

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR  
GOTEO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA  
HACIENDA DURAND**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**LEONEL IRWING CHANG WONG**

**ASESOR**

**ALEXANDER QUEREVALÚ MORANTE**

<https://orcid.org/0000-0001-5672-6829>

**Chiclayo, 2020**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO  
POR GOTEO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE  
MAÍZ EN LA HACIENDA DURAND**

PRESENTADA POR:

**LEONEL IRWING CHANG WONG**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR:

Luis Alberto Gonzales Bazán

PRESIDENTE

Hugo Walter Mundaca Guerra

SECRETARIO

Alexander Querevalú Morante

VOCAL

## **DEDICATORIA**

A mi madre, por ser mi apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, sentar en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superación.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser la luz que guía mi camino cada día para darme la oportunidad de crecer como persona.

A mi familia por todo el amor y cariño que invierten en mí, por siempre demostrarme y enseñarme que todos podemos superarnos y lograr las metas propuestas.

A los docentes de la universidad por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia y orientación en el desarrollo de esta investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
ÍNDICE .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	12
RESUMEN .....	15
I. INTRODUCCIÓN .....	17
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	17
1.3 VIABILIDAD Y JUSTIFICACIÓN .....	18
1.4 OBJETIVOS .....	18
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ESTADO DEL ARTE .....	19
2.1.1. PRODUCTOS SIMILARES EXISTENTES .....	19
2.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
2.1.3. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO.....	21
2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS .....	21
2.2.1 RIEGO .....	21
2.2.1.1 RIEGO TECNIFICADO .....	21
2.2.1.2 TIPOS DE RIEGO.....	21
A) RIEGO POR GRAVEDAD:.....	21
B) RIEGO POR ASPERSIÓN: .....	22
C) RIEGO POR GOTEO: .....	23
2.2.2 AGUA.....	24
2.2.3 CAUDAL .....	24
2.2.4 HUMEDAD DEL SUELO.....	25
2.2.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	26
2.2.5.1 EVAPORACIÓN: .....	26
2.2.5.2 TRANSPIRACIÓN: .....	26

2.2.5.3	FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	27
2.2.6	BOMBAS DE AGUA.....	27
2.2.6.1	TIPOS DE BOMBAS .....	27
2.2.6.1.1	BOMBAS VOLUMÉTRICAS .....	28
2.2.6.1.2	BOMBAS DINÁMICAS .....	29
2.2.7	SELECCIÓN DE BOMBA DE AGUA.....	30
2.2.8	ELECTROVÁLVULA .....	31
2.2.8.1	TIPOS DE ELECTROVÁLVULAS .....	31
2.2.8.1.1	ACCIÓN DIRECTA.....	31
2.2.8.1.2	ACCIÓN INDIRECTA .....	32
2.2.8.1.3	ACCIÓN MIXTA.....	32
2.2.9	PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER).....	32
2.2.9.1	LENGUAJE LADDER.....	33
2.2.10	TIPOS DE RELÉ.....	34
2.2.10.1	RELÉ TÉRMICO .....	34
2.2.10.2	RELÉ DE ESTADO SÓLIDO .....	34
2.2.11	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO .....	35
2.2.12	CONTACTOR.....	35
2.2.13	EVALUACIÓN ECONÓMICA (VAN Y TIR).....	36
2.2.13.1	VALOR ACTUAL NETO( VAN).....	36
2.2.13.2	TASA INTERNA DE RETORNO ( TIR) .....	36
III	DISEÑO METODOLÓGICO.....	37
3.1	METODOLOGÍA .....	37
3.2	INSTRUMENTOS .....	37
3.3	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	37
IV	RESULTADOS .....	38
4.1	SITUACIÓN ACTUAL DE RIEGO DE LA HACIENDA DURAND .....	38
4.2	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO .....	49
4.2.1	ETAPA POZO-CULTIVO. ....	49
4.2.1.1	ELECTROBOMBA 2 Y ELECTROBOMBA 3 .....	49
4.2.1.1.1	CÁLCULO DEL CAUDAL TOTAL POR HECTÁREA EN LA ETAPA POZO-CULTIVO .....	49

