



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEIO A
TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA
AMBIENTAL PARA UNA ÁREA DE 10000 m², PARA LA
EMPRESA ROCHE ROSAS”.**

**RODRÍGUEZ PEÑAFIEL LUCAS GERMÁN
ROSERO CALDERÓN ALEXANDER ESTUARDO**

**Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado
de:**

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

Latacunga, Enero del 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros:

RODRÍGUEZ PEÑAFIEL LUCAS GERMÁN

ROSERO CALDERÓN ALEXANDER ESTUARDO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL PARA UNA ÁREA DE 10000 m², PARA LA EMPRESA ROCHE ROSAS”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Enero del 2014

Lucas Rodríguez P.

C.I. 060365933-5

Alexander Rosero C.

C.I. 100306591-7

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO

ING. MIGUEL CARVAJAL (DIRECTOR)

ING. FREDDY SALAZAR (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL PARA UNA ÁREA DE 10000 m² , PARA LA EMPRESA ROCHE ROSAS”**, realizado por **RODRÍGUEZ PEÑAFIEL LUCAS GERMAN Y ROSERO CALDERÓN ALEXANDER ESTUARDO**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendan su publicación.

Latacunga, Enero del 2014

Ing. Miguel Carvajal

DIRECTOR

Ing. Freddy Salazar

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros:

RODRÍGUEZ PEÑAFIEL LUCAS GERMÁN
ROSERO CALDERÓN ALEXANDER ESTUARDO

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL PARA UNA ÁREA DE 10000 m² , PARA LA EMPRESA ROCHE ROSAS”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero del 2014

Lucas Rodríguez P.

C.I. 060365933-5

Alexander Rosero C.

C.I. 1003065917

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a Dios a quién amo y admiro; a mis extraordinarios padres, Miguel y Patricia por su noble dedicación y amor, por ser mis amigos, mis consejeros, y por siempre guiarme y ser la voz y bendición de Dios como prioridad en mi vida.

A mi esposa y mi hijo, Micaela y Martin, por ser mi apoyo fundamental e incondicional en los momentos muy difíciles de mi vida profesional y emocional, por haber dedicado tiempo y esfuerzo para culminar una meta más, por ser mi pareja idónea, por ser un ejemplo a seguir y por sobre todas las cosas, por amar a Dios.

Los llevo siempre en el corazón.

Alexander Rosero

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a Dios quien me a dado la vida y me a guiado para vivir acorde a sus consejos y enseñanzas, a toda mi familia la que me a brindado su apoyo incondicional y su amor para vencer todas las adversidades y así lograr conseguir todas las metas que me he propuesto. A mis cuatro abuelos que desde el cielo me seguirán cuidando.

A mis amigos que han estado en las buenas y en las malas aconsejándome y ayudándome.

Lucas Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la florícola Roche Rosas, por darnos la confianza y la ayuda para culminar el estudio de la tesis de la mejor manera, por sus conocimientos impartidos y su labor.

A la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS-ESPE, a sus autoridades y profesores, por abrirnos sus puertas y darnos la confianza necesaria para triunfar en la vida y transmitir sabiduría para nuestra formación profesional.

Agradecemos de manera muy especial por su esfuerzo, dedicación, colaboración y sabiduría para ser un profesional de éxito, al Ing. Miguel Carvajal y al Ing. Freddy Salazar Director y Co-Director respectivamente.

A todos Muchas Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO.....	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
OBJETIVOS.....	3

CAPÍTULO 1

I. GENERALIDADES	4
1.1 MECÁNICA DE FLUIDOS	4
1.1.1 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	4
1.1.1.1. PROPIEDADES PRIMARIAS	4
1.1.1.2. PROPIEDADES SECUNDARIAS	7
1.2. RIEGO POR GOTEO.....	9
1.2.1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.2.1.1. DEFINICIÓN	9
1.2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	10
1.2.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO.....	11
1.2.2.1. BULBO HÚMEDO	11
1.2.2.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN	12
1.2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO.....	12
1.2.3.1. UNIDAD DE BOMBEO	14
1.2.3.2. CABEZAL DE ABASTECIMIENTO Y REGULACIÓN.....	14
1.2.3.3. RED DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	15
1.2.3.4. LOS GOTEROS O EMISORES	15
1.3. REGADÍO DE FLORÍCOLAS.....	17
1.3.1. ANTECEDENTES	17
1.3.2. SISTEMAS DE RIEGO EN FLORÍCOLAS.....	17
1.3.2.1. MÉTODOS DE RIEGO.....	18
1.4. SISTEMA MECÁNICO HIDRÁULICO	19

1.4.1.	BOMBAS CENTRÍFUGAS	19
1.4.1.1.	LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS SE PUEDEN CLASIFICAR DE DIFERENTES MANERAS:.....	20
1.4.1.2.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	20
1.4.2.	VÁLVULAS	22
1.4.2.1.	CLASIFICACIÓN DE LAS VÁLVULAS.....	22
1.4.3.	TUBERÍAS PVC.....	31
1.5.	SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.....	32
1.5.1.	PLC.....	32
1.5.2.	CONTACTORES ELECTROMAGNÉTICOS.....	36
1.5.3.	RELÉ TÉRMICO	40
1.5.4.	FUSIBLES	41
1.5.5.	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	42
1.5.6.	TERMOCUPLA.....	45

CAPÍTULO 2

II.	DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN.....	46
2.1.	ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA N° 1	46
2.2.	ALTERNATIVA N°. 2.....	47
2.3.	ALTERNATIVA N°. 3.....	48
2.4.	SISTEMA HIDRÁULICO.....	49
2.4.1.	SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	49
2.4.2.	SELECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MANGUERAS.....	74
2.4.3.	SELECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VÁLVULAS DE AGUA	75
2.5.	SISTEMA ELECTRÓNICO.....	76
2.5.1.	SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE TEMPERATURA AMBIENTAL	76
2.5.2.	SELECCIÓN DE LA FUENTE.....	77
2.5.3.	SELECCIÓN DEL PLC Y MODULOS DE SALIDAS	78
2.5.4.	PROGRAMA DEL PLC.....	78
2.6.	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	79
2.6.1.	SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO.....	79
2.6.2.	SELECCIÓN DEL CONTACTOR	81
2.6.3.	SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.....	82
2.6.4.	SELECCIÓN DEL FUSIBLE.....	83

CAPÍTULO 3

III.	PROTOCOLO DE PRUEBAS Y RESULTADOS.....	84
3.1.	PRIMERA EVALUACIÓN DEL SISTEMA.....	84
3.1.1.	MÉTODO EXPERIMENTAL PARA EVALUACIÓN DEL SISTEMA	85
3.2.	CORRECCIONES Y REVISIONES	85
3.3.	COMPARACIONES Y VALIDACIÓN	86
3.3.1.	VOLUMEN DE AGUA QUE CONSUMEN LOS GOTEROS	86
3.3.2.	VOLUMEN DE AGUA QUE CONSUMEN LA DUCHA.....	86
3.3.3.	ANÁLISIS FINANCIERO	88
3.3.3.1.	FLUJO DE CAJA.....	89
3.3.3.2.	VALOR PRESENTE NETO (VPN)	90
3.3.3.3.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)..	91
3.3.3.4.	PERÍODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).....	93
3.3.3.5.	RELACIÓN BENEFICIO - COSTO (RBC).....	93
3.3.3.6.	INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO.	94

CAPÍTULO 4

IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
4.1.	CONCLUSIONES.....	95
4.2.	RECOMENDACIONES.....	96
	BIBLIOGRAFÍA	97
	LINKOGRAFÍA.....	97
	ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Características del gotero hydrogol	49
Tabla 2. 2. Fórmula de gasto gotero hydrogol	50
Tabla 2. 3. Coeficiente de Christiansen	53
Tabla 2. 4. Característica de tubería	55
Tabla 2. 5. Velocidades en tuberías	61
Tabla 2. 6. Propiedades del agua	61
Tabla 2. 7. Coeficientes de rugosidad	62
Tabla 2. 8. Pérdidas en accesorios	65
Tabla 2. 9. Coeficiente de resistencia – expansión gradual	68
Tabla 2. 10 . Características del motor	73
Tabla 2. 11. Especificaciones de electroválvula.....	76
Tabla 2. 12. Especificaciones de la termocupla	77
Tabla 2. 13. Especificaciones fuente de alimentación	77
Tabla 2. 14.Especificaciones PLC y módulos	78
Tabla 2. 15. Especificaciones relé térmico.....	80
Tabla 2. 16. Operación relé térmico	80
Tabla 2. 17. Especificaciones contactor.....	81
Tabla 2. 18. Características contactor	82
Tabla 2. 19. Interruptor termomagnético	82
Tabla 2. 20. Especificaciones del interruptor termomagnético	83
Tabla 2. 21. Características fusible.....	83
Tabla 3. 1. Evaluación de elementos del sistema	84
Tabla 3. 2. Mediciones con aforos del sistema.....	85
Tabla 3. 3. Análisis en la producción.....	87
Tabla 3. 4. Gastos eléctricos y electrónicos	88
Tabla 3. 5. Gastos hidráulicos	89
Tabla 3. 6. Gastos totales	89
Tabla 3. 7. Flujo de caja	89
Tabla 3. 8 Valor actual neto (VAN)	92
Tabla 3. 9. Rango de valores límites para que el proyecto sea económicamente viable.....	94
Tabla 3. 10. Rango de valores obtenidos en el análisis financiero	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Bulbo húmedo	11
Figura 1. 2. Bulbo húmedo según el tipo de suelo.....	11
Figura 1. 3. Proceso de evapotranspiración.....	12
Figura 1. 4. Componentes de un sistema de riego por goteo	13
Figura 1. 5. Emisor o gotero autocompensante	16
Figura 1. 6. Gotero de vortex	16
Figura 1. 7. Corte esquemático de una bomba centrífuga.....	20
Figura 1. 8 Comportamiento del fluido.....	21
Figura 1. 9. Válvula multigiro	22
Figura 1. 10. Válvula anular	23
Figura 1. 11. Válvula de compuerta.....	23
Figura 1. 12. Válvula de diafragma	24
Figura 1. 13. Válvula de globo	25
Figura 1. 14. Válvula de cono fijo	26
Figura 1. 15. Válvula tipo "pinch"	27
Figura 1. 16. Válvula de aguja.....	28
Figura 1. 17. Cuarto de giro	28
Figura 1. 18. Válvula de bola	29
Figura 1. 19. Válvula esférica.....	29
Figura 1. 20. Válvula de mariposa.....	30
Figura 1. 21. Válvula macho.	31
Figura 1. 22. Tubería PVC	32
Figura 1. 23. Contactores electromagnéticos.	36
Figura 1. 24. Partes del contactor	37
Figura 1. 25. Relé térmico	40
Figura 1. 26. Fusibles.....	41
Figura 1. 27. Interruptor termomagnético	43
Figura 1. 28. Funcionamiento de un interruptor termomagnético.....	44
Figura 1. 29. Termocupla	45
Figura 1. 30. Funcionamiento de termocupla.....	45
Figura 2. 1. Alternativa constructiva N°1	46
Figura 2. 2. Alternativa constructiva N°2.....	47
Figura 2. 3. Alternativa constructiva N°3.....	48
Figura 2. 4. Desnivel geométrico.....	57
Figura 2. 5. Pérdidas de carga en tuberías.....	58
Figura 2. 6. Diagrama de bombeo	69
Figura 2. 7. Diagrama caudal vs altura de descarga	71

Figura 2. 8. Curvas de selección de bomba.....	72
Figura 2. 9. Curvas de rendimiento.....	72
Figura 2. 10. Potencia	73
Figura 2. 11. Electroválvula	76
Figura 2. 12. Termocupla	77
Figura 2. 13. Fuente de alimentación.....	77
Figura 2. 14. PLC.....	78
Figura 2. 15. Relé térmico	80
Figura 2. 16. Contactor	81
Figura 2. 17. Interruptor termomagnético	83
Figura 2. 18. Fusible	83
Figura 3. 1. Valor actual neto (VAN)	92

RESUMEN

La tesis “SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL PARA UNA ÁREA DE 10000 m² , PARA LA EMPRESA ROCHE ROSAS” consta del cálculo y selección del sistema hidráulico para el riego de la florícola más recomendable. Diseño y selección del sistema eléctrico y electrónico para el control del sistema.

Con una termocupla y un módulo de termocuplas se realizara una medición de la temperatura para el PLC el cual se encarga de comparar si es la temperatura correcta el PLC también comparará el horario para determinar si se activará o no el sistema. Este proceso se va a realizar automáticamente una vez por día.

Con el PLC se decretará las órdenes de encendido de la bomba y la activación de once electroválvulas de una manera ordenada y acorde a los tiempos de riego establecidos según la variedad de rosas.

ABSTRACT

The thesis “AUTOMATED DRIP SYSTEM THROUGH THE MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL TEMPERATURE FOR AN AREA OF 10000 M², FOR ROCHE ROSAS ENTERPRISE”, it contains the calculus and selection of hydraulic system to irrigate of florícola the most recommended. The design and selection of electric and electronic system to control of system.

As a thermocouple and a thermocouple module will do a measurement of the temperature for PLC, which compare if the temperature is correct, and PLC will compare too the schedule too, to determine whether or not the system will work. This process will work automatically one a day.

With PLC will decree the orders to turn on the pump and the activation of eleven electrovalves in an ordely manner, according to established watering times according to variety of roses.

OBJETIVO GENERAL

Diseño construcción e implementación de un sistema inteligente de riego por goteo, para un área de 10000 m², que permita un ahorro de agua en los procesos de riego y un eficiente riego por planta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar científicamente sobre mecánica de fluidos, transporte de agua por tubería, caudal, pérdidas, flujo de fluidos y demás.
- Plantear y analizar las posibles alternativas mecánicas – electrónicas para luego seleccionar la que mejor cumpla con los requerimientos del problema.
- Construir e implementar el sistema de riego.
- Diseñar el sistema inteligente de riego por goteo mediante la aplicación de los conceptos teóricos utilizando las normas establecidas.
- Evaluar el Sistema de riego inteligente por goteo, a través de un protocolo de pruebas, demostrando su funcionamiento y a la vez comparar datos obtenidos con los consumos anteriores.

I. GENERALIDADES

1.1 MECÁNICA DE FLUIDOS

La mecánica de fluidos es una rama de la mecánica de los medios continuos, y esta a su vez es una rama de la física que estudia el movimiento de los fluidos y las fuerzas que los provocan; los fluidos se dividen en gases y líquidos, éstos tienen una característica similar y es que son incapaces de resistir esfuerzos cortantes, y esto provoca que no tengan una forma definida.

La mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía.

La mecánica de fluidos puede dividirse en dos aspectos importantes que son:

- **La Estática de Fluidos:** Que se ocupa de los fluidos en reposo, es decir sin que existan fuerzas que alteren su posición.
- **La Dinámica de Fluidos:** Que se ocupa de los fluidos en movimiento, es decir que están bajo fuerzas que alteran su posición.

También está la Hidrodinámica, este término se aplica al flujo de líquidos o al flujo de gases a baja velocidad, en el que puede considerarse que el gas es esencialmente incompresible, La aerodinámica, o dinámica de gases, se ocupa del comportamiento de los gases cuando los cambios de velocidad y presión son lo suficientemente grandes para que sea necesario incluir los efectos de la compresibilidad.

Entre las aplicaciones de la mecánica de fluidos están la propulsión a chorro, las turbinas, los compresores y las bombas.

1.1.1 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

Existen dos tipos de propiedades en los fluidos que pueden ser primarias y secundarias:

1.1.1.1. PROPIEDADES PRIMARIAS

Propiedades primarias o termodinámicas:

a. Presión

La presión es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la superficie.

Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma:

$$p = \frac{F}{A}$$

b. Densidad

La densidad (símbolo ρ) es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

c. Temperatura

Temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura).

d. Energía interna

La energía interna (U) de un sistema intenta ser un reflejo de la energía a escala macroscópica. Más concretamente, es la suma de:

- La energía cinética interna, es decir, de las sumas de las energías cinéticas de las individualidades que lo forman respecto al centro de masas del sistema.
- La energía potencial interna, que es la energía potencial asociada a las interacciones entre estas individualidades.

La energía interna no incluye la energía cinética traslacional o rotacional del sistema como un todo. Tampoco incluye la energía potencial que el cuerpo pueda tener por su localización en un campo gravitacional o electrostático externo.

Todo cuerpo posee una energía acumulada en su interior equivalente a la energía cinética interna más la energía potencial interna.

Los constituyentes atómicos o moleculares, será el resultado de la suma de la energía cinética de las moléculas o átomos que constituyen el sistema (de sus energías de traslación, rotación y vibración) y de la energía potencial intermolecular (debida a las fuerzas intermoleculares) e intramolecular de la energía de enlace.

En un gas ideal monoatómico bastará con considerar la energía cinética de traslación de sus átomos.

En un gas ideal poliatómico, se debe considerar además la energía vibracional y rotacional de las mismas.

En un líquido o sólido debe añadir la energía potencial que representa las interacciones moleculares.

e. Entalpia

Es una magnitud termodinámica, simbolizada con la letra H mayúscula, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

$$H = U + PV$$

Donde U es la energía interna y PV es Presión Volumen

f. Entropía

La entropía (S) es una magnitud física que, mediante cálculo, permite determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo. Es una función de estado de carácter extensivo y su valor, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos.

$$S_2 - S_1 = \frac{Q_{1 \rightarrow 2}}{T}$$

Donde S es la entropía, $Q_{1 \rightarrow 2}$ la cantidad de calor intercambiado entre el sistema y el entorno y T la temperatura absoluta en kelvin. Unidades: S = [kcal/K].

Los números 1 y 2 se refieren a los estados iniciales y finales de un sistema termodinámico.

g. Calor específico

El calor específico es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). En general, el valor del calor específico depende de dicha temperatura inicial. Se le representa con la letra c.

Se define la capacidad calorífica como la cantidad de calor que hay que suministrar a toda la masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). Se la representa con la letra C .

Calor específico es el cociente entre la capacidad calorífica y la masa.

$$c = C/m$$

Donde m , es la masa de la sustancia.

h. Peso y volumen específico

Se le llama peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

Su expresión de cálculo es:

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

γ = peso específico;

P = peso de la sustancia;

V = el volumen de la sustancia;

ρ = densidad de la sustancia;

m = masa de la sustancia;

g = aceleración de la gravedad.

1.1.1.2. PROPIEDADES SECUNDARIAS

Caracterizan el comportamiento específico de los fluidos.

a. Viscosidad

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento.

- **Coefficiente de viscosidad dinámico**, designado como η o μ . En unidades en el SI: $[\mu] = [\text{Pa}\cdot\text{s}] = [\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$; otras unidades:

$$1 \text{ poise} = 1 [\text{P}] = 10^{-1} [\text{Pa}\cdot\text{s}] = [10^{-1} \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}]$$

- **Coefficiente de viscosidad cinemático**, designado como ν , y que resulta ser igual al cociente entre el coeficiente de viscosidad dinámica y la densidad del fluido. $\nu = \mu/\rho$. (En unidades en el SI: $[\nu] = [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$. En el sistema sexagesimal es el stoke (St))

b. Conductividad térmica

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto. En el Sistema Internacional de Unidades la conductividad térmica se mide en $\text{W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ (equivalente a $\text{J}/(\text{s} \cdot \text{K} \cdot \text{m})$)

La conductividad térmica es una magnitud intensiva. Su magnitud inversa es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor. Para un material isótropo la conductividad térmica es un escalar λ (k en Estados Unidos) definido como:

$$\lambda = \frac{\dot{q}}{|\nabla T|}$$

\dot{q} = flujo de calor (por unidad de tiempo y unidad de área).

∇T = es el gradiente de temperatura.

c. Tensión Superficial

Se denomina tensión superficial de un líquido a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área. Esta definición implica que el líquido tiene una resistencia para aumentar su superficie. Es la fuerza que actúa tangencialmente por unidad de longitud en el borde de una superficie libre de un líquido en equilibrio y que tiende a contraer dicha superficie. Las fuerzas cohesivas entre las moléculas de un líquido, son las responsables del fenómeno conocido como tensión superficial.

d. Compresión

El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección (Coeficiente de Poisson).

e. Capilaridad

La capilaridad es un proceso de los fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua, y esta propiedad es la que regula parcialmente su ascenso dentro de las plantas, sin gastar energía para vencer la gravedad.¹

1.2. RIEGO POR GOTEO

1.2.1. INTRODUCCIÓN

“El agua es un recurso natural indispensable para la vida y, aunque sea difícil de creer, también es un recurso escaso, pese a que el 70% de la superficie de la Tierra está cubierto por agua, el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5% es dulce. De este último porcentaje, sólo es consumible el 1%, pues gran parte está congelada en los glaciares, y otro tanto se presenta como humedad en el suelo o permanece en capas acuíferas subterráneas inaccesibles.”

Esto ha motivado, a todos los sectores y en especial al agrícola, a buscar técnicas que permitan la racionalidad y eficiencia en su uso y el ahorro del recurso. Desarrollando así el Sistema de Riego por goteo, el cual se caracteriza principalmente por permitir el ahorro del agua y ser un sistema muy eficiente, ya que se logra mayor rendimiento de los cultivos.

1.2.1.1. DEFINICIÓN

El sistema de riego por goteo es un método de riego moderno en cual se aplica una cantidad de agua de manera constante y uniforme, gota a gota, directamente a la zona radicular de la planta en condiciones de baja tensión. A diferencia de los sistemas de riego tradicionales, en los que se aplica el agua al campo entero, ya sea por aspersión o por riego por inundación, lo que resulta en una pérdida significativa de agua.

En los sistemas de riego por goteo se utiliza emisores con caudales bajos y las presiones de operación son relativamente bajas. En tales sistemas de riego, se aplica el agua solamente a las zonas específicas en el campo, donde crecen las

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Fluido>

plantas. Los caudales típicos de los emisores son de 0,6 - 16 L / h (0.16 a 4.0 galones por hora), y los emisores más comúnmente utilizados son de 1- 4 L / h.

Además en el sistema por goteo el agua se localiza únicamente en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión, lo cual al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a dosis pequeñas. La alta frecuencia de riego permite mantener en un nivel óptimo la humedad del suelo; ello significa una baja tensión del agua en el suelo.

1.2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

a) VENTAJAS

El sistema de riego por goteo presenta muchas ventajas en comparación con los sistemas de riego tradicionales, los mismos se describen a continuación:

- Eficiencia en el empleo del agua y de los fertilizantes del 90 a 95%
- Ahorro entre el 40 y 60% de agua respecto a los sistemas tradicionales de riego.
- Incremento notable en la producción.
- No interfiere con otras prácticas, se puede irrigar y a la vez emplear maquinaria agrícola, cosechar, fumigar, etc.
- Bajos requerimientos de potencia y de consumo de energía en el sistema de bombeo.
- Disposición continua de agua para la planta y en el lugar donde se necesita.
- Aplicación óptima y eficiente de los fertilizantes conjuntamente con el agua de riego (fertirriego).
- Disminución considerable de las malezas en los cultivos.
- Reducción a los problemas ocasionados por los ataques de plagas y hongos, debido a que no se humedece el follaje.
- Es utilizable y adaptable a cualquier topografía.
- Reducción a los problemas de erosión y daño a la estructura del suelo.
- Reducción muy significativa en mano de obra. No sólo en la vigilancia del riego sino, y sobre todo, por la menor incidencia de las malas hierbas en el cultivo.
- Reducción del lavado del suelo por acumulación de sales.
- Fácil automatización de todo el sistema.

b) DESVENTAJAS

Pese a las grandes ventajas que un sistema de riego por goteo ofrece, también presenta ciertas desventajas, como son:

- Es un sistema de alto costo de instalación y mantenimiento.
- Taponamiento de goteros con agua de mala calidad.
- Salinización de suelos – alrededor del bulbo de húmedo, se acumulan las sales presentes en el suelo.
- Daños mecánicos ocasionados por la mano de obra.
- Exige estricta utilización de sistemas de filtrado.

1.2.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO

1.2.2.1. BULBO HÚMEDO

Es el volumen de suelo que puede ser humedecido por un gotero. Se forma cuando el agua cae gota a gota sobre el suelo, esta se mueve hacia los lados (horizontalmente) y hacia abajo (verticalmente). En el bulbo húmedo es el lugar donde se desarrollan las raíces de las plantas, como se puede observar en la figura 1.1.



Figura 1. 1 Bulbo húmedo

El volumen del bulbo húmedo varía acuerdo al tipo de suelo como se observa en la figura 1.2.

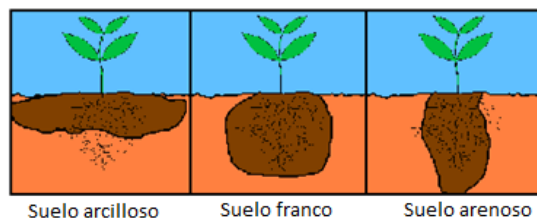


Figura 1. 2. Bulbo húmedo según el tipo de suelo

1.2.2.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN

Es la pérdida de agua en los cultivos, los mismos que ocurren debido a dos procesos que ocurren simultáneamente: la evaporación del agua en la superficie del suelo y la transpiración del cultivo, dicho proceso se observa en la figura 1.3.

La evaporación de un suelo cultivado depende principalmente de la fracción de radiación solar que le llega a la superficie del suelo. Es así que esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo, presentando casi el 100% de pérdida por evaporación directa en las primeras etapas del cultivo y van reduciendo conforme su crecimiento, ya que proyectarán más sombra sobre el suelo. Finalmente cuando los cultivos se han desarrollado por completo las pérdidas de agua se producen en un 90% debido a la transpiración de las plantas como se observa en la figura 1.3.

