

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

“Rediseño y optimización de un sistema de riego por goteo para la producción controlada de hortalizas localizada en la comuna Daular”

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

### **Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Víctor Hugo Avilés Ochoa

Diego Paulino Dávila Moreno

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a las personas que les apasiona la agricultura y su tecnificación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis sinceros agradecimientos a mi familia y a todas las personas que han dado su apoyo para que este trabajo tenga el aporte a la ciencia y tecnología. Un agradecimiento a la vida por este nuevo triunfo.

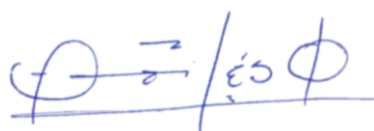
***Diego Paulino Dávila Moreno***

A Jehová Dios por permitirme alcanzar una de mis metas en la vida. A mi familia, amigos, hermanos que siempre estuvieron brindándome su apoyo para seguir adelante, en especial a mi abuelo y mi padre por inspirarme y formarme desde temprana edad en este mundo de la Ingeniería Mecánica.

***Víctor Hugo Avilés Ochoa***

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Víctor Hugo Avilés Ochoa* y *Diego Paulino Dávila Moreno* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---


Víctor Hugo  
Avilés Ochoa



---


Diego Paulino  
Dávila Moreno

## EVALUADORES



---

**Francis Loayza, Ph. D.**  
PROFESOR DE LA MATERIA



---

**Fausto Maldonado, M. Sc.**  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Para este proyecto integrador el área de trabajo es un invernadero el cual posee 38 camas de siembra con longitudes de 15.2 m y 17.4 m localizado en la comuna Daular. Los problemas que presenta están relacionados a una baja productividad de hortalizas debido al mal diseño del sistema de riego, como también, no tener un proceso de filtrado y constante suministro de agua. Los objetivos planteados para este proyecto tienen que ver con la tecnificación y automatización en el riego por goteo de un invernadero. Por lo tanto, se realizaron mediciones en campo, estimaciones de pérdidas de presión para distintas configuraciones de tubería y para ello fue necesario seleccionar una bomba que controle la presión y el caudal del sistema. Para la automatización del proyecto, se utilizó un dispositivo programable Siemens "TIA PORTAL" usando lenguaje de programación "Ladder". De esta manera, se determinó la capacidad del sistema de riego por goteo para abastecer a todo el invernadero adecuadamente, un caudal motriz de  $4.5 \text{ m}^3/h$ , inyectando fertilizante a un caudal de  $132 \text{ L/h}$ . Para el sistema de filtración del agua fueron seleccionados dos filtros de 55 y 155 mesh. El presupuesto estimado del proyecto que equivale a \$1980 dólares fue realizado tomando en cuenta la tubería, accesorios, bomba, electroválvulas y manómetros. Todos los parámetros de trabajo descritos en el presente rediseño del sistema de riego fueron estudiados con el propósito de aumentar la productividad y administrar de mejor manera recursos.

**Palabras Clave:** sistema de riego, automatización, inyección de fertilizante.

## **ABSTRACT**

*Near the Daular commune is located a greenhouse that contains 38 seed beds of lengths 15.2 and 17.4 meters long, which are going to be one of the working areas of this project. The variety of issues are related to the low throw put of vegetables due the deficient irrigation system, the main causes are the absence of a water filtration process and the lack of a constant flow in the water supply. The goals proposed for this thesis involve the technification and automation in the drip irrigation of a greenhouse. Measurements were made on field, appraisals in the head loss for various configurations of pipe diameters; to solve the aforementioned a centrifugal pump was needed to set pressure and flow of the design system. For automation a programmable device was used, known by his trade name "Siemens Tia Portal" and language of programming "ladder". The outputs of the drip irrigation system are 4.5 m<sup>3</sup>/h of motive flow and 132 L/h of fertilizer injection, for equipment that is essential for the correct functioning of the system are two filters of 55 and 155 mesh for water filtration. The cost of piping, accessories, centrifugal pump, solenoid valves, pressure gages equals a quantity of \$ 1980. All the work parameters described are part of the capacity of the irrigation system to increase productivity and better manage resources, however, it also has the flexibility to vary the suction flow to reduce irrigation times.*

*Keywords: Automation, greenhouse, irrigation system, centrifugal pump.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Tensiómetros.....	4
1.4.2 Filtros.....	5
1.4.3 Materiales de tubos de riego.....	7
1.4.4 Tipos de inyección de fertilizante.....	7
1.4.5 Bomba.....	9
1.4.6 Mangueras para riego con goteros.....	9
1.4.7 Controlador.....	10
CAPÍTULO 2.....	11
2. Metodología.....	11



2.1	Condiciones iniciales .....	12
2.1.1	Autoridad Aeroportuaria de Guayaquil.....	12
2.2	Factores de influencia .....	14
2.2.1	Traslado del agua desde el reservorio hasta el invernadero .....	14
2.2.2	Sistema de inyección de fertilizante.....	15
2.2.3	Filtros .....	15
2.2.4	Elementos de irrigación .....	15
2.2.5	Sistema de control .....	16
2.3	Aportes de equipo multidisciplinario .....	16
2.3.1	Aporte de representante de FCV .....	16
2.4	Alternativas.....	17
2.4.1	Selección de filtro.....	17
2.4.2	Selección de sistema de inyección .....	18
2.5	Diseño de forma .....	18
2.6	Diseño detallado.....	20
2.6.1	Sistema de irrigación .....	20
2.6.2	Sifón.....	23
2.6.3	Operaciones del sistema de riego.....	23
2.7	Automatización .....	24
2.8	Modelamiento.....	25
2.8.1	Camas de cultivo .....	25
2.8.2	Emisores.....	25
2.8.3	Caudal motriz.....	26
2.8.4	Pérdida de presión por goteros.....	26
2.8.5	Pérdidas de carga por fricción .....	26
2.8.6	Perdida de carga por accesorios .....	27

2.9	Metodología para determinar el diámetro tubería.....	28
2.9.1	Golpe de ariete .....	29
2.10	Curva de perdida de presión .....	30
CAPÍTULO 3.....		31
3.	Resultados y Análisis.....	31
3.1	Estimación del caudal motriz.....	31
3.2	Sistema de irrigación sin equipo de bombeo.....	32
3.3	Pérdida de presión en el sistema .....	32
3.4	Selección de bomba .....	34
3.5	Golpe de ariete .....	36
3.6	Filtros.....	37
3.7	Componente de inyección .....	37
3.8	Alarmas y Diagrama de flujo .....	38
3.9	Materiales y costos.....	40
CAPÍTULO 4.....		41
4.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	41
	Conclusiones.....	41
	Recomendaciones.....	41
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
PVC	Policloruro de vinilo
AGG	Autoridad Aeroportuaria de Guayaquil
NTE-INEN	Norma Técnica Ecuatoriana – Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
FCV	Facultad de Ciencias de la Vida
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
FIEC	Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
FAO	Food and Agriculture Organization
PAR	Porcentaje de Área de Riego

## SIMBOLOGÍA

<i>mm</i>	Milímetro
<i>cm</i>	Centímetros
<i>m</i>	Metro
<i>in</i>	Pulgadas
<i>m<sup>2</sup></i>	Metros cuadrados
<i>ha</i>	Hectárea
<i>m<sup>3</sup></i>	Metros cúbicos
<i>m<sup>4</sup></i>	Metros a la cuarta
<i>L</i>	Litros
<i>s</i>	segundos
<i>h</i>	Hora
<i>gpm</i>	Galones por minuto
<i>cbar</i>	Centibar
<i>dbh</i>	Diámetro de bulbo húmedo
<i>V<sub>i</sub></i>	Velocidad de infiltración
<i>V</i>	Velocidad
$\Delta V$	Diferencia de velocidad
<i>V<sup>2</sup></i>	Velocidad al cuadrado
<i>D</i>	Diámetro nominal
<i>D<sub>i</sub></i>	Diámetro interior
<i>Q<sub>M</sub></i>	Caudal Motriz
<i>Q<sub>g</sub></i>	Caudal del gotero
<i>N<sub>c</sub></i>	Número de camas
<i>N<sub>m</sub></i>	Número de mangueras
<i>N<sub>g</sub></i>	Número de goteros
<i>g</i>	Gravedad
<i>Re</i>	Reynolds
<i>Pa</i>	Pascal
<i>Psi</i>	Libra por pulgada cuadrada

$\Delta P$	Incremento de presión
$\log$	Logaritmo
$a$	Velocidad de onda del fluido
$\rho$	Densidad
$\gamma$	Viscosidad Cinemática
$f$	Factor de fricción
$K$	Factor de fricción por accesorio
$K_s$	Rugosidad
$H_L$	Perdida de presión por fricción
$H_k$	Perdida de presión por accesorios
$B$	Modulo elástico del fluido
$E$	Módulo de Young
$\delta$	Espesor de pared de tubería

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema del sistema de riego por goteo .....	2
Figura 1.2 Partes del tensiómetro.....	4
Figura 1.3 Se detalla el flujo de agua a través de un filtro de arena.....	5
Figura 1.4 Proceso de filtrado para un filtro de malla metálica.....	6
Figura 1.5 Esquema y dirección de flujo para un filtro de anilla.....	6
Figura 1.6 Esquema de trabajo del tubo de Venturi .....	8
Figura 1.7 Representación del flujo y componentes para una manguera con gotero .....	9
Figura 1.8 Esquema de los equipos que conforman al sistema de riego. ....	10
Figura 2.1 Descripción de la metodología general .....	12
Figura 2.2 Obra civil preliminar*. ....	13
Figura 2.3 Representación planimétrica del invernadero y el reservorio*.....	14
Figura 2.4 Se realizaron mediciones en campo para la velocidad de infiltración.....	16
Figura 2.5 Descripción de los elementos.....	19
Figura 2.6 Croquis .....	20
Figura 3.1 Curvas del sistema en función de los diámetros .....	33
Figura 3.2 Distribución de la línea de tubería de transporte de fluido.....	34
Figura 3.3 Curva del sistema usando el arreglo de tuberías propuesto .....	35
Figura D.1 Esquema de ubicación de instrumentos para medición experimental. ....	53
Figura E.1 Especificación técnica de los goteros DRIPNET PC.....	56
Figura F.1 Curva de rendimiento del equipo de bombeo.....	57
Figura F.2 Curva de rendimiento del equipo de bombeo.....	57
Figura G.1 Representación de los filtros del proveedor AMIAD .....	58
Figura G.2 Datos técnicos de los filtros de malla.....	58
Figura G.3 Curvas de pérdida de presión del filtro de malla.....	59
Figura H.1 Rendimiento del Venturi en función de parámetros de riego .....	60
Figura I.1 Primera parte del diagrama de flujo.....	61
Figura I.2 Segunda parte del diagrama de flujo.....	62
Figura I.3 Representación de conexiones de parte 1 .....	63
Figura I.4 Representación de conexiones de parte 2 .....	64
Figura I.5 Representación de conexiones de parte 3 .....	65
Figura I.6 Representación de conexiones de parte 4 .....	66

Figura I.7 Configuración de pantalla parte 5.....67

Figura I.9 Configuración de pantalla parte 6.....68

Figura I.10 Configuración de pantalla parte 7.....69

Figura I.11 Configuración de pantalla parte 8.....70

Figura I.12 Configuración de pantalla parte 9.....71

Figura I.13 Configuración de pantalla parte 10.....72

Figura I.14 Configuración de pantalla parte 11.....73

Figura I.13 Configuración de pantalla parte 12.....74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Presiones equivalentes para selección de tubería .....	7
Tabla 2.1 Matriz de decisión para la selección del filtro .....	17
Tabla 2.2 Matriz de decisión para la selección del equipo de inyección.....	18
Tabla 2.3 Apertura de válvulas según operación.....	24
Tabla 2.4 Valores del coeficiente de fricción K.....	28
Tabla 2.5 Diferentes diámetros de tuberías.....	29
Tabla 3.1 Comprobación de la velocidad de onda según el espesor .....	36
Tabla 3.2 Selección del espesor de tubería.....	37
Tabla 3.3 Costos de los equipos necesarios para implementar el diseño .....	40
Tabla 5.1 Visitas con el coordinador y el tutor .....	47
Tabla 5.2 Aportación de contactos externos.....	47
Tabla D.1 Datos de presiones obtenidos en los puntos 1 y 2.....	53
Tabla D.2 Valores necesarios para determinar la pérdida de presión por fricción.....	54
Tabla D.3 Indicadores para determinar la pérdida de presión en función del caudal. ...	54
Tabla D.4 Cantidad y tipo de accesorios .....	55
Tabla D.5 Cantidad y tipo de accesorios en función del diámetro nominal .....	55



## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 2.1 Se detallan los componentes y las cantidades para el diseño del sistema ...	21
Plano 2.2 Identificación de válvulas para el sifón. ....	21
Plano 2.3 Se detallan los componentes necesarios para la automatización .....	22
Plano 2.4 Se detallan los componentes para el diseño del punto de interés.....	22
Plano 2.5 Identificación de las electroválvulas .....	24
Plano 3.1 Sensores de presión referentes .....	38
Plano B.1 - Dimensiones de las camas de cultivo .....	49
Plano B.2 - Dimensiones de las camas de cultivo / Vista lateral .....	49
Plano C.1 – Presentación general del sistema de riego .....	50
Plano C.2 – Dimensionamiento de tubería .....	50
Plano C.3 – Dimensionamiento de tubería para el punto de referencia “B” .....	51
Plano C.4 – Dimensionamiento de tubería para el punto de referencia “C” .....	51
Plano C.5 – Dimensionamiento de tubería para las conexiones .....	52
Plano C.6 – Dimensionamiento para las líneas de salida a las camas de siembra .....	52
Plano H.1 – Dimensionamiento del Venturi de diámetro 25 mm .....	60

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La Autoridad Aeroportuaria de Guayaquil (AAG), en su búsqueda de contribuir al desarrollo socioeconómico de la comuna Daular, ubicada en la provincia del Guayas, presentó el plan piloto de producción controlada de hortalizas con la expectativa de que, en el nuevo aeropuerto y sus alrededores se consuman productos elaborados localmente. El plan consistió en un invernadero, donde en su interior contenía las camas de cultivo; además de un sistema de tuberías y mangueras para riego incorporado, mismo que, no presentaba justificación alguna en su diseño.

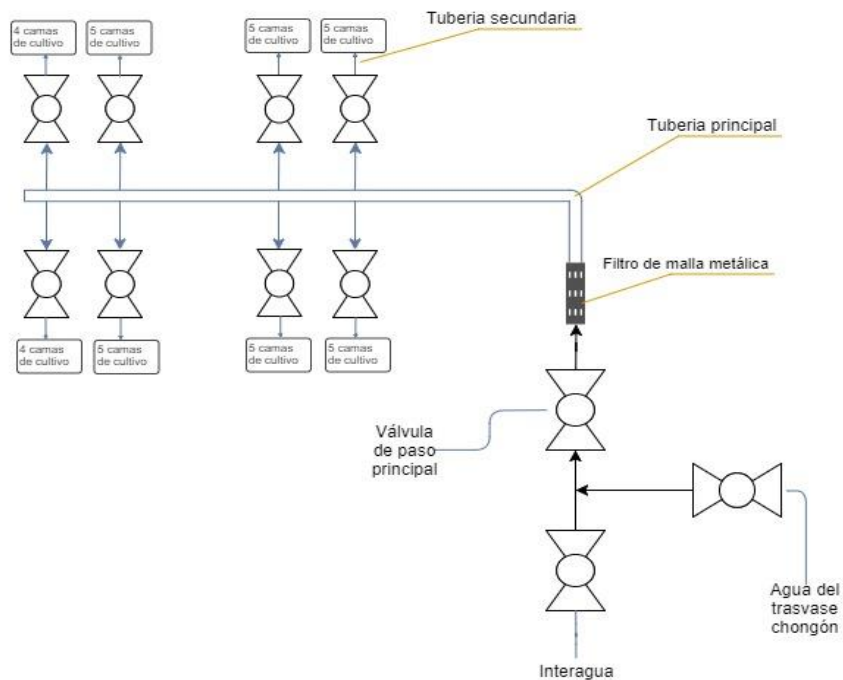
En el presente proyecto se propone el rediseño del sistema de riego por goteo del plan piloto mencionado, lo cual contribuiría a la optimización del proceso de producción de hortalizas bajo invernadero, con la finalidad de vincular a la comuna de Daular a un entorno moderno y sostenible, mejorando así su calidad de vida.

### 1.1 Descripción del problema

Actualmente, el sistema implementado en el invernadero, como se muestra en la Figura 1.1, dispone de tuberías de PVC, que tienen conexión con válvulas de globo que las comunican con las mangueras que contienen los emisores (goteros) para el riego de las camas de siembra. El suministro de agua para el invernadero puede provenir de dos maneras. Interagua provee el servicio de agua potable, el fluido luego de pasar por un filtro de malla metálica con 80 *mesh* (capacidad de retención de impurezas), ingresa al invernadero con una presión de 20 *psi*. Sin embargo, esta presión no garantiza que se abastezca de agua a todas las camas de siembra con el caudal requerido. La segunda fuente de agua proviene del canal de Chongón, este tipo de agua se la denomina “cruda” al no tener un tratamiento de limpieza previo a su distribución. Esto suele ocasionar paradas imprevistas durante la irrigación ya que se tapan los filtros obstruyendo el paso del fluido al invernadero, siendo necesario realizar una limpieza de dicho elemento de forma manual para continuar con el proceso. No obstante, por este medio el fluido se incorpora al invernadero con una presión de 80 *psi*.

Las mangueras de riego disponen de goteros no compensados de 1.6 l/h.

Esquema del sistema de riego por goteo



**Figura 1.1 Esquema del sistema de riego por goteo actualmente implementado en el invernadero.**

El invernadero posee una disponibilidad para sembrar en 38 camas de cultivo, las cuales tienen dos líneas de siembra y actualmente, la presión del fluido decae desde la entrada, ocasionando que solo las 10 primeras camas obtengan la cantidad de presión necesaria. Además, cabe mencionar que, el invernadero carece de un plan de contingencia ante un potencial desabastecimiento de agua.

## 1.2 Justificación

Dado que el flujo de agua no es igual en todos los puntos de siembra, existen zonas de exceso y escasez de líquido vital en las camas. Además, son comunes los cortes del servicio de agua durante los fines de semana, afectando de forma directa el plan de riego. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo exponer una propuesta para el rediseño y optimización del sistema de riego por goteo, involucrando a los moradores del sector Daular en un plan piloto de producción

sostenible que potencie sus conocimientos y habilidades agrícolas al desarrollarlo en un entorno moderno y eficaz.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Rediseñar el sistema de riego, automatizando su funcionamiento en un invernadero de producción controlada de hortalizas

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar las falencias actuales del sistema de riego por goteo diagnosticando los puntos críticos a ser intervenidos en el proyecto.
2. Definir los requerimientos de un sistema de riego por goteo idóneo para la producción controlada de hortalizas.
3. Diseñar un sistema de control para automatizar el proceso de riego por goteo incorporando los fertilizantes al proceso.

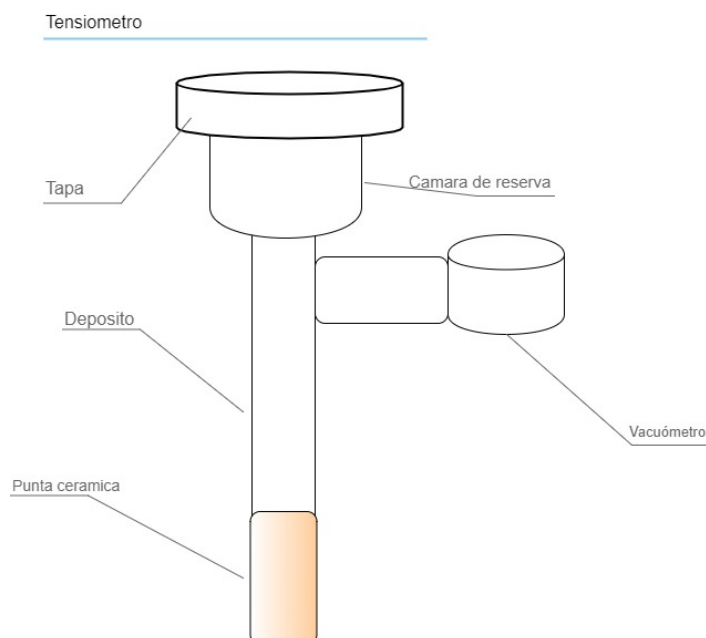
### **1.4 Marco teórico**

El diseño de un sistema de riego por goteo radica en el consumo de agua de las plantas, por tal motivo, existen alternativas que permiten visualizar la cantidad de líquido vital que puede ser absorbido por el cultivo en las camas de siembra. Este es un dato muy importante que está asociado al plan de riego a implementar (fertirriego), siendo imprescindible la correcta selección del método de inyección de fertilizantes, así como el filtro necesario que permita preservar la vida útil de los emisores.

A continuación, se procede a exponer los elementos que suelen ser usados en los sistemas de riego por goteo automatizados de forma general, además de las características que deben poseer.

### 1.4.1 Tensiómetros

Es un instrumento que se utiliza para medir la capacidad de filtración de agua a diferentes profundidades en un terreno, haciendo posible el análisis de los tiempos y cantidades de riego. Su funcionamiento se asemeja al de una raíz; como se muestra en la Figura 1.2, consta de un reservorio que se llena de agua, un estuche poroso y un vacuómetro para medir presión. El material poroso que se encuentra en la punta permite el paso de agua, generando los diferenciales de presión entre el suelo y el instrumento al secarse el terreno. El centibar (*cbar*) es la unidad de medición usada para estimar la cantidad de agua en el suelo; según el tipo de suelo en el que se está trabajando se prevé que hasta los 10 *cbar* el suelo alcanza su estado de saturación (exceso de agua) y de 60 a 100 *cbar*, carecería en su totalidad de agua. El contenido del suelo que posee las camas en el invernadero es arcilloso, consiste en una mezcla de arcilla y tamo de arroz por lo que se estima una medición de 20 a 25 *cbar* en los tensiómetros [1].