4.2.1.1.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA EN LA ETAPA POZO-CULTIVO.....	56
a) PARA LA SUCCIÓN.....	57
b) PARA LA DESCARGA.....	58
4.2.1.2 ARRANCADOR SUAVE.....	61
4.2.1.3 GUARDAMOTOR.....	61
4.2.1.4 ELECTROVÁLVULA.....	62
4.2.1.5 FILTRO DE ANILLAS.....	62
4.2.1.6 ELECTROBOMBA 4 PARA EL TANQUE DE ADITAMENTOS (FERTIRRIEGO).....	63
4.2.1.6.1 CÁLCULO DEL CAUDAL TOTAL PARA SELECCIÓN DE ELECTROBOMBA 4.....	63
4.2.1.6.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA PARA SELECCIÓN DE ELECTROBOMBA 4.....	63
a) PARA LA SUCCIÓN.....	64
b) PARA LA DESCARGA.....	65
4.2.1.7 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR DE ELECTROBOMBA 4.....	66
4.2.1.8 CONTACTOR DE ELECTROBOMBA 4.....	67
4.2.1.9 RELÉ TÉRMICO DE ELECTROBOMBA 4.....	67
4.2.1.10 PULSADORES.....	68
4.2.1.11 LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN.....	68
4.2.1.12 CONDUCTORES.....	69
4.2.2 ETAPA CANAL-POZO.....	70
4.2.2.1 ELECTROBOMBA 1.....	70
4.2.2.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL TOTAL POR HECTÁREA EN LA ETAPA CANAL-POZO.....	70
4.2.2.1.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA EN LA ETAPA CANAL-POZO.....	71
a) PARA LA SUCCIÓN.....	72
b) PARA LA DESCARGA.....	72
4.2.2.2 ARRANCADOR SUAVE.....	74
4.2.2.3 GUARDAMOTOR.....	74
4.2.2.4 PULSADORES.....	75
4.2.2.5 LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN.....	75

4.2.2.6 CONDUCTORES.....	76
4.2.3 SENSOR DE NIVEL .....	77
4.2.4 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR DEL CIRCUITO DE MANDO.....	78
4.3 PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	78
4.3.1 SELECCIÓN DEL PLC .....	78
A) ENTRADAS DE PLC .....	79
B) SALIDAS DE PLC.....	79
C) PLC .....	80
D) MÓDULO DE EXPANSIÓN DE PLC .....	80
4.3.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA Y MANDO DE LAS ELECTROBOMBAS (1, 2,3 Y 4).....	81
A) DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA.....	81
B) DIAGRAMA ELÉCTRICO DE MANDO .....	82
4.3.3 PROGRAMACIÓN DE PLC EN LENGUAJE LADDER .....	82
A) ARRANQUE AUTOMÁTICO.....	86
B) ARRANQUE MANUAL.....	90
4.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	95
4.4.1 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	95
A) EGRESOS.....	95
4.4.2 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	99
V. CONCLUSIONES .....	100
VI. RECOMENDACIONES .....	101
VII. Referencias .....	102
ANEXOS.....	105
PLANOS .....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: SUPERFICIE NO TRABAJADA POR RAZÓN PRINCIPAL, SEGÚN REGIÓN NATURAL, 2012 .....	20
FIGURA 2: RIEGO POR GRAVEDAD .....	22
FIGURA 3: RIEGO POR ASPERSIÓN .....	23
FIGURA 4: RIEGO POR GOTEO.....	24
FIGURA 5: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EVOTRANSPIRACIÓN SEGÚN EVAPORACIÓN Y TRANSPIRACIÓN.....	26
FIGURA 6: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN ESTOMA .....	27
FIGURA 7: ESQUEMA DE TIPOS DE BOMBAS .....	28
FIGURA 8: BOMBA ALTERNATIVA .....	28
FIGURA 9: BOMBA ROTATIVA .....	29
FIGURA 10: BOMBA RADIAL.....	29
FIGURA 11: BOMBA AXIAL .....	30
FIGURA 12: BOMBA HELICOIDAL.....	30
FIGURA 13: ELECTROVÁLVULA .....	31
FIGURA 14: ELECTROVÁLVULA DE ACCIÓN DIRECTA.....	31
FIGURA 15: ELECTROVÁLVULA DE ACCIÓN INDIRECTA.....	32
FIGURA 16: ELECTROVÁLVULA DE ACCIÓN MIXTA.....	32
FIGURA 17: PLC .....	33
FIGURA 18: LENGUAJE LADDER .....	33
FIGURA 19: RELÉ ELECTROMECAÁNICO .....	34
FIGURA 20: RELÉ DE ESTADO SÓLIDO .....	34
FIGURA 21: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO .....	35
FIGURA 22: CONTACTOR.....	35
FIGURA 23: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA HACIENDA DURAND .....	38
FIGURA 24: TERRENO DE LA HACIENDA DURAND .....	38
FIGURA 25: EFICIENCIA SEGÚN EL TIPO DE RIEGO .....	39
FIGURA 26: CANAL CHILCAL- VIRÚ.....	39
FIGURA 27: GPS GARMIN.....	40
FIGURA 28: MEDICIÓN DEL CANAL .....	41
FIGURA 29: DISTANCIA ENTRE PUNTO A Y B .....	42
FIGURA 30: ANCHO DEL CANAL.....	43
FIGURA 31: SECCIONAMIENTO DE 8 PARTES DEL ANCHO DEL CANAL.....	43
FIGURA 32: MOTOBOMBA DE 4 HP.....	48
FIGURA 33: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA.....	50
FIGURA 34: KC.....	50
FIGURA 35: KC VALORES .....	51
FIGURA 36: ELECTROBOMBA HE 3 75 .....	60
FIGURA 37: ARRANCADOR SUAVE .....	61
FIGURA 38: GUARDAMOTOR.....	62
FIGURA 39: ELECTROVÁLVULA HUNTER.....	62
FIGURA 40: FILTRO DE ANILLAS .....	63