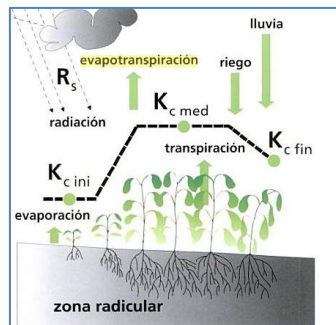


Figura 1. 3. Proceso de evapotranspiración²

1.2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO

Los elementos principales que conforman un sistema de riego por goteo son los siguientes: fuente de agua, unidad de bombeo, cabezal de abastecimiento y regulación y la red subterránea para la conducción, distribución y aplicación del agua, con sus respectivos accesorios los mismos se pueden observar en la figura 1.4 y se describirán a continuación:

² Fuente: http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/gota2006/cap06goteoppt.pdf

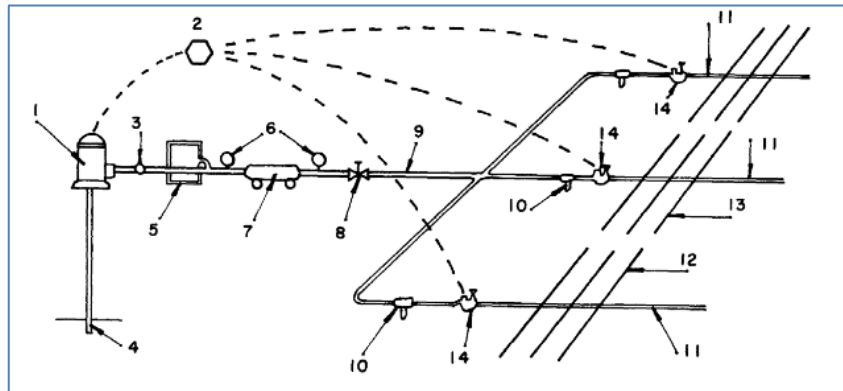


Figura 1. 4. Componentes de un sistema de riego por goteo

Partes:

1. Bomba
2. Control
3. Válvula de seguridad
4. Fuente de agua
5. Inyector de fertilizantes(NA)
6. Manómetros
7. Filtro primario
8. Llave de paso
9. Línea principal
10. Filtro secundario
11. Línea secundaria
12. Línea de surtidores
13. Goteros o emisores
14. Válvula solenoide

Las fuentes de agua para abastecer los sistemas de riego por goteo pueden ser aguas tratadas, aguas de pozo, canales, ríos o lagos. Se debe considerar un punto muy importante como es la calidad del agua, para lo cual debe cumplir que sea limpia y que su concentración de sales esté dentro de los límites de tolerancia aceptables.

Se exige que el agua cumpla los parámetros de calidad para evitar la obturación de las líneas y los emisores de agua, debido a la presencia de contaminantes físicos y las sustancias químicas o biológicas. También el alto contenido de sales en el agua puede resultar nocivo para los cultivos, sin embargo el sistema de riego por goteo acepta una mayor concentración de sales debido al alto nivel de humedad que se mantiene en el suelo.

Para solucionar el inconveniente de presencia de partículas sólidas, se sugiere instalar un buen sistema de filtración para remover todos los contaminantes que pueden perjudicar el sistema de riego por goteo.

1.2.3.1. UNIDAD DE BOMBEO

Las bombas mayormente empleadas en los sistemas de riego son las centrifugas, más adelante se encuentra una descripción más amplia de este tipo de bombas, este tipo permite extraer aguas de fuentes superficiales o pozos llanos, a su vez incrementar la presión en las líneas de distribución.

En ocasiones excepcionales, es posible disponer de una diferencia de nivel adecuada entre la fuente de agua y los terrenos para así lograr que el agua fluya con la presión necesaria, en tales casos puede optarse por omitir el sistema de bombeo.

Para seleccionar una bomba se deben conocer datos fundamentales como: la presión total del sistema, el volumen de agua que necesita y la fuerza de la unidad.

1.2.3.2. CABEZAL DE ABASTECIMIENTO Y REGULACIÓN

Los componentes del cabezal varían de acuerdo a la característica del agua, la topografía, el tamaño del sistema y las facilidades de inspección que requieran adoptarse, en general está conformado por los siguientes elementos: válvula de retención, inyector de fertilizantes, filtros, válvula de control, medidor de volúmenes, equipo clorinador, manómetros.

- **Válvula de retención:** Se ubica en la parte inicial del cabezal y su función es evitar el retorno del agua cuando se suspenda por alguna causa el bombeo, así evitando el golpe de ariete en la bomba.
- **Inyector de fertilizantes:** Permite aplicar fertilizantes y otros productos químicos en forma muy económica y eficaz. Debe cerciorarse que los fertilizantes empleados sean solubles en agua. El inyector y tanque de fertilizantes debe instalarse antes de los filtros para evitar el flujo de partículas en la red de distribución.
- Los sistemas de inyección de fertilizantes vienen provistos de un mecanismo que permite el flujo de la solución hacia el tubo de conducción o puede dotarse de una bomba especial para cumplir dicha función.
- **Filtros:** Dependen de la clase de sólidos o impurezas presentes en el agua. Dichos filtros pueden ser de tres clases: filtro desarenador, de malla y de arena. A continuación se describe cada uno de ellos.
- **Filtro desarenador:** Se emplea cuando el agua presenta un gran porcentaje de arena con de 70 micrones de diámetro. Este filtro funciona mediante el sistema de vórtice, es decir que el agua ingresa de forma temporal por la parte lateral de

un recipiente en forma de embudo, en el cual debido a la fuerza centrífuga que se ejerce sobre las partículas más densas que el agua, dichas partículas resbalan por las paredes del recipiente hacia el depósito que va colocando en la parte inferior del recipiente. El agua filtrada sale por un tubo conectado en el centro a la tapa del recipiente.

- Filtro de malla: Es el tipo de filtro que se emplea con mayor frecuencia en los sistemas de riego por goteo. La filtración se genera al pasar el agua a través de una o dos mallas de densidad adecuada para separar las partículas de tamaño indeseable.

1.2.3.3. RED DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Esta red está constituida básicamente por una tubería principal, tuberías auxiliares y tuberías laterales de distribución, dotadas con sus respectivos goteros o emisores. Las tuberías principales comúnmente empleadas son de PVC y deben instalarse enterradas en el suelo para evitar daños de la misma. Y, las tuberías laterales suelen ser de polietileno puesto que son menos sensibles al deterioro o la deformación por los agentes externos. Las mismas deben instalarse sobre la superficie para facilitar su inspección.

1.2.3.4. LOS GOTEROS O EMISORES

El emisor es el componente principal del sistema de riego por goteo, ya que determina la capacidad y el buen funcionamiento del sistema. Tienen como función principal disipar la presión del agua en la tubería y descargarla con un caudal determinado.

La selección de los emisores se los realiza en base a los siguientes criterios: que sean económicamente accesibles, fiables es decir con poca sensibilidad a las obturaciones y compactos.

En el mercado existen diferentes tipos de goteros, los mismos que se diferencian según el principio utilizado para incluir las pérdidas de carga necesarias para reducir el gasto a los niveles requeridos. A continuación se describen tres tipos de emisores:

- Goteros de trayectoria larga: Son emisores que se instalan con una separación mayor a un metro. Aquí la pérdida de cargas se produce por la fricción del agua contra las paredes del conductor. Suelen emplearse para el riego de: árboles, viñas, ornamentales y arbustos.
- Goteros autocompensantes: Este tipo de emisores se emplean en aplicaciones en las que se tienen que montar líneas de riego muy largas, es decir mayor a 100 metros y en lugares cuyas pendientes son muy pronunciadas. Ya que,

dichos emisores tienen la virtud de aportar la misma cantidad de agua a lo largo de todo el sistema de riego, en base a una presión establecida logrando así que los emisores que se ubican tanto al inicio como al final de la línea de riego distribuyan la misma cantidad de agua a una misma presión, el gotero autocompensante se pueden observar en la figura 1.5.



Figura 1. 5. Emisor o gotero autocompensante

- Gotero de Vortex: En este tipo de emisores la pérdida de carga se produce por la rotación turbulenta que se crea al entrar el agua al gotero en forma tangencial, en combinación con el estrangulamiento propio de los orificios. La pérdida se reduce considerablemente para un mismo diámetro debido al efecto de la turbulencia. En algunos goteros dicha reducción es a un tercio, es decir que el orificio de entrada, para gastos y carga determinada, puede tener un diámetro de 1,73 veces mayor, los mismos que se pueden observar en la figura 1.6.



Figura 1. 6. Gotero de vortex³

³ Fuente: <http://articulos.infojardin.com/articulos/riego-goteo-localizado.htm>

1.3. REGADÍO DE FLORÍCOLAS

1.3.1. ANTECEDENTES

Los inicios de la industria florícola en Ecuador fueron difíciles, tuvo que enfrentar retos como: mantener plantaciones y buscar mercados rentables, buscar los insumos necesarios para una acertada producción y el proceso de comercialización. Apenas a mediados de los 90 el interés por este producto creció y como resultado de esto su infraestructura y logística fue más adecuada. En los comienzos de esta industria existieron 30 plantaciones reconocidas, diez años más tarde este número llegó a 350.

De igual manera, las rosas se exportaban en 1993 a 31 países, hoy por hoy la rosa ecuatoriana es acogida por 84 países; siendo Estados Unidos el principal cliente de este tipo de productos. Las florícolas ecuatorianas han podido introducirse en el mercado europeo, llegando a países como Holanda, Rusia y Alemania.

Para Expoflores (2012), este crecimiento pudo lograrse gracias a ciertos tratados internacionales. Generalmente las exportaciones florícolas andinas en el mercado estadounidense ingresan sin restricción, ya que se encuentran dentro del Sistema General de Preferencias (SGP).

Una de las principales ventajas que tienen los productores de flores del Ecuador es que al aumentar el volumen de sus ventas han podido competir con diferentes empresas extranjeras que no logran obtener la misma calidad de las flores ecuatorianas.

En América Latina lidera como productor florícola Colombia, mismo que es el abastecedor del 52% del mercado total de flores en Europa. “Para Ecuador existen restricciones para ingresar con fuerza al mercado Europeo en vista de las fuertes inspecciones fitosanitarias a las que se debe estar expuesto. (Expoflores, 2012)

Dentro de la producción nacional de flores, se destaca como producto primario, la rosa, en bien de lujo de ciertos países. Empero, al ser las flores un producto no considerado de primera necesidad, su demanda puede ser sensible ante las diferentes variables económicas que puedan afectar su ingreso a los diferentes destinos.

1.3.2. SISTEMAS DE RIEGO EN FLORÍCOLAS

Generalmente los sistemas de riego buscan optimizar el consumo de agua, cada empresa mantiene un sistema de riego acorde a sus requerimientos y recursos, por lo cual dispone del conocimiento de sus características técnicas, ofreciendo eficiencia en el desarrollo del proceso de riego.

Cada empresa debe disponer de hojas técnicas, datos y gráficos del manejo del sistema de riego como estadísticas de su aplicación facilitando información al encargado del sistema y en general a las personas que requieran de dichos datos en la empresa.

Todo deberá ser controlado de manera eficiente con el propósito de optimizar el recurso hídrico que posee la empresa. Monitoreando de manera constante la presión a la que opera el equipo, así como, brindando un control y mantenimiento oportuno, para que el sistema utilizado por la florícola brinde los niveles de rendimiento esperados por la empresa.

1.3.2.1. MÉTODOS DE RIEGO

A continuación se describen los métodos de riego según Flor Ecuador (2011) y son los siguientes:

1.3.2.1.1. RIEGO DE DUCHA

El riego por ducha es un riego que va dirigida a la zona del suelo y a la planta, utiliza un diseño hidráulico simple ya que la ducha está conectada directamente a una manguera que se comunica con la bomba, el suministro del hidrante depende del volumen de agua que se aplicará según EVT (mm/día) y el tiempo de riego de acuerdo al aforo realizado (Lts/cama). Para realizar este proceso se debe saber cuánto es el caudal del suministro del hidrante y el número de camas que se va a regar en un día.

1.3.2.1.2. GOTEO Y MICRO-ASPERSIÓN

Riego por micro-aspersión se denomina a una variante del riego por aspersión, del tipo de riego localizado, pues la lluvia va dirigida hacia la zona de suelo cercana a la planta, ocupada por las raíces, utiliza tubos y aspersores con el mismo diseño hidráulico que el riego por goteo, el sistema se basa en el riego árbol por árbol, en forma de pequeña lluvia, formando un círculo mojado en la zona ocupada por las raíces, en éste sistema de riego localizado los goteros han sido reemplazados por microaspersores, que se colocan en la tubería terciaria, junto a la planta.

El riego por goteo igualmente conocido como riego gota a gota, es un sistema de irrigación que consiste en proporcionar agua justo al pie de cada planta, en la zona de influencia de las raíces, por medio de un sistema de válvulas, tuberías y emisores. Este sistema permite que las plantas reciban el agua suficiente para que se desarrollen de manera óptima. Ha sido uno de los grandes avances en la agricultura, debido a que permite la utilización controlada del agua, sin desperdiciarla.

Para estos sistemas de riego se debe conocer las características técnicas de su emisor, en lo que se refiere a caudal (Lts/hora) y presión de operación (PSI)

también se debe definir la presión de operación de su emisor y de su válvula o registro de control en el módulo de riego, según carta técnica o recomendación de su compañía de riego.

1.3.2.1.3. AGUAS LLUVIAS

Este tipo de riego es considerado como otra alternativa, su baja salinidad y buena calidad agronómica, permite ahorrar aguas subterráneas y de corrientes superficiales limitando su uso.

Para poder beneficiarse de este tipo de riego es importante diseñar estructuras de drenaje para captación y transporte de aguas lluvias. Además puede ser mezclada con otras aguas de poca calidad para mejora la misma y ser aprovechada en el riego.

Es importante mantener un registro de aguas lluvia a través de un medidor de precipitación para calcular la intensidad y frecuencia de las mismas, manteniendo datos que permitan prevenir eventos futuros o establecer otras alternativas de riego en caso de que el agua de lluvia sea escasa.⁴

1.4. SISTEMA MECÁNICO HIDRÁULICO

1.4.1. BOMBAS CENTRÍFUGAS

Las bombas centrífugas también llamadas rotodinámicas, son siempre rotativas y es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete, se basa en la ecuación de Euler y su elemento transmisor de energía se denomina impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas y es este elemento el que comunica energía al fluido en forma de energía cinética, las partes de una bomba centrífuga se pueden observar en la figura 1.7.

⁴ <http://www.expoflores.com/>

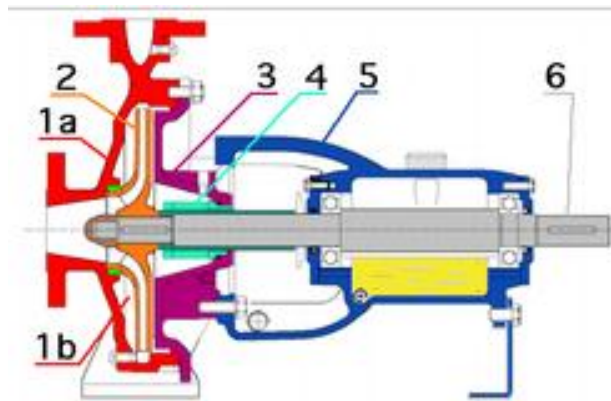


Figura 1. 7. Corte esquemático de una bomba centrífuga

- 1a Bomba centrífuga
- 1b Cuerpo de la bomba
- 2 Soporte de cojinetes
- 3 Tapa de presión
- 4 Apertura del eje
- 5 Cierre del eje
- 6 Eje

1.4.1.1. LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS SE PUEDEN CLASIFICAR DE DIFERENTES MANERAS:

- Por la dirección del flujo en: radial, axial y mixto.
- Por la posición del eje de rotación o flecha en: horizontales, verticales e inclinados.
- Por el diseño de la coraza (forma) en: voluta y las de turbina.
- Por el diseño mecánico de coraza en: axialmente bipartidas y las radialmente bipartidas.
- Por la forma de succión en: sencilla y doble.

1.4.1.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Las bombas centrífugas son máquinas denominadas "receptoras" o "generadoras" que se emplean para hacer circular un fluido en contra de un gradiente de presión. Para que un fluido fluya desde donde hay mayor presión hasta donde hay menos presión no se necesita ningún gasto de energía, para realizar el movimiento inverso, es necesaria una bomba, la cual le comunica al fluido energía, sea de presión, potencial o ambas. Para esto, necesariamente se tiene que absorber energía de alguna máquina motriz, ya sea un motor eléctrico, uno de combustión interna, o una turbina de vapor o gas, etc.

Las bombas están capacitadas para vencer la presión que el fluido encuentra en la descarga impuesta por el circuito. Piénsese en un compresor de llenado de botellones de aire comprimido para arranque de motores navales: El botellón en un principio está a presión atmosférica, y por ende la presión que debe vencer el compresor es sólo la representada por las caídas de presión en la línea, el filtro, los codos y las válvulas. No obstante, a medida que el botellón de aire comprimido se va llenando, es necesario también vencer la presión del aire que se fue acumulando en el mismo.

Como anteriormente se ha mencionado, las bombas centrífugas están dotadas principalmente de un elemento móvil: el rotor, o rodete, o impulsor. Es el elemento que transfiere la energía que proporciona el motor de accionamiento al fluido. Esto sólo se puede lograr por un intercambio de energía mecánica y, en consecuencia, el fluido aumenta su energía cinética y por ende su velocidad. Además, por el hecho de ser un elemento centrífugo, aparece un aumento de presión por el centrifugado que se lleva a cabo al circular el fluido desde el centro hasta la periferia. Una partícula que ingresa y toma contacto con las paletas en 1 comenzará a desplazarse, idealmente, contorneando la paleta. Como al mismo tiempo que se va separando del eje el impulsor rota, la partícula a cada instante aumenta su radio y se mueve en el sentido de la rotación, por lo que su trayectoria, vista desde el exterior, resultará una espiral como la ilustrada en punteado, y saldrá luego por 2, como se observa en la figura 1.8.

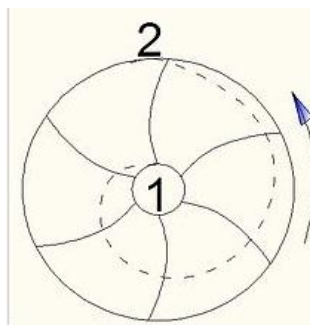


Figura 1. 8 Comportamiento del fluido⁵

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_centric3%ADfuga

1.4.2. VÁLVULAS

Dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina o en un instrumento.

1.4.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS VÁLVULAS

1.4.2.1.1. POR LA OPERATIVIDAD DEL OBTURADOR DE LA VÁLVULA

La forma como se desplaza el obturador define la geometría y modo de funcionamiento de la válvula.

a. Válvulas lineales

Válvulas de movimiento lineal: El vástago de la válvula empuja el obturador mediante un movimiento lineal directo.

La mayoría de estas válvulas tienen un actuador lineal o multigiro (también de movimiento lineal).

Generalmente las válvulas lineales pasan a ser de tipo multigiro cuando en vez de ser operadas por un actuador, lo son de forma manual.

b. Válvulas multigiro

Válvulas de movimiento lineal: El obturador se desplaza siguiendo un movimiento lineal provocado por el empuje que hace su eje al girar sobre una rosca, como se puede ver en la figura 1.9.

La operación es lenta, pero permite posicionar de forma precisa y estable el obturador, requisito en algunas válvulas de control.



Figura 1. 9. Válvula multigiro

- **Válvula anular**

La válvula anular permite la regulación de presión y caudal. No padece cavitación. Puede cerrar contra toda la presión.

El obturador tiene una forma cónica, se desplaza en la dirección axial de la tubería. El fluido pasa rodeando el obturador, como se observa en la figura 1.10.

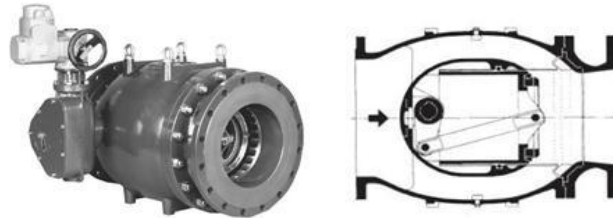


Figura 1. 10. Válvula anular

• **Válvula de compuerta** 

Es utilizada para el flujo de fluidos limpios y sin interrupción.

Cuando la válvula está totalmente abierta, el área de flujo coincide con el diámetro nominal de la tubería, por lo que las pérdidas de carga son relativamente pequeñas.

Este tipo de válvula no es recomendable para regulación o estrangulamiento ya que el disco podría resultar erosionado. Parcialmente abierta puede sufrir vibraciones.

Tienen un uso bastante extendido en el sector petroquímico ya que permite estanqueidades del tipo metal-metal. La operación de obertura y cierre es lenta. Debido al desgaste producido por la fricción no se recomienda en instalaciones donde su uso sea frecuente.

Requiere de grandes actuadores difíciles de automatizar. Son difíciles de reparar en la instalación. La válvula de compuerta se puede observar en la figura 1.11.



Figura 1. 11. Válvula de compuerta

- **Válvula de diafragma**



Las válvulas de diafragma se utilizan para el corte y estrangulación de líquidos que pueden llevar una gran cantidad de sólidos en suspensión.

En las válvulas de diafragma se aísla el fluido de las partes del mecanismo de operación. Esto las hace idóneas en servicios corrosivos o viscosos, ya que evita cualquier contaminación hacia o del exterior. La estanqueidad se consigue mediante una membrana flexible, generalmente de elastómero, pudiendo ser reforzada con algún metal, que se tensa por el efecto de un eje-punzón de movimiento lineal, hasta hacer contacto con el cuerpo, que hace de asiento.

Las aplicaciones de este tipo de válvula son principalmente para presiones bajas y pastas aguadas que a la mayoría de los demás equipos los corroerían y obstruirían, la válvula de diafragma se puede ver en la figura 1.12.



Figura 1. 12. Válvula de diafragma

- **Válvula de globo**



Las válvulas de globo son llamadas así por la forma esférica de su cuerpo. Si bien actualmente algunos diseños ya no son tan esféricos, conservan el nombre por el tipo de mecanismo.

El obturador de la válvula se desplaza con un movimiento lineal. En la mayoría de los casos, el mecanismo de avance es la de un "tornillo". El vástago del obturador va roscado al bonete de la válvula de globo. En cuanto se le da vueltas al vástago, ya sea mediante un volante o un actuador de giro múltiple, el obturador avanza linealmente.

Las válvulas de globo automatizadas pueden tener vástagos sin rosca, y el desplazamiento lineal viene directamente proporcionado por el actuador.

Según la disposición geométrica de los puertos de entrada y el eje del obturador se puede clasificar las válvulas de globo en:

- Válvula de globo de asiento recto (Straight)
- Válvula de globo de asiento inclinado (Y)
- Válvula de globo de asiento angular

La válvula de globo es muy utilizada en la regulación de fluidos. La geometría del obturador caracteriza la curva de regulación, siendo lineal para obturadores parabólicos.

Son de uso frecuente gracias a su poca fricción y pueden controlar el fluido con la estrangulación al grado deseado.

El cierre puede ser metal-metal lo cual permite su uso en condiciones críticas.

Las pérdidas de carga son importantes.

El movimiento lineal del eje es más corto que en las válvulas de compuerta, lo que ahorra tiempo y desgaste. Aun así, las válvulas de globo de grandes tamaños requieren de grandes actuadores. El ensamblaje de la válvula de globo permite su reparación sin tener que desmontarla de la instalación. Se puede observar la válvula de globo en la figura 1.13.

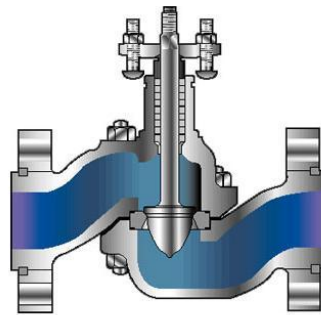


Figura 1. 13. Válvula de globo

- **Válvula de cono fijo**

La válvula de Cono Fijo es una válvula de libre descarga, también conocida como válvula Howell Bunger o válvula de Chorro Hueco (Hollow Jet valve). Estas válvulas se usan para descargar el agua a alta presión de los embalses o tuberías forzadas contra la atmósfera. Algunas válvulas están también diseñadas para trabajar sumergidas en el agua. La salida del flujo de agua por la válvula no es convergente, se dice que la descarga tiene forma de chorro hueco. Una gran área de aire hace contacto con el spray de agua reduciendo la energía cinética de la

misma. La válvula de chorro hueco está diseñada para disipar una gran cantidad de energía sin sufrir por cavitación o vibración, como se puede observar en la figura 1.14.

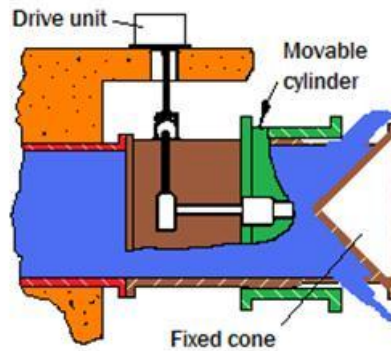


Figura 1. 14. Válvula de cono fijo

- **Válvula tipo "pinch"**

En las válvulas tipo pinch, también conocidas como válvulas de pellizco o válvulas de manguito flexible, la estanqueidad se consigue mediante la estrangulación de la misma conducción que es un tubo flexible llamado 'sleeve', el cual es el único componente en contacto con el medio.