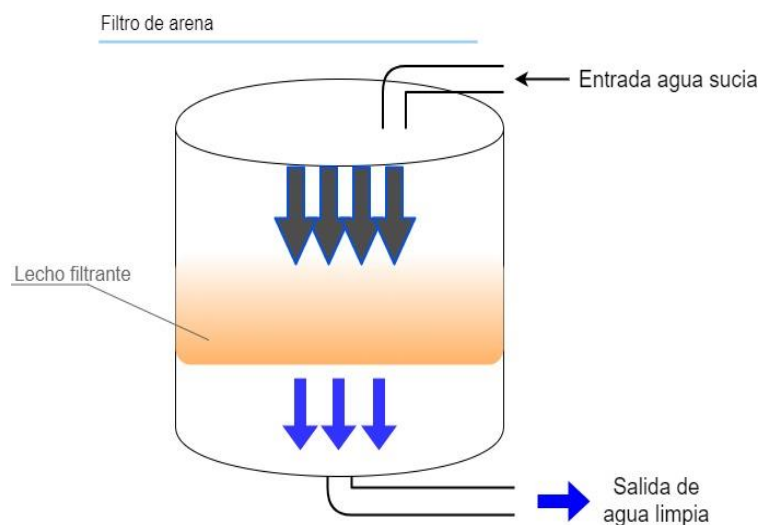


**Figura 1.2 Partes del tensiómetro. A través de la punta de cerámica se absorbe el agua del suelo, el depósito está compuesto de un polímero transparente que permite observar el fluido desplazarse hasta llegar al vacuómetro.**

## 1.4.2 Filtros

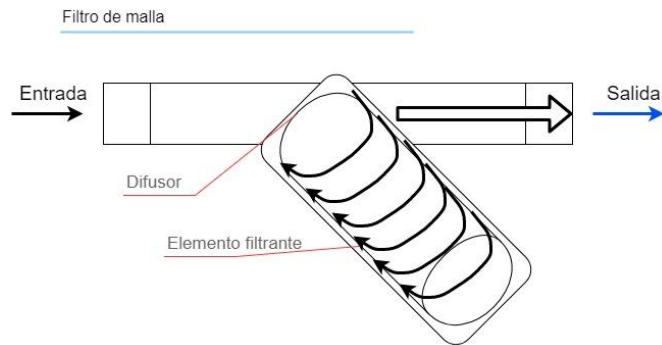
La implementación de filtros en los sistemas de riego por goteo se la realiza en la búsqueda de disminuir la probabilidad de que exista una obstrucción a la salida de los emisores (goteros).

Los filtros de arena se utilizan para separar materiales orgánicos como algas y partículas gruesas a través de la circulación del agua por medio de una capa de arena silíceo contenida en el dispositivo (ver Figura 1.3). La capacidad de filtración depende del fabricante, sin embargo, estos filtros suelen experimentar flujos volumétricos de 30 a 300 *gpm* y presiones de trabajo entre 60 a 140 *psi* [2].



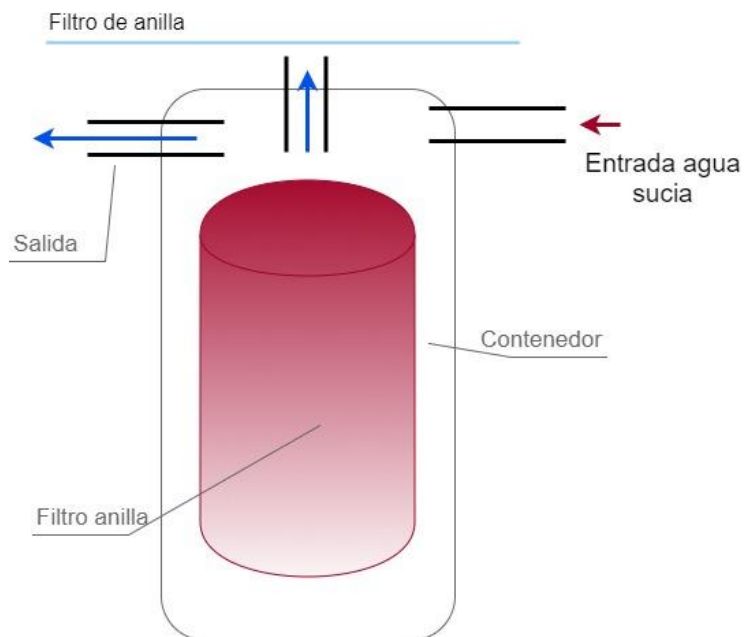
**Figura 1.3 Se detalla el flujo de agua a través de un filtro de arena.**

Los filtros de malla metálica se caracterizan por ocupar menos espacio y son definidos según el número de aperturas por pulgada lineal que posea la malla. Su funcionamiento se muestra en la Figura 1.4 y son efectivos para aguas con bajo contenido de material de origen inorgánico del tamaño de limos o arenas. Las especificaciones de estos filtros varían según el fabricante, en general son comercializados para trabajar con caudales que van desde 13 a 220 *gpm* y para las pérdidas de presión se concentran entre los 0,2 a 14 *psi* [2].



**Figura 1.4 Proceso de filtrado para un filtro de malla metálica.**

Existen otros tipos de filtradores compactos además de los de malla metálica, estos son los filtros de anilla los cuales destacan al tener una mayor resistencia y eficacia. Este sistema de filtrado posee un conglomerado de anillas ranuradas que son comprimidas en un cilindro, de tal forma que el agua al pasar por las diferentes ranuras generadas, retiene cualquier elemento sólido, como se muestra en la Figura 1.5. El caudal de trabajo de estos filtros se dispone desde los 5 a 300 *gpm* y con respecto a la pérdida de cabezal que este genera, esta trasciende desde los 0.3 a 5 *psi* [2].



**Figura 1.5 Esquema y dirección de flujo para un filtro de anilla.**

### 1.4.3 Materiales de tubos de riego

Policloruro de vinilo (PVC), es el material que usualmente se escoge para el diseño de la red principal de los distintos sistemas de riego, dado que presenta una mayor resistencia a los esfuerzos provocados por la presión del fluido en comparación al polietileno. No obstante, posee una baja resistencia a la radiación solar [3].

En cuanto al desarrollo del proyecto, se utilizarán las tuberías que se expenden localmente las cuales están manufacturadas en base a las normas NTE-INEN 1744 y NTE-INEN 1373 [4][5]. En la Tabla 1.1 se presenta la estandarización de las presiones nominales junto con sus medidas de presión de trabajo aplicables a tuberías de PVC y polietileno de alta densidad.

**Tabla 1.1 Presiones equivalentes para selección de tubería según Norma NTE-INEN 1373**

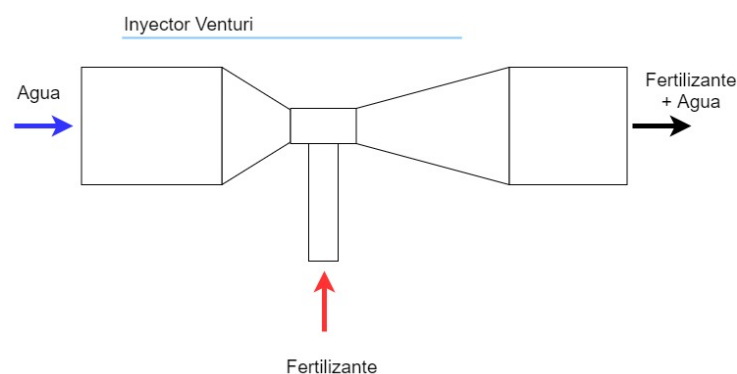
<b>PRESIÓN NOMINAL</b>	<b>PRESIÓN DE TRABAJO (psi)</b>
6	90
8	120
10	150
12.5	188
16	240

### 1.4.4 Tipos de inyección de fertilizante

Una parte indispensable para el desarrollo de la fertiirrigación es el sistema de inyección el cual permite el paso controlado de la solución nutritiva al flujo del agua de riego. Los aspectos que se deben considerar para la selección del sistema de inyección son: capacidad de inyección de fertilizantes, tipo de material, modo de control (manual o automatizado) y recursos necesarios para la operación (bombas de inyección, neumáticos, etc.) [2].



De los métodos más usados y económicos para inyectar fertilizante destaca el uso del tubo de Venturi. Consiste en producir una variación de presión al pasar el fluido por un cambio de la sección transversal existente y así permitir el ingreso a la tubería principal como se denota en la Figura 1.6. Cabe resaltar que, al incorporar dicho dispositivo en el sistema de riego, se genera una pérdida de carga de aproximadamente del 30% de la presión que posee el fluido previo al ingreso del dispositivo [6].



**Figura 1.6 Esquema de trabajo del tubo de Venturi utilizado para inyectar fertilizante.**

Otro método de inyección de fertilizante se obtiene mediante el uso de bombas de dosificación de abono líquido. Dichas bombas deben poseer un impeller lo suficientemente resistente ya que se mantiene expuesto a la mezcla agua - fertilizante, viéndose afectada su vida útil. Su selección se realiza en función de la presión disponible en el punto de inyección, para presiones de trabajo menores a los 60 *Psi* el caudal máximo se aproxima a los 100 *L/h*. En contraste, para presiones de trabajo altas se prevé inyectar a caudales entre los 5000 a 16000 *L/h* [7].

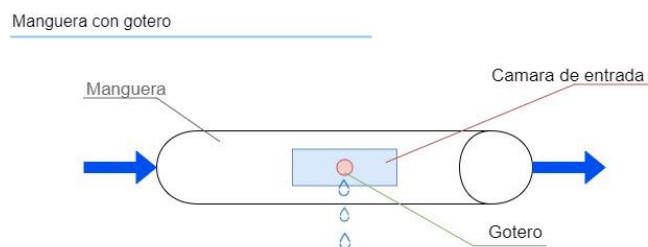
Cabe recalcar que independiente al método de inyección implementado, la cantidad de mezcla a introducir influye de forma directa en el tiempo de riego.

### 1.4.5 Bomba

Para sistemas de riego en los que se requiere aumentar el cabezal de descarga es necesario incorporar un equipo de bombeo. En sistemas de riego por goteo para invernaderos que suelen ser menores a 1 ha, se utilizan bombas centrífugas que proporcionen presiones entre 20 y 80 psi, por lo que, para su selección es necesario considerar la presión máxima que soportan los elementos que intervienen en el sistema [8].

### 1.4.6 Mangueras para riego con goteros

El funcionamiento de los goteros para las mangueras de riego se visualiza en la Figura 1.7. De forma general, los goteros se clasifican en dos tipos: compensadas y no compensadas. Las mangueras con goteros compensados entregan un caudal específico al experimentar presiones de un determinado intervalo, es decir, si se entrega una presión fuera de ese rango el gotero no funcionará de manera correcta. Los goteros sin compensar funcionan siempre con el caudal y la presión máxima del sistema, lo que representa una menor precisión de la cantidad de caudal que se provea. Por ejemplo, los intervalos de trabajo para las mangueras con goteros compensados trascienden desde 4 a 40 psi para un caudal de 0.6 L/h hasta otro producto que maneja presiones de 9 a 50 psi para un flujo volumétrico de 3.8 L/h [9].



**Figura 1.7 Representación del flujo y componentes para una manguera con gotero incorporado.**

### 1.4.7 Controlador

En cuanto a la parte de controlar el proceso de operación del sistema, es común el uso de microcontroladores y controladores lógicos programables, ya que otorgan mayor eficiencia y facilidad al manejo. Para sistemas de riego, habitualmente en los diseños se concatena una electroválvula, una bomba y una pantalla de ingreso de datos, como se muestra en la Figura 1.8. Es decir, la electroválvula va a estar ligada a la inyección de fertilizante, así mismo la bomba va a necesitar el tiempo de encendido que sería igual al tiempo del programa de riego.

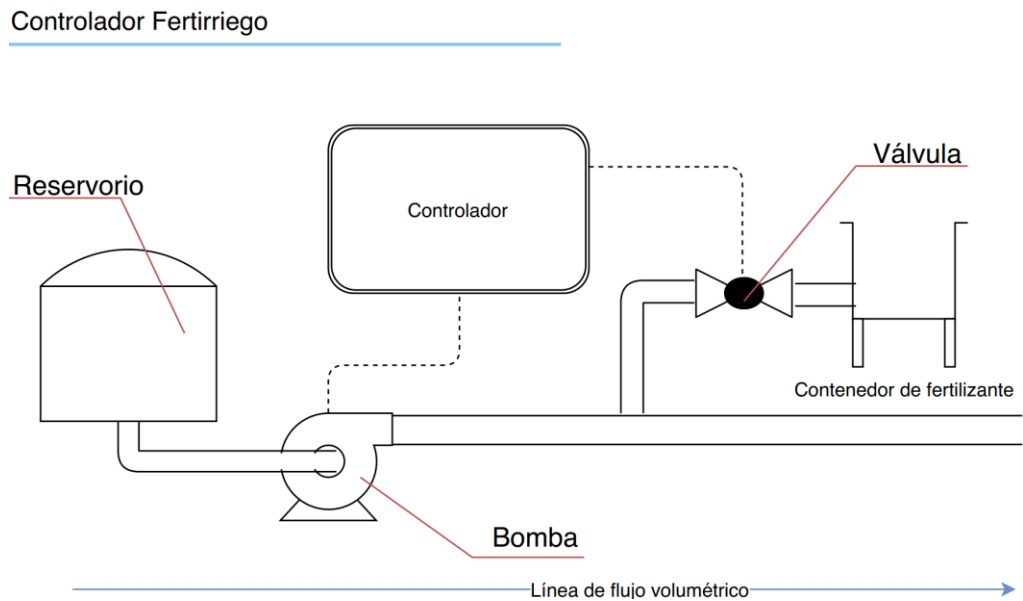


Figura 1.8 Esquema de los equipos que conforman al sistema de riego.

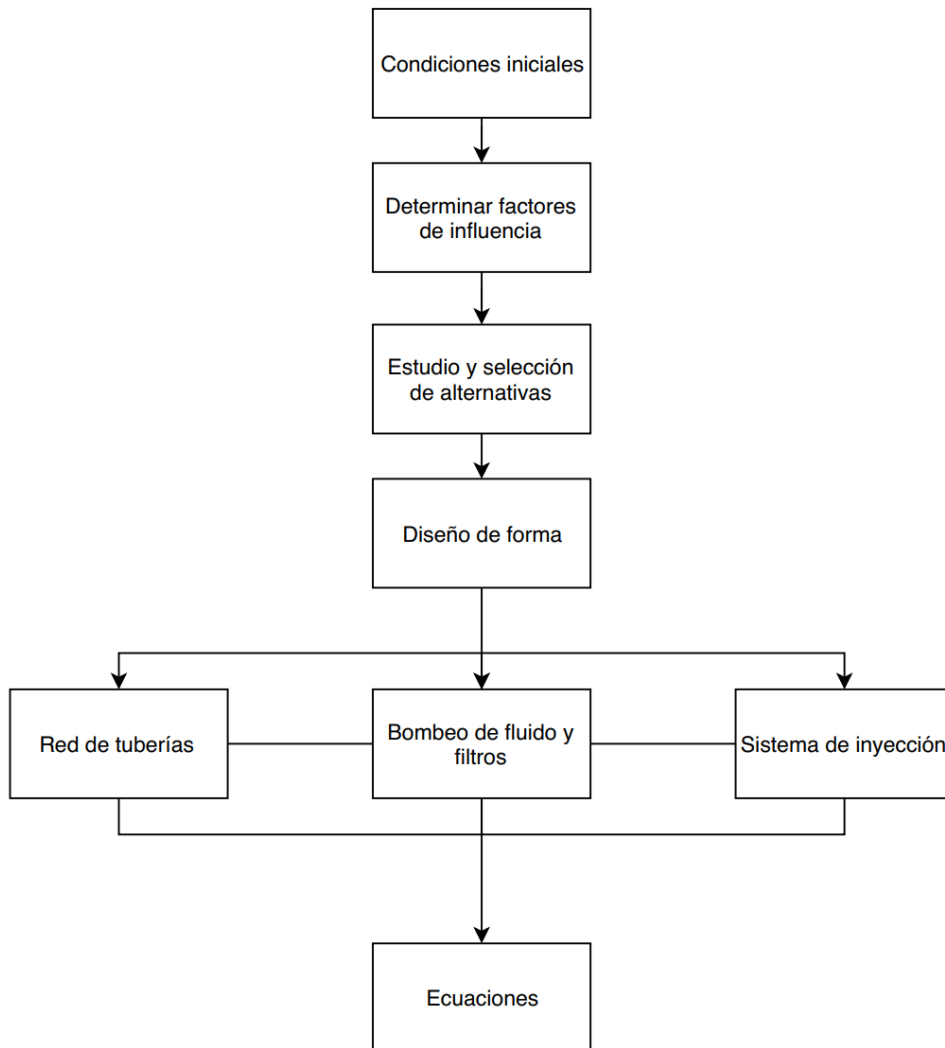
# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

El presente trabajo forma parte de un proyecto multidisciplinario, el cual contó con la participación de estudiantes de FCV, FIEC y FIMCP logrando un intercambio de conocimientos en la búsqueda de la solución a la problemática previamente detallada.

El aporte del representante de la FCV estuvo basado en el estudio fenológico de la hortaliza a sembrar y del sustrato de la cama de cultivo, así como, el plan de nutrición de la planta, el plan de riego y fertirriego del sembrío. De forma simultánea, los compañeros de FIEC contribuyeron al control de los niveles de temperatura y humedad dentro del invernadero, además del análisis del sistema de riego para su posterior automatización.

Por nuestra parte, se desarrolló la metodología para cumplir los objetivos trazados anteriormente, siguiendo una serie de pasos detallados en la Figura 2.1, los cuales permitieron el rediseño y automatización del sistema de riego por goteo en función de los requerimientos de las personas que manejan la irrigación del invernadero.



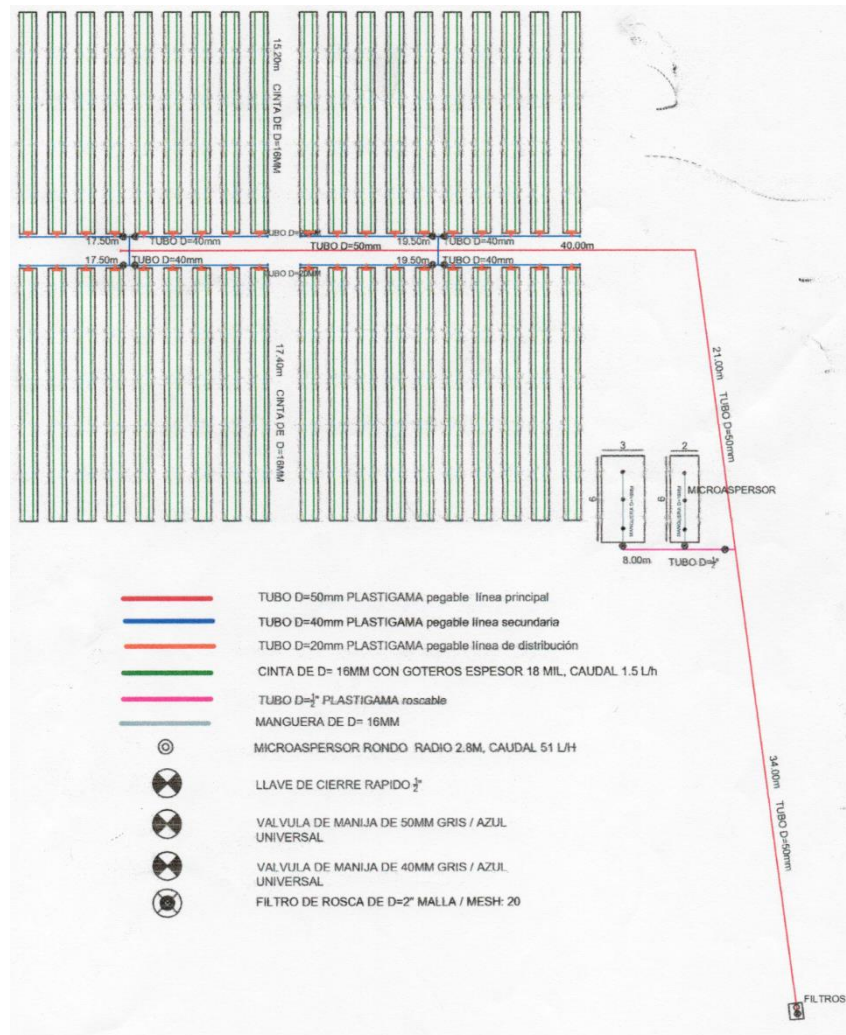
**Figura 2.1 Descripción de la metodología general para seleccionar la mejor solución del rediseño del sistema de riego por goteo para el invernadero localizado en la comuna Daular.**

## 2.1 Condiciones iniciales

### 2.1.1 Autoridad Aeroportuaria de Guayaquil

De manera preliminar, fue entregado el plan piloto con un invernadero que contiene 38 camas de siembra como se denota en la Figura 2.2, mismo que mantenía incorporado mangueras con goteros no compensados brindando un caudal de  $1.6 L/h$ , a través de las aperturas de las respectivas válvulas

(1 válvula principal y 8 secundarias). Se midió la presión de entrada desde la toma de agua principal la cual indico 50 *psi*, luego al medir en dos puntos del invernadero se verificó que desde la primera cama de siembra del invernadero hasta la última existe una diferencia de presión de 5 *psi*.



**Figura 2.2 Obra civil preliminar\*.**

\* Material entregado por Ing. Víctor Martínez, responsable de la implementación de la red de tuberías y mangueras en el invernadero.

Además, dado que la parte inversora del proyecto no deseaba realizar otro gasto adicional, se optó por usar el reservorio que posee la planta de tratamiento de Daular, el cual contiene agua proveniente del canal de Chongón. Esto a causa de que el suministro de agua proveniente de las

dos opciones descritas anteriormente no representaba una fuente confiable de dicho recurso debido a los constantes cortes en el servicio (Interagua). Cabe señalar que el reservorio se encuentra aproximadamente a 205 m del invernadero evidenciado en la Figura 2.3, a una diferencia de altura de 26 m y cuenta con una capacidad de 840 m<sup>3</sup> lo cual nos permitió garantizar el abastecimiento de líquido vital.



**Figura 2.3 Representación planimétrica del invernadero y el reservorio\*.**

\* Material entregado por Ing. Máximo Mendoza

## **2.2 Factores de influencia**

### **2.2.1 Traslado del agua desde el reservorio hasta el invernadero**

Dado que al tomar la menor trayectoria desde el reservorio al invernadero se debía cruzar por predios aledaños a los cuales se sitúa el proyecto, se tuvo que considerar lo estipulado en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Capítulo VIII, Literal B la cual expresa: “Todo predio está sujeto a servidumbre de acueducto y sus conexas tales como captación,

construcción de obras de represamiento, extracción, conducción, desagüe, drenaje, camino de paso y vigilancia, que incluye sus respectivos estudios técnicos, encauzamiento, defensa de los márgenes y riberas a favor de otro predio que carezca del agua necesaria, ordenado por las autoridades respectivas” [10].