FIGURA 41: ELECTROBOMBA CP 100 .....	66
FIGURA 42: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR .....	67
FIGURA 43: CONTACTOR SIEMENS .....	67
FIGURA 44: RELÉ ELECTRÓNICO DE SOBRECARGA .....	68
FIGURA 45: PULSADORES .....	68
FIGURA 46: LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN .....	69
FIGURA 47: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA .....	69
FIGURA 48: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA .....	70
FIGURA 49: ELECTROBOMBA HF30A .....	73
FIGURA 50: ARRANCADOR SUAVE .....	74
FIGURA 51: PULSADORES .....	75
FIGURA 52: LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN .....	76
FIGURA 53: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA .....	76
FIGURA 54: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA .....	77
FIGURA 55: SENSOR DE NIVEL.....	77
FIGURA 56: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR.....	78
FIGURA 57: PLC SR3B261FU .....	80
FIGURA 58: MODULO DE EXPANSIÓN DE PLC .....	80
FIGURA 59: DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA .....	81
FIGURA 60: DIAGRAMA ELÉCTRICO DE MANDO .....	82
FIGURA 61: PROGRAMACIÓN DE PLC P1 .....	83
FIGURA 62: PROGRAMACIÓN DE PLC P2.....	84
FIGURA 63: PROGRAMACIÓN DE PLC P3.....	85
FIGURA 64: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 1.....	86
FIGURA 65: ARRANQUE AUTOMÁTICO ELECTROBOMBA 2 Y 3. T1.....	87
FIGURA 66: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T2.....	87
FIGURA 67: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T3.....	88
FIGURA 68: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T4.....	89
FIGURA 69: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 4.....	90
FIGURA 70: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 1.....	91
FIGURA 71: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T1.....	92
FIGURA 72: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T2.....	92
FIGURA 73: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T3.....	93
FIGURA 74: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T4.....	94
FIGURA 75: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 4.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: FACTOR DE CORRECCIÓN.....	42
TABLA 2: ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL .....	44
TABLA 3: TIEMPO DE RECORRIDO 1 .....	45
TABLA 4: TIEMPO DE RECORRIDO 2 .....	45
TABLA 5: TIEMPO DE RECORRIDO 3 .....	46
TABLA 6: TIEMPO DE RECORRIDO 4 .....	46
TABLA 7: TIEMPO DE RECORRIDO 5 .....	47
TABLA 8: TIEMPO DE RECORRIDO 6.....	47
TABLA 9: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE INTERÉS .....	51
TABLA 10: LÁMINA BRUTA DE RIEGO .....	52
TABLA 11: VOLUMEN DE AGUA POR PLANTA.....	52
Tabla12: Tiempo de aplicación de agua en horas.....	54
TABLA 13: TIEMPO DE APLICACIÓN DE AGUA EN MINUTOS .....	54
TABLA 14: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA SUCCIÓN ETAPA POZO- CULTIVO .....	57
TABLA 15: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA DESCARGA ETAPA POZO- CULTIVO .....	59
TABLA 16: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA SUCCIÓN DE LA ELECTROBOMBA 4.....	64
TABLA 17: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA DESCARGA DE LA ELECTROBOMBA 4.....	65
TABLA 18: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA SUCCIÓN ETAPA CANAL- POZO .....	72
TABLA 19: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA DESCARGA ETAPA CANAL- POZO .....	72
TABLA 20: ENTRADAS DE PLC .....	79
TABLA 21: SALIDAS DE PLC .....	79
TABLA 22: CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS .....	96
TABLA 23: INVERSIÓN INICIAL.....	97
TABLA 24: FLUJOS NETOS.....	99