Idóneas en servicios de líquidos pastosos y partículas sólidas en suspensión, evita el contacto con los mecanismos de la válvula y cualquier tipo contaminación hacia o desde el exterior. Generalmente la válvula pinch está limitada a trabajar a bajas presiones

Las válvulas pinch pueden ser actuadas de forma mecánica o por presión. En la válvulas actuadas mecánicamente, como la mostrada en figura superior, especialmente cuando maneja fluidos abrasivos, es aconsejable un fuerte apriete en el cierre para prevenir la erosión del tubo flexible provocado por el líquido que va fugando.

En las válvulas actuadas por presión, como la válvula mostrada en la siguiente figura, la presión es uniformemente distribuida sobre la parte externa del tubo flexible.

Como ventaja sobre las válvulas mecánicamente actuadas, la sección de paso en cualquier posición operativa es siempre circular por lo que pueden pasar partículas de mayor volumen.

Por el contrario difícilmente pueden cerrar al 100%, y son difíciles de contralar manualmente ya que en la operatividad de la válvula, la presión del mismo fluido en la conducción también afecta. Esto puede ser resuelto mediante un regulador de presión. El tubo flexible es de elastómero generalmente reforzado. La selección del material se realiza de acuerdo a un compromiso de corrosión-resistencia ya que el elastómero va perdiendo sus propiedades resistivas en el tiempo en contacto con fluidos corrosivos. El límite de fatiga debe estar dentro del número de oberturas y cierres previstos para la válvula, se puede observar la válvula tipo pinch en la figura 1.15.



Figura 1. 15. Válvula tipo "pinch"

- **Válvula de aguja**



La válvula de aguja es llamada así por el vástago cónico que hace de obturador sobre un orificio de pequeño diámetro en relación el diámetro nominal de la válvula.

El desplazamiento del vástago, si es de rosca fina, es lento y el hecho de que hasta que no se gira un buen número de vueltas la sección de paso del fluido es mínima, convierte esta válvula en una buena reguladora de caudal, por su estabilidad, precisión y el diseño del obturador que facilita un buen sellado metálico, con poco desgaste que evita la cavitación a grandes presiones diferenciales.

Es posible encontrar diseños con la disposición de los puertos de entrada y salida de la válvula de forma angular, recta (90°) o lineal (0°), como se puede observar en la figura 1.16.



Figura 1. 16. Válvula de aguja

c. Cuarto de giro

Válvula rotativa: El obturador y eje tienen un giro de 0° a 90° desde la posición totalmente abierta a cerrada. Pueden ser operadas manualmente o mediante un actuador tipo cuarto-de-giro, como se ve en la figura 1.17.



Figura 1. 17. Cuarto de giro

• **Válvula de bola** 

En la válvula de bola un macho esférico agujereado controla la circulación del líquido. El sellado en válvulas de bola es excelente, la bola contacta de forma circunferencial y uniforme el asiento, el cual suele ser de materiales blandos.

Las aplicaciones más frecuentes de la válvula de bola son de obertura/cierre. No son recomendables usarlas en servicios de parcialmente abiertas por un largo tiempo bajo condiciones de alta caída de presión a través de la válvula, ya que los asientos blandos pueden tener tendencia a salir de su sitio y obstruir el movimiento de la bola.

Dependiendo del tipo de cuerpo la válvula, su mantenimiento puede ser fácil. La pérdida de presión en relación al tamaño del orificio de la bola es pequeña.

El uso de la válvula está limitada por la resistencia a temperatura y presión del material del asiento, metálico o plástico. Se emplean en vapor, agua, aceite, gas, aire, fluidos corrosivos, pastas aguadas y materiales pulverizados secos. Según que abrasivos o fluidos fibrosos pueden dañar la superficie de la bola y asiento, se puede observar la válvula de bola en la figura 1.18.

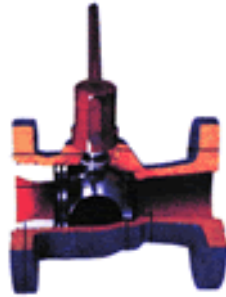


Figura 1. 18. Válvula de bola

- **Válvula esférica**

Válvula esférica o de esfera son conocidas las válvulas de bola, como se puede observar en la figura 1.19.



Figura 1. 19. Válvula esférica

- **Válvula de mariposa** 

Las válvulas de mariposa son unas válvulas muy versátiles. Tiene una gran capacidad de adaptación a las múltiples solicitaciones de la industria, tamaños, presiones, temperaturas, conexiones, etc. a un coste relativamente bajo.

El desarrollo de la válvula de mariposa es más reciente que en otro tipo de válvulas. Una mayor concienciación en el ahorro energético de las instalaciones favoreció su introducción, ya que su pérdida de carga es pequeña.

En un principio se usaba en instalaciones a poca presión de servicio, pero mejoras tecnológicas permitió evolucionar la válvula de mariposa a usos de altas prestaciones.

El funcionamiento básico de las válvulas de mariposa es sencillo pues sólo requiere una rotación de 90° del disco para abrirla por completo. La operación es como en todas las válvulas rotativas rápida.

Poco desgaste del eje, poca fricción y por tanto un menor par, que resulta en un actuador más barato. El actuador puede ser manual, oleohidráulico o motorizado eléctricamente, con posibilidad de automatización.

La geometría de la válvula de mariposa es sencilla, compacta y de revolución, por lo que es una válvula barata de fabricar, tanto por el ahorro de material como la mecanización.

El menor espacio que ocupan facilita su montaje en la instalación. En este sentido, las válvulas de compuerta y globo resultan muy pesadas y de geometría compleja. Por todo ello, las válvulas de mariposa son especialmente atractivas en grandes tamaños respecto otro tipo de válvulas.

La pérdida de carga es pequeña. Cuando la válvula está totalmente abierta, la corriente circula de forma aerodinámica alrededor del disco, y aunque la pérdida de carga es ligeramente superior a las válvulas esféricas o de compuerta, ya que éstas tienen la sección totalmente libre de obstáculos, es claramente inferior a la válvula globo, se puede observar la válvula de mariposa en la figura 1.20.



Figura 1. 20. Válvula de mariposa

- **Válvula 'macho'**

Las válvulas de 'macho' también son conocidas por su nombre inglés "Plug valves" por el obturador.

El obturador puede ser cilíndrico o cónico. Aunque las válvulas de bola son de alguna forma un tipo de válvula macho, son tratadas como otra clase.

La válvula de macho se usa en servicio de apertura/cierre y desviación de flujos, ya que pueden tener una configuración multipuerto.

Las válvulas de "macho", están diseñadas para levantar el obturador al inicio de maniobrar de la válvula, protegiendo así las superficies de sellado obturador-asiento del desgaste por rozamiento, la válvula macho se puede observar en la figura 1.21.

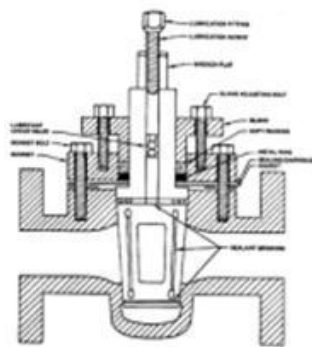


Figura 1. 21. Válvula macho.⁶

1.4.3. TUBERÍAS PVC

La denominación de tuberías PVC proviene del policloruro de vinilo, que es un polímero termoplástico. “Termoplástico” implica que a temperatura ambiente los materiales presentan características más rígidas que cuando la temperatura es aumentada. En esos casos, el material se vuelve mucho más blando y maleable, es decir, son más fáciles de manejar. A pesar de esto, no importa cuánto se fundan o moldeen, los materiales termoplásticos no alteran sus propiedades tan fácilmente.

En el caso del policloruro, éste comienza a tornarse más blando cuando está expuesto a una temperatura superior a los treinta grados. Además de tratarse de un material – de color blancuzco – el policloruro de vinilo es una resina resultante de un proceso químico denominado polimerización, sufrido por el cloruro de vinilo, de ahí su nombre.

Por otro lado, se tiene el PVC rígido, se utilizará según la necesidad y aplicación ya sea: en las tuberías, en reemplazo al hierro que se utilizaba. Igualmente su uso no está restringido a las tuberías, el PVC rígido también se lo utiliza en envases y ventanas.

⁶ <http://www.valvias.com/tipos-de-valvulas.php>

Entre los puntos a favor de las tuberías PVC se encuentra su capacidad para hacer fluir fácilmente los desechos que normalmente se arrojan. Esto se debe a que los tubos y las conexiones que se dan entre ellos tienen una superficie bastante lisa, lo cual a su vez impide por completo que se produzcan obstrucciones o atascamientos. Otra de las ventajas de las tuberías PVC es su peso ligero y sus distintas longitudes. Esto último siempre se constituye en un punto a favor si tenemos en cuenta el proceso de instalación, que muchas veces puede tornarse en una tarea sumamente ardua, los elementos de PVC se pueden observar en la figura 1.22.



Figura 1. 22. Tubería PVC⁷

1.5. SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

1.5.1. PLC

EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos.

De una manera general se puede definir al controlador lógico programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática.

⁷ <http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html>

En definitiva, al utilizar los PLC o autómatas y un software de monitoreo se puede realizar un control total sobre el proceso, de una forma totalmente automatizada, minimizando en lo posible la intervención del operario, aunque siempre ofreciendo la posibilidad de ajustar el funcionamiento del proceso mediante los numerosos parámetros de los que se dispone, debidamente detallados y proporcionando toda la información necesaria para el seguimiento del proceso.

La estructura básica de cualquier autómata programable es:

a. Estructura interna.

- Fuente de alimentación: convierte la tensión de la red, 110 ó 220 V ac a baja tensión de cc (24 V por ejemplo) que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómata.
- CPU: la Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.
- Módulo de entradas: aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, etc.). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.
- Módulo de salida: es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, motores pequeños, etc.). La información enviada por las entradas a la CPU, cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómata: relés, triac y transistores.
- Terminal de programación: la terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.
- Periféricos: ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata pero si facilitan la labor del operario.

b. Estructura externa.

Se refiere al aspecto físico exterior del autómata, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta.

Este tipo de autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.

Son los autómatas de gama baja o nanoautómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

- Estructura semimodular.

Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S.

Son los autómatas de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

- Estructura modular.

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.

La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

Son los autómatas de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

c. Funciones básicas de un PLC.

Los PLC debido a que operan en base a operaciones lógicas son normalmente usados para el control de procesos secuenciales, es decir, procesos compuestos de varias etapas consecutivas, en donde el PLC controla que las etapas se ejecuten sólo cuando se hayan cumplido una serie de condiciones fijadas en el programa.

En general, estas funciones básicas pueden ser:

Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores (motores, cilindros neumáticos) y preaccionadores (variadores, distribuidores).

Diálogo hombre máquina: Para manejar, regular, calibrar la máquina, el personal introduce mensajes y comandos y recoge informaciones del autómata.

Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.

d. Otras funciones.

Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.

Sistemas de supervisión: También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

e. Ventajas.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
No es necesario dibujar el esquema de contactos.
La lista de materiales a emplear queda sensiblemente reducida.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos (sin costo añadido en otros componentes).
- Mínimo espacio de ocupación. Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento del proceso, al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil en otras máquinas o sistemas de producción.

f. Desventajas.

- Adiestramiento de técnicos en programación de dichos dispositivos.
- La inversión inicial.

g. Campos de aplicación del plc.

EL PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplia continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales.

Las aplicaciones de PLC son normalmente hechos a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez.

Sus reducidas dimensiones, las extremas facilidades de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficiencia se aprecie fundamentalmente en procesos con necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalación de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Sus aplicaciones generales son las siguientes: maniobra de máquinas, maniobra de instalaciones y señalización y control.

Los PLC están diseñados modularmente y por lo tanto con posibilidades de módulos de expansión para satisfacer las necesidades de la industria.

1.5.2. CONTACTORES ELECTROMAGNÉTICOS

Los contactores son dispositivos electromecánicos diseñados para manejar señales eléctricas de corrientes normalmente grandes, por medio de otras señales eléctricas de corrientes pequeñas, llamadas señales de control. Pueden soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga, se puede observar el contactor electromagnético en la figura 1.23.



Figura 1. 23. Contactores electromagnéticos.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, asociada al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.

Una característica importante de un contactor es la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad o potencia. La intensidad y potencia de la bobina, naturalmente dependen del tamaño del contactor.

El tamaño de un contactor, depende de la intensidad que es capaz de establecer, soportar e interrumpir, así como del número de contactos de que dispone (normalmente cuatro).

El tamaño del contactor también depende de la tensión máxima de trabajo que puede soportar, pero esta suele ser de 660V, para los contactores de normal utilización en la industria, en la figura 1.24 se observa las partes del contactor.

a. Partes del contactor.

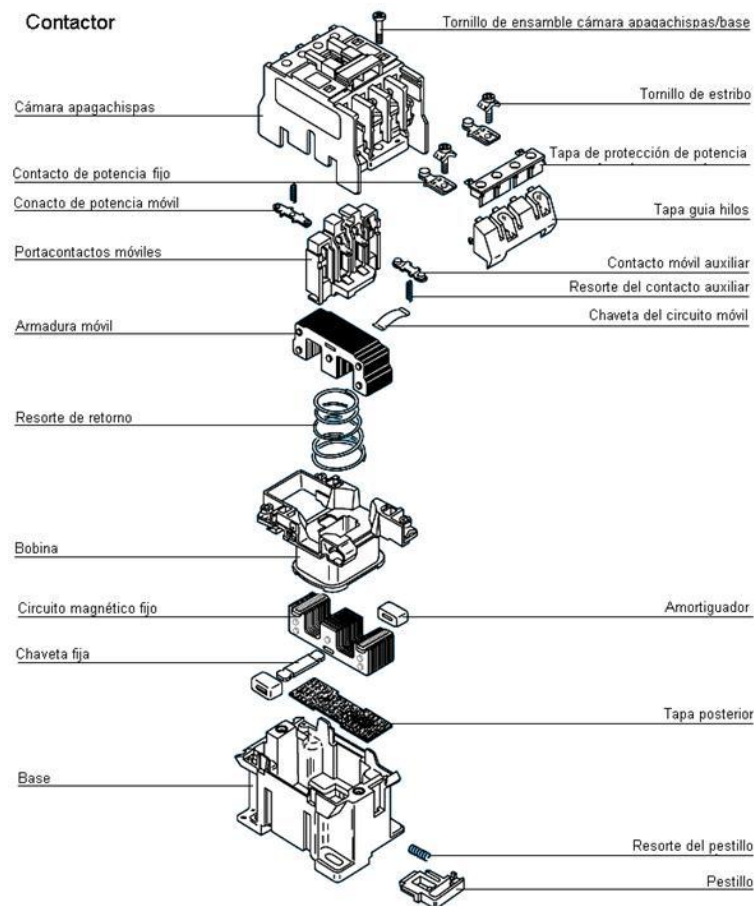


Figura 1. 24. Partes del contactor

b. Clasificación de los contactores.

Los contactores se pueden clasificar:

- **Por su construcción.**

Contadores electromecánicos: Son aquellos ya descritos que funcionan de acuerdo a principios eléctricos, mecánicos y magnéticos.

Contadores estáticos o de estado sólido: Estos contactores se construyen a base de tiristores. Estos presentan algunos inconvenientes como:

Su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario.

La potencia disipada es muy grande (30 veces superior).

Son muy sensibles a los parásitos internos y tiene una corriente de fuga importante.

Su costo es muy superior al de un contactor electromecánico equivalente.

- **Por el tipo de corriente eléctrica que alimenta la bobina.**

Contadores para AC.

Contadores para DC.

- **Por los contactos que tiene.**

Contadores principales.

Contadores auxiliares.

- **Por la carga que pueden maniobrar (categoría de empleo).**

Tiene que ver con la corriente que debe maniobrar el contactor bajo carga.

c. Categoría de empleo.

Para establecer la categoría de empleo se tiene en cuenta el tipo de carga controlada y las condiciones en las cuales se efectúan los cortes.

Las categorías más usadas en AC son:

- AC1: Cargas no inductivas (resistencias, distribución) o débilmente inductivas, cuyo factor de potencia sea por lo menos 0,95.
- AC2: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de anillos.

Al cierre el contactor establece el paso de corrientes de arranque equivalentes a más o menos 2,5 la corriente nominal del motor. A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque, con una tensión inferior o igual a la tensión de la red.

- AC3: Para el control de motores jaula de ardilla (motores de rotor en cortocircuito) que se apagan a plena marcha.

Al cierre se produce el paso de corrientes de arranque, con intensidades equivalentes a 5 o más veces la corriente nominal del motor. A la apertura corta el paso de corrientes equivalentes a la corriente nominal absorbida por el motor. Es un corte relativamente fácil.

- AC4: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de jaula.

Al cierre se produce el paso de la corriente de arranque, con intensidades equivalentes a 5 o más veces la corriente nominal del motor. Su apertura provoca el corte de la corriente nominal a una tensión, tanto mayor como tanto mayor es la velocidad del motor. Esta tensión puede ser igual a la tensión de la red. El corte es severo.

En corriente continua se encuentran cinco categorías de empleo: DC1, DC2, DC3, DC4 y DC5.

Un mismo contactor dependiendo de la categoría de empleo, puede usarse con diferentes corrientes.

d. Ventajas del uso de los contactores.

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos y por los cuales es recomendable su utilización.

- Automatización en el arranque y paro de motores.
- Posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones.
- Se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas.
- Seguridad del personal, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños.
- Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de los aparatos auxiliares de mando, como interruptores de posición, detectores inductivos, presóstatos, temporizadores, etc.
- Ahorro de tiempo al realizar maniobras prolongadas.

1.5.3. RELÉ TÉRMICO

Son elementos de protección contra sobrecargas, cuyo principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos materiales (bimetales) bajo el efecto del calor. Cuando alcanzan una temperatura determinada, accionan el sistema de contactos del relé, lo que permite gobernar la maniobra del sistema arrancador, el relé térmico se puede ver en la figura 1.25.

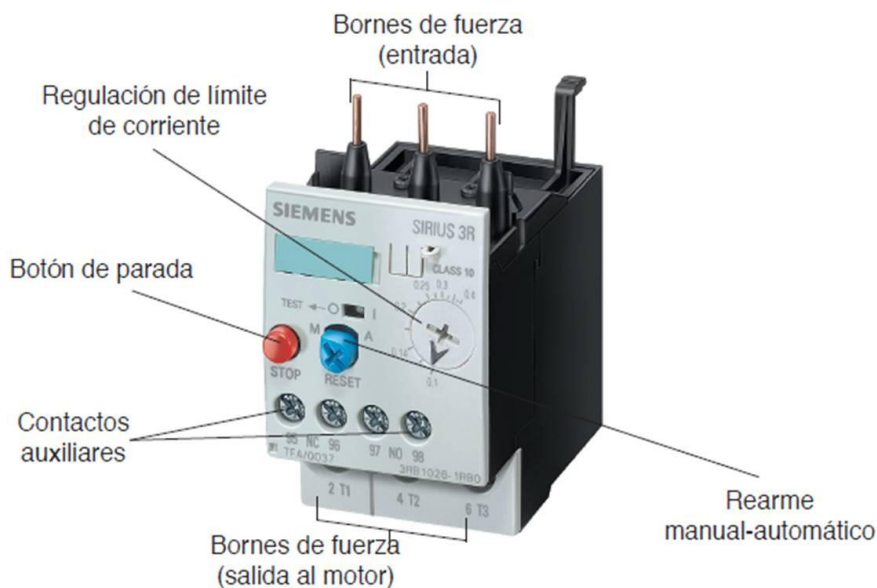


Figura 1. 25. Relé térmico

El bimetálico está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación soldados entre sí. El calor necesario para deflectar la lámina bimetálica, es producido por unas resistencias arrolladas al bimetálico, a través de las cuales circula la corriente que va de la red al motor.

Los bimetales empezarán a deformarse cuando la corriente sobrepase el valor nominal para el cual se construyeron las resistencias; este desplazamiento provoca la conmutación de los contactos auxiliares. La acción da lugar a la desenergización de la bobina y a la activación de los elementos de señalización que corresponda.

El tiempo de respuesta de los relés térmicos, es inversamente proporcional a la magnitud de corriente que circule por la resistencia arrollada en el bimetálico. A mayor intensidad, menor será el tiempo de disparo.

Todos los relés térmicos son ajustables. El ajuste debe realizarse a través de la perilla externa al valor de la corriente nominal del motor.

Una vez que el relé térmico se haya disparado, se podrá reactivar de las siguientes maneras.

- Rearme manual: con el objeto de evitar una nueva conexión en forma automática, al bajar la temperatura del bimetálico.
- Rearme automático: la reconexión del contactor podrá producirse después del enfriamiento del bimetálico. La solución para el caso en que la frecuencia de maniobras sea elevada, es ajustar el relé por encima de la intensidad nominal del motor, pero únicamente hasta ciertos valores, ya que de lo contrario la garantía de protección y eficiencia del relé se reducirá.

El ajuste de un relé térmico, es correcto, si corresponde exactamente a la intensidad nominal del motor, salvo las excepciones expuestas anteriormente.

Una regulación baja impide desarrollar la potencia total del motor, y una regulación alta no ofrecerá protección completa, si se producen las sobrecargas.

Si un relé correctamente ajustado, desconecta con mucha frecuencia el motor, será necesario disminuir la carga del motor o cambiarlo por uno de mayor rango.

El térmico actuará como protección en los siguientes casos:

- Cuando la corriente demandada por el motor sea muy alta causada por una sobrecarga mecánica.
- Cuando la corriente demandada por el motor sea muy alta, ocasionada por una caída apreciable en la tensión de alimentación, estando el motor a plena carga.
- Un arranque seguido del bloqueo del rotor de la máquina.

1.5.4. FUSIBLES

Un fusible es un dispositivo de protección contra sobre corriente, que opera quemándose el elemento sensor de corriente, debido a la circulación de una corriente superior al valor especificado, el fusible se puede observar en la figura 1.26.



Figura 1. 26. Fusibles

Las principales características de operación de un fusible son las siguientes:

- Combina el elemento sensor y de interrupción en una sola unidad.
- Su operación depende de la magnitud y duración de la corriente que fluye a través de él.
- Es un dispositivo monofásico. Sólo el fusible de la fase dañada operará, quedando las otras fases activas.
- Después de haber operado debe cambiarse, ya sea completamente o sólo el elemento sensor de corriente y las tres fases.

a. Clasificación básica.

La clasificación está dada por dos letras, de acuerdo con la Norma IEC 60269-1, la primera minúscula y la segunda mayúscula.

- La primera letra indica:

g: fusible limitador de corriente, actúa tanto en presencia de corrientes de cortocircuito como en sobrecarga.

a: fusible limitador de corriente, actúa solamente en presencia de corrientes de cortocircuito. No actúa en situaciones de sobrecarga (no es provisto del punto M de fusión).

- La segunda letra indica:

G: fusible para protección de circuitos de uso general.

L: fusible para protección específica de líneas.

M: fusible para protección específica de circuitos de motores.

R: fusible de actuación rápida o ultra-rápida para protección de circuitos con semiconductores de potencia.

De esta forma, hay fusibles de tipo gG, gL, gR, aG, aR, aM etc.

1.5.5. INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

Un interruptor termomagnético, o disyuntor termomagnético, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. El dispositivo consta de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectados en serie como se observa en la figura 1.27.



Figura 1. 27. Interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético protege contra sobrecargas y cortocircuitos, provocando la desconexión de la fuente de alimentación cuando circula a través de él, una intensidad de valor mayor a la nominal del propio interruptor.

- **Funcionamiento.**

Al circular la corriente el electroimán crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado, tiende a abrir el contacto, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado.

Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción.

Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica que, al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación, que mediante el correspondiente dispositivo mecánico, provoca la apertura del contacto.

Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

Ambos dispositivos se complementan en su acción de protección, el magnético para los cortocircuitos y el térmico para las sobrecargas. Además de esta desconexión automática, el aparato está provisto de una palanca que permite la desconexión manual de la corriente y el rearme del dispositivo automático cuando se ha producido una desconexión.

No obstante, este rearme no es posible si persisten las condiciones de sobrecarga o cortocircuito. Incluso volvería a saltar, aunque la palanca estuviese sujeta con el dedo, ya que utiliza un mecanismo independiente para desconectar la corriente y bajar la palanca. Las partes de un magneto térmico se indican en la figura 1.28.