### **2.2.2 Sistema de inyección de fertilizante**

Respecto a la inyección de nutrientes para la planta, ésta depende de la presión existente en el punto de instalación del sistema y del caudal motriz de la tubería. Cabe recalcar que el operador (agricultor) estableció que el equipo debe ser de fácil instalación, manejo y mantenimiento.

### **2.2.3 Filtros**

Debido a que el agua que contiene el reservorio no está tratada en su totalidad, fue necesaria la incorporación de filtros en el sistema de riego, considerando la calidad necesaria de filtrado del fluido según los emisores utilizados. Cabe mencionar que el desarrollo del proceso está condicionado por el grado de concentración de impurezas en los filtros ya que si estos se saturan el fluido no va a poder pasar a través de estos. Al igual que los demás dispositivos del sistema, estos también representan una caída de presión en el fluido para lo cual se cuenta con el porcentaje que afecta en tablas expuestas por los fabricantes [11].

### **2.2.4 Elementos de irrigación**

En la búsqueda de la optimización de recursos hídricos y energéticos, el gotero es el elemento de mayor relevancia. Para determinar el emisor hídrico adecuado fue necesario justificar la rapidez de infiltración del fluido en el suelo, dicho parámetro varía según el sustrato que contenga la cama de siembra dando lugar a una región humedecida (diámetro de bulbo húmedo), este debe ser de tal dimensión que genere una cama de cultivo totalmente húmeda.



### 2.2.5 Sistema de control

Se tiene dos procesos integrados en el sistema de control, uno de ellos es el temporizador mismo que durante un intervalo de tiempo fijado activa la bomba y las válvulas para irrigar con o sin adición de fertilizante según el usuario desee. Por otra parte, mediante sensores de presión se configura el controlador para que verifique el funcionamiento del sistema de riego.

## 2.3 Aportes de equipo multidisciplinario

### 2.3.1 Aporte de representante de FCV

El estudiante Ángel Flor, representante de la FCV, realizó mediciones haciendo uso de tensiómetros para determinar el programa de irrigación y un infiltrómetro de cilindros de doble anillo para establecer la velocidad de infiltración del agua en el suelo  $V_i$  de las camas de cultivo. Es así, que de forma experimental (ver Anexo **A.1**) se obtuvo un valor de velocidad aproximado de  $4.16 \text{ mm/h}$ .

La distancia de siembra ( $30 \text{ cm}$ ) quedó definida por el tipo de hortaliza a instaurar, contando con 2 líneas de riego por cama de siembra las cuales poseen una separación de  $0.8 \text{ m}$ . Además, en base a la FAO definió que el porcentaje de área de riego (P.A.R.) sea del 75% [12].



**Figura 2.4** Se realizaron mediciones en campo para la velocidad de infiltración.

## 2.4 Alternativas

Previo a exponer el diseño de forma como solución final del sistema de riego por goteo con inyección de fertilizante, se realizó una selección por componentes considerando los elementos de mayor relevancia.

En cuanto a la herramienta de análisis para selección (matriz de decisión), las tablas muestran en la fila principal las alternativas de los equipos y en la columna principal los factores de selección considerado parámetros como costo de adquisición, facilidad de operación, sencillez en el proceso de limpieza y precisión del equipo.

En las Tablas 2.1 y 2.2 se detallan dos ponderaciones, la primera pertenece a los parámetros de evaluación, la distribución de los porcentajes que adquiere cada uno está en función del grado de importancia especificado por los autores, su sumatoria equivale al 100%. La segunda ponderación refiere el peso de cada criterio de selección en base a las alternativas analizadas. Se estableció un rango entre 1 a 5, considerando como 1 el criterio de menor valor y 5 como el valor máximo. Es así como en la fila "total", el valor más alto que se muestra corresponde a la alternativa más conveniente, pasando a formar parte de la solución final.

### 2.4.1 Selección de filtro

**Tabla 2.1 Matriz de decisión para la selección del filtro a utilizar en el sistema de irrigación.**

Selección de filtro			
Criterios de evaluación	Alternativa A (Filtro de anillas)	Alternativa B (Filtro de malla)	Alternativa C (Filtro de arena)
Económico 30%	5	4	3
Facilidad de operación 20%	3	4	3

Facilidad de limpieza 15%	2	5	2
Mayor precisión 35%	2	5	3
Total	3.1	4.5	2.85

## 2.4.2 Selección de sistema de inyección

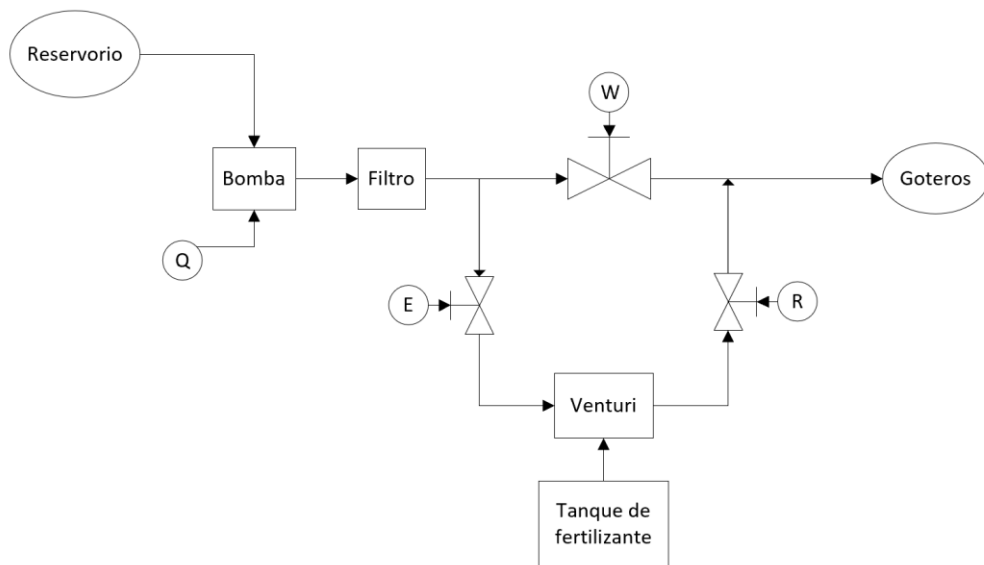
**Tabla 2.2 Matriz de decisión para la selección del equipo de inyección de fertilizante a incorporarse en el sistema de irrigación.**

Selección de sistema de inyección		
Criterios de evaluación	Alternativa A (Bomba Amiad)	Alternativa B (Venturi)
Económico 30%	3	5
Facilidad de operación 20%	3	5
Facilidad de limpieza 15%	2	4
Mayor precisión 35%	4	3
Total	3.2	4.1

## 2.5 Diseño de forma

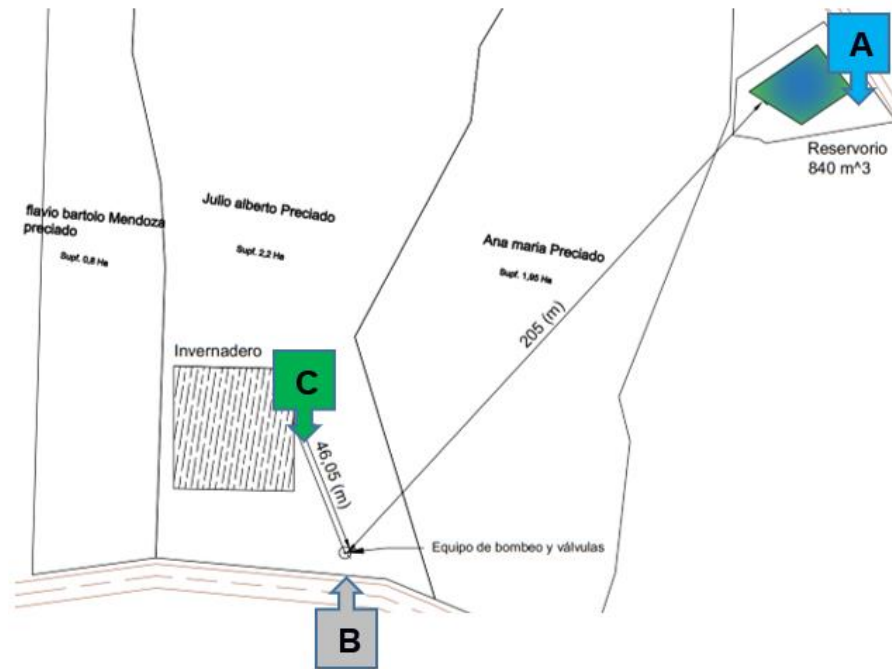
A continuación, en la Figura 2.5 se muestra el diseño inicial considerando los elementos y componentes que permitieron el desarrollo del sistema, dicho modelo provee dos opciones de riego. En el primero, al abrir las válvulas E y R, además de

cerrar la válvula W, el sistema realiza el riego con adición de fertilizantes (fertirriego) cuando el sembrío lo requiera. En la segunda opción, si solo se necesita regar con agua, se procede a realizar los pasos contrarios a la apertura de válvulas antes mencionada.



**Figura 2.5 Descripción de los elementos que intervienen en el diseño de forma del sistema de riego por goteo propuesto.**

Además, en la Figura 2.6 consta el croquis del lugar con las distancias representativas para el diseño del sistema de riego mostrando los puntos de interés, a saber: reservorio (A), equipo de bombeo, válvulas y componentes de inyección de fertilizante (B) e invernadero (C) en lo que respecta a la parte de mangueras con góteros.



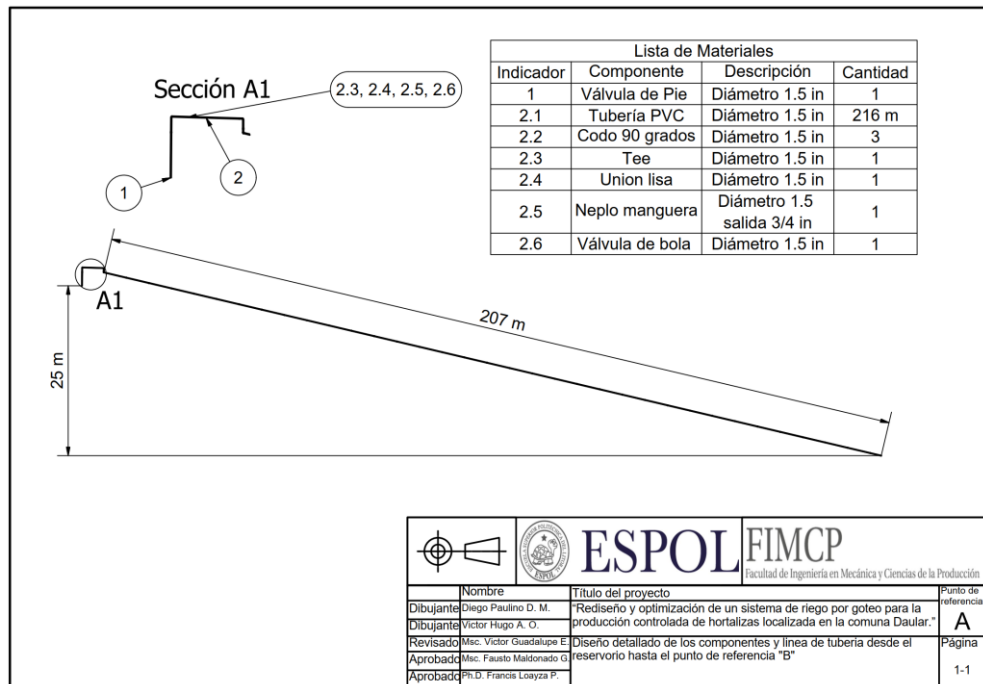
**Figura 2.6 Croquis donde se estima la ubicación de las tuberías principales pasando por los puntos de interés.**

Se optó definir la ubicación del punto de interés (B) lo más cerca posible al invernadero debido a que el operador necesitaba de forma periódica verificar el proceso de irrigación en el invernadero. Además, si se colocaba la bomba en el punto (A) se hubiese requerido una mayor cantidad de cable, elevando los costos del tendido eléctrico.

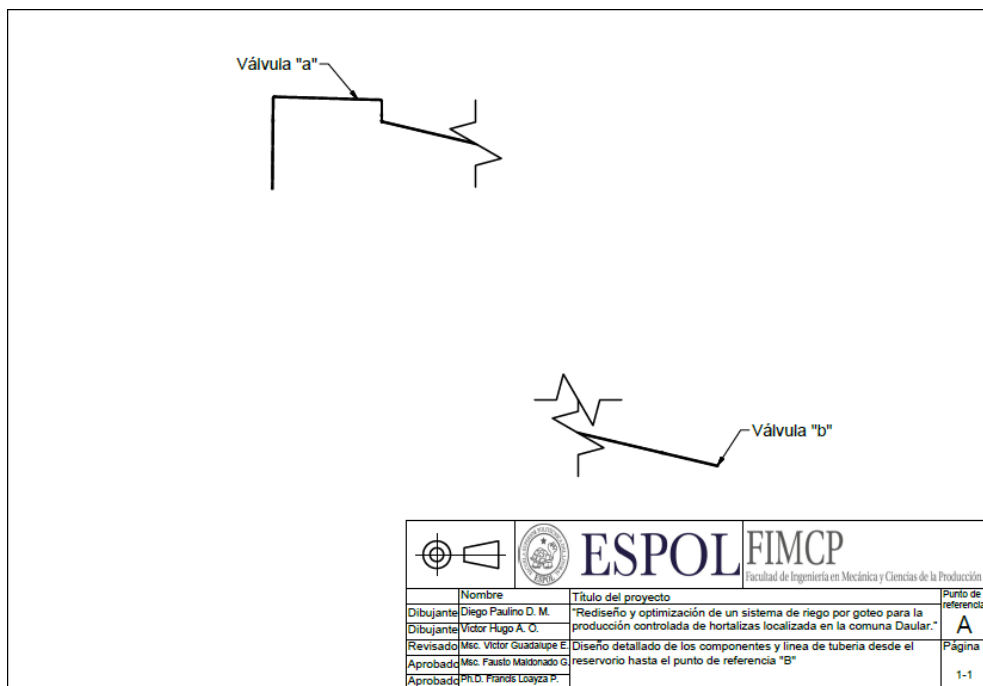
## **2.6 Diseño detallado**

### **2.6.1 Sistema de irrigación**

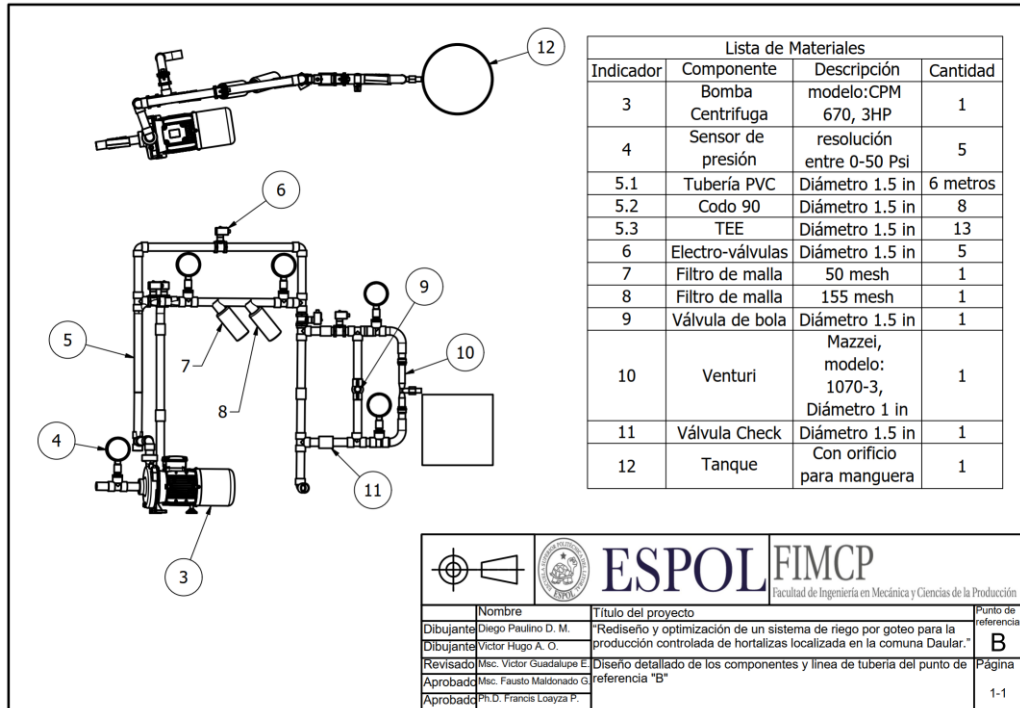
Como se lo mencionó en la sección 2.5, fueron considerados tres puntos para dividir el diseño del sistema de irrigación con inyección de fertilizante. Por tal motivo, en los Planos 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 se procede a exponer cada punto con su diseño detallado. Sin embargo, en el Anexo B se presenta el dimensionamiento de la tubería para los diferentes puntos indicados en la Figura 2.6.



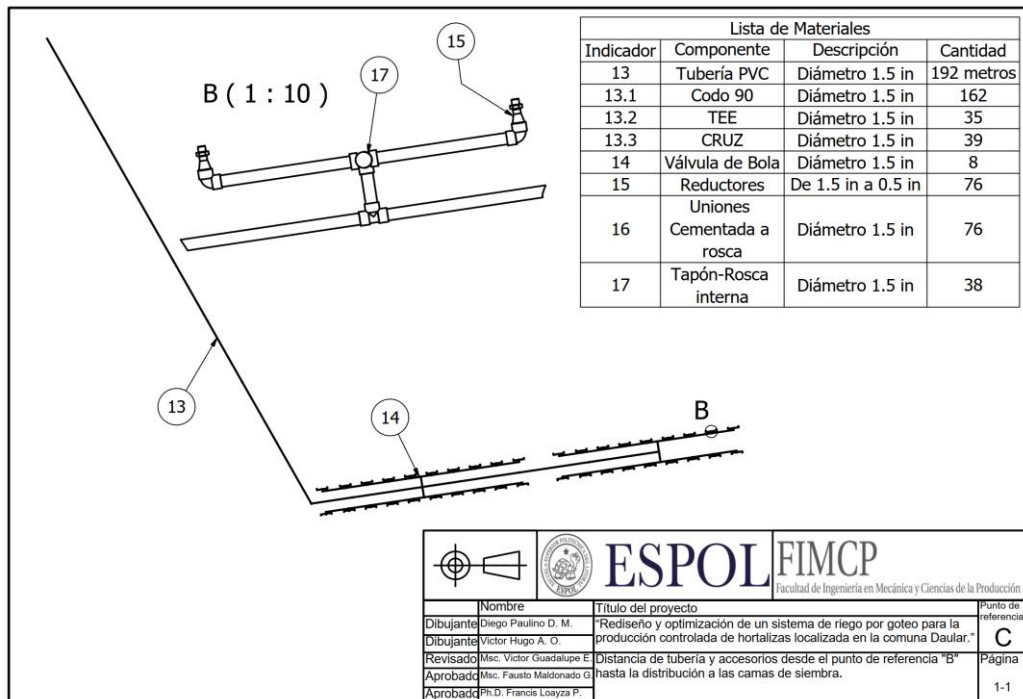
**Plano 2.1** Se detallan los componentes y las cantidades para el diseño del sistema considerando desde el reservorio (A) hasta el ingreso previo al punto de interés (B).



**Plano 2.2** Identificación de válvulas para el sifón.



**Plano 2.3 Se detallan los componentes necesarios para la automatización del riego e inyección del fertilizante en el punto de interés (B).**



**Plano 2.4 Se detallan los componentes para el diseño del punto de interés (B), considerando el paso del fluido desde la red principal de tuberías hasta las camas de siembra, a través de las mangueras con goteros.**

### **2.6.2 Sifón**

Debido a que se necesita asegurar que el tramo de tubería entre los puntos de interés (A) y (B) siempre contenga agua (ver Figura 2.6), se implementó el uso del método de succión por sifón.

De acuerdo al rediseño del sistema de riego, inicialmente la tubería desde el reservorio hasta la bomba se encuentra vacía, por lo tanto, para que la bomba succione agua desde el reservorio se tiene que abrir la válvula “a” para proceder a llenar el tramo de tubería antes mencionado mediante la entrada del sifón, luego del llenado se debe proceder a cerrarla (ver Planos 2.1 y 2.2).

### **2.6.3 Operaciones del sistema de riego**

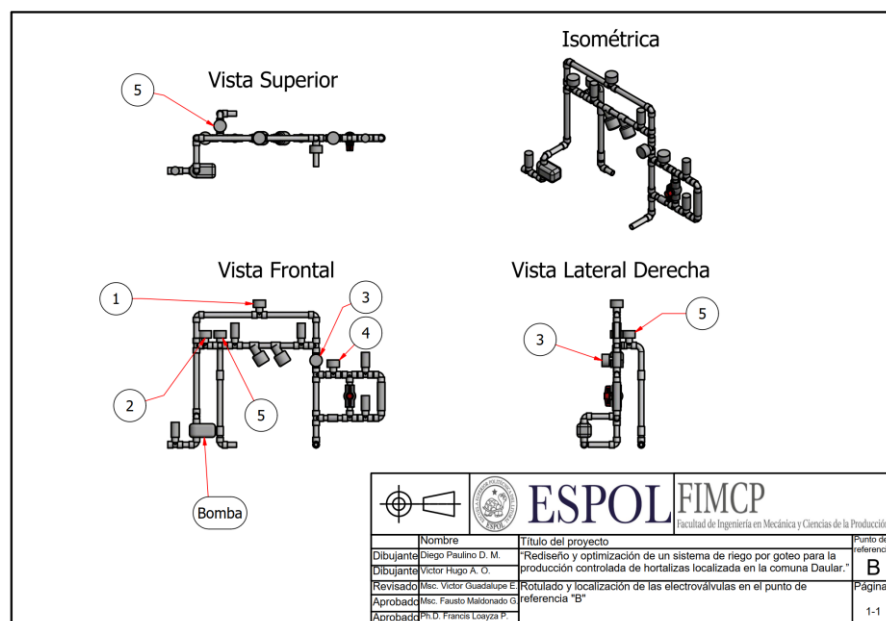
A nivel general, el rediseño del sistema de riego por goteo se lo ideó para realizar tres operaciones de trabajo, las cuales son: irrigación, inyección de fertilizante y limpieza de filtros.

La operación de irrigación consiste en trasladar el agua del reservorio hasta las camas de siembra, previamente pasando por los filtros. Para la operación inyección de fertilizante se tiene el mismo proceso de irrigación con la diferencia de que se incorpora el uso del equipo de inyección al sistema. En cuanto a la limpieza de los filtros, se configuró la apertura y cierre de electro válvulas para cambiar el sentido del flujo que pasa por los filtros, llevando así el fluido y los desechos por una tubería de desagüe. Para el funcionamiento del sistema se tuvo como componentes activos a la bomba, filtros y electrovalvulas implementadas en el punto de interés (B) como se muestra en los Planos 2.3, 2.4 y 2.5. A continuación, en la Tabla 2.3 se muestra la apertura de las válvulas en conformidad a la tarea que se desee realizar.



