 27.- Construcción de válvula de control tipo 1



Figura 28.- Construcción de válvula de control tipo 2

5.4.4 Medidor de flujo



Figura 29.- Medidor de flujo Mc Crometer

5.4.5 Filtración



Figura 30.- Bateria de filtración de arena automática

5.4.6 Bombeo



Figura 31.- Bateria de bombas en operación paralela

5.5 Planos del proyecto

Se anexa plano topográfico, plano hidráulico, plano de detalles de construcción e instalación

VII. CONCLUSIONES

La instalación del riego por goteo en el rancho la herradura beneficio en el ahorro en mano en labor de fertilización

Se logro obtener un riego uniforme instalando emisores autocompensados, lo que favoreció el desarrollo equitativo de las plantas cultivadas, ya que al recibir la misma cantidad de agua reciben la misma cantidad de fertilizante

El costo inicial del proyecto de riego es alto, se considera una recuperación a largo plazo, ya que el sistema tiene un periodo de vida en emisores de 7 años y mayor a 15 años del restante equipo

La instalación de materiales y equipos de alta calidad propicia la longevidad del sistema de riego

Es imprescindible apoyar al agricultor para el diseño de los proyectos de riego, ya que de no ser revisados por profesionales, existe la posibilidad de poner en riego la sanidad del cultivo

VII. LITERATURA CITADA

Berg, L. 2008. CHAPTER 9: Flowers, Fruits and Seeds. In: Introductory Botany: Plants, People and the Environment (2nda Edición). Thomson Brooks/Cole Editores. 174-197pp. E.U.A.

Calderón-Zavala, G. 2006. Producción forzada de zarzamora en México. III Simpósio nacional do morango, II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul. Luis Eduardo Correa Antunes y Maria do Carmo Bassols Raseira, Editores. 67-78pp.

Cajuste B.J.; López. L.L.; Rodríguez A.J y M.I. Reyes. 2000. Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (*Rubus* sp.). Fruticultura. Colegio de Postgraduados. U. A. Chapingo. México.

De Santa, M., Valero, J. (1993). Agronomía del riego. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Fonseca, E. 2016. Manejo del Cultivo de Arándano en Sistema Hidropónico. Sesión del Diplomado Internacional en el Cultivo de Berries. Intagri. Gto., México. Undurraga, P.; Vargas, S. 2013.

Fuentes, J.L. (1998) Técnicas de riego. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Gonzales, F. 2016. Manejo del Riego en el Cultivo de Arándano. Sesión del Diplomado Internacional en el Cultivo de Berries. Intagri. Gto., México.

López, J. R. (1996). Riego localizado II. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Manual del Arándano. Boletín INIA N° 263. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán, Chile. 120 p.

Medina, J. A. 2000. Riego por Goteo: Teoría y práctica. 4ª Edición. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. México S. A. de C. V. México.

Moya, J. (1998). Riego localizado y fertirrigación. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

INTAGRI. 2017. El Cultivo de Arándano. Serie Frutillas Núm. 17. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 10 p.

Hartz, T. K. 1995. Manejo del Agua en la Producción de Hortalizas con Riego por Goteo. En. El Uso de la Plasticultura para la Producción Intensiva de Cultivos Hortícolas. Curso Nacional de Fertirrigación del INIFAP.

Ibáñez Martínez, Armando & Franco-Mora, Omar & Becerril-Román, Alberto & Ruiz-Montiel, César & Reyes López, Delfino. (2006). Manejo del cultivo de zarzamora en la Sierra Nororiental del Estado de Puebla. 64-83.

INTAGRI. 2017. Variedades Comerciales de Arándanos en el Mundo. Serie Frutillas Núm. 15. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.

Meza Moller, A., & Romo Figueroa, M., & Duarte Ochoa, V., & Navarro Aguilar, R. (2013). LA ZARZAMORA (RUBUS SP.), CULTIVO ALTERNATIVO PARA EL ESTADO DE SONORA. Revista Mexicana de Agronegocios, 33 , 600-607.

Moore, J.N. and R.M. Skirvin. 1990. Blackberrymanagement. It Small FruitCrop Management. Eds G.J. Galleta, D.G. Himelrick. EnglewoodCliffs, New Jersey, E.U. Pp. 214-244

Olivares, R. 2016. Poda de Arándanos. Sesión del Diplomado Internacional en el Cultivo de Berries. Intagri. Gto., México.

Parra-Quezada, R.A., J.L. Rodríguez-Ontiveros y V.A. GonzálezHernández.1999. Transpiración, potencial hídrico y prolinaen zarzamora bajo déficit hídrico. Terra 17: 125-130.

Strik, B.C.; Clark, J.R.; Finn, C.E. y M.P. Bañados. 2007. WorldwideBlackberryProduction. HorTechnology. 17:2. 205-213pp.