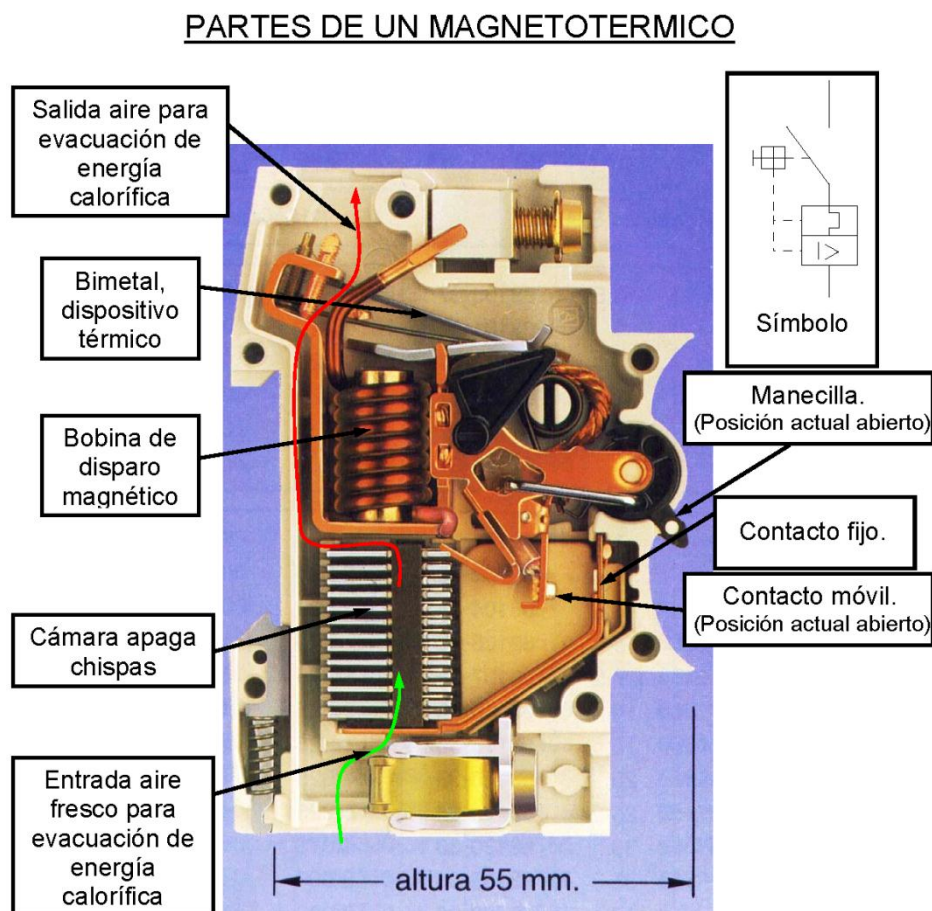


Figura 1. 28. Funcionamiento de un interruptor termomagnético.⁸

⁸ <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3438/1/T-ESPEL-0666.pdf>

1.5.6 TERMOCUPLA

Las termocuplas son los sensores de temperatura eléctricos más utilizados en la industria. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo, al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. Este sería un esquema de ejemplo de una termocupla cualquiera, como se observa en la figura 1.29.

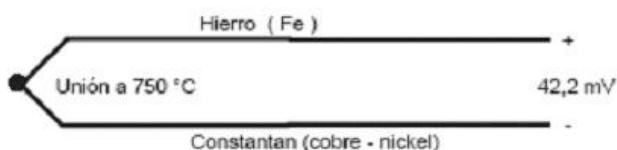


Figura 1. 29. Termocupla

Estos dispositivos suelen ir encapsulados en vainas, para protegerlos de las condiciones extremas en ocasiones del proceso industrial que tratan de ayudar a controlar, por ejemplo suele utilizarse acero inoxidable para la vaina, de manera que en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal). Además según la distancia a los aparatos encargados de tratar la pequeña señal eléctrica de estos transductores, también deben utilizarse cables compensados para transportar esta señal sin que la modifique o la modifique de una manera fácilmente reconocible y reversible para los dispositivos de tratamiento de la señal. También se da el caso de que los materiales empleados en la termocupla como el platino puro, hagan inviable económicamente extender la longitud de los terminales de medición de la termocupla. Esquema de conexión de cable compensado y termocupla se observa en la figura 1.30.

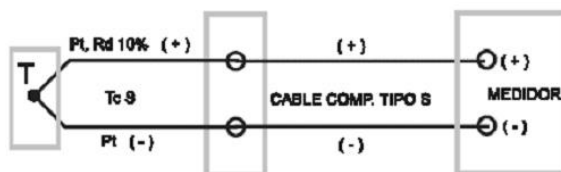


Figura 1. 30. Funcionamiento de termocupla

Los cables compensados tienen una polaridad de conexión (+) y (-) que al conectarse con la termocupla se debe respetar. Es importantísimo que estos dos cables compensados sean para el tipo de termocupla que se está usando y además estén conectados con la polaridad correcta (+) con (+) y (-) con (-). De otra forma será imposible obtener una medición sin error.⁹

⁹ http://serverdie.alc.upv.es/asignaturas/LSED/200304/0.Sens_Temp/Classify/Termocuplas.htm

II. DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN

2.1. ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA N° 1

En esta alternativa constructiva mangueras con goteros hydrogold para el riego por goteo se toman directamente de las dos mangueras primarias que se encuentran a lo largo y a cada lado de toda la florícola, una manguera principal es tomada para el riego por goteros y la otra es tomada para el riego por duchas, como el riego por duchas se va a eliminar entonces se podría tomar esa manguera para tener dos mangueras principales a las cuales se controlará la apertura o cierre de agua con una electroválvula en la entrada de la unidad de bombeo, con esta alternativa constructiva se puede regar más rápido y todos los sectores.

Esta alternativa no se la tomó en cuenta debido al control de tiempo de riego que exigía la florícola, este tiempo es diferente y los sectores más pequeños por cada variedad de las rosas, como se indica en la figura 2.1.

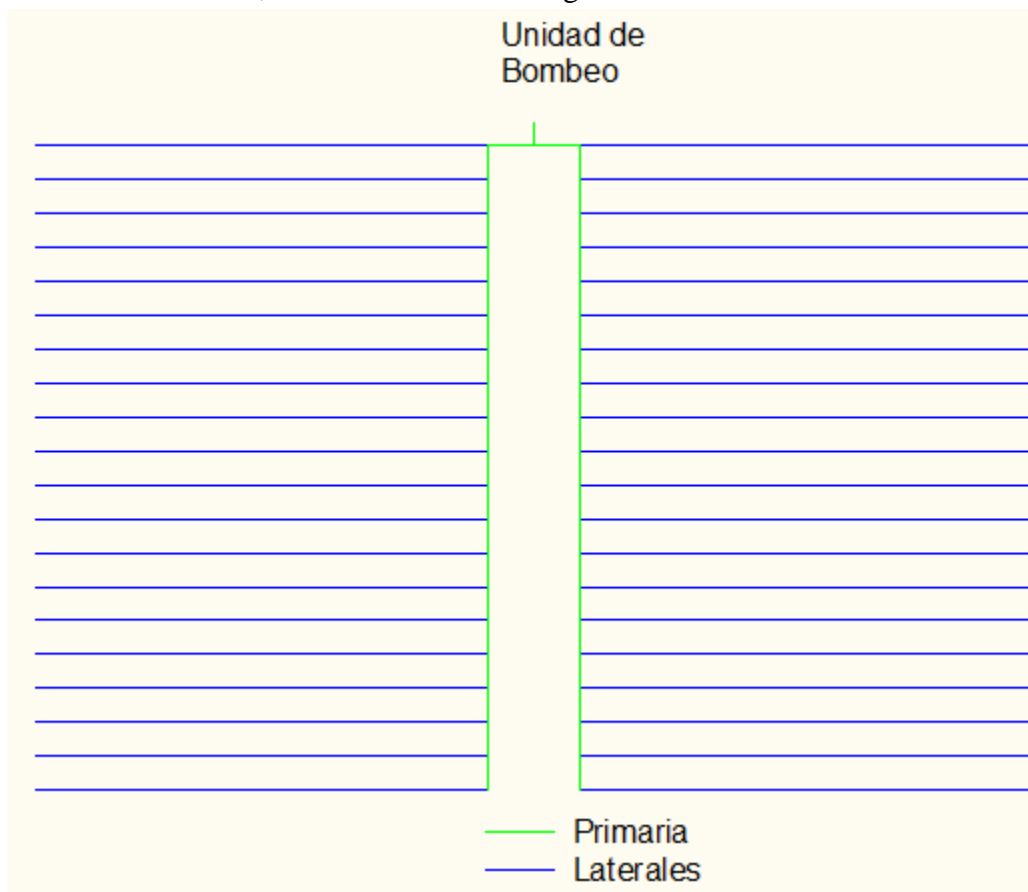


Figura 2. 1. Alternativa constructiva N°1

2.2. ALTERNATIVA N° 2

En esta alternativa constructiva, de la manguera primaria de riego se debe llevar agua a dos tramos de mangueras secundarias los cuales van a tener tapones en los extremos, una longitud igual a la distancia del sector que se va a regar y están unidas en el medio; con esto se está distribuyendo agua en un punto intermedio de las laterales. De las mangueras secundarias se toma las mangueras con goteros hydrogol para regar únicamente el sector que se desea con un tiempo independiente a los otros sectores.

Esta alternativa es la que se escogió porque con este sistema se puede regar independientemente el sector que se desea y con un tiempo definido, debido a que la variedad de rosas exige que se riegue por un tiempo y un caudal adecuado, como se indica en la a figura 2.2.

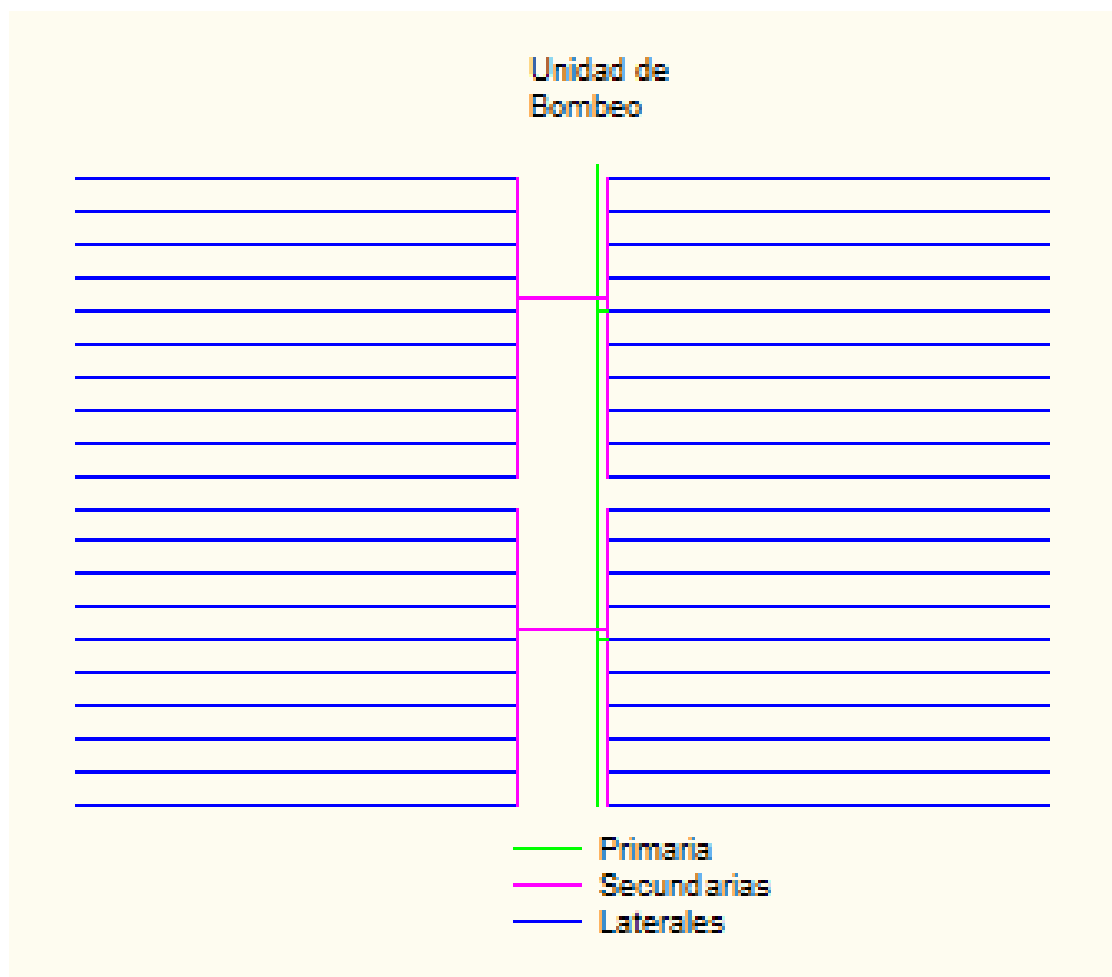


Figura 2. 2. Alternativa constructiva N°2

2.3. ALTERNATIVA N.º 3

Con el principio de la alternativa constructiva número dos, se puede regar varios sectores debido a que el tiempo de riego para cada sector es independiente y controlado.

Esta alternativa no se la utilizó ya que si se riega varios sectores que necesitan diferente tiempo de riego se produce un exceso de humedad en las plantas con menor riego, como se indica en la figura 2.3.



Figura 2. 3. Alternativa constructiva N.º3¹⁰

¹⁰ <http://www.amf.uji.es/rl2.pdf>

2.4. SISTEMA HIDRÁULICO

2.4.1. SELECCIÓN DE LA BOMBA

CÁLCULO DE PERDIDAS PARA LATERALES MANGUERAS HYDROGOL Y SECUNDARIOS Y PRINCIPAL

a) SELECCIÓN DE MANGUERAS LATERALES

Las especificaciones de las mangueras Hydrogol se muestran en la tabla 2.1.

Código de Color y L/h	Tasa de Flujo		Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared		Variación de flujo ±5%					EU 90% **				
	Diámetro (mm)/ Espesor de Pared (mil)	Nominal (L/h)*		(mil)	(mm)	Espaciamiento entre Emisores (m)					Espaciamiento entre Emisores (m)				
						0.20	0.30	0.50	0.75	1.00	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
Rosa; 0.70	12/25	0.75	10.4	25	0.65	50	70	104	140	172	80	111	165	222	272
	12/35	0.70	10.4	35	0.90	52	72	107	144	176	82	114	169	228	279
Gris; 1.0	12/25	1.00	10.4	25	0.65	43	60	89	120	147	68	94	140	189	232
	12/35	0.90	10.4	35	0.90	44	61	91	122	150	69	96	143	193	237
Verde; 2.0	12/25	2.20	10.4	25	0.65	24	34	51	68	84	40	56	83	112	137
	12/35	2.20	10.4	35	0.90	24	34	51	68	84	40	56	84	113	138
Amarillo; 3.0	12/25	3.00	10.4	25	0.65	20	28	42	56	69	32	45	68	92	112
	12/35	2.90	10.4	35	0.90	20	28	42	56	69	33	46	68	92	113
Gris; 1.0	16/35	1.10	13.8	35	0.90	70	96	141	188	230	110	151	222	297	363
	16/40	1.00	13.8	40	1.00	72	100	146	196	239	114	157	231	308	377
	16/45	1.00	13.8	45	1.10	73	100	147	197	240	115	158	233	311	380
Violeta; 1.6	16/35	1.80	13.8	35	0.90	49	68	101	134	164	78	108	159	212	259
	16/40	1.60	13.8	40	1.00	53	73	108	144	176	84	116	170	227	278
	16/45	1.50	13.8	45	1.10	55	76	112	150	183	87	120	177	236	289
Verde; 2.0	16/35	2.20	13.8	35	0.90	43	59	87	116	142	68	93	138	184	225
	16/40	2.05	13.8	40	1.00	45	62	92	123	150	71	98	145	194	237
	16/45	2.00	13.8	45	1.10	47	65	95	127	155	73	101	149	200	244
Blanco; 4.0	16/35	4.10	13.8	35	0.90	29	40	58	78	95	45	62	92	123	151
	16/40	3.90	13.8	40	1.00	30	41	61	81	99	45	62	92	123	151
	16/45	3.80	13.8	45	1.10	31	43	63	84	103	48	67	99	132	162
Azul; 8.0	16/35	8.00	13.8	35	0.90	19	26	39	52	63	30	41	56	77	100
	16/45	7.90	13.8	45	1.10	19	26	38	51	62	29	41	56	77	99
Gris; 1.2	20/40	1.20	17.6	40	1.00	98	133	194	257	312	154	210	305	405	493
	20/45	1.17	17.6	45	1.10	100	136	198	262	319	157	214	311	413	503
Verde; 2.0	20/40	2.24	17.6	40	1.00	63	86	126	167	203	100	137	199	264	322
	20/45	2.15	17.6	45	1.10	67	92	133	177	216	108	147	215	287	350
Blanco; 4.0	20/40	4.00	17.6	40	1.00	47	65	94	125	153	74	101	148	197	240
	20/45	3.90	17.6	45	1.10	47	64	94	125	152	74	102	149	197	241

Tabla 2. 1. Características del gotero hydrogol¹¹

A 1.0 bar de presión de trabajo

Presión en la entrada de la línea de goteo: 1.2 bar

$$1 \text{ bar} * \frac{10.2 \text{ m. c. a}}{1 \text{ bar}} = 10.2 \text{ m. c. a.}$$

$$1.2 \text{ bar} * \frac{10.2 \text{ m. c. a}}{1 \text{ bar}} = 12.24 \text{ m. c. a.}$$

¹¹ http://www.deere.com/es_LA/water/media/eBrochures/es/JDW%20Hydrogol%20data%20sheet%20ANSI.pdf

La fórmula del gasto se indica en la tabla 2.2.

Nombre gotero	Fabricante	Fórmula de gasto
IT-N Interlínea	Marbroer	$Q=3,95558xP^{0,454887}$
IT-S Interlínea	Marbroer	$Q=3,36957xP^{0,484893}$
MB Escobar GE3	Marbroer	$Q=3,19962xP^{-0,0745321}$
MB Escobar GAE3	Marbroer	$Q=2,96746xP^{-0,0362502}$
Interlínea 16	Amacom	$Q=3,21973xP^{0,498309}$
Interlínea 12	Amacom	$Q=3,26627xP^{0,521201}$
Hydroool	John Deere	$Q=2,96926xP^{0,490088}$
Hydro-PC	John Deere	$Q=3,74919xP^{-0,00899392}$
NYA	Prima-Ram	$Q=3,48498xP^{0,535236}$
Interlínea 16	Hidroten	$Q=3,79157xP^{0,513929}$
Interlínea desmontable	Hidroten	$Q=4,02549xP^{0,528695}$
Pinchado desmontable	Hidroten	$Q=4,17937xP^{0,506763}$
Pinchado autocompensante	Hidroten	$Q=4,36964xP^{0,121575}$
Cónico desmontable	Hidroten	$Q=3,75943xP^{0,430399}$
Interlínea 12	Hidroten	$Q=3,22552xP^{0,487763}$
AmnomDrip	NaanDanJain Ibérica	$Q=1,99524xP^{0,0276302}$
Interlínea 16	NaanDanJain Ibérica	$Q=3,60934xP^{0,463382}$
Jain Emitter	NaanDanJain Ibérica	$Q=4,2358xP^{0,482271}$
J-Turboline	NaanDanJain Ibérica	$Q=3,06543xP^{0,474679}$

Tabla 2. 2. Fórmula de gasto gotero hydrogol

$$q = K \times h^x = 2.96 \times h^{0,49}$$

Ec. (2.1) Fórmula de gasto de gotero ¹²

q=caudal del emisor en L/h

x=coeficiente del emisor

h=presión de entrada del emisor en m.c.a.

$$q = 2.96 \times (1.2 * 10.2)^{0,49} = 1.1 \frac{L}{h}$$

¹² http://www.deere.com/es_LA/water/wheretobuy/jdwlocations.html

Datos:

Los datos de la manguera laterales obsérvese en la tabla 2.1

- Caudal nominal medio: $1.1 \frac{L}{h}$
- Autocompensante, autolimpiante, antidescarga, de laberinto.
- Presión de trabajo: 1 bar – 10,2 m.c.a.
- Coeficiente de variación de fabricación (C.V.): 5%
- Longitud equivalente: 0,3 m.
- A 1.0 bar de presión de trabajo
- Presión en la entrada de la línea de goteo: 1.2 bar-12.24 m.c.a.

Uniformidad del riego (c.u.)

Según Pizarro (1996) para instalaciones sobre cultivos permanentes, con emisores espaciados menos de cuatro metros, con pendiente inferior al 2 % y clima árido el valor recomendado de U.D. es de 0,85 - 0,90.¹³

Por esto se eligió 0.90 de constante de uniformidad.

Tolerancia de caudales

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}} \right) * \frac{q_{min}}{q_a} \quad \text{Ec. (2.2) Constante de uniformidad}^{14}$$

Dónde:

C.U. = coeficiente de uniformidad (0,90)

C.V. = coeficiente de variación (0,05)

q_{min} = caudal mínimo del emisor

q_a = caudal medio de todo los emisores de la instalación. $(1.1 \frac{L}{h})$

e = número de emisores (1)

¹³ FUENTES YAGUE, JOSÉ LUIS. (2003). Técnicas de RIEGO. Mundi-Prensa. Madrid.

¹⁴ <http://www.amf.uji.es/rl2.pdf>

$$q_{\min} = \frac{CU * q_a}{\left(1 - \frac{1.27 * C}{\sqrt{e}}\right)}$$

$$q_{\min} = \frac{0.9 * 1.1 \frac{m}{s}}{\left(1 - \frac{1.27 * 0.05}{\sqrt{1}}\right)}$$

$$q_{\min} = 1.06 \frac{m}{s}$$

CÁLCULO DE PÉRDIDAS PARA LATERALES

Datos:

De acuerdo a la tabla 2.1 y al anexo B1. Desde el punto 1 hasta el punto 2.

- D = Diámetros de los portagoteros = 16/13.8 mm
- n = número de goteros = 137 gotero
- L = longitud del lateral = 41 (m)
- Le = longitud equivalente de los goteros = 0.3 m
- qa = caudal medio del gotero = $1.10 \frac{L}{h}$
- h = Presión en la entrada de la línea de goteo = 12.24
- x= exponente de descarga como el gotero es por laberinto y turbulento el exponente promedio va de (0.45 y 0.55). Para el Hydrogol es de 0.49, sensibilidad de obstrucción baja. De acuerdo a la tabla 2.2.¹⁵
- F: factor de Christiansen F es el coeficiente de Christiansen, depende del número de emisores del ramal (n = 137), del tipo de tubería (tuberías de polietileno, m = 1,75), como se manifiesta en la tabla 2.3.¹⁶

¹⁵ <http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/546/14/Anejo%2010.pdf>

¹⁶ <http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/546/14/Anejo%2010.pdf>

n	Exponente m					
	1	1.75	1.8	1.85	1.9	2
1	1.000	1.008	1.006	1.005	1.003	1.000
2	0.750	0.650	0.644	0.639	0.634	0.625
3	0.667	0.546	0.540	0.535	0.529	0.519
4	0.625	0.498	0.491	0.485	0.480	0.469
5	0.600	0.469	0.463	0.457	0.451	0.440
6	0.583	0.451	0.445	0.438	0.433	0.421
7	0.571	0.438	0.432	0.425	0.419	0.408
8	0.563	0.428	0.422	0.416	0.410	0.398
9	0.556	0.421	0.415	0.408	0.402	0.391
10	0.550	0.415	0.409	0.402	0.396	0.385
11	0.545	0.410	0.404	0.398	0.392	0.380
12	0.542	0.405	0.400	0.394	0.388	0.376
13	0.538	0.403	0.396	0.390	0.384	0.373
14	0.536	0.400	0.394	0.387	0.381	0.370
15	0.533	0.398	0.391	0.385	0.379	0.367
16	0.531	0.395	0.389	0.383	0.377	0.365
17	0.529	0.394	0.387	0.381	0.375	0.363
18	0.528	0.392	0.385	0.379	0.373	0.362
19	0.526	0.390	0.384	0.378	0.372	0.360
20	0.525	0.389	0.383	0.376	0.370	0.359
22	0.523	0.387	0.380	0.374	0.368	0.356
24	0.521	0.385	0.378	0.372	0.366	0.354
26	0.519	0.383	0.377	0.370	0.364	0.353
28	0.518	0.382	0.375	0.369	0.363	0.351
30	0.517	0.380	0.374	0.368	0.362	0.350
35	0.514	0.378	0.372	0.365	0.359	0.348
40	0.513	0.376	0.370	0.363	0.357	0.346
45	0.511	0.375	0.368	0.362	0.356	0.345
50	0.510	0.374	0.367	0.361	0.355	0.343
55	0.509	0.373	0.366	0.360	0.354	0.342
60	0.508	0.372	0.366	0.359	0.353	0.342
70	0.507	0.371	0.364	0.358	0.352	0.341
80	0.506	0.370	0.363	0.357	0.351	0.340
90	0.506	0.369	0.363	0.356	0.350	0.339
100	0.505	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338
125	0.504	0.368	0.361	0.355	0.349	0.337
150	0.503	0.367	0.360	0.354	0.348	0.337
200	0.503	0.366	0.360	0.353	0.347	0.336
250	0.502	0.366	0.359	0.353	0.347	0.335
300	0.502	0.365	0.359	0.353	0.346	0.335
∞	0.500	0.364	0.357	0.351	0.345	0.333

Tabla 2. 3. Coeficiente de Christiansen¹⁷

$Q = n * q_a$ Ec. (2.3) Caudal del lateral¹⁸

$Q = 137 * 1.10 \frac{L}{h} = 150.7$ Caudal del ramal en $\frac{L}{h}$

$L_f = L + (n * L_e) =$ longitud ficticia Ec. (2.4) Longitud ficticia lateral¹⁹

$L_f = 41 + (137 * 0.3)$

$h_f = 0.465 * Q^{1.75} * D^{-4.75} * L_f * F$ Ec. (2.5) Pérdida de carga en la tubería (m.c.a.)²⁰

$h_f = 0.465 * 150.7^{1.75} * 13.8^{-4.75} * 41 + (137 * 0.3) * 0.367$

¹⁷ <http://www.amf.uji.es/rl2.pdf>

¹⁸ <http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/546/14/Anejo%2010.pdf>

¹⁹ <http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/546/14/Anejo%2010.pdf>

²⁰ <http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/546/14/Anejo%2010.pdf>

$h_f = 0.35$ m.c.a. en el ramal con más pérdidas lo más crítico. Pérdidas por fricción.

Pérdidas por cargas admisibles en el ramal:

$$h_a = \frac{0.055}{x} * h = \frac{0.055}{0.49} * 12.24 = 1.37 \quad \text{Ec. (2.6) Pérdidas de carga admisibles}^{21}$$

Las pérdidas de carga son menores a las cargas admisibles.