**Tabla 2.3 Apertura de válvulas según operación**

TAREAS	VÁLVULAS				
	1	2	3	4	5
Irrigación	Cerrada	Abierta	Abierta	Cerrada	Cerrada
Inyección	Cerrada	Abierta	Abierta	Abierta	Cerrada
Limpieza	Abierta	Cerrada	Cerrada	Cerrada	Abierta



**Plano 2.5 Identificación de las electroválvulas implementadas en el rediseño del sistema de irrigación por goteo.**

## 2.7 Automatización

Para la automatización se usó el programa "TIA PORTAL" versión 4, de la compañía siemens que permite la simulación de código, así mismo los equipos que requieren organización (bomba y electroválvulas) y configuración tales como los sensores. Para la visualizar el funcionamiento del código con los equipos comerciales se usó utilizo el programa PLC simv14 que permite forzar y cambiar entradas.

## 2.8 Modelamiento

### 2.8.1 Camas de cultivo

De acuerdo a la Figura 2.2 se tiene 38 camas de cultivo en total, de las cuales 19 tienen 15.20 m y las restantes 17.40 m de longitud. En los planos 2.1 y 2.2 se precisan las dimensiones de la obra civil en referencia al invernadero y sus camas de cultivo (ver Anexo **A.2**).

### 2.8.2 Emisores

Para un sistema de riego por goteo se estima que el P.A.R. sea aproximadamente de un 75% lo cual es recomendado para riego localizado bajo invernadero, este porcentaje se explica en la ecuación **2.1** [12].

$$P. A. R. = \frac{\text{Área humedecida}}{\text{Área regada}} \quad (2.1)$$

El área humedecida es una cantidad teórica que relaciona el círculo formado cuando el gotero descarga un volumen de agua al suelo (diámetro de bulbo húmedo *dbh*) y el área regada vincula la longitud entre las mangueras y distancia entre goteros. Por lo tanto, el P.A.R. queda dado por la ecuación **2.2**.

$$P. A. R. = \frac{\text{Área humedecida}}{(\text{longitud entre emisores}) * (\text{longitud entre mangueras})} \quad (2.2)$$

Cabe recalcar que la consideración de la FAO en cuanto al P.A.R. es aplicable en el caso de poseer un suelo uniforme, lo que no sucede en el estudio al poseer camas de siembra que contienen un suelo mixto, por lo que el único modo de constatar la región humedecida es midiendo de forma experimental el diámetro de bulbo húmedo.

Luego, aplicando el principio de continuidad, haciendo uso de la ecuación **2.3**, considerando el área humedecida y la velocidad de infiltración del agua en el suelo, se procedió a estimar el caudal de los goteros.

$$Q_g = \text{Área humedecida} * V_i \quad (2.3)$$

Dónde  $V_i$  representa la velocidad de infiltración del fluido a través de la cama de siembra. Además, en base a las ventajas expuestas sobre el uso de goteros compensados, se optó por implementarlos en el diseño.

### **2.8.3 Caudal motriz**

Se procedió a calcular el caudal motriz  $Q_M$ , aplicando la ecuación **2.4**. Este se encuentra definido por el caudal de los goteros  $Q_g$ , la cantidad de goteros por manguera  $N_g$ , el número de mangueras por cama  $N_m$  y el número de camas  $N_c$ . Cabe recalcar que el número de goteros por manguera depende de la longitud de la cama, para el presente proyecto se contó con dos longitudes, 19 camas de 15.2 m y las restantes de 17.4 m.

$$Q_M = N_c * N_m * N_g * Q_g \quad (2.4)$$

### **2.8.4 Pérdida de presión por goteros**

La estimación de la pérdida de presión en la manguera que posee los goteros se obtuvo de forma experimental al medir los valores de la presión al inicio y al final de la cama de siembra (ver Anexo **B.1**).

### **2.8.5 Pérdidas de carga por fricción**

Uno de los parámetros más considerados en la mecánica de fluidos es el número de Reynolds. Dicho valor permite visualizar el comportamiento del fluido, es decir verificar si se trabaja con un flujo laminar o turbulento y está dado por la ecuación **2.5**.

$$Re = \frac{\rho * Di * V}{\gamma} \quad (2.5)$$

Por otro lado, la tubería comercial que cumple con los requerimientos de producción y esfuerzos de trabajo es la manufacturada a base de cloruro de polivinilo, por lo tanto, el factor adimensional de rugosidad considerado es de 0.0015 [13]. De acuerdo al material que se dispone de forma local, se optó por diseñar conforme al producto que provee PLASTIGAMA, empresa que cumple con las normativas de manufactura requeridas [14].

Luego de seleccionar el factor de rugosidad adecuado, se procedió a calcular el factor de fricción usando la ecuación 2.6, misma que es aplicable para diámetros entre  $10^{-6}$  y 0.1 metros además de valores de Reynolds entre 5000 y  $10^8$  [15].

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{K_s/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (2.6)$$

Para realizar el cálculo de las pérdidas de carga debido a la fricción existente en el sistema de tuberías, fue empleada la ecuación 2.7 [16].

$$H_L = f \times \frac{V^2 L}{2 g D} \quad (2.7)$$

### 2.8.6 Perdida de carga por accesorios

Para estimar la pérdida de presión en tuberías con diámetro constante se empleó la ecuación 2.8 [17].

$$H_k = K * \frac{V^2}{2 * g} \quad (2.8)$$

Donde  $K$  es el valor del coeficiente de fricción, según el elemento a considerar. A continuación, en la Tabla 2.4 se tiene los diferentes valores  $K$  para cada accesorio usado [18].

**Tabla 2.4 Valores del coeficiente de fricción K para diferentes accesorios de conexión.**

Accesorio	Figura	Valor K
TEE		1.7
Cruz		2.5
Reductor		0.02
Válvula de bola		2.3
Codo a 45°		0.4
Codo a 90°		0.9

## 2.9 Metodología para determinar el diámetro tubería

El parámetro que se utilizó para seleccionar el diámetro de tubería adecuado fue la pérdida de presión en función de la fricción, por lo que el proceso para determinarlo fue el siguiente:

1. De acuerdo a lo que se conoce y a la disposición del mercado local se consideraron diámetros nominales de 1, 1.5 y 2 pulgadas, en la Tabla 2.5 se detallan sus medidas con las respectivas conversiones de unidades.
2. Se calculó el área de la sección transversal circular para cada diámetro.

3. Luego se determinó el número de Reynolds utilizando la ecuación **2.5**.
4. Después se procedió a calcular el valor del coeficiente de fricción utilizando la ecuación **2.6**.
5. Finalmente, reemplazando los valores hallados, se logró determinar la pérdida de carga para cada diámetro de tubería por medio de la ecuación **2.7**.

Es necesario señalar que los accesorios tendrán el mismo diámetro que el de la tubería seleccionada.

**Tabla 2.5 Diferentes diámetros de tuberías a analizar con sus conversiones y áreas.**

D (in)	D*(mm)	D* (m)	Área [ $m^2$ ]	Área <sup>2</sup> [ $m^4$ ]
1	25.4	0.0254	0.00050671	2.40958E-07
1.5	38.1	0.0381	0.00114009	1.57914E-06
2	49.2	0.0492	0.00190426	3.85533E-06

D\* Diámetros nominales internos.

### 2.9.1 Golpe de ariete

Consiste en el análisis del movimiento transitorio de una onda de presión, ocasionada por un cambio repentino en la apertura de una válvula próxima a la trayectoria del fluido a través de una línea de tubería, afectando al tramo y equipos que se encuentren antes de la válvula. Por tal motivo, este efecto fue considerado para la correcta selección del espesor de las tuberías del sistema.

Este fenómeno fue estudiado por el ruso Nikolái Zhukovski, el cual propuso un modelo matemático para estimar el crecimiento de la presión debido al cambio súbito de la velocidad [19]. La ecuación **2.9** define el incremento de presión  $\Delta P$ , este se encuentra dado por la densidad  $\rho$ , la velocidad de onda del fluido  $a$  y la diferencia de velocidad  $\Delta V$  que se genera desde el equipo de bombeo respecto del cierre de válvula.

$$\Delta P = \rho * a * \Delta V \text{ [Pa]} \quad (2.9)$$

La ecuación **2.10** estima la velocidad de la onda al basarse en el principio de conservación de la masa, además de considerar la expansión de la pared de la tubería al experimentar dicho suceso [19].

$$a = \sqrt{\frac{\frac{B}{\rho}}{1 + \frac{D}{\delta} * \frac{B}{E}}} \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2.10)$$

De donde se tiene que el parámetro  $B$  representa la facilidad con que puede variar la unidad de volumen al cambiar la presión que se ejerce sobre este, dada las condiciones adquirió el valor de  $2.15 * 10^9 \text{ Pa}$ . Además, en el diseño se decidió implementar tuberías de espesor  $\delta$  fabricadas de PVC, material que posee un módulo de elasticidad  $E$  equivalente a  $2.5 * 10^9 \text{ Pa}$ .

## 2.10 Curva de pérdida de presión

En cuanto a la oposición que se genera debido a la configuración de accesorios y tuberías que debe ser vencida por el sistema diseñado, considerando desde la entrada al punto de interés (B) hasta su posterior salida en el punto (C), fue necesario estimar las pérdidas en función del caudal. Dicho caudal fue definido como el caudal motriz y se estableció mediante la ecuación **2.4**. Luego mediante la línea de tendencia que se formó al graficar los valores de pérdidas totales y caudal suministrado fueron comparadas respecto a la curva de operación del equipo de bombeo, encontrando un punto de intersección el cual es denominado punto de operación.

Es necesario resaltar que, para obtener la curva del sistema, se utilizaron las ecuaciones **2.7** y **2.8** en función del caudal. Por el contrario, los filtros tienen curvas de pérdidas en función del caudal establecidas por el fabricante. El proceso de selección detallado de filtros a usar se lo establece en el siguiente capítulo.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Estimación del caudal motriz

Debido al estudio agrícola realizado, se constató que el sustrato que contenían las camas de siembra estaba compuesto de tamo de arroz y arcilla por lo que comprendía a un suelo mixto, siendo inconsistente estimar un P.A.R. Por tal motivo, se determinó el diámetro de bulbo húmedo de forma experimental, midiendo el círculo formado al regar con los goteros de  $1.6 \text{ l/h}$ , resultando un diámetro de bulbo húmedo equivalente a  $0.40 \text{ m}$ , por lo que usando la ecuación **2.3** se aproxima el P.A.R. experimentado.

$$P. A. R. = \frac{\text{Área humedecida}}{(\text{longitud entre emisores}) * (\text{longitud entre mangueras})} * 100 \quad (2.3)$$

$$P. A. R. = \frac{\pi * \frac{0.40^2}{4}}{(0.30) * (0.87)} * 100$$

$$P. A. R. = 48\%$$

Lo cual representa un P.A.R. aceptable ya que la teoría dicta que este debe permanecer entre el 30% y 75% [12]. Al justificar el uso de los goteros de  $1.6 \frac{\text{l}}{\text{h}}$ , se decidió mantener dicho parámetro en nuestro diseño, por lo que luego de una búsqueda exhaustiva se encontró que la empresa NETAFIM provee en la región mangueras con goteros autocompensados, con un caudal por gotero equivalente a  $1.6 \frac{\text{l}}{\text{h}}$  o  $0.0016 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$  al trabajar en un rango de presión determinado por el fabricante [20].

A su vez, de acuerdo a la Figura 2.2 donde se observa que se tiene 19 camas de longitud  $15.2 \text{ m}$  y las restantes de  $17.4 \text{ m}$  y considerando que la separación entre los



goteros es de 0.3 m, se estableció el número de goteros  $N_g$  existentes por cada línea de riego. Por consiguiente, se usó la ecuación 2.5 para establecer el caudal motriz del sistema de riego por goteo.

$$Q_M = N_c * N_m * N_g * Q_g \quad (2.5)$$

$$Q_M = 19 * 2 * (51 + 58) * 0.0016 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_M = 6.62 \frac{m^3}{h}$$

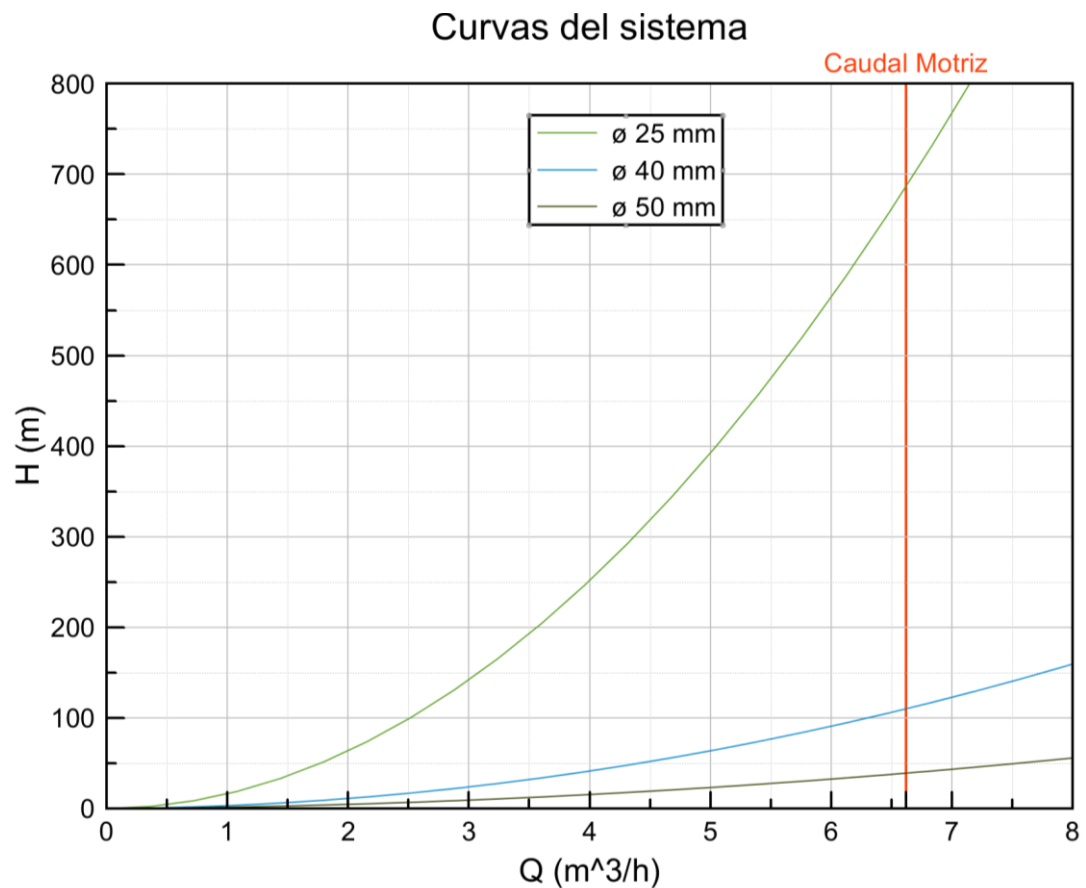
### 3.2 Sistema de irrigación sin equipo de bombeo

Se realizaron los cálculos para justificar el uso de un equipo de bombeo, por lo que se procedió a determinar la presión estática del reservorio aproximándose a 36.84 *psi* al entregar un caudal de 5.4  $m^3/h$ . Sin embargo, realizando cálculos de pérdida de presión para el tramo comprendido entre los puntos de interés (B) y (C), se obtuvo un valor de 37 *psi*. Por consiguiente, el fluido no llegaría con la presión suficiente para abastecer a las mangueras con los goteros, y a su vez no se podría incorporar el componente de inyección de fertilizante ya que este restaría 15 *psi* a la presión total.

### 3.3 Pérdida de presión en el sistema

A continuación, se calcularon las pérdidas debido a la fricción en la tubería, pérdidas por accesorios del sistema y considerando las pérdidas generadas al implementar los filtros, se logró obtener las pérdidas totales del sistema para cada diámetro nominal analizado (Ver Anexo B.2). Se debe agregar que, respecto a la pérdida de presión asociada a los filtros se estableció que dicho valor equivale a 1 *psi* según datos del fabricante [21].

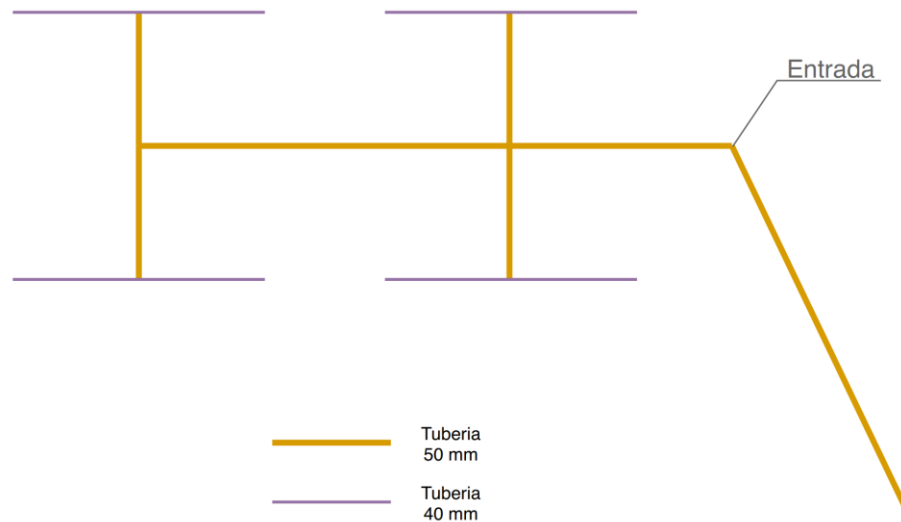
Por tal motivo, se procedió a graficar las curvas del sistema para los distintos diámetros de tubería expuestos en la Figura 3.1.



**Figura 3.1 Curvas del sistema en función de los diámetros a seleccionar y caudal motriz estimado.**

Como se muestra en la Figura 3.1, la línea vertical roja indica el caudal motriz  $Q_M$  del sistema de riego, por lo que, para dicho caudal la tubería de 25 mm generó la mayor pérdida de presión en el sistema al comparar los valores obtenidos en las tuberías de 40 mm y 50 mm, las cuales generaron 110 m. c. a. y 39.5 m. c. a. respectivamente. Sin embargo, el uso de la tubería de 2 in requería una mayor cantidad de reductores para lograr adaptar el sistema al diámetro de 13 mm que posee la manguera con los goteros. De modo que, a criterio de los autores, se decidió usar el arreglo mostrado

en la Figura 3.2, dónde se ha utilizado diámetros de 40 *mm* y 50 *mm* con el objetivo de reducir las pérdidas de carga y el uso de acoples en el sistema.

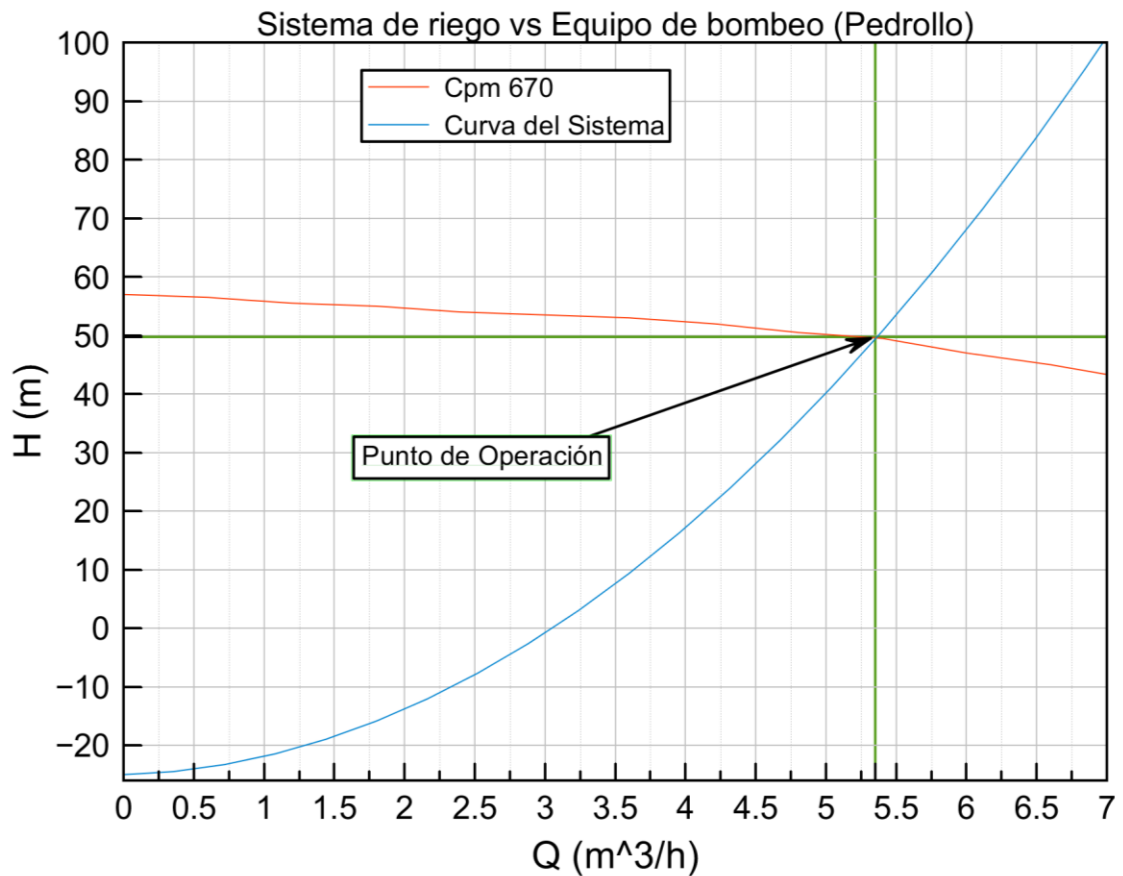


**Figura 3.2 Distribución de la línea de tubería de transporte de fluido desde el punto de interés (B) hasta (C).**

### 3.4 Selección de bomba

Luego de establecer la configuración de los tramos de tubería, se procedió a ajustar los requerimientos respecto a las bombas centrífugas que se dispone en el mercado. De acuerdo a la búsqueda a través de distintos proveedores y revisando sus características operacionales, se seleccionó la bomba modelo CPM 670, misma que provee la compañía “PEDROLLO” [22].