$0.35 < 1.37$ Entonces el gotero Hydrogol 16/13.8 está bien seleccionado.

Presión en el origen del Lateral

$$P_0 = P_m + 0.73h_f \quad \text{Ec. (2.7) Presión origen lateral}^{22}$$

P_0 = Presión en el origen del lateral

P_m = Presión de trabajo del gotero

h_f = Pérdida de la carga en el lateral

$$P_0 = 10.2 \text{ m. c. a.} + 0.73(0.35 \text{ m. c. a.})$$

$P_0 = 10.45$ m. c. a. Presión de origen lateral

Obsérvese en el anexo B1 es la presión en el punto 2.

a) SELECCIÓN DE MANGUERAS DEL SECUNDARIO Y PRIMARIAS

Datos:

$Q = 1.10 \frac{\text{L}}{\text{h}} * 8031 \text{ goteros} = 8834,1 \frac{\text{L}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2.45 \frac{\text{L}}{\text{s}}$ De acuerdo al anexo B3 se selecciona el sector con mayor número de goteros.

La selección se realizará de acuerdo a la tabla 2.4.

²¹FUENTES YAGUE, JOSÉ LUIS. (2003). Técnicas de RIEGO. Mundi-Prensa. Madrid.

²²FUENTES YAGUE, JOSÉ LUIS. (2003). Técnicas de RIEGO. Mundi-Prensa. Madrid.

Perda de carga em tubulação comum de água

Algarismos superiores indicam a velocidade da água em m/s.

Algarismos inferiores indicam perda de carga em metros por 100 metros de tubulação reta.

Quantidade de água			Perda de carga em tubulação comum de água											
m ³ /h	litros/min.	lros/seg.	Diâmetro nominal da tubulação em polegadas e diâmetro interno em [mm]											
			½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	3½"	4"	5"	6"
			15,75	21,25	27,00	35,75	41,25	52,50	68,00	80,25	92,50	105,0	130,0	155,5
0,6	10	0,16	0,855 9,910	0,470 2,407	0,292 0,784									
0,9	15	0,25	1,282 20,11	0,705 4,862	0,438 1,570	0,249 0,416								
1,2	20	0,33	1,710 33,53	0,940 8,035	0,584 2,588	0,331 0,677	0,249 0,346							
1,5	25	0,42	2,138 49,93	1,174 11,91	0,730 3,834	0,415 1,004	0,312 0,510							
1,8	30	0,50	2,565 69,34	1,409 16,50	0,876 5,277	0,498 1,379	0,374 0,700	0,231 0,223						
2,1	35	0,58	2,993 91,54	1,644 21,75	1,022 6,949	0,581 1,811	0,436 0,914	0,269 0,291						
2,4	40	0,67	1,879 27,66	1,168 8,820	0,664 2,290	0,499 1,160	0,308 0,368							
3,0	50	0,83	2,349 41,40	1,460 13,14	0,830 3,403	0,623 1,719	0,385 0,544	0,229 0,159						
3,6	60	1,00	2,819 57,74	1,751 18,28	0,996 4,718	0,748 2,375	0,462 0,751	0,275 0,218						
4,2	70	1,12	3,288 76,49	2,043 24,18	1,162 6,231	0,873 3,132	0,539 0,988	0,321 0,287	0,231 0,131					
4,8	80	1,33		2,335 30,87	1,328 7,940	0,997 3,988	0,616 1,254	0,367 0,363	0,263 0,164					
5,4	90	1,50		2,627 38,30	1,494 9,828	1,122 4,927	0,693 1,551	0,413 0,449	0,269 0,203					
6,0	100	1,67		2,919 46,49	1,660 11,90	1,247 5,972	0,770 1,875	0,459 0,542	0,329 0,244	0,248 0,124				
7,5	125	2,08		3,649 70,41	2,075 17,93	1,558 8,967	0,962 2,802	0,574 0,809	0,412 0,365	0,310 0,185	0,241 0,101			
9,0	150	<u>2,50</u>		4,490 25,11	2,490 12,53	1,154 3,903	0,668 1,124	0,494 0,506	0,372 0,256	0,289 0,140				
10,5	175	2,92		2,904 33,32	2,182 16,66	1,347 5,179	0,803 1,488	0,576 0,670	0,434 0,338	0,337 0,184				
12	200	3,33		3,319 42,75	2,493 21,36	1,539 6,624	0,918 1,901	0,659 0,855	0,496 0,431	0,385 0,234	0,251 0,084			
15	250	4,17		4,149 64,86	3,117 32,32	1,924 10,03	1,147 2,860	0,823 1,282	0,620 0,646	0,481 0,350	0,314 0,126			
18	300	5,00		3,740 45,52	2,309 14,04	1,377 4,009	0,988 1,792	0,744 0,903	0,577 0,488	0,377 0,175	0,263 0,074			
24	400	6,67		4,987 78,17	3,078 14,04	1,836 24,04	1,317 6,828	0,992 3,053	0,770 1,530	0,502 0,829	0,351 0,294	0,124		
30	500	8,33		3,740 36,71	2,309 10,40	1,377 4,622	0,988 1,422	0,744 2,315	0,577 1,254	0,377 0,445	0,263 0,187			
36	600	10,0		4,618 51,84	2,753 14,62	1,976 6,505	1,488 3,261	1,155 1,757	0,753 0,623	0,526 0,260				
42	700	11,7					3,212 19,52	2,306 8,693	1,736 4,356	1,347 2,345	0,879 0,831	0,614 0,347		
48	800	13,3					3,671 25,20	2,635 11,18	1,984 5,562	1,540 3,009	1,005 1,066	0,702 0,445		
54	900	15,0					4,130 31,51	2,964 13,97	2,232 6,983	1,732 3,762	1,130 1,328	0,790 0,555		
60	1000	16,7					4,589 38,43	3,294 17,06	2,480 8,521	1,925 4,595	1,256 1,616	0,877 0,674		
75	1250	20,8						4,117 26,10	3,100 13,00	2,406 7,010	1,570 2,458	1,097 1,027		
90	1500	25,0						4,941 36,97	3,720 18,42	2,887 9,892	1,883 3,468			
105	1750	29,2							4,340 24,76	3,368 13,30	2,197 4,665	1,535 1,934		
120	2000	33,3							4,960 31,94	3,850 17,16	2,511 5,995	1,754 2,496		
150	2500	41,7								4,812 26,26	3,139 9,216	2,193 3,807		
180	3000	50,0									3,767 13,05	2,632 5,417		
240	4000	66,7										5,023 22,72	3,509 8,926	
300	5000	83,3											4,386 14,42	

Tabla 2. 4. Característica de tubería²³

²³ Anexos D.

CÁLCULO DE PÉRDIDAS PARA SECUNDARIOS

Datos:

De acuerdo a la tabla 2.4 al anexo B1. Desde el punto 2 hasta el punto 3.

- D = Diámetro de los secundarios = 38.1 mm
- n = número de Laterales = 18
- Longitud secundario= 10.42 (m) a la parte más alejada y con más laterales
- F: factor de Christiansen F es el coeficiente de Christiansen, depende del número de emisores del ramal (n = 18), del tipo de tubería (tuberías de polietileno, m = 1,75), como se manifiesta en la tabla 2.3.

n	Exponente m					
	1	1.75	1.8	1.85	1.9	2
1	1.000	1.008	1.006	1.005	1.003	1.000
2	0.750	0.650	0.644	0.639	0.634	0.625
3	0.667	0.546	0.540	0.535	0.529	0.519
4	0.625	0.498	0.491	0.485	0.480	0.469
5	0.600	0.469	0.463	0.457	0.451	0.440
6	0.583	0.451	0.445	0.438	0.433	0.421
7	0.571	0.438	0.432	0.425	0.419	0.408
8	0.563	0.428	0.422	0.416	0.410	0.398
9	0.556	0.421	0.415	0.408	0.402	0.391
10	0.550	0.415	0.409	0.402	0.396	0.385
11	0.545	0.410	0.404	0.398	0.392	0.380
12	0.542	0.406	0.400	0.394	0.388	0.376
13	0.538	0.403	0.396	0.390	0.384	0.373
14	0.536	0.400	0.394	0.387	0.381	0.370
15	0.533	0.398	0.391	0.385	0.379	0.367
16	0.531	0.395	0.389	0.383	0.377	0.365
17	0.529	0.394	0.387	0.381	0.375	0.363
18	0.528	0.392	0.385	0.379	0.373	0.362
19	0.526	0.390	0.384	0.378	0.372	0.360
20	0.525	0.389	0.383	0.377	0.371	0.359
22	0.523	0.387	0.380	0.374	0.368	0.356
24	0.521	0.385	0.378	0.372	0.366	0.354
26	0.519	0.383	0.377	0.370	0.364	0.353
28	0.518	0.382	0.375	0.369	0.363	0.351
30	0.517	0.380	0.374	0.368	0.362	0.350
35	0.514	0.378	0.372	0.365	0.359	0.348
40	0.513	0.376	0.370	0.363	0.357	0.346
45	0.511	0.375	0.368	0.362	0.356	0.345
50	0.510	0.374	0.367	0.361	0.355	0.343
55	0.509	0.373	0.366	0.360	0.354	0.342
60	0.508	0.372	0.366	0.359	0.353	0.342
70	0.507	0.371	0.364	0.358	0.352	0.341
80	0.506	0.370	0.363	0.357	0.351	0.340
90	0.506	0.369	0.363	0.356	0.350	0.339
100	0.505	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338
125	0.504	0.368	0.361	0.355	0.349	0.337
150	0.503	0.367	0.360	0.354	0.348	0.337
200	0.503	0.366	0.360	0.353	0.347	0.336
250	0.502	0.366	0.359	0.353	0.347	0.335
300	0.502	0.365	0.359	0.353	0.346	0.335
∞	0.500	0.364	0.357	0.351	0.345	0.333

$Q = \text{Número de laterales} * \text{Caudal de cada lateral}$ Ec. (2.8) Caudal secundario

$$Q = 18 * 150.7 \frac{L}{h} = 2712.6 \frac{L}{h}$$

$$L_e = \frac{(0.5 \text{ de cama} + 0.6 \text{ de surco}) * 9}{\text{espacios}} = \frac{9.9}{18} = 0.55 \text{m}$$

$L_f = L + (n * L_e) = \text{longitud ficticia}$

$$L_f = 10.42 + (18 * 0.55)$$

$h_f = 0.465 * Q^{1.75} * D^{-4.75} * L_f * F$ Pérdida de carga en la tubería (m.c.a.)

$$h_f = 0.465 * 2712.6^{1.75} * 46.4^{-4.75} * 10.42 + (18 * 0.55) * 0.392$$

$h_f = 0.45$ m.c.a. pérdidas secundarias desde el punto de origen del lateral hasta el punto de la válvula, como son cuatro partes las que se unen en la válvula se multiplica por cuatro las pérdidas, hay que tomar en cuenta el desnivel geométrico de acuerdo a la figura 2.4.

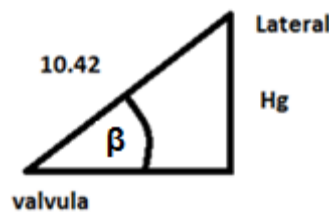


Figura 2. 4. Desnivel geométrico

$\beta =$ Inclinación del terreno

$$\text{sen } 3.2^\circ = \frac{H_g}{10.42}$$

$$H_g = 0.58 \text{ m}$$

$$P_0 = P_0 + 0.73h_f + \frac{H_g}{2} \quad \text{Ec. (2.9) Presión origen secundario}^{24}$$

$H_g =$ desnivel geométrico (signo + cuando es ascendente
– cuando es descendente)

²⁴ FUENTES YAGUE, JOSÉ LUIS. (2003). Técnicas de RIEGO. Mundi-Prensa. Madrid.

P_0 = Presión en el origen secundaria

P_0 = Presión en el origen del lateral

h_f = Pérdidas de las cargas en las terciarias

$$P_0 = 10.45 \text{ m. c. a.} + 0.73(0.45 \text{ m. c. a.} * 4) + \frac{0.58}{2}$$

$P_0 = 12.05 \text{ m. c. a.}$ Presión en el origen secundaria

Obsérvese en el anexo B1 es la presión en el punto 3.

CALCULO DE PÉRDIDAS PARA EL PRIMARIO

Datos:

$$Q = 2.45 \frac{\text{L}}{\text{s}} \quad V = 2.1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ De acuerdo a la tabla 2.4}$$

Las pérdidas de cargas por tubería se indican en la figura 2.5.

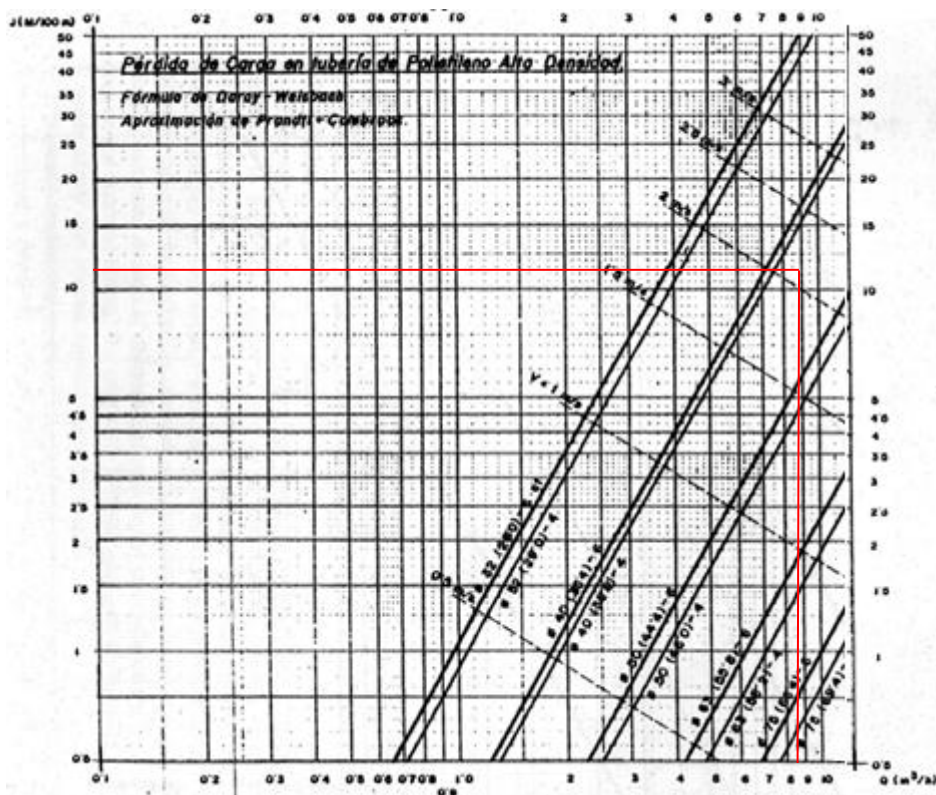


Figura 2. 5. Pérdidas de carga en tuberías

$$J = \frac{12.5 \text{ m. c. a.}}{100 \text{ m}}$$

$$J = 0.12 \frac{\text{m. c. a.}}{\text{m}}$$

La longitud ficticia es igual a la longitud real

$$h_f = J * L_f \quad \text{Ec. (2.10) Pérdidas de carga en tuberías.}^{25}$$

h_f = Pérdidas por carga

L_f = Longitud

J = Pérdidas de carga unitaria

$L_f = 147.3$ sumatoria de longitudes hasta la Válvula 10 desde la entrada de la florícola desde el punto 3 hasta el punto 4, de acuerdo al anexo B1.

$$h_f = 0.12 \frac{\text{m. c. a.}}{\text{m}} * 147.3 \text{ m}$$

$$h_f = 17.6 \text{ m.c.a}$$

P_o = Presión de origen en la secundaria + h_f

$$P_o = 12.05 \text{ m. c. a} + 17,6 \text{ m. c. a}$$

$$P_o = 29.72 \text{ m. c. a}$$

Obsérvese en el anexo B1 es la presión en el punto 4.

PARA SELECCIÓN DE BOMBA²⁶

Datos

$$Q = 1.10 \frac{\text{L}}{\text{h}} * 8031 \text{ goteros} = 8834,1 \frac{\text{L}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2.45 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$2.45 \frac{\text{L}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} = 0.00245 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 8.83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Diámetro de la descarga $1 \frac{1}{2}$ pulgadas

²⁵ FUENTES YAGUE, JOSÉ LUIS. (2003). Técnicas de RIEGO. Mundi-Prensa. Madrid.

²⁶ MOTT, ROBERT. (2006). Mecánica de fluidos. PEARSON educación, México.

SUCCIÓN

$$2\text{plg} * \frac{2.54\text{cm}}{1\text{plg}} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 0.0508\text{m}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * \left(\frac{0.0508\text{m}}{2}\right)^2$$

$$A = 0.0020 \text{ m}^2$$

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.00245 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.002027\text{m}^2}$$

$$V_s = 1.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

DESCARGA

$$1.5\text{plg} * \frac{2.54\text{cm}}{1\text{plg}} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 0.0381\text{m}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * \left(\frac{0.0381\text{m}}{2}\right)^2$$

$$A = 0.00114 \text{ m}^2$$

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.00245 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.00114\text{m}^2}$$

$$V_D = 2.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Las velocidades recomendadas se indican en la tabla 2.5.

Tipo de servicio	Rango recomendado de velocidad	
	pie/s	m/s
Líneas de succión	2–4	0.6–1.2
Líneas de retorno	4–13	1.5–4
Líneas de descarga	7–18	2–5.5

Tabla 2. 5. Velocidades en tuberías

Las propiedades del agua se indican según la tabla 2.6.

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Tabla 2. 6. Propiedades del agua²⁷

²⁷ MOTT, ROBERT. (2006). Mecánica de fluidos. PEARSON educación, México.

$$\gamma = 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

$$\nu = 1.15 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

SUCCIÓN

$$N_R = \frac{V_s D}{\nu}$$

Ec. (2.11) Número de Reynolds

$$N_R = \frac{1.20 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.05\text{m}}{1.15 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$N_R = 52173.9$$

Si $N_R < 2000$, el flujo es laminar.

Si $N_R > 4000$, el flujo es turbulento.

$$N_R = 52173.9 > 4000 \text{ Turbulento}$$

El coeficiente de rugosidad se indica en la tabla 2.7.

Material	Coficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C _H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

(Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods)

Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad

Tabla 2. 7. Coeficientes de rugosidad²⁸

²⁸[http://fians.uat.edu.mx/catedraticos/gsanchez/Hidr%C3%A1ulica%20de%20Tuber%C3%ADas%20A%20y%20B/Tablas%20y%20Gr%C3%A1ficas/Coeficientes%20de%20Rugosidad%20\(Haestad\).pdf](http://fians.uat.edu.mx/catedraticos/gsanchez/Hidr%C3%A1ulica%20de%20Tuber%C3%ADas%20A%20y%20B/Tablas%20y%20Gr%C3%A1ficas/Coeficientes%20de%20Rugosidad%20(Haestad).pdf)

$$\varepsilon = \text{rugosidad} = 0.0015\text{mm} * \frac{1\text{m}}{100\text{mm}} = 1.5 * 10^{-6}\text{m}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.7\left(\frac{D}{\varepsilon}\right)} + \frac{5.54}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec. (2.12) Factor de fricción flujo turbulento}^{29}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.7\left(\frac{0.05\text{m}}{1.5 * 10^{-6}\text{m}}\right)} + \frac{5.54}{52173.9^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0205$$

$$h_{LP} = f * \frac{L}{D} * \frac{V_S^2}{2g} \quad \text{Ec. (2.13) Ecuación de Darcy}^{30}$$

$$h_{LP} = 0.0205 * \frac{11.5\text{m}}{0.05\text{m}} * \frac{1.20^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$h_{LPS} = 0.346\text{m}$ De acuerdo al anexo B1 desde el punto 5 al punto 6.

DESCARGA

$$N_R = \frac{V_D D}{\nu}$$

$$N_R = \frac{2.14 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.038\text{m}}{1.15 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$N_R = 70713$$

$$N_R = 70713 > 4000$$

Si $N_R < 2000$, el flujo es laminar.

Si $N_R > 4000$, el flujo es turbulento.

²⁹ MOTT, ROBERT. (2006). Mecánica de fluidos. PEARSON educación, México.

³⁰ MOTT, ROBERT. (2006). Mecánica de fluidos. PEARSON educación, México.

$$\varepsilon = \text{rugosidad} = 0.0015\text{mm} * \frac{1\text{m}}{100\text{mm}} = 1.5 * 10^{-6}\text{m}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.7\left(\frac{D}{\varepsilon}\right)} + \frac{5.54}{N_R^{0.9}}\right) \right]^2} \quad \text{Factor de Fricción Flujo turbulento}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.7\left(\frac{0.038\text{m}}{1.5 * 10^{-6}\text{m}}\right)} + \frac{5.54}{70713^{0.9}}\right) \right]^2}$$

$$f = 0.019$$

$$h_{LP} = f * \frac{L}{D} * \frac{V_S^2}{2g} \quad \text{Ecuación de Darcy}$$

$$h_{LP} = 0.019 * \frac{22.82\text{m}}{0.038\text{m}} * \frac{2.14^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$h_{LPD} = 2.66 \text{ m}$ De acuerdo al anexo B1 desde el punto 4 hasta el punto 5.

$$h_{LPD} = 29.72\text{m} + 2.66 = 32.38$$

$$h_{LPTOTAL} = h_{LPS} + h_{LPD}$$

$$h_{LPTOTAL} = 32.38 + 0.346$$

$$h_{LPTOTAL} = 32.72 \text{ m}$$

PÉRDIDAS EN ACCESORIOS

Resistencia de válvulas y acoplamientos, expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D , como se indica en la tabla 2.8 y el anexo B1.

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
¾ abierta	35
½ abierta	160
¼ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150

Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
10 a 14 pulg	35
16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Te estándar—con flujo directo	20
con flujo en el ramal	60

Tabla 2. 8. Pérdidas en accesorios ³¹

SUCCIÓN

$$h_{LS} = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

Ec. (2.14) Ecuación de pérdidas

- **Entrada**

$$h_{LS} = 1 * \frac{1.20^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 0.07$$

- **Válvula de pie**

$$K = \left(\frac{L_{eq}}{D} \right) * f$$

Ec. (2.15) Ecuación pérdidas accesorios

$$K = 420 * 0.0205$$

$$K = 8.61$$

$$h_{LS} = 8.61 * \frac{1.20^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 0.63m$$

$$h_{LSS} = 0.7m$$

³¹ MOTT, ROBERT. (2006). Mecánica de fluidos. PEARSON educación, México.

DESCARGA

- **T (tramo)**

$$K = \left(\frac{L_{eq}}{D}\right) * f$$

$$K = 20 * 0.019$$

$$K = 0.38$$

$$h_{LS} = 0.38 * \frac{2.14^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 0.088m$$

Hay 2 T por tramo

$$h_{LS} = 0.088m * 2$$

$$h_{LS} = 0.177m$$

- **T (ramal)**

$$K = \left(\frac{L_{eq}}{D}\right) * f$$

$$K = 60 * 0.019$$

$$K = 1.14$$

$$h_{LS} = 1.14 * \frac{2.14^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 0.26m$$

Hay 5 T por ramal

$$h_{LS} = 0.26m * 5$$

$$h_{LS} = 1.33m$$

- **Codos 90°**

$$K = \left(\frac{L_{eq}}{D}\right) * f$$

$$K = 30 * 0.019$$

$$K = 0.57$$

$$h_{LS} = 0.57 * \frac{2.14^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 0.13m$$

Hay 5 codos 90°

$$h_{LS} = 0.13m * 5$$

$$h_{LS} = 0.66m$$

- **Válvula de bola**

$$K = \left(\frac{L_{eq}}{D}\right) * f$$

$$K = 340 * 0.019$$

$$K = 6.46$$

$$h_{LS} = 6.46 * \frac{2.14^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 1.5m$$

- **Válvula de Compuerta**

$$K = \left(\frac{L_{eq}}{D}\right) * f$$

$$K = 8 * 0.019$$

$$K = 0.15$$

$$h_{LS} = 0.15 * \frac{2.14^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 0.03m$$

- **Filtro**

$$h_{LS} = 5 * \frac{2.14^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 1.16m$$

- **Reducción Gradual**

$$\frac{0.038}{0.025} = 1.5 \rightarrow 30^\circ$$

TABLA 10.2 Coeficiente de resistencia-expansión gradual.

D_2/D_1	Ángulo del cono θ											
	2°	6°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	60°
1.1	0.01	0.01	0.03	0.05	0.10	0.13	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.23
1.2	0.02	0.02	0.04	0.09	0.16	0.21	0.25	0.29	0.31	0.33	0.35	0.37
1.4	0.02	0.03	0.06	0.12	0.23	0.30	0.36	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53
1.6	0.03	0.04	0.07	0.14	0.26	0.35	0.42	0.47	0.51	0.54	0.57	0.61
1.8	0.03	0.04	0.07	0.15	0.28	0.37	0.44	0.50	0.54	0.58	0.61	0.65
2.0	0.03	0.04	0.07	0.16	0.29	0.38	0.46	0.52	0.56	0.60	0.63	0.68
2.5	0.03	0.04	0.08	0.16	0.30	0.39	0.48	0.54	0.58	0.62	0.65	0.70
3.0	0.03	0.04	0.08	0.16	0.31	0.40	0.48	0.55	0.59	0.63	0.66	0.71
∞	0.03	0.05	0.08	0.16	0.31	0.40	0.49	0.56	0.60	0.64	0.67	0.72

Fuente: King, H.W. y E. F. Brater. 1963. *Handbook of Hydraulics*, 5a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, tabla 6-8.