La línea de tendencia que se formó al graficar los valores de pérdidas totales y caudal suministrado se superpuso a la curva de operación del equipo de bombeo seleccionado, encontrando un punto de intersección el cual es denominado punto de operación del sistema (ver Figura 3.3).



**Figura 3.3 Curva del sistema usando el arreglo de tuberías propuesto con la incorporación de la bomba CPM 670 de 3 hp al sistema.**

En efecto, al momento de incorporar la bomba al sistema de riego por goteo, este trabajará con una presión de 49.5 *m.c.a.* (70 *psi*) y caudal de 5.35  $\frac{m^3}{h}$  como se destaca en la Figura 3.3. Cabe recalcar que el sistema ha sido diseñado con goteros autocompensados cuyo funcionamiento depende únicamente de la presión de trabajo que experimente, por lo que el análisis realizado se basó en dicho parámetro.

La pérdida de presión que representa llenar las tuberías desde la salida del punto de interés (B) hasta la salida del fluido por las mangueras en las camas de siembra localizadas en el punto de interés (C) equivale a 55.4 *psi*. Lo cual da una diferencia de 14.6 *psi*, este valor sería la presión que se tiene al llenar toda la tubería que viene después de la bomba, sin embargo, se tiene que desde el inicio del

invernadero hasta el final se pierden 5 *psi* es decir que la presión que se tiene al final por efecto de la pérdida de caudal sería de 10 *psi*. Entonces se tiene 14.6 *psi* y 5 *psi* como rangos de presión de entrada para las mangueras con los goteros, estos valores de presión de trabajo estarían en el rango de presión de trabajo de la manguera con los goteros por consiguiente es satisfactoria la selección de la bomba (ver Anexo **C.1**).

Todavía cabe señalar que una bomba de menor potencia supondría una reducción en la presión de trabajo de los goteros lo que posiblemente hubiese causado que no se entregue un caudal uniforme en todas las camas. A su vez, un equipo de bombeo de mayor potencia hubiera causado que se trabaje a presiones mayores de las que se trabajar en los goteros exponiéndolo al daño de estos [20].

### 3.5 Golpe de ariete

Para el diseño del sistema de tuberías, además de seleccionar el diámetro adecuado, fue necesario estimar el espesor correcto de la tubería a implementar, por lo que haciendo uso de la ecuación **2.10** se determinó la velocidad de la onda *a* para cada caso de espesor al considerar el diámetro menor usado (1.5 *in* – 40 *mm*).

A través de información proveniente de los proveedores de las mangueras, se obtuvo los valores de cada espesor según la tubería seleccionada [20]. Por tal razón, haciendo uso de las ecuaciones **2.9** y **2.10** se procedió a llenar la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Comprobación de la velocidad de onda según el espesor**

Espesor [m]	Diámetro nominal [mm]	“ <i>a</i> ”[m/s]	$\Delta P$ [Pa]	$\Delta P$ [psi]
0.0011	40	258.49	255143.30	37
0.0016	40	309.58	308656.58	44.76
0.0019	40	335.96	334957.95	48.58

Por consiguiente, la presión de trabajo máxima resultó al sumar la presión del punto de operación de la bomba y el incremento de presión por golpe de ariete. Dicho resultado se procedió a comparar con el valor de presión máxima del fabricante según el espesor de pared de la tubería (ver Tabla 3.2). Se procedió a seleccionar

la tubería de espesor 0.0016 m ya que presenta un mayor rango de presión a la de 0.0011 m y por su parte es menos pesada que la tubería de 0.0019 m.

**Tabla 3.2 Selección del espesor de tubería**

Sistema de riego		Datos del fabricante
Espesor [m]	Presión máxima de trabajo [psi]	Presión máxima [psi]
0.0011	85	91.35
0.0016	92.76	145.00
0.0019	96.58	181.25

### 3.6 Filtros

Respecto al sistema de filtración del fluido, de acuerdo al proveedor de las mangueras con los goteros, el filtro que debe implementarse para que los emisores no se tapen, debe poseer un mallado de 80 *mesh*. Para el rediseño se planteó el uso de dos filtros de diferente mallado metálico, un filtro con 50 *mesh* para filtrar partículas de diámetro 297  $\mu\text{m}$  y de manera continua otro de 155 *mesh* que detiene partículas de diámetros mayores a 88  $\mu\text{m}$  [21].

### 3.7 Componente de inyección

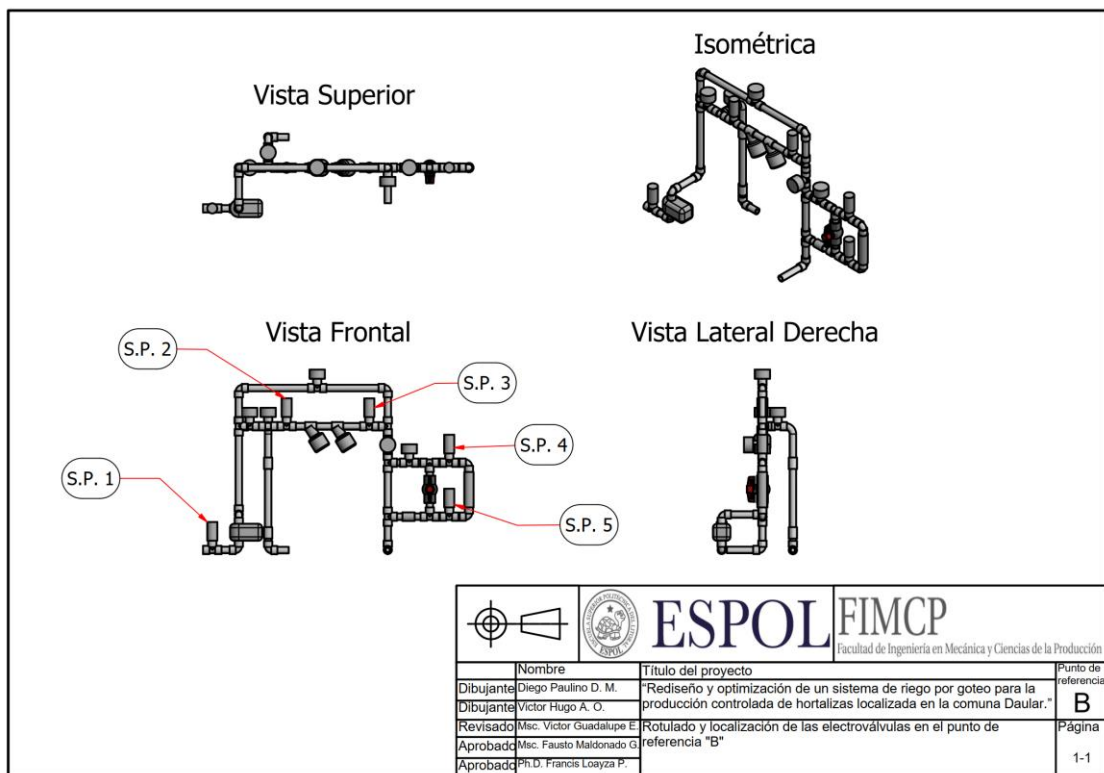
Para culminar la parte mecánica de diseño del sistema, se procedió a la selección del inyector de fertilizante en función a los parámetros de presión de entrada, caudal motriz y diferencia de presión. Se debe enfatizar además que el objetivo de este equipo es inyectar fertilizante siempre y cuando exista una diferencia de presión a la entrada y salida de este. El caudal de succión dependerá de mencionada diferencia de presión, por tal motivo, se instaló una válvula de bola junto con los manómetros para que el operador observe que exista una diferencia de presión y se obtenga un caudal de succión deseado, siendo este directamente proporcional a la diferencia fijada.

De acuerdo a la empresa Mazzei, fabricante del equipo, su catálogo de inyectores y a los parámetros del rediseño del sistema de riego, se seleccionó el modelo 1078-3 con rosca de 25 mm. Este inyector posee la capacidad de entregar un caudal de

succión equivalente a  $2.2 \text{ l/min}$  al experimentar una diferencia de presión de  $10.56 \text{ m.c.a. (15 psi)}$  [22].

### 3.8 Alarmas y Diagrama de flujo

Para el control del sistema se decidió implementar sensores de presión, los cuales permiten vigilar el proceso ubicándolos en puntos estratégicos del lugar de interés (B). En el plano 3.1 se observa la denominación que permite identificar los sensores.



**Plano 3.1 Sensores de presión referentes al punto de interés (B), los sensores 1, 2 y 3 son digitales por el contrario 4 y 5 son analógicos.**

Para que la operación de irrigación se ejecute correctamente debe cumplirse los siguientes puntos:

- Previo al inicio de cualquier tarea a realizar por el sistema, el sensor de presión #1 (S.P. 1) debe marcar aproximadamente 36.8 *psi*, debido a la columna de agua a favor existente entre los puntos de interés (A) y (B), asegurando así que no se experimenten fugas ni pérdidas de presión.
- De acuerdo a los cálculos de pérdida de presión versus la curva de eficiencia de la bomba, el sensor de presión # 2 (S.P. 2) debe indicar una presión de trabajo aproximada de 70 *psi*, si el sensor marca menos existen pérdidas por fuga de agua o la bomba requiere mantenimiento.
- Si el sensor de presión # 3 (S.P. 3), muestra una presión cercana a 0 *psi* significa que los filtros requieren limpieza o la electro válvula. Si este sensor de presión marca una presión de 20 a 30 *psi*, la electro válvula 1 o 5 estarían abiertas.
- Para que el equipo de inyección trabaje correctamente el sensor de presión # 5 (S.P. 5) necesariamente debe ser menor que la presión que indica el sensor de presión # 4 (S.P. 4), esta diferencia de presión debe ser aproximadamente 15 *psi*.

Una vez establecidas las alarmas se realizó el diagrama de flujo que explica el proceso automatizado con la activación de la bomba y electroválvulas. En la sección de anexos H.



### 3.9 Materiales y costos

A continuación, la Tabla 3.3 se muestran los equipos y accesorios necesarios para el desarrollo del proyecto con sus respectivos precios.

**Tabla 3.3 Costos de los equipos necesarios para implementar el diseño**

Componente	Descripción	Cantidad	Costo (dólares)
Válvula de Pie	Diámetro 1.5 in	1	20
Tubería PVC	Diámetro 1.5 in	216 metros	390
Codo 90 grados	Diámetro 1.5 in	10	7
Tee	Diámetro 1.5 in	13	20
Unión lisa	Diámetro 1.5 in	1	0.4
Válvula de bola	Diámetro 1.5 in	2	12
Neplo (liso-manguera)	manguera de 1.5 a $\frac{3}{4}$ in	1	0.60
Bomba Pedrollo	Cpm 670, 3 Hp	1	426
Neplo (liso, rosca)	Diámetro 1.5 in a 1 $\frac{1}{4}$ in	1	0.6
Neplo (liso, rosca)	Diámetro 1 in a 1.5 in	1	0.6
Válvula check	Diámetro 1.5 in	1	15
Sensor presión	Resolución 0-100 psi	3	300
Manómetro glicerina	Rosca $\frac{1}{4}$ in, 0-100 psi	2	28
Neplo (liso, rosca)	Diámetro 1.5	5	2
Unión	Diámetro 1.5 a $\frac{1}{4}$ in	5	5
Electroválvulas	Diámetro 1.5	5	350
Neplo (liso, rosca)	Diámetro 1.5 in a 1 in	5	2
Filtro de malla	50 mesh, Diámetro 1.5	1	100
Filtro de malla	155 mesh, Diámetro 1.5	1	100
Venturi Mazzei	modelo: 1070-3, diámetro 1 in	1	200
Total			\$ 1980

Cabe indicar que los precios se ajustan al mercado y varían en función de la fecha en que se preguntó por los precios de los equipos, que va a la par con la presentación de este proyecto.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Inicialmente el proceso de irrigación era llevado a cabo bajo condiciones ineficaces e inseguras, afectando a las partes interesadas debido a la pérdida de recursos. El agua utilizada para el riego no provenía de una fuente permanente, carecía de filtración previa y no disponía de un método de control de presión, lo cual, perjudicó al sembrío durante su etapa fenológica al exponerlo a dichas situaciones. En consecuencia, se deduce que las malas condiciones antes mencionadas podrían ser el resultado de una baja calidad de la cosecha y/o pérdida en la productividad al haber contado con un diseño del sistema de riego desarrollado de forma empírica. Por tal motivo, considerando los requerimientos del cliente y en base a un sustento científico, teórico y experimental, se realizó el rediseño del sistema de riego, otorgando un modelo práctico y funcional que permite al usuario controlar las variables del proceso, estableciendo los periodos de irrigación necesarios para el invernadero. Además, se destaca la automatización del sistema, ya que su integración brinda al usuario la facilidad de enfocarse en actividades adicionales requeridas en el invernadero. Por consiguiente, se vitaliza la posible concepción de una cosecha con buena calidad, potenciando el desarrollo agrícola del sector e incorporando al operador en un proceso sostenible y moderno.

### Recomendaciones

- Cerca del espacio de trabajo del invernadero existe una caseta para el desarrollo de la lombricultura, es así, que se considera conectar la tubería del desagüe de limpieza de los filtros a esta caseta para poder aprovechar este fluido y poder reutilizar toda el agua que sea posible.

- Un accesorio que necesariamente se debe monitorear, es la válvula de pie que se coloca en el reservorio, de esta manera se reduce los taponamientos por objetos que se queden atrapados en dicha válvula. Así mismo, para la conexión de esta válvula con la tubería principal se recomienda que sea de unión roscada, para que la persona que realice el mantenimiento no tenga que meterse al reservorio y solo tenga que desenroscar.
- Para que el sistema funcione correctamente se asume que el reservorio no debe quedarse sin agua, ahora bien, este contenedor tiene la capacidad suficiente para entregar agua a la comuna y al invernadero. Sin embargo, no está de más tener un control al nivel de agua del reservorio.
- Para que la manguera de succión del inyector no tenga problemas con su funcionamiento, el nivel de salida respecto al nivel del fertilizante en el contenedor no debe superar los 50 centímetros.
- Antes de comenzar el proceso de inyección del fertilizante, se debe inspeccionar que el contenedor del mismo se encuentre libre de material que obstruya las tuberías y posteriormente tape los goteros.
- El rediseño de este sistema de fertiirrigación cuenta con una tercera apertura para que se pueda incorporar una tercera línea de manguera con goteros. Sin embargo, lo único que modificará la adhesión de más líneas de manguera, es el incremento del caudal motriz el cual es directamente proporcional a las pérdidas de presión del todo el sistema. Por consiguiente, si se desea realizar lo mencionado anteriormente no es necesario colocar una bomba de mayor potencia ya que dicho evento fue previsto para su selección.
- Una vez que se quiera implementar el rediseño del sistema de riego desarrollado, es necesario construir una infraestructura para proteger al equipo de bombeo, electro válvulas y sensores de presión, de posibles afectaciones por el sol, lluvias y robos.

# BIBLIOGRAFÍA

[1] L. Gurovich & J. Stern, “Distribución óptima de tensiómetros en un campo en base al análisis geoestadístico de funciones temporales del potencial del agua en el suelo”, *Celinv. Agraria*, vol. 10, no. 3, pp. 271-278, dic. 1983.

[2] A. Ruiz & J. Molina, “Automatización de instalaciones en parcela. Sistemas de riego localizado” en *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*, 1st ed. Barcelona: Marcombo S.A., 2010, pp. 76-82.

[3] M. Groover, “Polímeros” en *Fundamentos de Manufactura Moderna*, 1st ed. México: Pearson, 1984, pp. 204.

[4] NTE INEN, “Tubos de polietileno para conducción de agua a presión”, 1744, 2009.

[5] NTE INEN, “Tubería plástica. Tubos y accesorios de PVC rígido para presión. Requisitos”, 1373, 2010.

[6] C. Cadahia, “Cabezal de riego” en *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*, 11th ed. España: Ediciones Mundi-prensa, 2005, pp. 269.

[7] R. Moratiel, “Fertirrigación” en *Riego en cultivos: fundamentos y manejo*, 1st ed. España: Ediciones Mundi-prensa, 2017, pp. 129.

[8] J. Moya, “Componentes de una instalación” en *Riego localizado y fertirrigación*, 11th ed. España: Ediciones Mundi-prensa, 2009, pp. 262.

[9] Netafim. (2019). Thinwall Driplines [En línea]. Disponible en: <http://www.netafimusa.com/agriculture/products/thinwall-driplines/>.

[10] *Ley Orgánica de Recursos Hídricos uso y aprovechamiento del agua*, supl.2, no. 305. Quito, 2014.

[11] FAO (2016). Irrigation and Drainage [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationdrainage>.

[12] Y. Cengel & J. Cimbala, "Internal Flow" en Fluid Mechanics Fundamentals and Applications, ivth ed. New York: McGraw Hill, 2017, pp. 371.

[13] PLASTIGAMA. (2019). Tuberías y accesorios de PVC y PE BD [En línea]. Disponible en: <http://plastigama.com/wp-content/uploads/2018/09/Tuberi%CC%81as-y-accesorios-de-PVC-y-PE-BD-uso-agri%CC%81cola.pdf>

[14] D. Chin, "Flow in closed conduits" en Fluid Mechanics for Engineers, ist ed. Miami: Prentice Hall, 2018, pp. 541.

[15] D. Chin, "Flow in closed conduits" en Fluid Mechanics for Engineers, ist ed. Miami: Prentice Hall, 2018, pp. 536.

[16] D. Chin, "Flow in closed conduits" en Fluid Mechanics for Engineers, ist ed. Miami: Prentice Hall, 2018, pp. 552.

[17] D. Chin, "Flow in closed conduits" en Fluid Mechanics for Engineers, ist ed. Miami: Prentice Hall, 2018, pp. 554.

[18] R. L. Mott and J. A. Untener, "Applied fluid mechanics". Boston u.a.: Pearson, 2016, pp. 320.

[19] NETAFIM. (2018). Dripper lines, drippers & other emitters [En línea]. Disponible en: [https://www.netafim.com.mx/4ae0fd/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/drippers\\_cataloge2018.pdf](https://www.netafim.com.mx/4ae0fd/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/drippers_cataloge2018.pdf)

[20] AMIAD. (2017). Filtros Tagline [En línea]. Disponible en: <http://irrigation.amiad.com/wp-content/uploads/2017/07/Tagline-Spanish.pdf>

[21] Pedrollo. (2018). CP Bombas Centrífugas [En línea]. Disponible en: [https://www.pedrollo.com/public/allegati/CP%200.25-2.2%20kW\\_ES\\_50Hz.pdf](https://www.pedrollo.com/public/allegati/CP%200.25-2.2%20kW_ES_50Hz.pdf)

[22] Mazzei (2012). Inyectores de presión diferencial para la fertilización y otras aplicaciones químicas [En línea]. Disponible en: [https://mazzei.net/wp-content/uploads/MazzeiProduct\\_CatSpanish.pdf](https://mazzei.net/wp-content/uploads/MazzeiProduct_CatSpanish.pdf)

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

## REGISTRO DE REUNIONES Y CONTACTOS

Tabla 5.1 Visitas con el coordinador y el tutor

Reunión No.	Fecha	Estudiante	Profesor Tutor	Actividad / Avance / Comentarios
1	11/10/18	Diego Davila Victor Aviles	Ing. Victor Guadalupe E.	Propuesta Inicial del Proyecto
2	30/10/18	Diego Davila Victor Aviles	MARIHA E.	Contró escritura
3	30/10/18	DIEGO DAVILA VICTOR AVILES	DOCTOR FRANCIS LOAYZA PAREDES	Revisión Cap. 1
4	6/11/18	DIEGO DAVILA VICTOR AVILES	ING. JAIME PROAGO	Revisión CAP. 2
5	15/11/18	DIEGO DAVILA VICTOR AVILES	ING. VICTOR GUADALUPE E.	Revisión CAPITULO 3
6	23/11/18	DIEGO DAVILA VICTOR AVILES	ING. VICTOR GUADALUPE E.	Revisión CAPITULO 3
7	7/1/19	DIEGO DAVILA VICTOR AVILES	ING. VICTOR GUADALUPE	Revisión CAP. 3

Tabla 5.2 Aportación de contactos externos

Reunión No.	Fecha	Estudiante	Nombre del Contacto	Email / teléfono de Contacto
1	19/11/18	DIEGO DAVILA	PERA DE JANON	perad@comercializadon
Descripción del Contacto: DE LA MANERA DE VENIAS Comentarios: BRINDO CONSULTORIA ACERCA DEL TIPO DE BOMBAS CENTRIFUGAS.				
2	10/12/18	VICTOR AVILES	SANDRA ZAMBRANO	recepcion.asistencia@gmmla
Descripción del Contacto: VENIAS NEA FIM Comentarios: BRINDO AYUDA RELACIONADA A LAS MANGUERAS CON YOTEROS AUTOCOMPENSABLES.				
3	17/12/18	DIEGO DAVILA	DANIEL SAUCO	daniel.saucos@demaco
Descripción del Contacto: TUBERÍA Y ACCESORIOS Comentarios: DIBO ASesoría de componentes de riego, válvulas, y tubería.				
4	21/12/18	VICTOR AVILES	JAVIER BECEVA	javier.beceva@ndafim
Descripción del Contacto: EXPERTO EN SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO Comentarios:				



## APÉNDICE B

### DATOS INICIALES

#### B.1. Infiltración del suelo en la cama de siembra

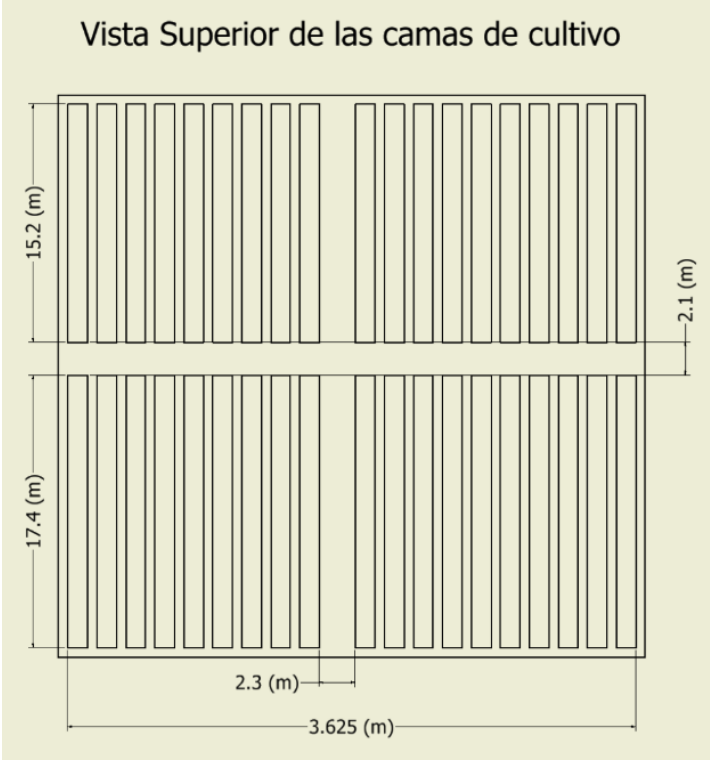
Para estimar el caudal que deben poseer los goteros, se procedió a estimar la velocidad a la cual penetra el agua en el suelo  $V_i$  de forma experimental. Por ello se procedió a utilizar infiltrómetro de doble anillo, mismos que luego de saturar de agua una determinada área en el suelo a analizar, permiten medir el desnivel (mm) que se genera en sus anillos en un tiempo determinado.