Tabla 2. 9. Coeficiente de resistencia – expansión gradual

$K = 0.39$ Interpolando

$$h_{LS} = 0.39 * \frac{2.14^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{LS} = 0.09m$$

$$h_{LSD} = 4.94m$$

$$h_{LSTOTAL} = h_{LSS} + h_{LSD}$$

$$h_{LPTOTAL} = 0.7\text{m} + 4.94\text{m}$$

$$h_{LPTOTAL} = 5.64\text{m}$$

$$h_{LTOTAL} = h_{LSTOTAL} + h_{LPTOTAL}$$

$$h_{LTOTAL} = 32.072\text{m} + 5.64\text{m}$$

$$h_{LTOTAL} = 37.71\text{ m}$$

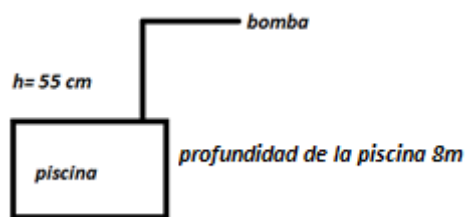
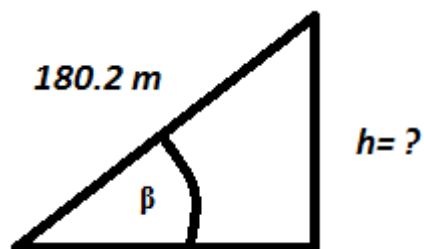


Figura 2. 6. Diagrama de bombeo

Altura del terreno



B= Inclinación del terreno

$$\text{sen } 3.2^\circ = \frac{h}{180.2}$$

$$h = 10.05$$

$$P_1 = 42 \text{ Psi} * \frac{6.89 \text{ KPa}}{1 \text{ Psi}} = \mathbf{289.38 \text{ KPa}}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ec (2.14) Ecuación de Bernoulli}$$

$$P_2 = P_1 + \gamma \left((Z_1 - Z_2) + \left(\frac{(V_1)^2 - (V_2)^2}{2g} \right) \right)$$

$$P_2 = 289.38 \text{ KPa} + 9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \left((0.55 - 10.05) \text{m} + \left(\frac{(1.20)^2 - (2.14)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 * (9.81) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) \right)$$

$$\mathbf{P_2 = 194.61 \text{ KPa}}$$

$$194.61 \text{ Kpa} * \frac{1 \text{ psi}}{6.89 \text{ KPa}}$$

$$P_2 = 28.24 \text{ psi}$$

$$P_2 < P_1$$

$$28.24 \text{ psi} < 42 \text{ psi}$$

$$h_B = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{(V_2)^2 - (V_1)^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + h_{L \text{ TOTAL}}$$

$$h_B = \frac{(194.61 - 289.38) \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{9.81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}} + \frac{((2.14)^2 - (1.20)^2) \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (10.05 - 0.55) \text{m} + 37.71 \text{m}$$

$$h_B = -9.6 \text{m} + 0.16 \text{m} + 9.5 \text{m} + 37.71 \text{m}$$

$$h_B = 37.7 \text{ m}$$

La selección de la Bomba se realiza según la altura de bombeo y el caudal, como se demuestra en la figura 2.7.

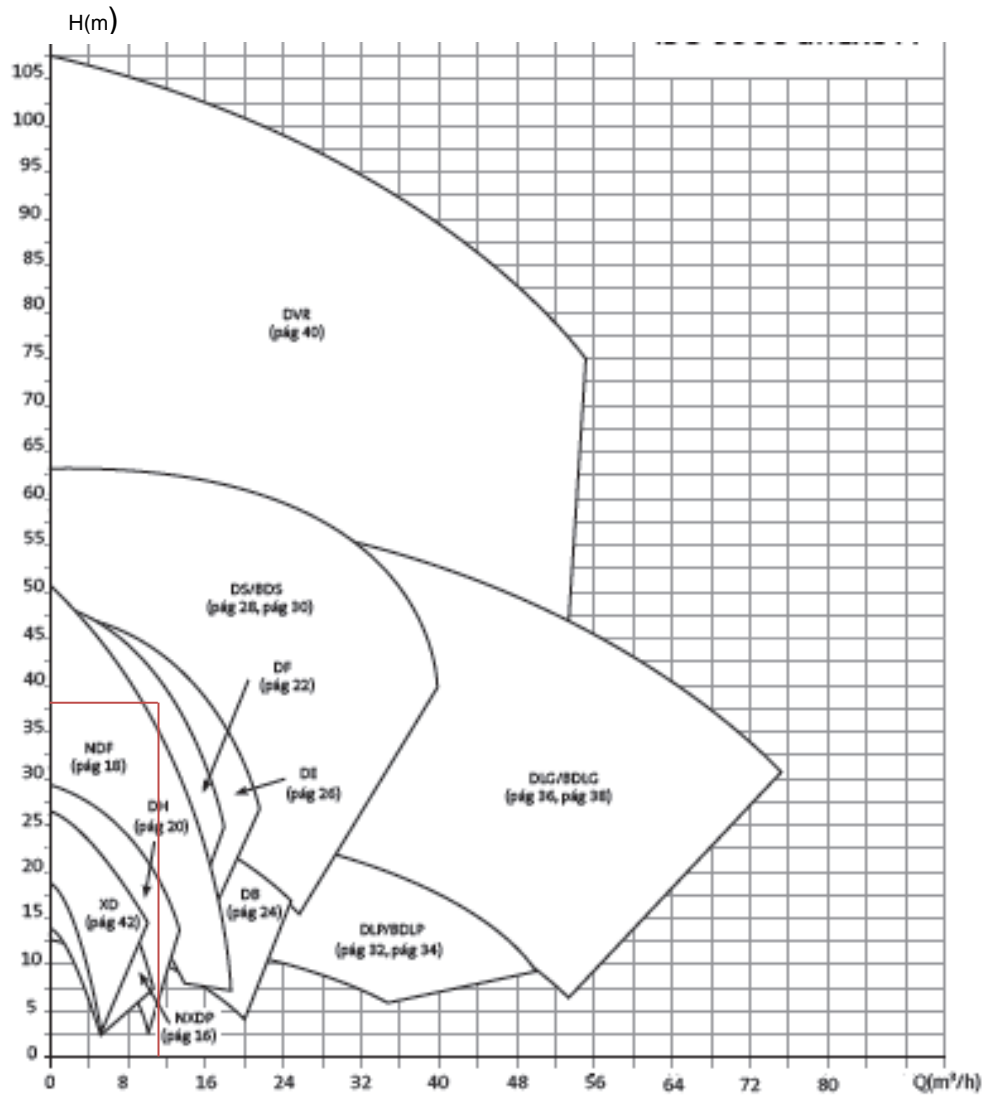


Figura 2. 7. Diagrama caudal vs altura de descarga³²

³² Anexos D.

El modelo de la bomba se escoge como se demuestra en la figura 2.8.

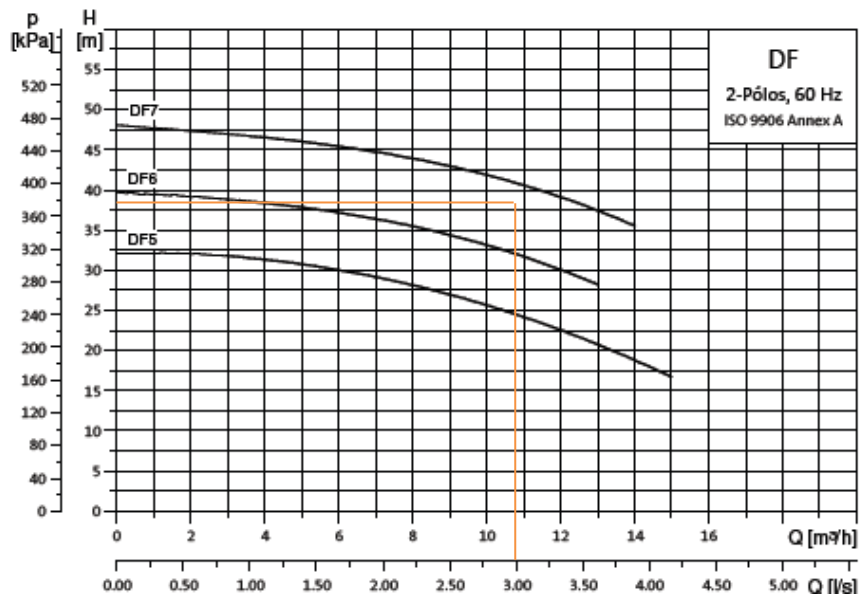


Figura 2. 8. Curvas de selección de bomba

Por las pérdidas y el caudal se escoge una Df7 mark.

Con el caudal y modelo se puede escoger el rendimiento, como se demuestra en la figura 2.9.

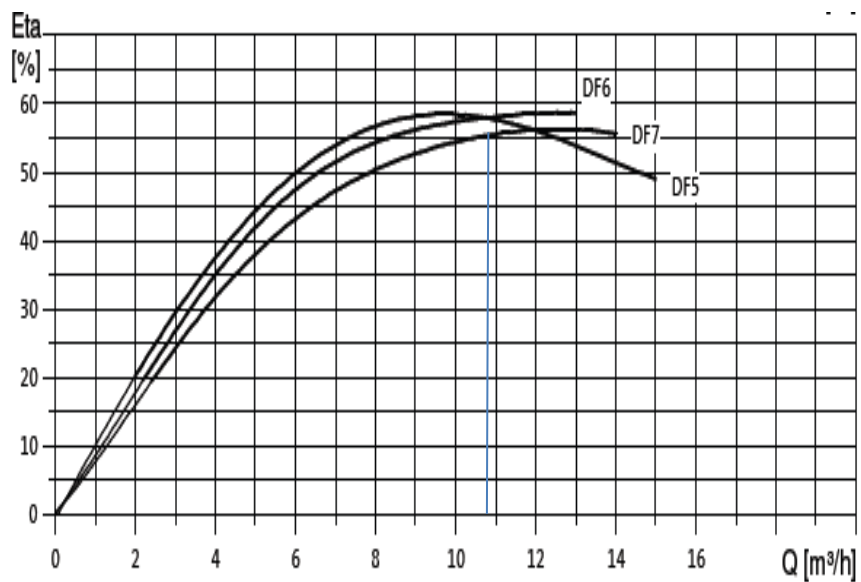


Figura 2. 9. Curvas de rendimiento

Rendimiento del es del 55%

Con el caudal y el modelo se puede escoger la potencia, de acuerdo a la figura 2.10.

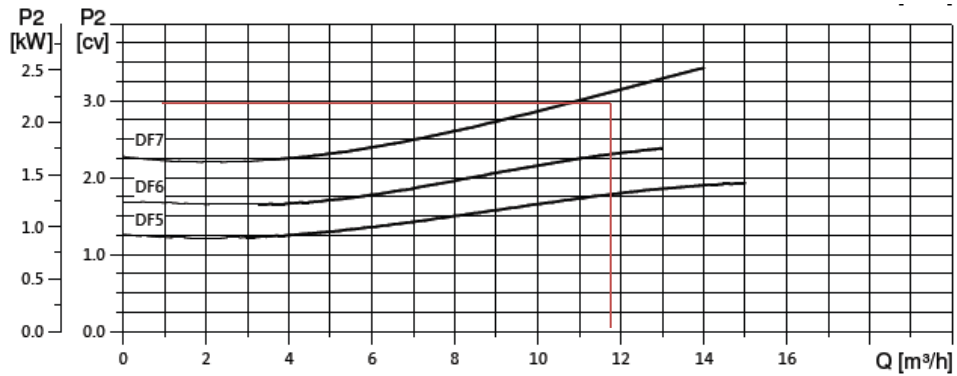


Figura 2. 10. Potencia³³

Se escoge un una bomba de 3 CV. En la tabla 2.10 se muestran las características de la bomba seleccionada.

Modelo	Potência		Corrente nominal (I_n)		Corrente com rotor bloqueado (I_p/I_n)	Rendimento (η) em relação à potência nominal			Fator de potência Cos ϕ			Fator de serviço
			110V	220V		50%	75%	100%	50%	75%	100%	
	kW	cv	A		%							
DF5C	1,1	1,5	18,6	9,3	6,7	61,50	67,50	70,10	0,58	0,69	0,77	1,3
DF6C	1,5	2	22,6	11,3	5,9	69,70	72,40	71,90	0,64	0,76	0,83	1,2
DF7C	2,2	3	28,0	14,0	6,6	82,00	86,00	86,00	0,70	0,80	0,87	1,15

Tabla 2. 10 . Características del motor

³³ Anexos D.

2.4.2. SELECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MANGUERAS

a. SELECCIÓN DE MANGUERAS DEL SECUNDARIO Y PRIMARIAS

Perda de carga em tubulação comum de água

Algarismos superiores indicam a velocidade da água em m/s.

Algarismos inferiores indicam perda de carga em metros por 100 metros de tubulação reta.

Quantidade de água			Perda de carga em tubulação comum de água												
			Diâmetro nominal da tubulação em polegadas e diâmetro interno em [mm]												
m ³ /h	litros/min.	lros/seg.	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	3½"	4"	5"	6"	
0,6	10	0,16	0,855 15,75	0,470 21,25	0,292 27,00										
			9,910	2,407	0,784										
0,9	15	0,25	1,282 20,11	0,705 4,862	0,438 1,570	0,249 0,416									
1,2	20	0,33	1,710 33,53	0,940 8,035	0,584 2,588	0,331 0,677	0,249 0,346								
1,5	25	0,42	2,138 49,93	1,174 11,91	0,730 3,834	0,415 1,004	0,312 0,510								
1,8	30	0,50	2,565 69,34	1,409 16,50	0,876 5,277	0,498 1,379	0,374 0,700	0,231 0,223							
2,1	35	0,58	2,993 91,54	1,644 21,75	1,022 6,949	0,581 1,811	0,436 0,914	0,269 0,291							
2,4	40	0,67		1,879 27,66	1,168 8,820	0,664 2,290	0,499 1,160	0,308 0,368							
3,0	50	0,83		2,349 41,40	1,460 13,14	0,830 3,403	0,623 1,719	0,385 0,544	0,229 0,159						
3,6	60	1,00		2,819 57,74	1,751 18,28	0,996 4,718	0,748 2,375	0,462 0,751	0,275 0,218						
4,2	70	1,12		3,288 76,49	2,043 24,18	1,162 6,231	0,873 3,132	0,539 0,988	0,321 0,287	0,231 0,131					
4,8	80	1,33			2,335 30,87	1,328 7,940	0,997 3,988	0,616 1,254	0,367 0,363	0,263 0,164					
5,4	90	1,50			2,627 38,30	1,494 9,828	1,122 4,927	0,693 1,551	0,413 0,449	0,269 0,203					
6,0	100	1,67			2,919 46,49	1,660 11,90	1,247 5,972	0,770 1,875	0,459 0,542	0,329 0,244	0,248 0,124				
7,5	125	2,08			3,649 70,41	2,075 17,93	1,558 8,967	0,962 2,802	0,574 0,809	0,412 0,365	0,310 0,185	0,241 0,101			
9,0	150	2,50			2,490 25,11	2,175 12,53	1,154 3,903	0,668 1,124	0,494 0,506	0,289 0,256	0,140				
10,5	175	2,92			2,904 33,32	2,182 16,66	1,347 5,179	0,803 1,488	0,576 0,670	0,434 0,338	0,337 0,184				
12	200	3,33			3,319 42,75	2,493 21,36	1,539 6,624	0,918 1,901	0,659 0,855	0,496 0,431	0,385 0,234	0,251 0,084			
15	250	4,17			4,149 64,86	3,117 32,32	1,924 10,03	1,147 2,860	0,823 1,282	0,620 0,646	0,481 0,350	0,314 0,126			
18	300	5,00				3,740 45,52	2,309 14,04	1,377 4,009	0,988 1,792	0,744 0,903	0,577 0,488	0,377 0,175	0,263 0,074		
24	400	6,67				4,987 78,17	3,078 24,04	1,836 6,828	1,317 3,053	0,992 1,530	0,770 0,829	0,502 0,294	0,351 0,124		
30	500	8,33					3,848 36,71	2,295 10,40	1,647 4,622	1,240 2,315	0,962 1,254	0,628 0,445	0,439 0,187		
36	600	10,0					4,618 51,84	2,753 14,62	1,976 6,505	1,488 3,261	1,155 1,757	0,753 0,623	0,526 0,260		
42	700	11,7						3,212 19,52	2,306 8,693	1,736 4,356	1,347 2,345	0,879 0,831	0,614 0,347		
48	800	13,3						3,671 25,20	2,635 11,18	1,984 5,582	1,540 3,009	1,005 1,066	0,702 0,445		
54	900	15,0						4,130 31,51	2,964 13,97	2,232 6,983	1,732 3,762	1,130 1,328	0,790 0,555		
60	1000	16,7						4,589 38,43	3,294 17,06	2,480 8,521	1,925 4,595	1,256 1,616	0,877 0,674		
75	1250	20,8							4,117 26,10	3,100 13,00	2,406 7,010	1,570 2,458	1,097 1,027		
90	1500	25,0							4,941 36,97	3,720 18,42	2,887 9,892	1,883 3,468			
105	1750	29,2								4,340 24,76	3,368 13,30	2,197 4,665	1,535 1,934		
120	2000	33,3								4,960 31,94	3,850 17,16	2,511 5,995	1,754 2,496		
150	2500	41,7									4,812 26,26	3,139 9,216	2,193 3,807		
180	3000	50,0										3,767 13,05	2,632 5,417		
240	4000	66,7											5,023 22,72	3,509 8,926	
300	5000	83,3												4,386 14,42	

b. SELECCIÓN DE MANGUERAS LATERALES

Código de Color y L/h	Diámetro [mm]/ Espesor de Pared [mil]	Tasa de Flujo Nominal [L/h]*	Diámetro Interno [mm]	Espesor de Pared [mil] [mm]	Variación de flujo ±5%					EU 90%**					
					Espaciamiento entre Emisores (m)					Espaciamiento entre Emisores (m)					
					0.20	0.30	0.50	0.75	1.00	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00	
Rosas; 0.70	12/25	0.75	10.4	25	0.65	50	70	104	140	172	80	111	165	222	272
	12/35	0.70	10.4	35	0.90	52	72	107	144	176	82	114	169	228	279
Gris; 1.0	12/25	1.00	10.4	25	0.65	43	60	89	120	147	68	94	140	189	232
	12/35	0.90	10.4	35	0.90	44	61	91	122	150	69	96	143	193	237
Verde; 2.0	12/25	2.20	10.4	25	0.65	24	34	51	68	84	40	56	83	112	137
	12/35	2.20	10.4	35	0.90	24	34	51	68	84	40	56	84	113	138
Amarillo; 3.0	12/25	3.00	10.4	25	0.65	20	28	42	56	69	32	45	68	92	112
	12/35	2.90	10.4	35	0.90	20	28	42	56	69	33	46	68	92	113
Gris; 1.0	16/35	1.10	13.8	35	0.90	70	96	141	188	230	110	151	222	297	363
	16/40	1.00	13.8	40	1.00	72	100	146	196	239	114	157	231	308	377
	16/45	1.00	13.8	45	1.10	73	100	147	197	240	115	158	233	311	380
Violeta; 1.6	16/35	1.80	13.8	35	0.90	49	68	101	134	164	78	108	159	212	259
	16/40	1.60	13.8	40	1.00	53	73	108	144	176	84	116	170	227	278
	16/45	1.50	13.8	45	1.10	55	76	112	150	183	87	120	177	236	289
Verde; 2.0	16/35	2.20	13.8	35	0.90	43	59	87	116	142	68	93	138	184	225
	16/40	2.05	13.8	40	1.00	45	62	92	123	150	71	98	145	194	237
	16/45	2.00	13.8	45	1.10	47	65	95	127	155	73	101	149	200	244
Blanco; 4.0	16/35	4.10	13.8	35	0.90	29	40	58	78	95	45	62	92	123	151
	16/40	3.90	13.8	40	1.00	30	41	61	81	99	45	62	92	123	151
	16/45	3.80	13.8	45	1.10	31	43	63	84	103	48	67	99	132	162
Azul; 8.0	16/35	8.00	13.8	35	0.90	19	26	39	52	63	30	41	56	77	100
	16/45	7.90	13.8	45	1.10	19	26	38	51	62	29	41	56	77	99
Gris; 1.2	20/40	1.20	17.6	40	1.00	98	133	194	257	312	154	210	305	408	493
	20/45	1.17	17.6	45	1.10	100	136	198	262	319	157	214	311	413	503
Verde; 2.0	20/40	2.24	17.6	40	1.00	63	86	126	167	203	100	137	199	264	322
	20/45	2.15	17.6	45	1.10	67	92	133	177	216	108	147	215	287	350
Blanco; 4.0	20/40	4.00	17.6	40	1.00	47	65	94	125	153	74	101	148	197	240
	20/45	3.90	17.6	45	1.10	47	64	94	125	152	74	102	149	197	241

A 1.0 bar de presión de trabajo

Presión en la entrada de la línea de goteo: 1.2 bar

- Distribución de ductos anexo B2
- Número de goteros anexo B3

2.4.3. SELECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VÁLVULAS DE AGUA

Se tiene once electroválvulas que están a lo largo del terreno y van colocadas en la mitad de cada sector para así tener un sistema distribuido.

La presión máxima del sistema es de 42 psi que es lo mismo a 2.75 bar entonces con esta presión se selecciona la electroválvula adecuada para el sistema.

- Distribución de electroválvulas Anexo B4.

La figura 2.11 muestra la válvula utilizada, los datos técnicos se especifican en la tabla 2.11.



Figura 2. 11. Electroválvula

ESPECIFICACIONES	DATOS
Tipo	ZCS-08P
Dimensión	1 $\frac{1}{2}$ in
Material	Nylon Reforzado
Temperatura Máxima	80°C
Presión de operación	0.2-10 bar
Voltajes	12VDC; 24VDC;12VAC;24VAC
	110VAC; 220VAC; 230VAC;

Tabla 2. 11. Especificaciones de electroválvula

2.5. SISTEMA ELECTRÓNICO

2.5.1. SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE TEMPERATURA AMBIENTAL

Se necesita una termocupla con protección ambiental y esté en el rango de la temperatura ambiental. La referencia que se toma para la medición son los 15°C si es mayor a esta temperatura se activa el control. La figura 2.12 muestra la termocupla utilizada, los datos técnicos se especifican en la tabla 2.12.



Figura 2. 12. Termocupla

Especificaciones	Datos
Marca	CLICK KOYO
Tipo	J- THMJ-R01-01
Rango de Temperatura	-40 °C -85°C
Montaje	Carcaza para medición ambiente

Tabla 2. 12. Especificaciones de la termocupla

2.5.2. SELECCIÓN DE LA FUENTE

Se necesita una fuente de alimentación de 24VDC para el PLC. La figura 2.13 muestra la fuente utilizada, los datos técnicos se especifican en la tabla 2.13.



Figura 2. 13. Fuente de alimentación

ESPECIFICACIONES	DATOS
Marca	CLICK KOYO
Modelo	C0-01AC
Voltaje de Entrada	85-264VAC
Rango de Voltaje de Salida	23-25 VDC
Corriente de Salida	1.3 A

Tabla 2. 13. Especificaciones fuente de alimentación

2.5.3. SELECCIÓN DEL PLC Y MODULOS DE SALIDAS

Para el proceso de control se necesitan 2 entradas digitales, una entrada analógica y 12 salidas con estos requerimientos se selecciona el PLC. La figura 2.14 muestra el PLC utilizado, los datos técnicos se especifican en la tabla 2.14.