Luego de la adquisición de datos, se procedió a graficar y así, obtener la ecuación **B.1** misma que muestra la infiltración instantánea para un tiempo  $t$ .

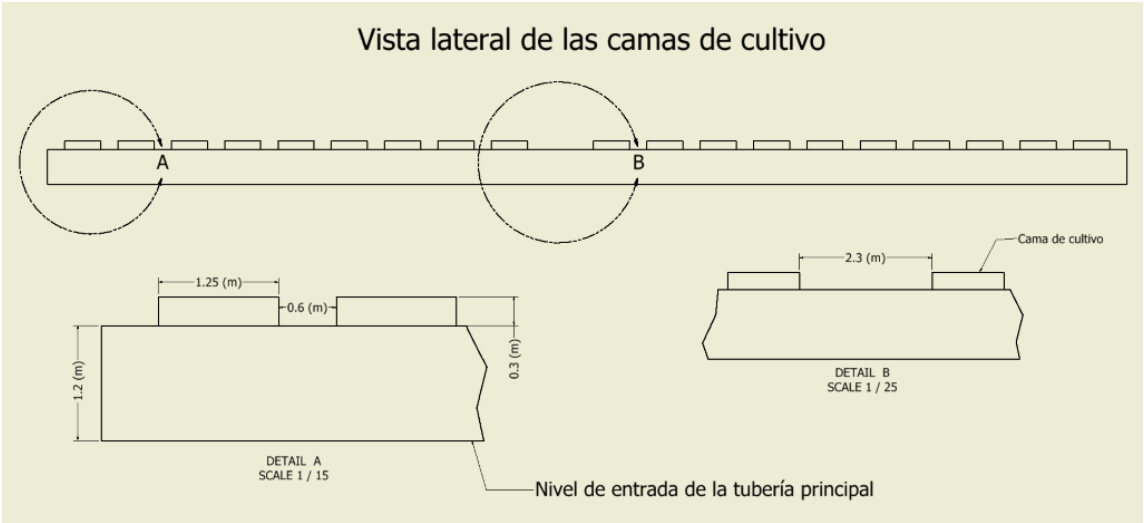
$$I = 7.74 * t^{-0.14} \quad \text{(B.1)}$$

Es así como de esta forma se estimó una velocidad de infiltración  $V_i$  de, 4,16 mm/h.

**B.2. Dimensiones de las camas de siembra**



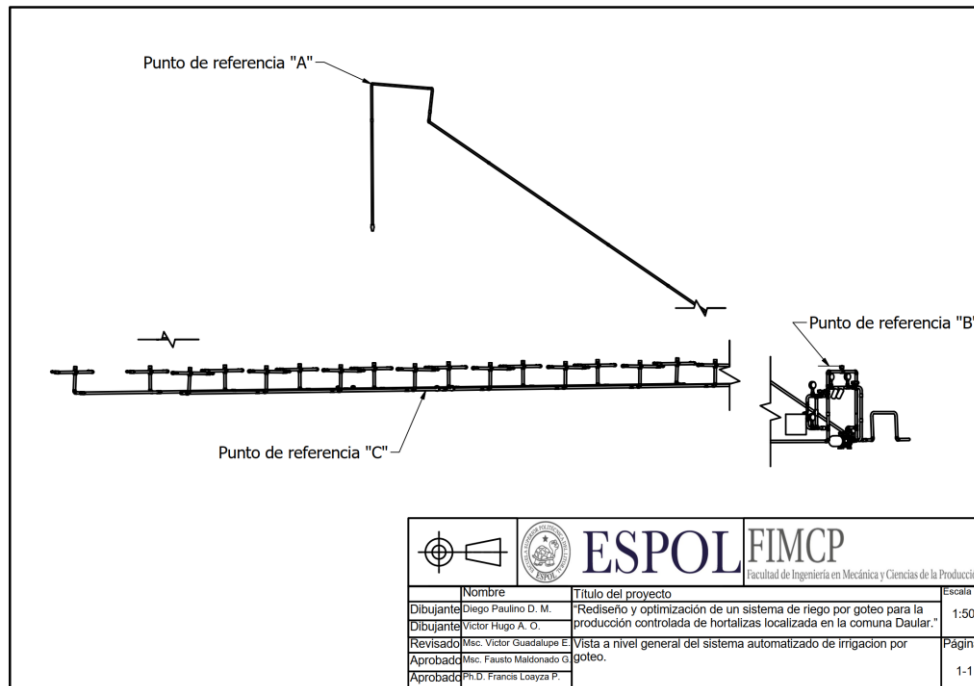
**Plano B.1 - Dimensiones de las camas de cultivo / Vista superior**



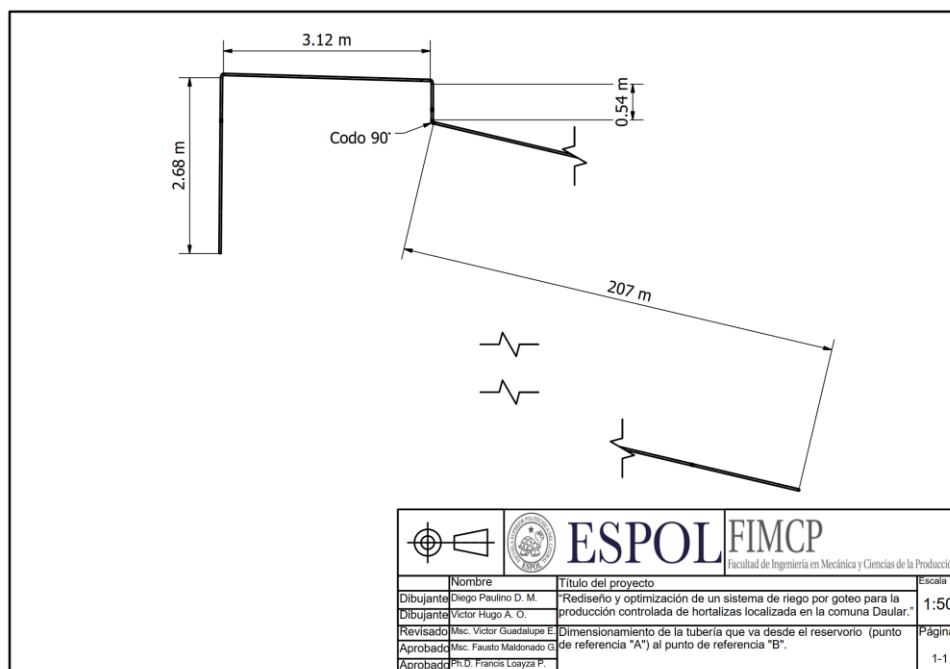
**Plano B.2 - Dimensiones de las camas de cultivo / Vista lateral**

## APÉNDICE C

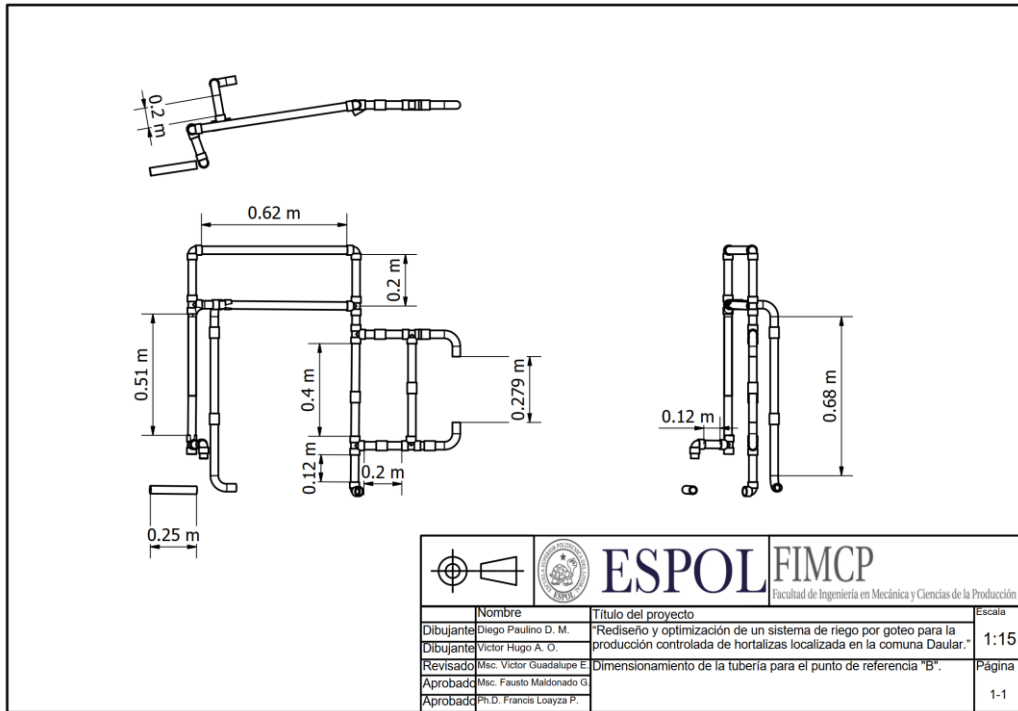
### DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA



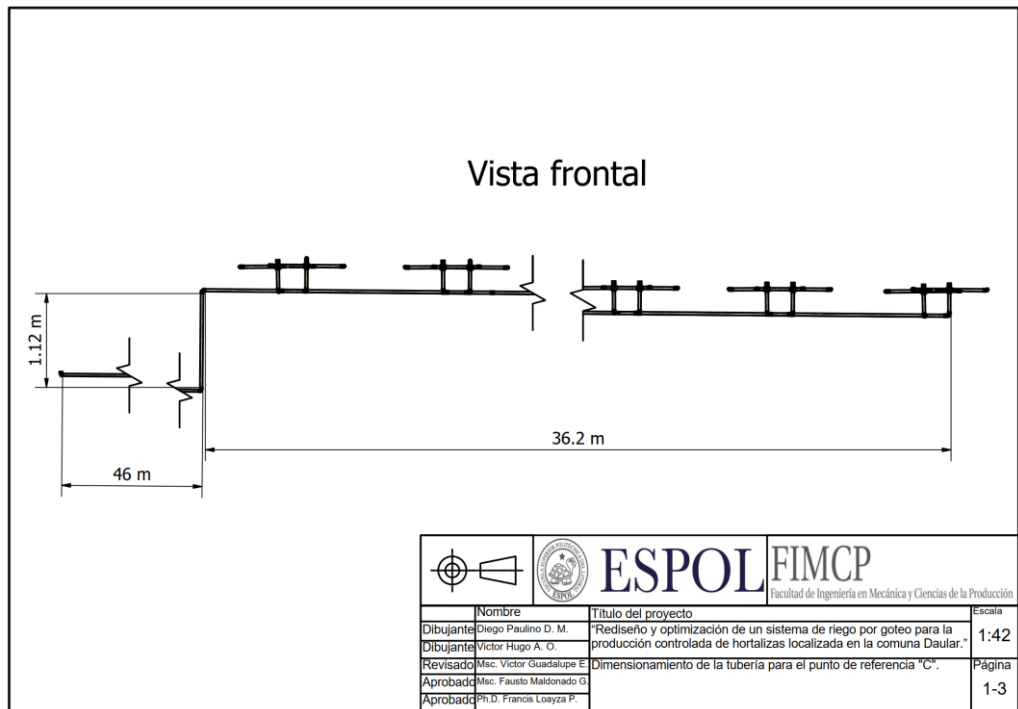
Plano C.1 – Presentación general del sistema de riego



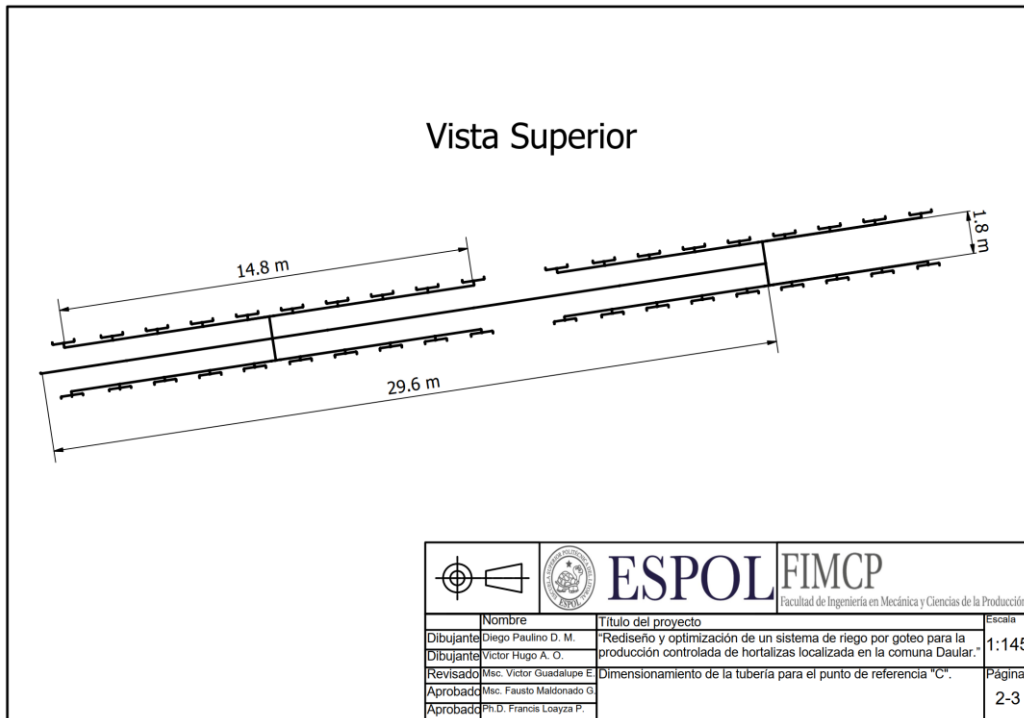
Plano C.2 – Dimensionamiento de tubería desde el punto de referencia "A" hasta "B"



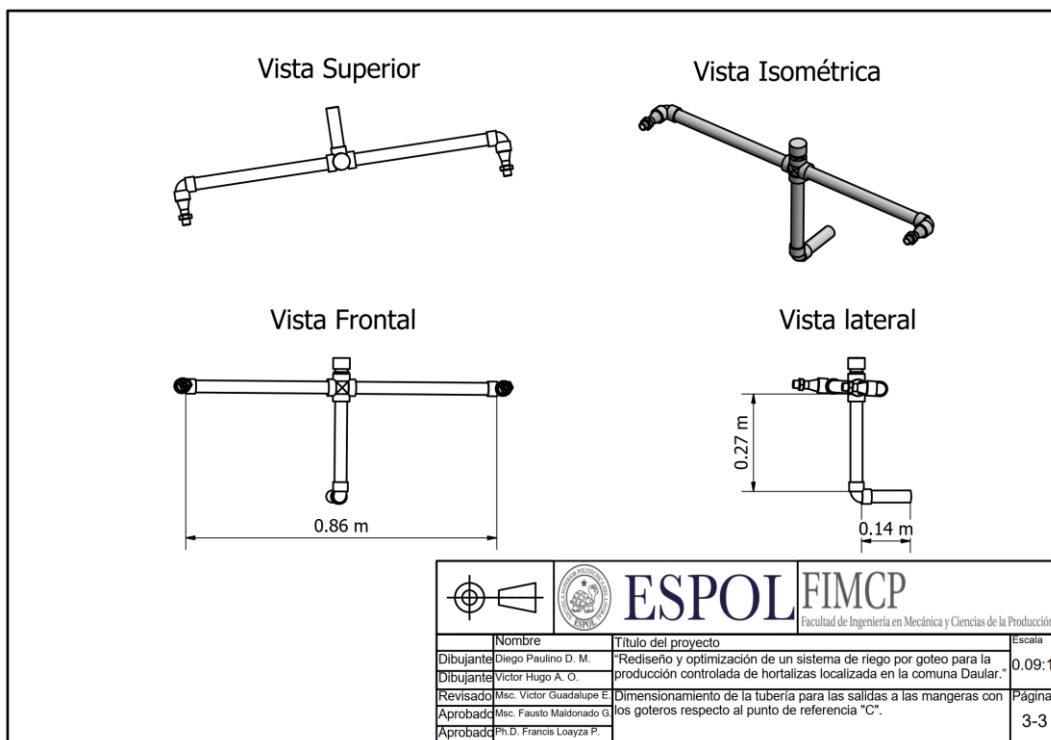
**Plano C.3 – Dimensionamiento de tubería para el punto de referencia “B”**



**Plano C.4 – Dimensionamiento de tubería para el punto de referencia “C”**



**Plano C.5 – Dimensionamiento de tubería para las conexiones con las camas de siembra**



**Plano C.6 – Dimensionamiento para las líneas de salida a las camas de siembra**

## APÉNDICE D

### CÁLCULOS

#### D.1. Pérdida de presión por goteros

La estimación de las pérdidas en las mangueras con goteros se la realizó de forma experimental. Para una cama de 15.4 metros de longitud, se procedió a tomar mediciones de presión, al inicio de la cama de siembra (1) y al final (2) según se denota en la Figura D.1. Considerando una apertura de 45° de la válvula principal del sistema, y apertura total de una de las válvulas secundarias, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla D.1

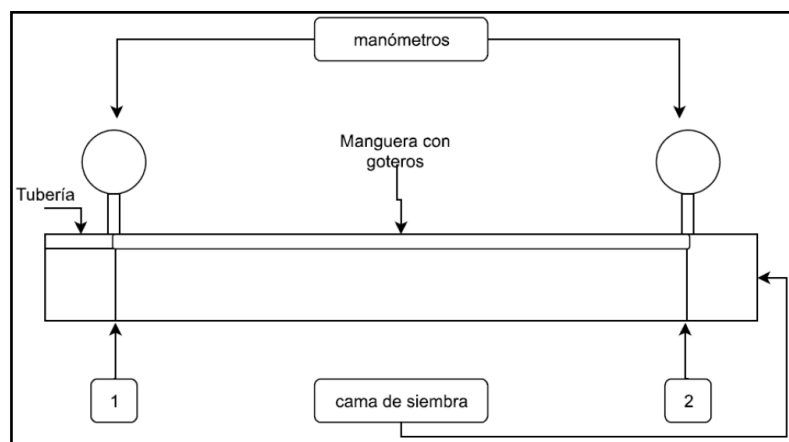


Figura D.1 Esquema de ubicación de instrumentos para medición experimental.

Tabla D.1 Datos de presiones obtenidos en los puntos 1 y 2

P1 (psi)	P2 (psi)
45	43
45	42
44	43
45	45
44	45

Por lo cual, se calculó una presión promedio P1 de 44,6 psi (30.93 mH2O) y P2 de 43,6 psi (30.65 mH2O). Es decir, la presión para una línea de riego variará por lo menos en 1 psi.

## D.2. Pérdidas de presión por fricción

De acuerdo a las ecuaciones expuestas en el capítulo 2 y los valores obtenidos como: rugosidad absoluta del material de la tubería, caudal motriz modificado, longitud total de tubería, y viscosidad cinemática del agua. Se procedió a calcular la pérdida por fricción para un valor de diámetro nominal de tubería para la línea principal, en la tabla **D.3** se muestran los datos obtenidos de dicha iteración, cabe indicar que la columna cuya cabecera es la pérdida de presión en función del caudal indica el valor que formaría parte de la pérdida total de presión a este valor se le suma la pérdida por accesorios y se obtendría la curva del sistema.

**Tabla D.2 Valores necesarios para determinar la pérdida de presión por fricción para cierta longitud de tubería.**

K - Rugosidad absoluta PVC (mm)	0.0015
Qt - Caudal total de la red de emisores (m <sup>3</sup> /s)	0.001036
Viscosidad cinemática (Kg*m/s)	0.000852
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	997
Longitud tubería (m)	199

**Tabla D.3 Indicadores para determinar la pérdida de presión en función del caudal.**

Diámetro (in)	Diámetro interior (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Factor "f"	Pérdida de presión En función del caudal
0.5	0.0127	0.000126677	8.178487695	0.112028262	5581156553
1	0.0254	0.000506709	2.044621924	0.078087844	121571021
1.5	0.0381	0.001140094	0.908720855	0.065300587	13387744.6
2	0.04924	0.001904263	0.544056944	0.059024011	3356245.41

### D.3. Pérdidas de presión por accesorios

Para establecer un valor para la pérdida de presión por accesorios primero se tuvo que establecer la cantidad y el tipo. Así mismo como el valor del coeficiente de pérdida de fricción para los tipos de accesorios que forman parte del rediseño del sistema de riego, para ello en las Tablas D.4 y D.5 se presentan los parámetros antes mencionados.

**Tabla D.4 Cantidad y tipo de accesorios en función del diámetro nominal de la tubería principal de “PVC”.**

Diámetros (mm)	Accesorios						
	Tee	Codo 45	Codo 90	Válvula de bola	Cross	Red 2-1	Red 1-0.5
25	1.7	0.4	0.9	2.3	2.5	0.02	0.02
40	1.7	0.4	0.9	2.3	2.5	0.02	0.02
50	1.7	0.4	0.9	2.3	2.5	0.02	0.02

**Tabla D.5 Cantidad y tipo de accesorios en función del diámetro nominal de la tubería principal de “PVC”, la pérdida de presión que aquí se muestra queda en función del caudal.**

Diámetro nominal (mm)	Tee	Codo 45	Codo 90	Válvula de bola	Cross	Reductor 2" – 1"	Reductor a 0.5"	Pérdida de presión
50	43	0	169	14	39	150	114	5077383.408
40	48	0	170	14	39	0	114	12616218
25	43	0	169	14	39	0	114	80561488.4



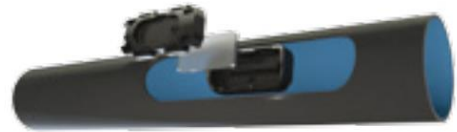
## APÉNDICE E

### NETAFIM

El modelo de la manguera con gotero es “DRIPNET PC”, en las figuras E.1 se encuentra la información técnica necesaria para conocer los requerimientos de este tipo de emisores compensados.