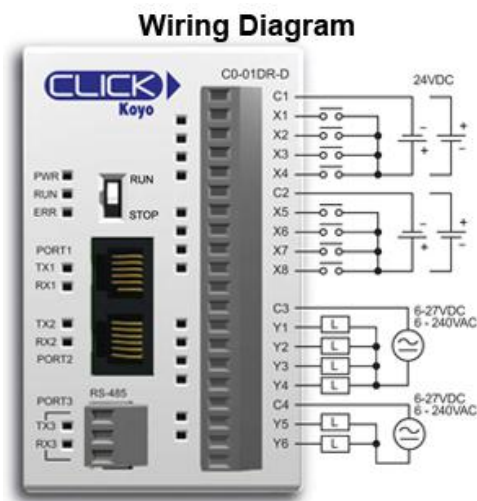
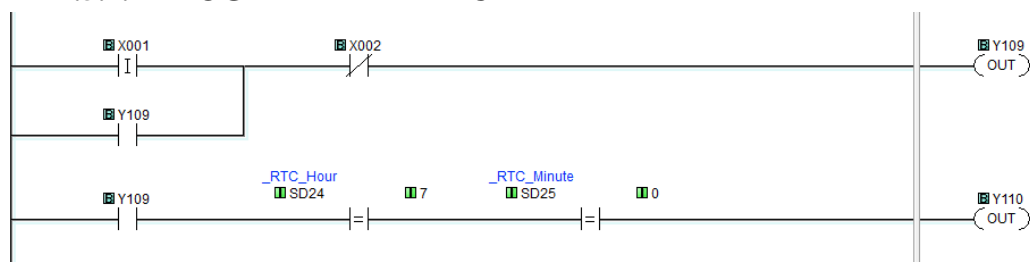


Figura 2. 14. PLC

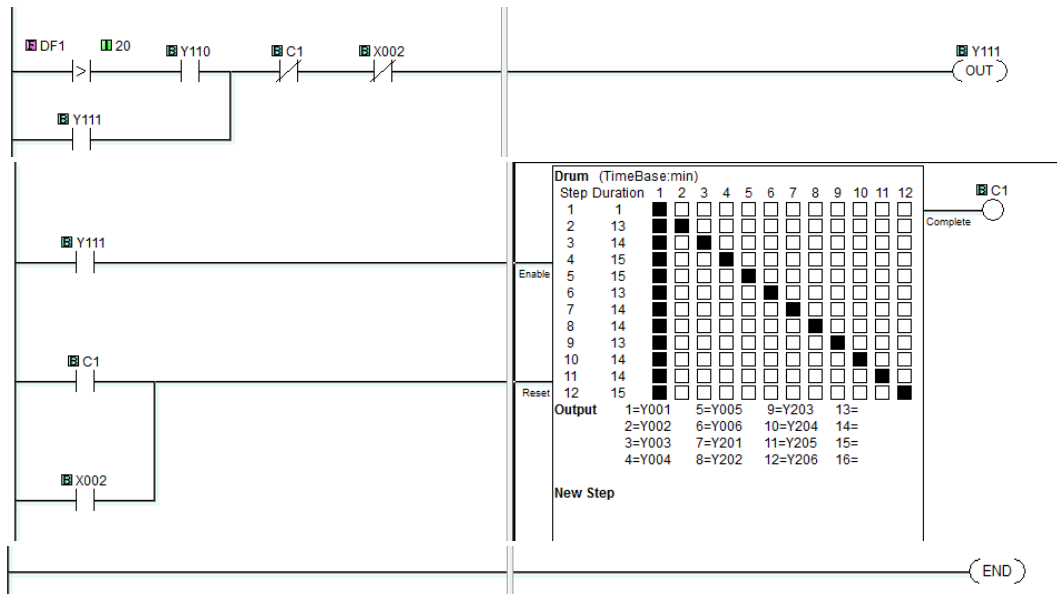
ESPECIFICACIONES	DATOS
Marca	CLICK KOYO
Modelo	C0-01DR-D
Entradas	8
Salidas	6 a relé
Voltaje de Operación	24 VDC
Módulo de Salidas	C0-08TR
Módulo Analogía	C0-04THM

Tabla 2. 14.Especificaciones PLC y módulos³⁴

2.5.4. PROGRAMA DEL PLC



³⁴http://www.automationdirect.com/adc/Overview/Catalog/Programmable_Controllers/CLICK_Series_PLCS_%28Stackable_Micro_Brick%29



- Los diagramas de módulos de entrada y salidas del PLC Anexo C1 y C2

2.6. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Motor-3CV → $I = 14A$ Con La corriente nominal se escoge el relé Térmico

- Con el relé térmico schneider-electric se tiene un contactor de referencia

$$I = 1.5 * I_{carga}$$

Ec. (2.17) Intensidad Interruptor Termomagnético

$$I = 1.5 * 14A$$

$$I = 21A$$

- **$I = 18.85A$** Intensidad para seleccionar el Interruptor Termomagnético

2.6.1. SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO

La figura 2.15 muestra el relé térmico utilizado, los datos técnicos se especifican en la tabla 2.15 y en la tabla 2.16 se indica la operación del relé.



Figura 2. 15. Relé térmico

ESPECIFICACIONES	DATOS
Marca	Schneider Electric
Modelo	LRD21
Zona de Regulación	12-18
Voltaje	220V

Tabla 2. 15. Especificaciones relé térmico

LRD y LR9-D



Para protección de motores compensados y diferenciales con rearme manual o automático y visualización del disparo. Capot de precintado para condonar la regulación y el tipo de rearme elegido. Contacto NA + NC. Clase 10

LRD....

Zona de regulación del relé		Referencias
A		
0,10	a 0,16	LRD-01
0,16	a 0,25	LRD-02
0,25	a 0,40	LRD-03
0,40	a 0,63	LRD-04
0,63	a 1	LRD-05
1	a 1,6	LRD-06
1,25	a 2	LRD-06
1,6	a 2,5	LRD-07
2,5	a 4	LRD-08
4	a 6	LRD-10
5,5	a 8	LRD-12
7	a 10	LRD-14
9	a 13	LRD-16
12	a 18	LRD-21
17	a 25	LRD-22
23	a 32	LRD-32
30	a 40	LRD-340
37	a 50	LRD-350
48	a 65	LRD-365
55	a 70	LRD-3361
63	a 80	LRD-3363
80	a 93	LRD-3365
90	a 150	LRD-4369

Tabla 2. 16. Operación relé térmico

2.6.2. SELECCIÓN DEL CONTACTOR

La figura 2.16 muestra el contactor utilizado, los datos técnicos se especifican en la tabla 2.17 y en la tabla 2.18 las características.



Figura 2. 16. Contactor

ESPECIFICACIONES	DATOS
Marca	Schneider Electric
Modelo	LC1D18
Corriente Nominal	14.8 ^a
Voltaje	220V

Tabla 2. 17. Especificaciones contactor

Potencia motor kW	Guardamotor Referencia	Guardamotor I A	Contactador Referencia	Contactador Iq kA	Térmico Referencia
0,37	GV2LE05	1	LC1K06/D09..	50	LR2K0306
0,55	GV2LE06	1,5	LC1K06/D09..	50	LR2K0307
0,75	GV2LE07	2	LC1K06/D09..	50	LR2K0308
1,1	GV2LE08	2,5	LC1K06/D09..	50	LR2K0308
1,5	GV2LE08	3,5	LC1K06/D09..	50	LR2K0310
2,2	GV2LE10	5	LC1K06/D09..	50	LR2K0312
3	GV2LE14	6,5	LC1K09/D09..	50	LR2K0314
4	GV2LE14	8,4	LC1K09/D09..	50	LR2K0316
5,5	GV2LE16	11	LC1K12/D12..	15	LR2K0321
7,5	GV2LE20	14,8	LC1D18....	15	LRD21
9	GV2LE21	18,1	LC1D25....	15	LRD22
11	GV2LE22	21	LC1D25....	15	LRD22
15	GV2LE32	28,5	LC1D32....	10	LRD32
18,5	GV3L40	40	LC1D40A..	70	LRD340
22	GV3L50	50	LC1D50A..	70	LRD350
30	GV3L65	65	LC1D65A..	70	LRD365
37	NS80HMA	80	LC1D80..	70	LRD3363
45	NS100*MA	81	LC1D95..	*	LRD3365
55	NS160*MA	100	LC1D115..	*	LRD4367
75	NS160*MA	135	LC1D150..	*	LRD4369
90	NS250*MA	165	LC1F185..	*	LR9F5371
110	NS250*MA	200	LC1F225..	*	LR9F5371

Tabla 2. 18. Características contactor

2.6.3. SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

La tabla 2.19 y la figura 2.17 indican el interruptor termomagnético utilizado, los datos técnicos se especifican en la tabla 2.20.

Corriente nominal [A]	1 polo, 120/240V- Catálogo	2 polos, 120/240V- Catálogo	3 polos, 240V- Catálogo
10	QO110	QO210	QO310
15	QO115	QO215	QO315
20	QO120	QO220	QO320
30	QO130	QO230	QO330
40	QO140	QO240	QO340
50	QO150	QO250	QO350
60	QO160	QO260	QO360
70	QO170	QO270	QO370
80		QO280	QO380
90		QO290	QO390
100		QO2100	QO3100
110		QO2110	
125		QO2125	

Tabla 2. 19. Interruptor termomagnético



Figura 2. 17. Interruptor termomagnético

ESPECIFICACIONES	DATOS
Marca	Schneider Electric
Modelo	Square d
Corriente Nominal	30 ^a
Voltaje	220 V

Tabla 2. 20. Especificaciones del interruptor termomagnético

2.6.4. SELECCIÓN DEL FUSIBLE.

La figura 2.18 muestra la válvula utilizada, los datos técnico se especifican en la tabla 2.21.



Figura 2. 18. Fusible

Especificaciones Datos	Especificaciones Datos
Marca	Sassin
Modelo	VDE0636
Norma	IECE 269
Voltaje	380 Vac
Corriente	14 A (Bomba), 2 A (Fuente)
Tipo	gL

Tabla 2. 21. Características fusible

- Diagrama de fuerza anexo C3
- Diagrama de control anexo C4
- Diagrama de instrumentación anexo C5

III. PROTOCOLO DE PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1. PRIMERA EVALUACIÓN DEL SISTEMA

Las pruebas en los elementos y/o dispositivos son necesarias porque permiten conocer el correcto funcionamiento de los mismos. Mediante las pruebas también se puede establecer y detectar fallas que se presentan en estos y que posteriormente pueda afectar el funcionamiento del sistema de riego. Las evaluaciones se realizaron en varios elementos como se observa en la tabla 3.1.

Materiales	Pruebas
Mangueras de goteros Hydrogol	Se realizó un aforo y medición con una probeta en las mangueras con más longitud para así poder comprobar que el caudal sea el adecuado. Dando un resultado promedio del $1.06 \frac{L}{h}$ que es lo correcto ya que el cálculo y diseño se realizó para aquella tolerancia de caudales.
Electroválvulas	Las compuertas se mantienen cerradas y se activan cuando se envía la orden del PLC. Ya que la presión de trabajo de la electroválvula es mayor a la de trabajo del sistema.
Termocupla	Las mediciones de temperatura son las correctas ya que se comparó con otro medidor de temperatura y las mediciones coinciden.
Contactor y relé térmico	El contactor y el relé térmico están correctos ya que son los más adecuados para la bomba. Y con el funcionamiento se comprueba que la selección fue la correcta.

Tabla 3. 1. Evaluación de elementos del sistema

3.1.1. MÉTODO EXPERIMENTAL PARA EVALUACIÓN DEL SISTEMA

Se utilizó una pipeta de 20 ml división 0,1 ml

La medición se realizó en los últimos goteros para así comprobar la contante de uniformidad y en las válvulas que abastecen a mangueras de mayor longitud, como se indica en la tabla 3.2

VÁLVULAS	MANGUERA	MEDICIÓN POR AFORO <i>mililitros</i> <i>minuto</i>	MEDICIÓN POR AFORO <i>litros</i> <i>Hora</i>
VÁLVULA 7	41 metros	17.7	1.062
	41 metros	17.7	1.062
	41 metros	17.9	1.074
	41 metros	18	1.08
	41 metros	17.9	1.074
	41 metros	18	1.08
VÁLVULA 8	41 metros	17.8	1.068
	41 metros	17.7	1.062
	41 metros	17.9	1.074
	41 metros	17.8	1.068
	41 metros	18.1	1.086
	41 metros	17.7	1.062
VÁLVULA 9	41 metros	17.8	1.068
	41 metros	17.7	1.062
	41 metros	18.1	1.086
	41 metros	17.8	1.068
	41 metros	17.9	1.074
	41 metros	17.9	1.074

Tabla 3. 2. Mediciones con aforos del sistema

El promedio es de $1.07 \frac{L}{h}$ si cumple con las expectativas deseadas por que cumple con las tolerancias de caudales para la manguera Hydrogol seleccionada.

3.2.CORRECCIONES Y REVISIONES

- Las modificaciones realizadas son en los tramos de conexiones mecánicas de las electroválvulas debido a que las válvulas instaladas anteriormente tienen un mayor avance (longitud de cuerpo).

- Se instala salidas para caudal adicionales para facilidades de la florícola como lavado de recipientes etc.
- Se necesita de un tiempo adecuado de encendido de la bomba antes de que funcionen las electroválvulas ya que tienen un rango de funcionamiento de presión.
- Durante el arranque de la bomba verificar que no existan anomalías en las protecciones del sistema eléctrico.
- Se revisa el control de las electroválvulas para verificar la correcta apertura y cierre.
- Revisar que los goteros del sistema de riego no se encuentran obstruidos.
- Chequear en las uniones de mangueras y tuberías que no se presenten fugas.

3.3. COMPARACIONES Y VALIDACIÓN

Para esto se tomará en cuenta datos reales que han sido medidos y comprobados.

3.3.1. VOLUMEN DE AGUA QUE CONSUMEN LOS GOTEROS

Tiempo de riego es de 15 minutos – 0,25 h

Numero de goteros de la válvula 10 es de 8031

Goteros hydrogol = 1,10 L/h

Caudal para los goteros de la válvula 10 = 8834,1 L/h

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} \quad \text{Ecuación 3.1. Caudal}$$

Volumen = caudal * tiempo

$$\text{Volumen} = 8834,1 \frac{\text{L}}{\text{h}} * 0,25\text{h}$$

Volumen = 2208,53 l este volumen es el que se consume con goteros

3.3.2. VOLUMEN DE AGUA QUE CONSUMEN LA DUCHA

El tiempo para 20 camas es de 2 horas, la válvula 10 tiene 34 camas entonces el tiempo es de 3.4 horas.

$$Q = 0,8 \frac{L}{seg} * \frac{3600 seg}{1h} = 2880 L/h$$

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{VOLUMEN} = \text{CAUDAL} * \text{TIEMPO}$$

$$\text{Volumen} = 2880 \frac{L}{h} * 3.4h$$

Volumen=9792 este volumen es el que se consume con duchas

- El volumen por goteros es mucho menor ya que está bien distribuido por tiempos iguales el ahorro de agua sería considerable con esta cantidad de agua se puede regar otros sectores y ayuda en el impacto medio ambiental.

La producción aumentaría este dato se obtuvo analizando el número de tallos vendidos antes de instalar el sistema y el número actual de tallos vendidos, se realizó el análisis y se puede observar es la tabla 3.3.

COMERCIALIZACIÓN DE TALLOS	NÚMERO	COSTO POR TALLO	PRODUCCIÓN
TALLOS VENDIDOS ANTES	125960	0.17	21413.2
TALLOS VENDIDAS ACTUALES	127310	0.17	21642.7
RESULTADOS	1350		229.5

Tabla 3. 3. Análisis en la producción

El número de plantas es de 134000 entonces la producción se basa en que una planta da un tallo al mes.

134000 es el 100% Ideal

125960 es el 94% esta era la producción por ducha

127310 es el 95% Esta es la producción por goteo.

- El valor de incremento en la producción es el 1 % que representa 230 dólares mensuales a esto se suma el salario de la persona que regaba por ducha.

3.3.3. ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero para la automatización de la Florícola es muy importante ya que se está logrando remplazar y optimizar recursos para obtener buenos resultados y poder sobresalir ante la competencia. Se realizó una suma de todos los elementos para tener un presupuesto como se muestra en la tabla 3.4 y en la tabla 3.5.

- **GASTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS**

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PLC	1	200,87	200,87
Cable de programación PLC	1	79,24	79,24
Módulo de 8 salidas	2	73,72	147,44
Módulo de termocupla	1	274,59	274,59
Batería de respaldo PLC	1	23,96	23,96
Termocupla tipo J carcaza	1	46,07	46,07
Cable termocupla 15 m	1	27,64	27,64
Fuente de poder 24 V 1.3A	1	71,87	71,87
Rollo cable # 12	3	42,56	127,68
Rollo cable # 14	10	28	280
Caja de control	1	187,73	187,73
Riel din 1 m	4	2,8	11,2
Espiral 10 m	20	4,8	96
Bornera riel din	25	0,28	7
Relé bobina 110 V	1	3,55	3,55
Breaker 110 v (5 A)	1	12,2	12,2
Fusible (4 A)	4	0,35	1,4
Porta fusible	4	1,52	6,08
Amarras	200	0.18	36
		SUBTOTAL	1640,52
		IVA 12%	196,86
		TOTAL	1837,38

Tabla 3. 4. Gastos eléctricos y electrónicos

- **GASTOS HIDRÁULICOS**

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Mangueras Hydrogol	11330	1,5	16995
Electroválvulas	11	102,85	1131,35
Uniones	202	0.25	50,2

Accesorios y gastos varios	1	400	400
		SUBTOTAL	18576,55
		IVA 12%	2229,186
		TOTAL	20749,512

Tabla 3. 5. Gastos hidráulicos

El gasto total es la suma de todos los elementos tanto hidráulicos, mecánicos, eléctricos y otros materiales, como se indica en la tabla 3.6

GASTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	1837,38
GASTOS HIDRÁULICOS	20749,51
TOTAL	22586.89

Tabla 3. 6. Gastos totales

Con estos datos se tiene una inversión total de: **22586.89 DÓLARES AMERICANOS.**

3.3.3.1. FLUJO DE CAJA

Para realizar los flujos de caja en el proyecto se estiman los siguientes puntos:

- La ganancia estimada para el primer año considerando datos históricos de la empresa se prevé será de **USD. 33412.00**
- Para los años siguientes se estima un incremento del 2% en costos directos e indirectos de inversión.
- En las ventas el propósito es incrementar el 12% anualmente.

Considerando todos estos parámetros se realizó el flujo de caja como se muestra en la tabla 3.7.

Detalle	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversión	22586,89	24280,12	25343,87	25212,65	25612,89	26543,34
Ventas		33412,00	37421,44	41912,01	46941,45	52574,42
Ganancia	-22586,89	9131,88	12077,57	16699,36	21328,56	26031,08

Tabla 3. 7. Flujo de caja

3.3.3.2. VALOR PRESENTE NETO (VPN)

Es el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto, son las ganancias que puede reportar el proyecto, con un valor positivo si el saldo entre beneficios y gastos va a ser favorable para el proyecto y con un valor negativo en el caso contrario.

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{c_i}}{(1+D)^i} \quad \text{Ecuación 3.2 Valor Presente Neto}$$

Dónde:

K_0 = Inversión o capital inicial

F_{c_i} = Flujo de caja en el año

D = Tasa de descuento real utilizada

i = Número de períodos de vida del proyecto

$$VPN = -22586,89 + \frac{9131,88}{(1 + 0,12)^1} + \frac{12077,57}{(1 + 0,12)^2} + \frac{16699,36}{(1 + 0,12)^3} + \frac{21328,50}{(1 + 0,12)^4} + \frac{26031,08}{(1 + 0,12)^5}$$

$$VPN = 35\ 406,42$$

El VAN del proyecto representa el valor adicional restada la tasa de rendimiento requerida, es decir que el proyecto es factible ejecutarlo en este momento, ya que, generará una ganancia de \$ 35 406.42 libre de la tasa de rendimiento y si se posterga la ejecución del mismo al cabo de 5 años el proyecto ascenderá a un costo de \$ 57 993.31 debido al valor del dinero en el tiempo.

La tasa de rendimiento requerida fue tomada en base al riesgo país, inflación y tasa de interés pasiva, en todas las anteriores se debe utilizar el valor anual, el valor de la tasa de rendimiento requerida se muestra a continuación:

$$TMAR = \text{tasa de interés pasiva} + \% \text{riesgo país} + \% \text{inflación}$$

Ecuación 3.3. Tasa de Rendimiento Requerida

$$TMAR = (4.53 + 3.88 + 2.04)\%$$

$$TMAR = 10.45$$

3.3.3.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. La TIR representa el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener, si se ejecuta el proyecto en las mejores condiciones. Analíticamente la TIR se determina como:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{c_i}}{(1+TIR)^i} \quad \text{Ecuación 3.4 Tasa Interna de Retorno}$$

$$0 = -22586,89 + \frac{9131,88}{(1+TIR)^1} + \frac{12077,57}{(1+TIR)^2} + \frac{16699,36}{(1+TIR)^3} + \frac{21328,50}{(1+TIR)^4} + \frac{26031,08}{(1+TIR)^5}$$

Para el cálculo de la TIR se va utilizar el valor total de la inversión y los flujos netos de efectivo y se obtiene por medio de EXCEL con la función TIR de lo que resulta:

$$TIR = 54\%$$

La tasa interna de retorno es del 54%, que es el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener en las mejores condiciones.

El TIR es mayor que la tasa de rendimiento requerida (TMAR) de la inversión, y por esta razón se considera que el proyecto es viable.

Se indica en la tabla 3.8 y figura 3.1, se puede percibir que beneficio se tiene con la tasa de descuento para el proyecto en un valor presente neto (VPN) y una tasa interna de retorno (TIR):

TASA DE DESCUENTO	VAN
4%	\$ 49.839,63
8%	\$ 39.697,28
10%	\$ 35.430,64
12%	\$ 31.612,89
14%	\$ 28.189,80
16%	\$ 25.114,57
18%	\$ 22.346,71
20%	\$ 19.851,05
22%	\$ 17.597,01
24%	\$ 15.557,88
26%	\$ 13.710,33
28%	\$ 12.033,89
30%	\$ 10.510,58
32%	\$ 9.124,57
34%	\$ 7.861,87
36%	\$ 6.710,14
40%	\$ 4.696,97
44%	\$ 3.011,27
48%	\$ 1.594,46
50%	\$ 971,87
52%	\$ 399,70
54%	(\$ 126,49)
56%	(\$ 610,70)

Tabla 3. 8 Valor actual neto (VAN)

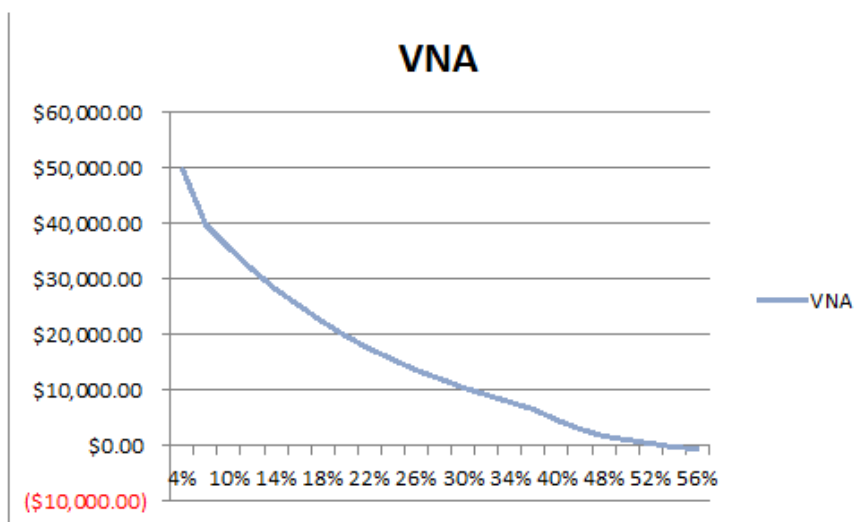


Figura 3. 1. Valor actual neto (VAN)

3.3.3.4. PERÍODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{\text{PRI}} \frac{F_{c_i}}{(1+\text{TIR})^i}$$

Periodo real de recuperación de la inversión

Para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

Recuperación de la inversión.

De acuerdo al flujo de caja proyectado anteriormente se puede concluir que la empresa ROCHE ROSAS recuperará su inversión inicial en un periodo de “**2 años 1 mes y 10 días**”.

3.3.3.5. RELACIÓN BENEFICIO - COSTO (RBC).

Se determina como la relación entre el valor presente neto de los beneficios VPNB y el valor presente neto de los costos VPNC.

En la determinación del VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar, como se muestra a continuación:

Ecuación 3.6 Relación beneficio costo

$$\text{RBC} = \frac{\text{VPNB}}{\text{VPNC}} = \frac{85\,268,45}{22\,586,89}$$

$$\text{RBC} = 3,78$$

La relación beneficio costo es mayor equivalente a 3,78 por lo que fue muy conveniente para el proyecto. Esta razón indica que por cada dólar invertido en la automatización de la florícola se recupera 3,78 dólares de ingreso.

En la tabla 3.9, se muestra los valores límites para que un proyecto sea económicamente viable.

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	VPN > 0
TIR, %	TIR > D
PRI, años	PRI < n
RBC	RBC > 1

Tabla 3. 9. Rango de valores límites para que el proyecto sea económicamente viable.

En la tabla 3.10. se muestra los valores obtenidos en el análisis financiero realizado al proyecto, determinando que es económicamente viable.

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	35 406,43 > 0
TIR, %	54% > 10,45%
PRI, años	2años 1mes 10 días < 5años
RBC	3,78 > 1

Tabla 3. 10. Rango de valores obtenidos en el análisis financiero

3.3.3.6. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

- El VAN obtenido es de \$ 35 406,43 el cual permite tener un criterio de decisión positivo, lo que ratifica la viabilidad del proyecto; teniendo un TIR del 54%, y esta a su vez es mayor que el TMAR = 10,45 % de la inversión, por lo que se considera que el proyecto es viable.
- El periodo de recuperación es de 2 años 1 mes y 10 días, esto permite prever que se recuperará la inversión a corto plazo, siendo esto de gran satisfacción para los dueños de la florícola, lo que promueve el desarrollo de nuevos proyectos en la automatización de sistema de riego.
- Con los datos obtenidos y comparándolos con los límites aceptables se llega a la conclusión de que el proyecto es totalmente viable siendo de gran beneficio para la empresa ROCHE ROSAS.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. CONCLUSIONES.

- Se investigó sobre mecánica de fluidos el movimiento de los mismos así como las fuerzas que lo provocan, tomando en cuenta las pérdidas que se originan en los accesorios que provocan un cambio de dirección o regulación del fluido como son T , codos y válvulas, las pérdidas más importantes se originan en la tuberías, con la sumatoria de pérdidas totales se puede llegar a determinar la bomba que es la parte principal del sistema de riego. Con la velocidad de los fluidos se puede determinar el flujo del mismo si es laminar o turbulento también se puede determinar los diámetros de las tuberías y así poder determinar qué tipo de transporte de agua por tubería se va a utilizar.
- Se planteó las alternativas constructivas mecánicas de riego por goteo, riego por aspersión y riego por duchas, se seleccionó un sistema de riego localizado por goteo en H distribuido por la distribución de plantas y las longitudes del terreno, las alternativas constructivas electrónicas fueron con un PLC y un PIC, se seleccionó un PLC por las condiciones de trabajo en la industria con factores que afecten la medición de las variables.
- Se construyó e implementó el sistema de riego por goteo y se verificó que existe un control absoluto para un área de cultivo de 10000 m² del invernadero.
- Se diseñó el sistema inteligente de riego se utilizando un interfaz de comunicación modbus para la programación del PLC.
- Se evaluó el sistema de riego inteligente por goteo con mediciones de aforos y se demostró que es más eficiente que el riego por duchas debido a su bajo costo en función de las grandes prestaciones que brinda.

4.2.RECOMENDACIONES

- Para la elaboración del cálculo se debe revisar las técnicas existentes de riego.
- Tomar las distancias más largas para garantizar el buen funcionamiento adecuado del sistema.
- Realizar mediciones exactas de las variables involucradas para así tener una correcta evaluación.
- Antes de seleccionar las mangueras y/o elementos, se debe analizar la funcionalidad y el tiempo de vida útil ya que se quiere que el sistema opere por el mayor tiempo posible sin presentar fallas.
- Armar el sistema de la mejor manera posible para que no existan daños en el sistema y/o elementos.
- Para el control de tiempos se debe escoger un PLC que tenga incorporada una opción de reloj interno para la comparación y que las electroválvulas funcionen correctamente con las órdenes lógicas.
- El lenguaje de programación debe ser analizado en detalle para la elaboración del programa de control, ya que cada software tiene múltiples opciones para facilitar el control.
- Para cada dispositivo se debe poner una protección adecuada ya que cada uno necesita estar asegurado contra algún problema que pudiera presentarse.
- Para asegurarse de que el agua se encuentra sin sedimentos o basura se debe colocar varios filtros de diferente tipo; en la primera etapa unas rejillas, en la segunda etapa un filtro en la válvula de pie y en la tercera etapa un filtro en la descarga.
- Se debe escoger la protección para el transductor de temperatura según las condiciones de trabajo.
- La altura geográfica se debe tomar en cuenta cuando afecta negativamente al sistema.
- Se debe tener en cuenta todas las pérdidas de presión en todo el sistema para una correcta selección de la bomba.
- Debe estudiarse todos campos de conocimiento que influyen en el proyecto.
- Se debe dar las debidas instrucciones del uso del sistema.
- Se debe seleccionar los mejores elementos para que así la vida útil del sistema sea mayor

BIBLIOGRAFÍA

MOTT, ROBERT. (2006). Mecánica de fluidos. PEARSON educación, México.

FUENTES YAGUE, JOSÉ LUIS. (2003). Técnicas de RIEGO. Mundi-Prensa. Madrid.

Repositorio Digital ESPE – Escuela politécnica del Ejército.

LINKOGRAFÍA

<http://www.expoflores.com/>

http://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_superficial

http://es.wikipedia.org/wiki/Esfuerzo_de_compresión

www.jardineriaon.com/cultivo-de-bulbos-riego.html

http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/gota2006/cap06goteoppt.pdf

http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_08.htm

<http://articulos.infojardin.com/articulos/riego-goteo-localizado.htm>

http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_08.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_centrales

<http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html>

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3438/1/T-ESPEL-0666.pdf>

http://serverdie.alc.upv.es/asignaturas/LSED/200304/0.Sens_Temp/Clasify/Termocuplas.htm

<http://www.amf.uji.es/r12.pdf>

<http://www.walraven.com/library/documents/es/Pipe-Dimensions-and-Weights-data-sheet-ES.pdf>

[http://fians.uat.edu.mx/catedraticos/gsanchez/Hidr%C3%A1ulica%20de%20Tuber%C3%ADas%20y%20B/Tablas%20y%20Gr%C3%A1ficas/Coeficientes%20de%20Rugosidad%20\(Haestad\).pdf](http://fians.uat.edu.mx/catedraticos/gsanchez/Hidr%C3%A1ulica%20de%20Tuber%C3%ADas%20y%20B/Tablas%20y%20Gr%C3%A1ficas/Coeficientes%20de%20Rugosidad%20(Haestad).pdf)

<http://es.aliexpress.com/w/wholesale-irrigation-valve-solenoid.html>

http://elmiraohio.com/Container%20House%20Docs/Room_Temp_Sensors.pdf
http://www.aboutples.com/click/Hardware/CPU_Modules/c0-01dr-d.html
http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo03_1907.pdf
<http://datasheet.octopart.com/LC1D32BL-Telemecanique-datasheet-499835.pdf>
<http://www.newark.com/schneider-electric/lrd21/overload-relay/dp/31C9385>
http://www.eebc.com.mx/EN/sheets/05_Low_tension/squared.pdf
<http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/546/14/Anejo%2010.pdf>
<http://mecanicadefluidosicp.blogspot.com/2010/09/mecanica-de-fluidos.html>
<http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n>
<http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad>
<http://definicion.de/temperatura/>
http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_interna
<http://es.wikipedia.org/wiki/Entalp%C3%ADa>
<http://es.wikipedia.org/wiki/Entrop%C3%ADa>
http://es.wikipedia.org/wiki/Calor_espec%C3%ADfico
<http://es.wikipedia.org/wiki/Viscosidad>
http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_t%C3%A9rmica

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPITULO II

ANEXOS A

- A1. Hoja de datos técnicos electroválvula.
- A2. Hoja de datos técnicos del transductor de temperatura.
- A3. Hoja de datos técnicos de la fuente.
- A4. Hoja de datos técnicos del PLC.
- A5. Hoja de datos técnicos del módulo de salidas.
- A6. Hoja de datos técnicos del módulo de termocuplas.
- A7. Hoja de datos técnicos del cable de programación PLC para puerto USB en computador.

ANEXOS B

- B1. Diagrama del sistema hidráulico
- B2. Distribución de ductos
- B3. Numero de goteros
- B4. Distribución de electroválvulas

ANEXOS C

- C1 y C2. Los diagramas de módulos de entrada y salidas del PLC
- C3. Diagrama de fuerza
- C4. Diagrama de control
- C5. Diagrama de instrumentación

ANEXOS D

Catalogo Mark 2009

ANEXOS E

Documento de conformidad de la empresa
Certificado de validación de tesis

ANEXOS A

- A1. Hoja de datos técnicos electroválvula.
- A2. Hoja de datos técnicos del transductor de temperatura.
- A3. Hoja de datos técnicos de la fuente.
- A4. Hoja de datos técnicos del PLC.
- A5. Hoja de datos técnicos del módulo de salidas.
- A6. Hoja de datos técnicos del módulo de termocuplas.
- A7. Hoja de datos técnicos del cable de programación PLC para puerto USB en computador.



Female G3/4" , 1"



Female G1 1/2" ,2"

ZCS-08P

Port Size	Female G3/4" ,1" ,G1 1/2" ,2"
Body material	Nylon Reinforced
Seal ring material	NBR
Max Media Temperature	80°C
Operation pressure	0,2-10bar
Voltage available	12VDC;24VDC;12VAC;24VAC; 110VAC;220/230VAC; Pulse6-24VDC



RTD1-R01-01

ProSense Thermocouple Room Temperature Sensor						
Part Number	Pcs/Pkg	Wt (lb)	Price	Type	Temperature Sensing Range	Mounting
THMJ-R01-01	1	0.3	<--->	J	40 to 185°F (-40 to 85°C)	Single element, ungrounded junction, plastic ventilated housing with metal wall mounting subplate, internal terminal strip for wiring connections

ProSense RTD Room Temperature Sensor						
Part Number	Pcs/Pkg	Wt (lb)	Price	Type	Temperature Sensing Range	Mounting
RTD1-R01-01	1	0.3	<--->	PT 100, Class B, 3-wire	40 to 185°F (-40 to 85°C)	Plastic ventilated housing with metal wall mounting subplate, internal terminal strip for wiring connections

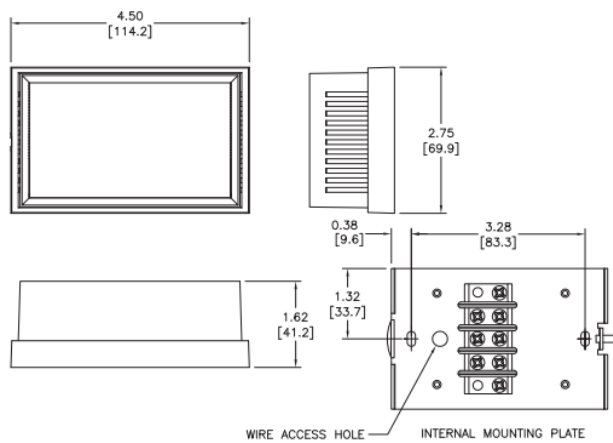
ProSense Thermocouple Room Sensor Technical Specifications						
Part Number	Sensing Element	Limits of Error	Initial Accuracy	Housing	Response Time	Wiring
THMJ-R01-01	Type J thermocouple	±2.2°C (+4.0°F) or 0.75%, whichever is greater	N/A	ABS	2.9 seconds, 63.2% of a 25-77°C step change per method ASTM E839	Screw terminal strip
RTD1-R01-01	PT 100, Class B, 3-wire	N/A	Class A ±[0.15 +0.002 t] °C	ABS	7 seconds, 63% of a 25 to 77°C step change (ASTM E1137)	

Wiring Information

Dimensions

inches [mm]

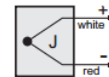
THMJ-R01-01 & RTD1-R01-01



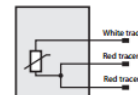
THMJ-R01-01

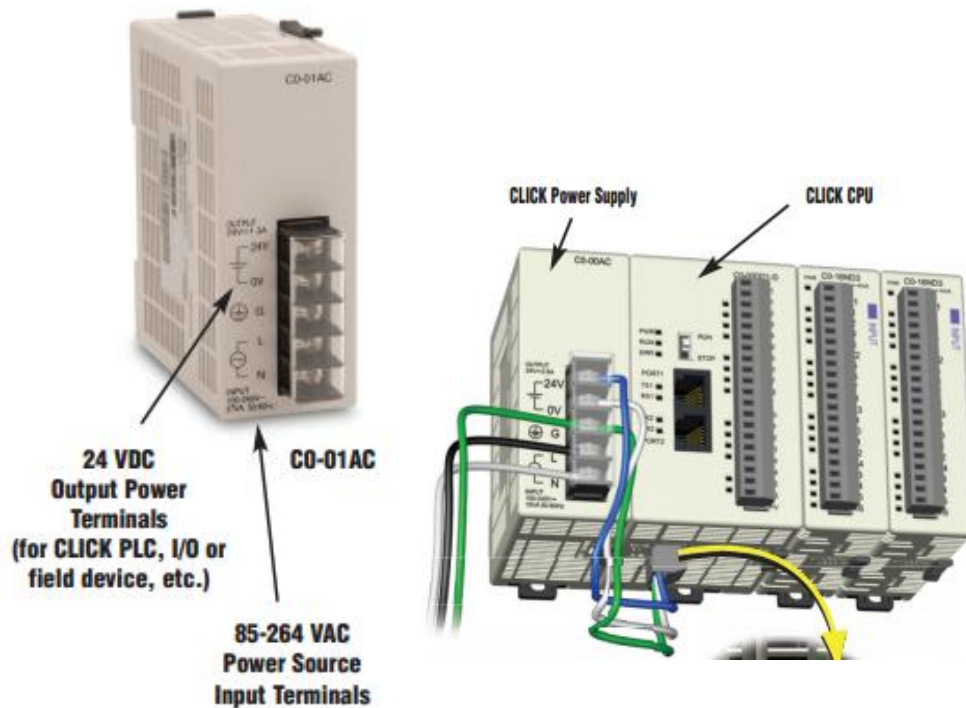
Type J: (+) white (-) red

- Must use thermocouple extension lead wire, see end of this section
- Observe polarity when making connections
- Do not use standard wire nuts



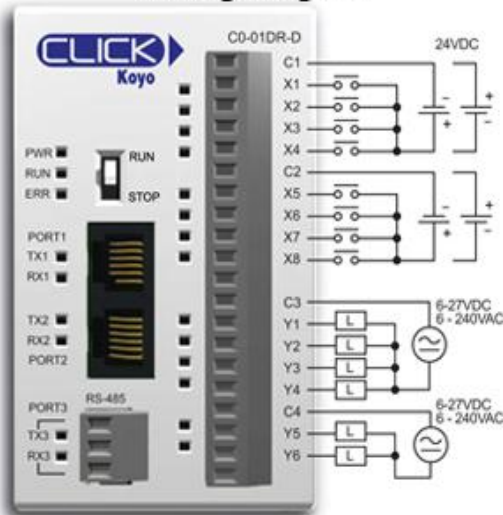
RTD1-01-01





C0-01AC Power Supply
Expanded auxiliary AC power supply allows you to power the 24 VDC CLICK C0 series CPUs with 100-240 VAC supply power. The 1.3A DC power supply is capable of supporting a fully-populated CLICK PLC system with all possible I/O module combinations, with no concerns for exceeding the power budget.

Wiring Diagram



CLICK PLC CPU, 8 DC in / 6 relay out, with Real Time Clock / Calendar and battery-backed memory, requires a 24 VDC power supply, 8K steps program memory, 6.4K words data memory, Relay Ladder Logic programming; built-in RS232C programming port, additional RS232C ASCII or Modbus RTU communications port (configurable up to 115.2K baud), 3-wire RS485 networking port for ASCII or Modbus RTU communications. Discrete Inputs: 8 DC inputs, 24 VDC sink/source, 2 common. Discrete Outputs: 6 relay outputs, 6-240 VAC / 6-27 VDC Form A (SPST) relays, 1.0A/point, 1 common. Removable I/O terminal block. Battery sold separately (D2-BAT-1). Requires CLICK programming software v1.20 or later and CLICK CPU firmware v1.20 or later.

CO-01DR-D Built-in I/O Specifications - Inputs

Inputs per Module	8 (Sink/Source)
Operating Voltage Range	24 VDC
Input Voltage Range	21.6-26.4 VDC
Input Current	X1-2: Typ 5 mA @ 24 VDC X3-8: Typ 4 mA @ 24 VDC
Maximum Input Current	X1-2: 6.0 mA @ 26.4 VDC X3-8: 5.0 mA @ 26.4 VDC
Input Impedance	X1-2: 4.7 k Ω @ 24 VDC X3-8: 6.8 k Ω @ 24 VDC
ON Voltage Level	X1-2: > 19 VDC X3-8: > 19 VDC
OFF Voltage Level	X1-2: < 4 VDC X3-8: < 7 VDC
Minimum ON Current	X1-2: 4.5 mA X3-8: 3.5 mA
Maximum OFF Current	X1-2: 0.1 mA X3-8: 0.5 mA
OFF to ON Response	X1-2: Typ 5 μ s Max 20 μ s X3-8: Typ 2 ms Max 10 ms
ON to OFF Response	X1-2: Typ 5 μ s Max 20 μ s X3-8: Typ 3 ms Max 10 ms
Status Indicators	Logic Side (8 points, green LED)
Commons	2 (4 points/common) Isolated

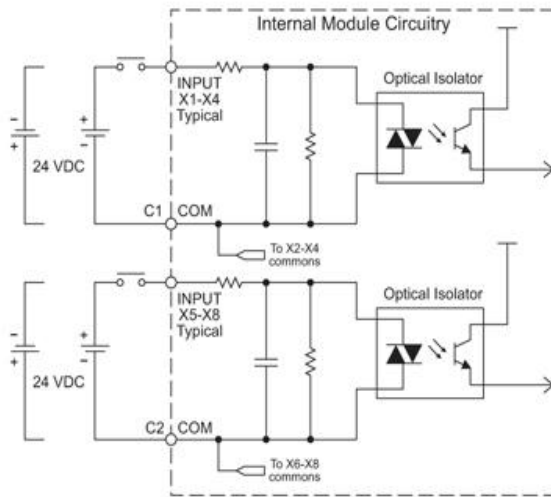
CO-01DR-D Built-in I/O Specifications - Outputs

Outputs per Module	6
Operating Voltage Range	6-240 VAC (47-63 Hz), 6-27 VDC
Output Voltage Range	5-264 VAC (47-63 Hz), 5-30 VDC
Output Type	Relay, form A (SPST)
Maximum Current	1 A/point; C3: 4 A/common, C4: 2 A/common
Minimum Load Current	5 mA @ 5 VDC
Maximum Inrush Current	3 A for 10 ms
OFF to ON Response	< 15 ms
ON to OFF Response	< 15 ms
Status Indicators	Logic Side (6 points, red LED)
Commons	2 (4 points/com & 2 points/comm) Isolated

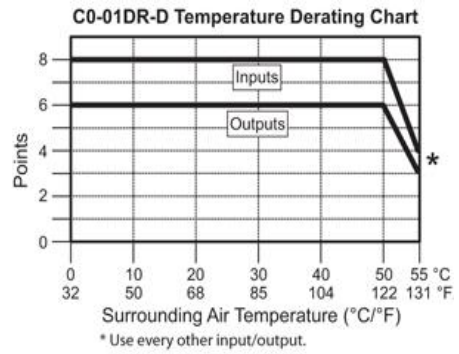
General Specifications

Current Consumption at 24VDC	140 mA
Terminal Block Replacement Part No.	CO-161B
Weight	5.6 oz (160 g)

Equivalent Input Circuit

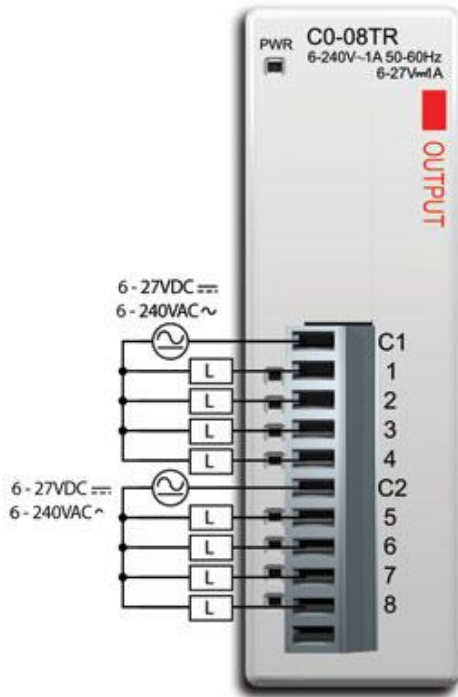


Typical Relay Life (Operations) at Room Temperature	
Voltage & Load Type	Load Current: 1 A
30 VDC Resistive	300,000 cycles
30 VDC Solenoid	50,000 cycles
250 VAC Resistive	500,000 cycles
250 VAC Solenoid	200,000 cycles
ON to OFF = 1 cycle	



8-Point Relay Output Module

Wiring Diagram

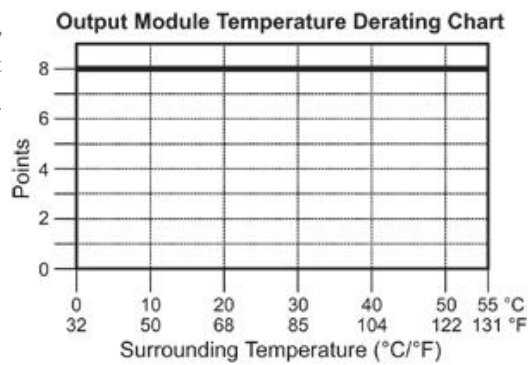
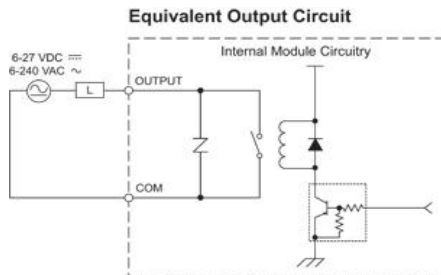


CO-08TR Output Specifications	
Outputs per Module	8
Operating Voltage Range	6-27 VDC / 6-240 VAC
Output Voltage Range	5-30 VDC / 5-264 VAC
Output type	Relay, form A (SPST)
AC Frequency	47-63 Hz
Maximum Current (resistive)	4 A/common
Minimum Load Current	5 mA @ 5 VDC
Maximum Leakage Current	0.1 mA @ 264 VAC
Maximum Inrush Current	3 A for 10 ms
OFF to ON Response	< 15 ms
ON to OFF Response	< 15 ms
Status Indicators	Logic Side (8 points, red LED) Power Indicator (green LED)
Commons	2 (4 points/common) isolated
Bus Power Required (24 VDC)	Max. 100 mA (All Outputs On)
Protection Circuit	Not built into the module - install protection elements such as external fuse
Terminal Block Replacement	ADC p/n CO-8TB
Weight	3.9 oz (110 g)

Typical Relay Life (Operations) at Room Temperature	
Voltage & Load Type	Load Current: 1 A
30 VDC Resistive	300,000 cycles
30 VDC Solenoid	50,000 cycles
250 VAC Resistive	500,000 cycles
250 VAC Solenoid	200,000 cycles

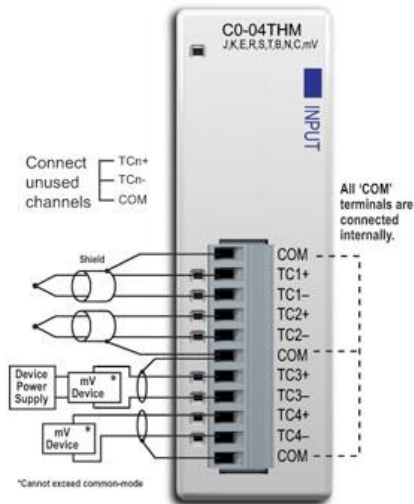
ON to OFF = 1 cycle

8-pt 6-240 VAC/6-27 VDC relay output module, 8 Form A (SPST) relays, 2 commons, isolated, 1 A/pt, removable terminal block included (replacement ADC p/n CO-08TB).



4-Channel Thermocouple Input Module

Wiring Diagram



4-channel thermocouple input module, 16-bit resolution (+/-0.1 degrees Celsius or Fahrenheit), Supports: J, K, E, R, S, T, B, N, C type thermocouples; voltage ranges are also supported, Removable terminal block included. (replacement ADC p/n CO-8TB).

NOTE: When using this module you must also use CLICK programming software and CPU firmware version V1.40 or later.

NOTE: When this module is used in a CLICK PLC system, it takes up to 11 seconds for initialization after power-up. During this time period, the RUN LED on the CPU module blinks to indicate the initialization process.

CO-04THM Input Specifications	
Inputs per Module	4
Common Mode Range	-1.3 to +3.8 V
Common Mode Rejection	100 dB at DC and 130 dB at 60 Hz
Input Impedance	>5 MΩ
Maximum Ratings	Fault protected inputs to ±50 VDC
Resolution	±0.1°C or °F, 16 bit
Input Ranges	Type J: -190 to 760°C (-310 to 1400°F) Type K: -150 to 1372°C (-238 to 2502°F) Type E: -210 to 1000°C (-346 to 1832°F) Type R: 65 to 1768°C (149 to 3214°F) Type S: 65 to 1768°C (149 to 3214°F) Type T: -230 to 400°C (-382 to 752°F) Type B: 529 to 1820°C (984 to 3308°F) Type N: -70 to 1300°C (-94 to 2372°F) Type C: 65 to 2320°C (149 to 4208°F)
	0 to 39.0625 mV ±39.0625 mV ±78.125 mV 0 to 156.25 mV ±156.25 mV 0 to 1.25 V
Cold Junction Compensation	Automatic
Thermocouple Linearization	Automatic
Accuracy vs. Temperature	±25 ppm per °C maximum
Linearity Error	±2°C maximum, ±1°C typical, monotonic with no missing codes
Maximum Inaccuracy	±3°C maximum (excluding thermocouple error)
Maximum Voltage Input Offset Error	0.05% at 0° to 55°C (32° to 131°F), typical 0.04% at 25°C (77°F)
Maximum Voltage Input Gain Error	0.06% at 25°C (77°F)
Maximum Voltage Input Linearity Error	0.05% at 0° to 55°C (32° to 131°F), typical 0.03% at 25°C (77°F)
Maximum Voltage Input Inaccuracy	0.1% at 0° to 55°C (32° to 131°F), typical 0.04% at 25°C (77°F)
Warm Up Time	30 minutes for ±1°C repeatability
Sample Duration Time	400 ms
All Channel Update Rate	Single Channel Update Rate times the number of enabled channels on the module
Open Circuit Detection Time	Burn Out flag set and zero scale reading within 3 seconds
Conversion Method	Sigma - Delta

CO-04THM General Specifications	
Field to Logic Side Isolation	1800 VAC applied for 1 second (100% tested)
External DC Power Required	None
Bus Power Required (24 VDC)	25 mA
Thermal Dissipation	0.175 BTU per hour
Terminal Block Replacement	ADC p/n CO-8TB
Weight	3.1 oz (86 g)

A7	UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE	1/1
----	--	-----

PC with USB port to Panel Programming Cable Assembly OR PC Programming Cable

PC with USB port to
Panel Programming Cable Assembly



ANEXOS B

- Diagrama del sistema hidráulico B1
- Distribución de ductos anexo B2
- Número de goteros anexo B3
- Distribución de electroválvulas anexo B4

ANEXOS C

- Los diagramas de módulos de entradas y salidas del PLC anexo C1 y C2
- Diagrama de fuerza anexo C3
- Diagrama de control anexo C4
- Diagrama de instrumentación anexo C5

Catalogo Mark 2009

ANEXOS D

ANEXOS E

Documento de conformidad de la empresa

Certificado de validación de tesis

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Rodríguez Peñafiel Lucas Germán y Rosero Calderón Alexander Estuardo bajo mi supervisión.

Ing. Miguel Carvajal
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Freddy Salazar
COORDIRECTOR DEL PROYECTO

ING. WILSON SÁNCHEZ
DIRECTOR CARRERA

DR. RODRIGO VACA CORRALES
SECRETARIO ACADÉMICO