#### DRIPNET PC™

COMPACT INTEGRAL PRESSURE-COMPENSATING,  
CONTINUOUSLY SELF-CLEANING DRIPPER



12125 - 12150 - 12200 - 12250 - 16125 - 16150 - 16200  
16250 - 22135 - 22150 - 22250 - 25135 - 25150 - 25250

#### DRIPPERS TECHNICAL DATA

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM <sup>2</sup> )	CONSTANT K	EXPONENT* X	RECOMMENDED FILTRATION (MICRON)/(MESH)
0.4	0.25 - 2.5	0.46 x 0.48 x 26	39	0.4	0	130/120
0.6	0.25 - 2.5	0.52 x 0.60 x 22	39	0.6	0	130/120
1.0	0.40 - 3.0	0.61 x 0.60 x 8	39	1.0	0	130/120
1.6	0.40 - 3.0	0.76 x 0.73 x 8	39	1.6	0	200/80
2.0	0.40 - 3.5	0.76 x 0.85 x 8	39	2.0	0	200/80
3.0	0.40 - 3.5	1.02 x 0.88 x 8	39	3.0	0	200/80
3.8	0.60 - 3.5	1.02 x 0.88 x 8	39	3.8	0	200/80

\* Within working pressure range

Figura E.1 Especificación técnica de los goteros DRIPNET PC

# APÉNDICE F

## BOMBA

**CP**

Electrobombas centrífugas

- Agua limpia
- Utilizo doméstico
- Utilizo civil



Figura F.1 Curva de rendimiento del equipo de bombeo

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz  $n = 3450 \text{ min}^{-1}$  HS = 0 m

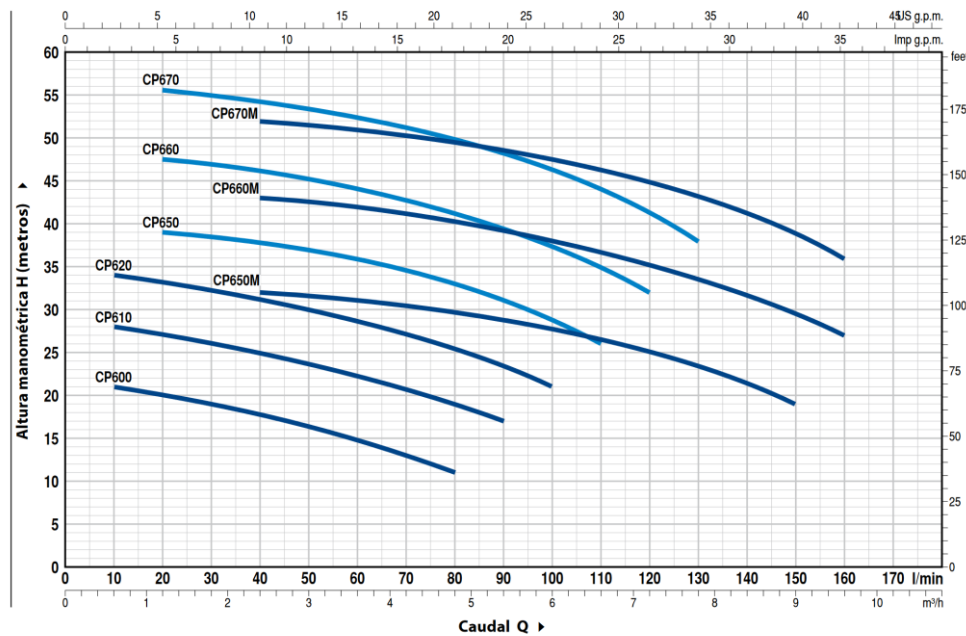


Figura F.2 Curva de rendimiento del equipo de bombeo

## APÉNDICE G

### FILTROS

De acuerdo a la configuración del catálogo del proveedor de filtros de malla se tiene que para un mallado de 55 mesh el color es azul y para filtro con mallado de 155 mesh se tiene el color amarillo.

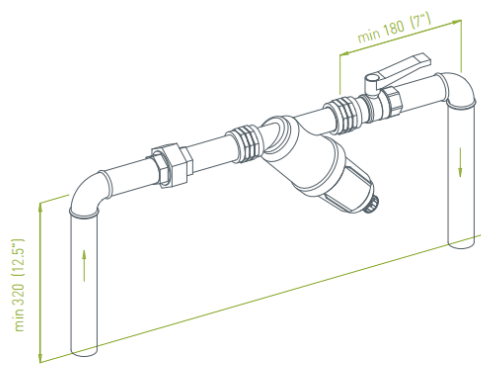


Figura G.1 Representación de los filtros del proveedor AMIAD

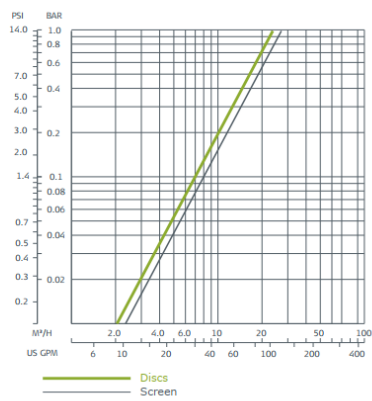
Color	Negro	Amarillo	Rojo	Blanco	Marrón	Azul
Micrones	80	100	130	200	250	300
Mesh	200	155	120	75	60	50
¾", 1" C	■ ▲	■ ▲	■ ▲	■ ▲		■ ▲
1½"	■ ▲	■ ▲ ●	■ ▲ ●	■ ▲	●	■ ▲
2", 3"	▲	▲ ●	▲ ●	▲	●	▲

■ Malla de nylon ▲ Malla de alambre tejido ● Elemento de anillo

Figura G.2 Datos técnicos de los filtros de malla según su categorización del fabricante




Díámetro en mm (pulgadas)



**Figura G.3 Curvas de pérdida de presión del filtro de mall**

# APÉNDICE H

## INYECTOR

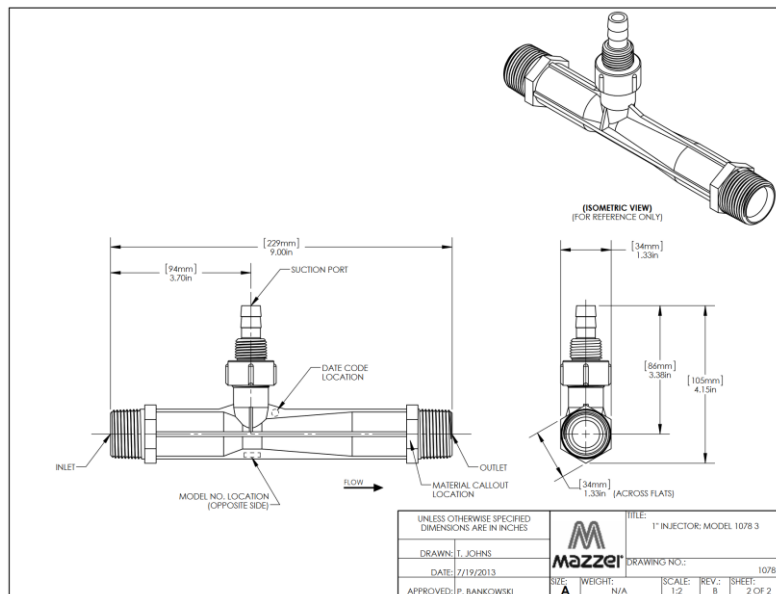


**Injector Performance Table**

**Water Suction Capacity (METRIC)**

Operating Pressure kg/cm <sup>2</sup>		Model 584 15mm & 20mm Threads		Model 684 20mm Threads		Model 878-03 25mm Threads		Model 885X-03 25mm Threads		Model 1078-03 25mm Threads		Model 1583 40mm Threads		
Injector Inlet	Injector Outlet	Motive Flow l/min	Water Suction l/min	Motive Flow l/min	Water Suction l/min	Motive Flow l/min	Water Suction l/min	Motive Flow l/min	Water Suction l/min	Motive Flow l/min	Water Suction l/min	Motive Flow l/min	Water Suction l/min	
4.22	0.00		1.6		1.5		4.5		8.8		5.8		14.4	
	0.35		1.6		1.5		4.5		8.8		5.8		14.4	
	0.70		1.6		1.6		4.5		8.8		5.8		14.4	
	1.05		1.6		1.5		4.5		8.8		5.8		14.3	
	1.41		1.6		1.5		4.5		8.7		5.8		14.3	
	2.11		1.6		1.5		4.4		6.9		5.8		13.0	
	2.46		1.5		1.5		3.9		4.6		5.7		11.5	
	2.81		1.2		0.85		2.6		2.0		4.8		9.3	
	3.16	*(3.76)	0.90		0.44		1.0		1.0	*(3.02)	*(3.59)	2.8	*(3.47)	5.1
	0.00		1.6		1.6		4.6		8.8		5.8		14.4	
4.92	0.35		1.6		1.6		4.6		8.8		5.8		14.4	
	0.70		1.6		1.6		4.6		8.8		5.8		14.4	
	1.05		1.6		1.6		4.6		8.8		5.8		14.4	
	1.41		1.6		1.6		4.6		8.8		5.8		14.4	
	2.11		1.6		1.6		4.6		8.5		5.8		14.2	
	2.81		1.6		1.6		4.2		5.5		5.8		12.5	
	3.16		1.4		1.3		2.9		2.8		5.1		10.0	
	3.52		1.0		0.66		1.9				3.4		7.8	
	3.87	*(4.43)	0.57		0.43		0.81		*(3.59)		*(4.14)	1.8	*(3.99)	2.7
	0.00		1.6		1.6		4.6		8.8		5.9		14.6	
5.62	0.35		1.6		1.6		4.6		8.8		5.9		14.6	
	0.70		1.6		1.6		4.6		8.8		5.9		14.6	
	1.05		1.6		1.6		4.6		8.8		5.9		14.6	
	1.41		1.6		1.6		4.6		8.8		5.9		14.6	
	2.11		1.6		1.6		4.6		8.8		5.9		14.6	
	2.81		1.6		1.6		4.6		7.8		5.9		13.9	
	3.52		1.5		1.6		3.5		3.7		5.7		11.1	
	4.22		1.0		0.98		1.6				3.3		5.8	
	4.57	*(5.10)	0.49		0.31		0.50		*(4.01)		*(4.82)	2.0	*(4.92)	0.75

Figura H.1 Rendimiento del Venturi en función de parámetros de riego



Plano H.1 – Dimensionamiento del Venturi de diámetro 25 mm

# APÉNDICE I

## PROGRAMACIÓN

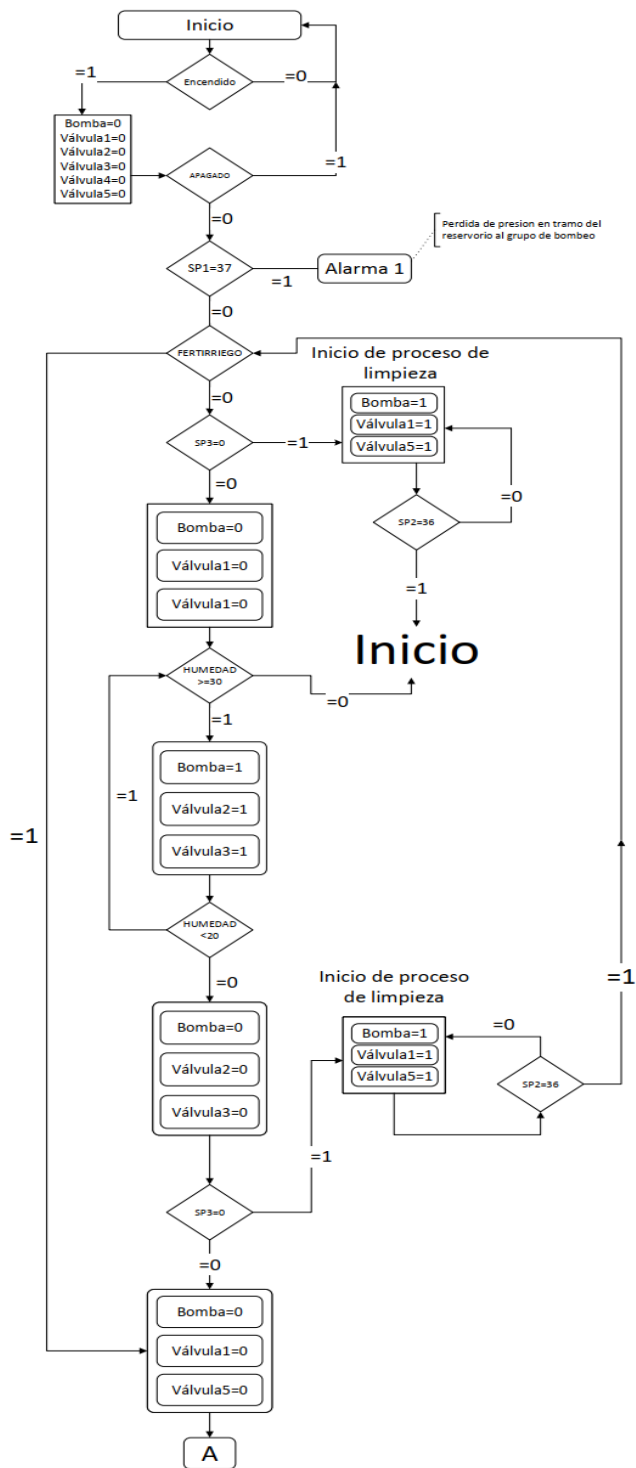


Figura I.1 Primera parte del diagrama de flujo

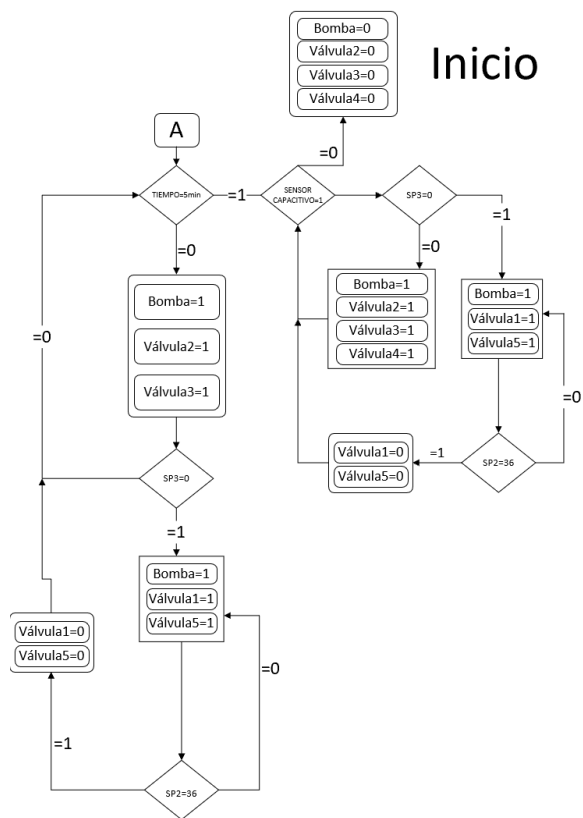


Figura I.2 Segunda parte del diagrama de flujo

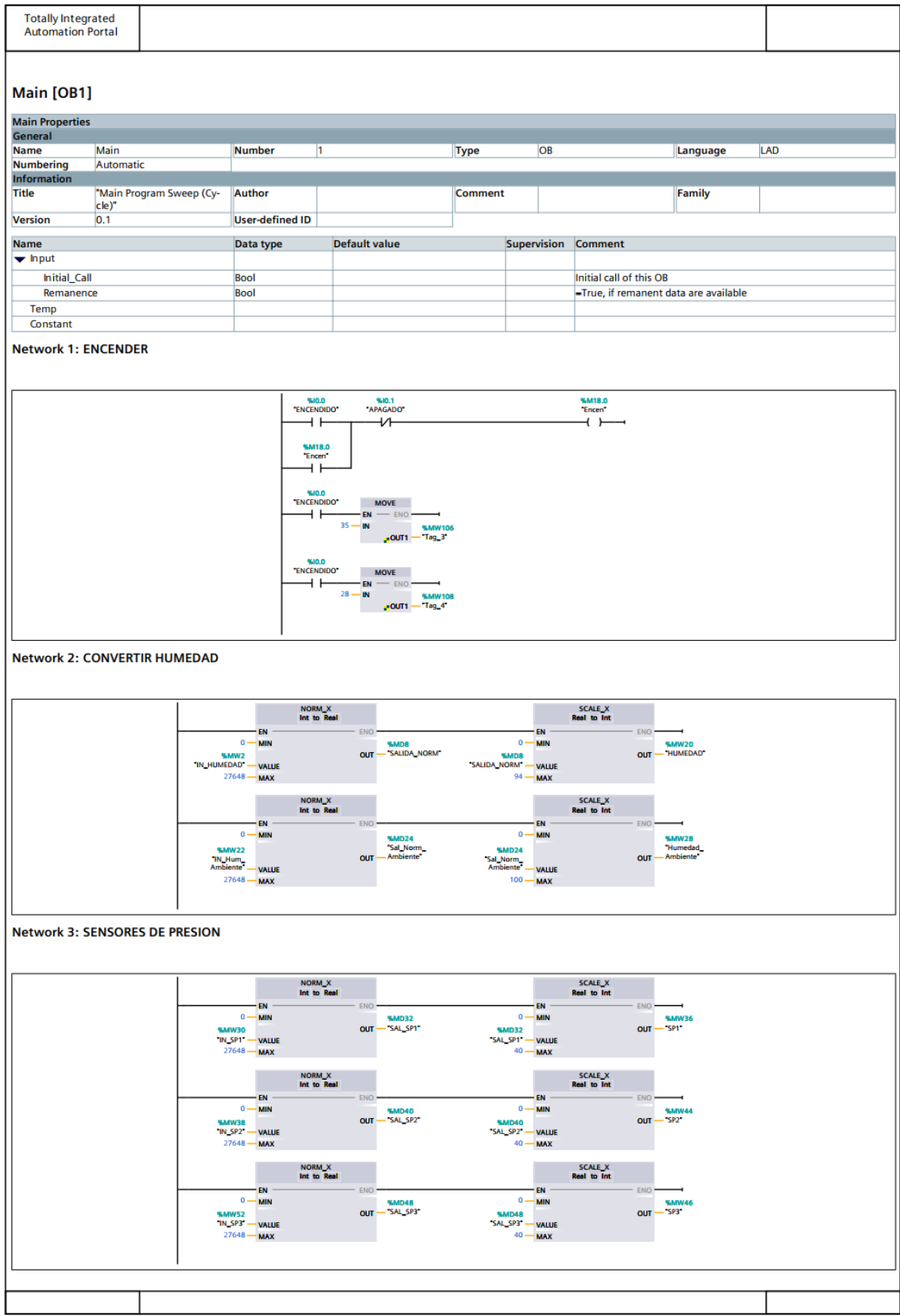


Figura I.3 Representación de conexiones de parte 1



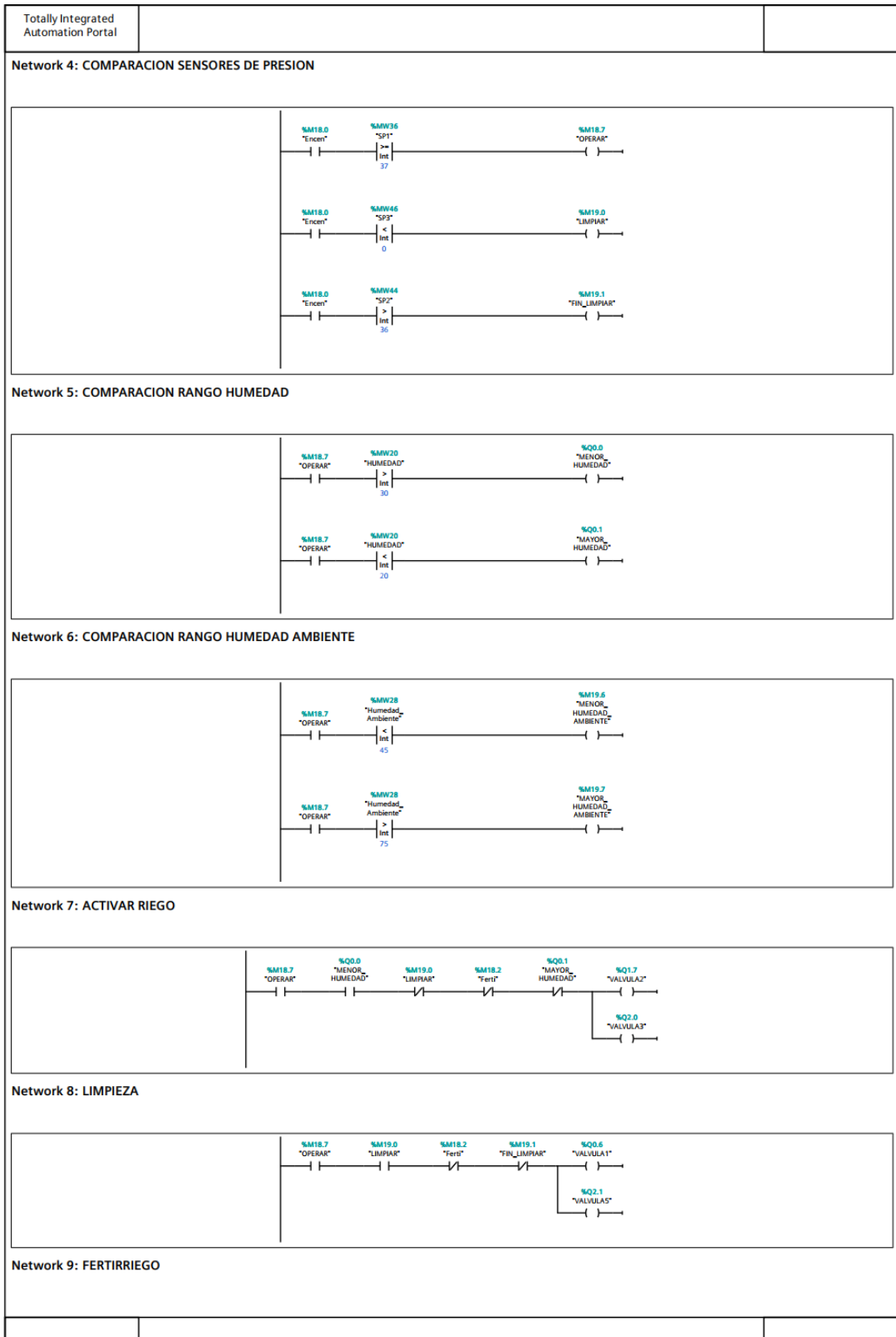
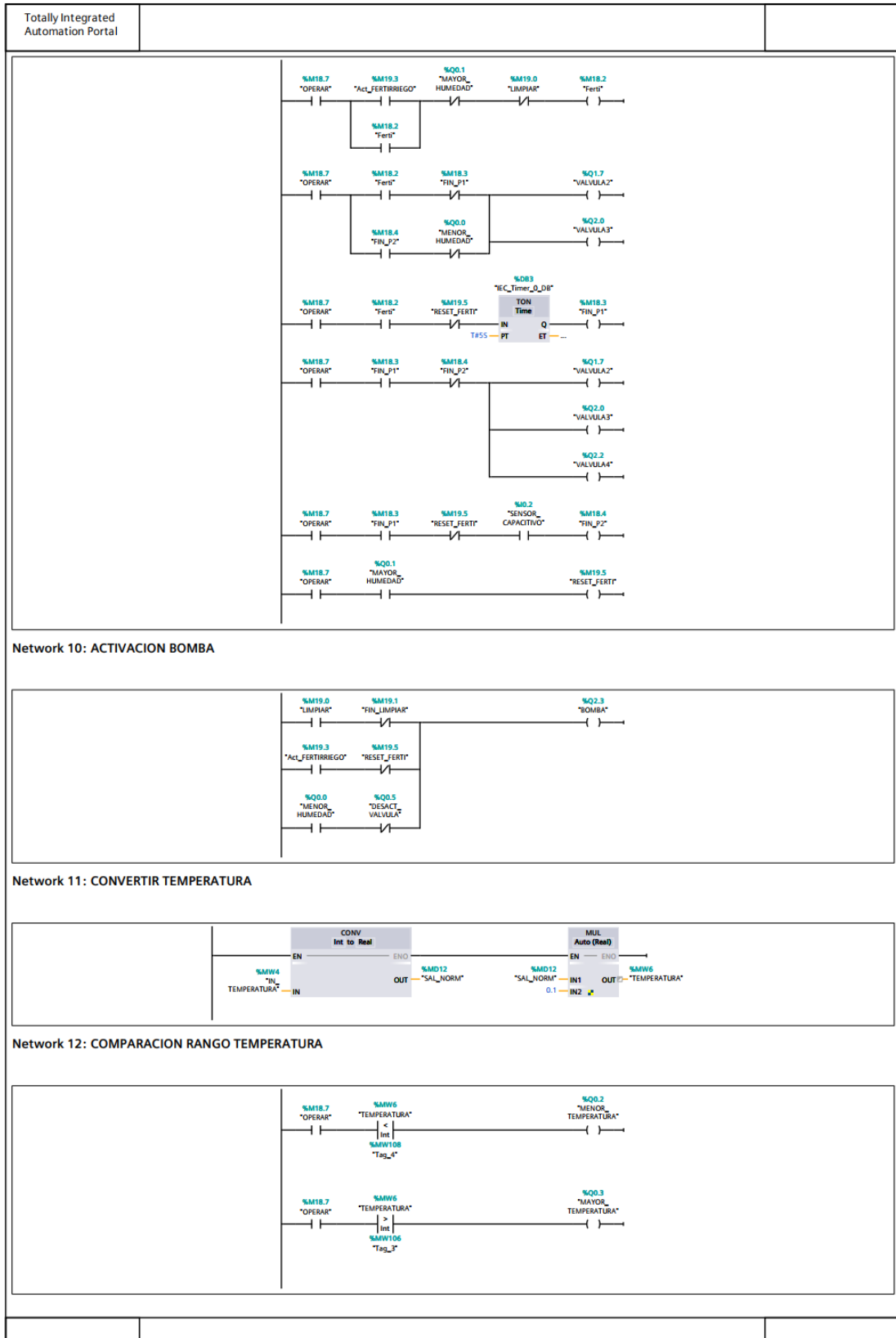
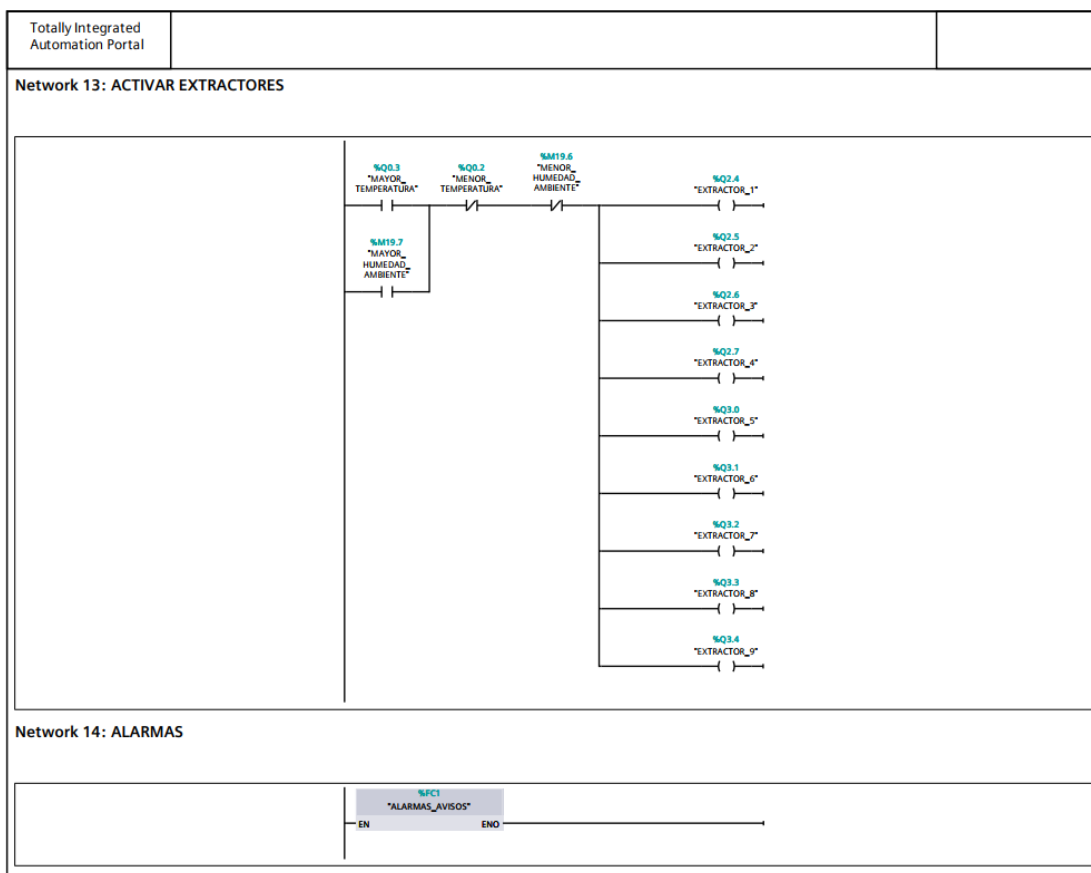


Figura I.4 Representación de conexiones de parte 2



**Figura I.5 Representación de conexiones de parte 3**



**Figura I.6 Representación de conexiones de parte 4**

Totally Integrated Automation Portal

Screens

**OHOME**

Hardcopy of OHOME

ESUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION  
 Proyecto Integrador

ENCENDER APAGAR

SISTEMA DE RIEGO CAMBIO DE TEMPERATURA SISTEMA DE VENTILACION

Autores: Karen Cruz

CAMBIO RIEGO VENTILACION

**General**

Name	OHOME	Background color	181, 182, 181	Grid color	0, 0, 0
Number	3	Template	Template_1	Tooltip	

**Layers**

Active layer	0
Layer_0	Checked
Layer_1	Checked
Layer_2	Checked
Layer_3	Checked
Layer_4	Checked
Layer_5	Checked
Layer_6	Checked
Layer_7	Checked
Layer_8	Checked
Layer_9	Checked
Layer_10	Checked
Layer_11	Checked
Layer_12	Checked
Layer_13	Checked
Layer_14	Checked
Layer_15	Checked
Layer_16	Checked
Layer_17	Checked
Layer_18	Checked
Layer_19	Checked
Layer_20	Checked
Layer_21	Checked
Layer_22	Checked
Layer_23	Checked
Layer_24	Checked
Layer_25	Checked
Layer_26	Checked
Layer_27	Checked
Layer_28	Checked
Layer_29	Checked
Layer_30	Checked
Layer_31	Checked

**DynamizationsEvent**

Event name	Loaded
------------	--------

**Function listSetTag**

Tag	Tag_ScreenNumber	Value	1
-----	------------------	-------	---

**Rectangle\_1**

Type	Rectangle
------	-----------

Figura I.7 Configuración de pantalla parte 5

Totally Integrated Automation Portal					
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Solid	Border width	1
Line style	Solid	Border color	24, 28, 49		
<b>Layout</b>					
X position	0	Y position	0	Width	796
Height	435	Round corner width	0	Round corner height	0
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Rectangle_1	Layer	0 - Layer_0		
<b>Text field_2</b>					
Type	Text field				
<b>General</b>					
Text	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL				
<b>Appearance</b>					
Background color	0, 0, 0	Background fill pattern	Transparent	Corner radius (border)	3
Foreground color	0, 0, 0	Border width	0	Line style	Double line
Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115		
<b>Layout</b>					
X position	190	Y position	31	Width	567
Height	32	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Checked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 23px, style=Bold	Orientation	Horizontal	Horizontal alignment	Left
Vertical alignment	Middle	Line break	Unchecked		
<b>Flashing</b>					
Flashing	Disabled				
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Text field_2	Layer	0 - Layer_0		
<b>Text field_1</b>					
Type	Text field				
<b>General</b>					
Text	Proyecto Integrador				
<b>Appearance</b>					
Background color	0, 0, 0	Background fill pattern	Transparent	Corner radius (border)	3
Foreground color	0, 0, 0	Border width	0	Line style	Double line
Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115		
<b>Layout</b>					
X position	278	Y position	108	Width	240
Height	32	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Checked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 23px, style=Bold	Orientation	Horizontal	Horizontal alignment	Left
Vertical alignment	Middle	Line break	Unchecked		
<b>Flashing</b>					
Flashing	Disabled				
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Text field_1	Layer	0 - Layer_0		
<b>Text field_3</b>					
Type	Text field				
<b>General</b>					
Text	Autores: Karen Cruz				
<b>Appearance</b>					
Background color	0, 0, 0	Background fill pattern	Transparent	Corner radius (border)	3
Foreground color	0, 0, 0	Border width	0	Line style	Double line
Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115		
<b>Layout</b>					
X position	393	Y position	399	Width	239
Height	32	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Checked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 23px, style=Bold	Orientation	Horizontal	Horizontal alignment	Left
Vertical alignment	Middle	Line break	Unchecked		
<b>Flashing</b>					
Flashing	Disabled				
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			


Figura I.9 Configuración de pantalla parte 6

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Screens

1TEMP\_CAMBIO

Hardcopy of 1TEMP\_CAMBIO






**ESCUOLA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION**  
**Proyecto Integrador**

INGRESE EL VALOR DE TEMPERATURA      VALOR DE TEMPERTAURA PROGRAMADO

INGRESE EL VALOR DE TEMPERATURA      VALOR DE TEMPERTAURA PROGRAMADO


CAMBIO
RIEGO
VENTILACION



General					
Name	1TEMP_CAMBIO	Background color	181, 182, 181	Grid color	0, 0, 0
Number	6	Template	Template_1	Tooltip	
Layers					
Active layer	0				
Layer_0	Checked				
Layer_1	Unchecked				
Layer_2	Unchecked				
Layer_3	Unchecked				
Layer_4	Unchecked				
Layer_5	Unchecked				
Layer_6	Checked				
Layer_7	Checked				
Layer_8	Checked				
Layer_9	Checked				
Layer_10	Checked				
Layer_11	Checked				
Layer_12	Checked				
Layer_13	Checked				
Layer_14	Checked				
Layer_15	Checked				
Layer_16	Checked				
Layer_17	Checked				
Layer_18	Checked				
Layer_19	Checked				
Layer_20	Checked				
Layer_21	Checked				
Layer_22	Checked				
Layer_23	Checked				
Layer_24	Checked				
Layer_25	Checked				
Layer_26	Checked				
Layer_27	Checked				
Layer_28	Checked				
Layer_29	Checked				
Layer_30	Checked				
Layer_31	Checked				
DynamizationsEvent					
Event name	Loaded				
Function list/SetTag					
Tag	Tag_ScreenNumber	Value	1		
I/O field_3					
Type	I/O field				
General					
Process value	Mode	Output	Display format	Decimal	

Figura I.10 Configuración de pantalla parte 7

Totally Integrated Automation Portal					
Shift decimal point	0	Field length	3	Show leading zeros	Unchecked
Format pattern	999				
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Solid	Corner radius	3
Foreground color	49, 52, 74	Unit		Border width	4
Line style	Double line	Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115
<b>Characteristics</b>					
Hidden input	Unchecked				
<b>Layout</b>					
X position	436	Y position	202	Width	164
Height	71	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Unchecked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 13px, style=Bold	Orientation	Horizontal	Horizontal alignment	Left
Vertical alignment	Middle	Line break	Unchecked		
<b>Limits</b>					
Color for High limit violated	239, 89, 99	Color for Low limit violated	247, 162, 41		
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	I/O field_3	Layer	0 - Layer_0	Tooltip	
<b>Security</b>					
Authorization		Allow operator control	Checked		
<b>Dynamizations/Tag connection</b>					
Property name	Process value	Tag	INGRESAR_TEMP		
<b>Text field_1</b>					
Type	Text field				
<b>General</b>					
Text	INGRESE EL VALOR DE TEMPERATURA				
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Transparent	Corner radius (border)	3
Foreground color	49, 52, 74	Border width	0	Line style	Double line
Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115		
<b>Layout</b>					
X position	130	Y position	174	Width	240
Height	20	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Checked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 13px, style=Bold	Orientation	Horizontal	Horizontal alignment	Left
Vertical alignment	Middle	Line break	Unchecked		
<b>Flashing</b>					
Flashing	Disabled				
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Text field_1	Layer	0 - Layer_0		
<b>Text field_3</b>					
Type	Text field				
<b>General</b>					
Text	VALOR DE TEMPERTAURA PROGRAMA-DO				
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Transparent	Corner radius (border)	3
Foreground color	49, 52, 74	Border width	0	Line style	Double line
Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115		
<b>Layout</b>					
X position	406	Y position	174	Width	262
Height	20	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Checked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 13px, style=Bold	Orientation	Horizontal	Horizontal alignment	Left
Vertical alignment	Middle	Line break	Unchecked		
<b>Flashing</b>					
Flashing	Disabled				
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Text field_3	Layer	0 - Layer_0		
<b>I/O field_1</b>					
Type	I/O field				
<b>General</b>					
Process value		Mode	Input	Display format	Decimal

Figura I.11 Configuración de pantalla parte 8

Totally Integrated Automation Portal

Screens

**2RIEGO**

Hardcopy of 2RIEGO

General					
Name	2RIEGO	Background color	181, 182, 181	Grid color	0, 0, 0
Number	2	Template	Template_1	Tooltip	
Layers					
Active layer	0				
Layer_0	Checked				
Layer_1	Checked				
Layer_2	Checked				
Layer_3	Checked				
Layer_4	Checked				
Layer_5	Checked				
Layer_6	Checked				
Layer_7	Checked				
Layer_8	Checked				
Layer_9	Checked				
Layer_10	Checked				
Layer_11	Checked				
Layer_12	Checked				
Layer_13	Checked				
Layer_14	Checked				
Layer_15	Checked				
Layer_16	Checked				
Layer_17	Checked				
Layer_18	Checked				
Layer_19	Checked				
Layer_20	Checked				
Layer_21	Checked				
Layer_22	Checked				
Layer_23	Checked				
Layer_24	Checked				
Layer_25	Checked				
Layer_26	Checked				
Layer_27	Checked				
Layer_28	Checked				
Layer_29	Checked				
Layer_30	Checked				
Layer_31	Checked				
Dynamizations\Event					
Event name	Loaded				
Function list\SetTag					
Tag	Tag_ScreenNumber	Value	1		
Rectangle_1					
Type	Rectangle				

Figura I.12 Configuración de pantalla parte 9



Totally Integrated Automation Portal					
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Solid	Border width	1
Line style	Solid	Border color	24, 28, 49		
<b>Layout</b>					
X position	0	Y position	0	Width	798
Height	438	Round corner width	0	Round corner height	0
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Rectangle_1	Layer	0 - Layer_0		
<b>Text field_6</b>					
Type	Text field				
<b>General</b>					
Text	Sist de Riego				
<b>Appearance</b>					
Background color	0, 0, 0	Background fill pattern	Transparent	Corner radius (border)	3
Foreground color	0, 0, 0	Border width	0	Line style	Double line
Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115		
<b>Layout</b>					
X position	135	Y position	388	Width	157
Height	32	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Checked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 23px, style=Bold		Orientation	Horizontal	
Vertical alignment	Middle		Line break	Unchecked	
<b>Flashing</b>					
Flashing	Disabled				
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Text field_6	Layer	0 - Layer_0		
<b>Text field_7</b>					
Type	Text field				
<b>General</b>					
Text	Limpieza				
<b>Appearance</b>					
Background color	0, 0, 0	Background fill pattern	Transparent	Corner radius (border)	3
Foreground color	0, 0, 0	Border width	0	Line style	Double line
Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115		
<b>Layout</b>					
X position	422	Y position	391	Width	108
Height	32	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Checked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 23px, style=Bold		Orientation	Horizontal	
Vertical alignment	Middle		Line break	Unchecked	
<b>Flashing</b>					
Flashing	Disabled				
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Text field_7	Layer	0 - Layer_0		
<b>Ellipse_1</b>					
Type	Ellipse				
<b>Appearance</b>					
Background color	222, 219, 222	Background fill pattern	Solid	Border width	1
Line style	Solid	Border color	24, 28, 49		
<b>Layout</b>					
X position	15	Y position	390	Width	116
Height	39	X radius	58	Y radius	19
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Ellipse_1	Layer	0 - Layer_0		
<b>Graphic view_2</b>					
Type	Graphic view				
<b>General</b>					
Graphic	Graphic_1				
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Transparent	Border width	0

Figura I.13 Configuración de pantalla parte 10

Totally Integrated Automation Portal					
Screens					
3VENTILACION					
Hardcopy of 3VENTILACION					
<b>General</b>					
Name	3VENTILACION	Background color	181, 182, 181	Grid color	0, 0, 0
Number	1	Template	Template_1	Tooltip	
<b>Layers</b>					
Active layer	0				
Layer_0	Checked				
Layer_1	Checked				
Layer_2	Checked				
Layer_3	Checked				
Layer_4	Checked				
Layer_5	Checked				
Layer_6	Checked				
Layer_7	Checked				
Layer_8	Checked				
Layer_9	Checked				
Layer_10	Checked				
Layer_11	Checked				
Layer_12	Checked				
Layer_13	Checked				
Layer_14	Checked				
Layer_15	Checked				
Layer_16	Checked				
Layer_17	Checked				
Layer_18	Checked				
Layer_19	Checked				
Layer_20	Checked				
Layer_21	Checked				
Layer_22	Checked				
Layer_23	Checked				
Layer_24	Checked				
Layer_25	Checked				
Layer_26	Checked				
Layer_27	Checked				
Layer_28	Checked				
Layer_29	Checked				
Layer_30	Checked				
Layer_31	Checked				
<b>DynamizationsEvent</b>					
Event name	Loaded				
<b>Function listSetTag</b>					
Tag	Tag_ScreenNumber	Value	1		
<b>Rectangle_1</b>					
Type	Rectangle				

Figura I.14 Configuración de pantalla parte 11

Totally Integrated Automation Portal					
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Solid	Border width	1
Line style	Solid	Border color	24, 28, 49		
<b>Layout</b>					
X position	0	Y position	0	Width	798
Height	438	Round corner width	0	Round corner height	0
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Rectangle_1	Layer	0 - Layer_0		
<b>I/O field_1</b>					
Type	I/O field				
<b>General</b>					
Process value		Mode	Output	Display format	Decimal
Shift decimal point	0	Field length	5	Show leading zeros	Unchecked
Format pattern	s999999				
<b>Appearance</b>					
Background color	255, 255, 255	Background fill pattern	Solid	Corner radius	3
Foreground color	49, 52, 74	Unit		Border width	4
Line style	Double line	Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115
<b>Characteristics</b>					
Hidden input	Unchecked				
<b>Layout</b>					
X position	321	Y position	100	Width	97
Height	37	Left margin	3	Top margin	2
Right margin	2	Bottom margin	2	Fit object to contents	Unchecked
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 13px, style=Bold	Orientation	Horizontal	Horizontal alignment	Left
Vertical alignment	Middle	Line break	Unchecked		
<b>Limits</b>					
Color for High limit violated	239, 89, 99	Color for Low limit violated	247, 162, 41		
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	I/O field_1	Layer	0 - Layer_0	Tooltip	
<b>Security</b>					
Authorization		Allow operator control	Checked		
<b>Dynamizations/Tag connection</b>					
Property name	Process value	Tag	TEMP		
<b>Bar_2</b>					
Type	Bar				
<b>General</b>					
Maximum value	50	Minimum value	0	Process value	0
<b>Appearance</b>					
Foreground color	49, 48, 156	Segment coloring	Entire bar	Background color	247, 243, 247
Background fill pattern	Solid	Color of scale	49, 52, 74	Limit lines (layout)	Unchecked
Limit marking (layout)	Checked				
<b>Border type</b>					
Border width	7	Border color	66, 73, 82	Border background color	99, 101, 115
Line style	Double line	Corner radius (border)	4		
<b>Scales</b>					
Show scale	Checked	Auto-scale	Unchecked	Divisions	10
Large mark labeling	2	Scale gradation	2		
<b>Label</b>					
Show scale marks	Checked	Show "*" for positive numbers	Unchecked	Use exponential format	Unchecked
Double-lined scale label	Unchecked	Unit		Integer digits	2
Decimal places	0				
<b>Layout</b>					
X position	45	Y position	157	Width	710
Height	40	Scale position	Left/up	Bar orientation	Left and right
<b>Text format</b>					
Font	Tahoma, 11px, style=Bold				
<b>Limits/Ranges</b>					
Color range high 2	239, 89, 99	Color range low 2	247, 162, 41		
<b>Styles/Designs</b>					
Use style/design	Unchecked	Style item appearance			
<b>Miscellaneous</b>					
Name	Bar_2	Layer	0 - Layer_0		
<b>Dynamizations/Tag connection</b>					
Property name	Process value	Tag	TEMP		

Figura I.13 Configuración de pantalla parte 12