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: CAUDAL.....	24
ECUACIÓN 2: VOLUMEN .....	25
ECUACIÓN 3: CAUDAL EN FUNCIÓN DE ÁREA Y VELOCIDAD .....	25
ECUACIÓN 4: VELOCIDAD .....	25
ECUACIÓN 5: CAUDAL CON FACTOR DE CORRECCIÓN .....	25
ECUACIÓN 6: VAN .....	36
ECUACIÓN 7: TIR .....	36
ECUACIÓN 8: EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	49
ECUACIÓN 9: LÁMINA BRUTA DE RIEGO .....	51
ECUACIÓN 10: VOLUMEN DE AGUA POR PLANTA.....	52
ECUACIÓN 11: PUNTO DE EMISIÓN POR PLANTA .....	53
ECUACIÓN 12: TIEMPO DE APLICACIÓN DE AGUA.....	53
ECUACIÓN 13: CAUDAL TOTAL POR HECTÁREA .....	55
ECUACIÓN 14: HAZEN-WILLIAMS .....	58
ECUACIÓN 15: ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL .....	60
Ecuación 16: altura manométrica total etapa canal-cultivo .....	65
ECUACIÓN 17: ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL ETAPA CANAL-POZO.....	73

## INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: CURVA DE TIEMPO DE RIEGO.....	55
GRÁFICO 2: ESTUDIO PARAMÉTRICO PARA SELECCIONAR DIÁMETRO DE TUBERÍA DE LA ETAPA POZO-CULTIVO.....	57
GRÁFICO 3: ESTUDIO PARAMÉTRICO PARA SELECCIONAR ELECTROBOMBA 4.....	64
GRÁFICO 4: ESTUDIO PARAMÉTRICO PARA SELECCIONAR DIÁMETRO DE TUBERÍAS ETAPA CANAL-POZO.....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CINTA DE RIEGO POR GOTEJO DE 22MM .....	106
ANEXO 2: LONGITUD EQUIVALENTE DE CODOS, CURVAS Y TE .....	107
ANEXO 3: LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS .....	107
ANEXO 4: COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA DIFERENTES MATERIALES DE TUBERÍAS.....	108
ANEXO 5: ECUACIONES PARA CÁLCULO DE LONGITUD EQUIVALENTE .	108
ANEXO 6: CARACTERÍSTICAS DE ELECTROBOMBA SPERONI DE 10 HP ..	109
ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE ELECTROBOMBA PEDROLLO DE 0.33 HP .....	110
ANEXO 8: CARACTERÍSTICAS DE ELECTROBOMBA PEDROLLO DE 10 HP	111
ANEXO 9: ARRANCADOR SUAVE SCHNEIDER ELECTRIC MODELO ATS22D17Q.....	111
ANEXO 10: ESPECIFICACIONES TÉCNICA DE SENSOR DE NIVEL.....	112

## RESUMEN

Esta investigación presenta el diseño de un sistema automatizado de riego por goteo en la “Hacienda Durand”, ubicada en el centro poblado Chical Alto – distrito Oyotún. El tipo de riego empleado actualmente es por inundación haciendo uso de dos motobombas de 4 HP, además se cuenta con 8 hectáreas de cultivo de las cuales actualmente solo son trabajadas 3 de ellas debido a que el terreno de las 5 hectáreas no trabajadas presenta una pendiente positiva de 2° y por utilizar el tipo de riego por inundación se genera una repartición no equitativa del recurso hídrico a lo largo de las 5 hectáreas no trabajadas, generando una productividad menor comparado a un sistema automatizado de riego por goteo que conseguiría trabajar las 8 hectáreas de cultivo que se posee, ya que el agua y los nutrientes se encuentra directamente en contacto con la raíz a través de goteros.

Haciendo uso del software libre Cropwat 8.0 de la “organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura” y tomando en cuenta cada etapa de la cosecha de maíz se calculó las necesidades de orden hídrico por hectárea dando como resultado un caudal de  $6.481 \frac{L}{s}$  y utilizando ecuación de Hazen – Williams se calculó la altura manométrica. Estos dos parámetros fueron necesarios para determinar que se requiere de dos electrobombas trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Speroni modelo 2C 40/180B de 10 HP, una electrobomba trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Pedrollo modelo HF30A de 10 HP y una electrobomba trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Pedrollo modelo CP 100 de 0.33 HP para los aditamentos; además se determinó sus equipos de fuerza y mando así como las tuberías y accesorios necesarios.

El sistema de riego por goteo se automatizó empleando un PLC de especificaciones similares al PLC de la marca Schneider Electric modelo SR3B261FU y su programación se realizó en el software Zelio Soft 2 logrando tener una interfaz hombre-máquina de fácil manejo y poder dar al cultivo el recurso hídrico y nutrientes exactos que requiere según su etapa de la cosecha del maíz y así aumentar la producción de maíz, además de reducir las horas de trabajo en el campo y laboriosidad de sus tareas.

La evaluación económica del sistema automatizado de riego por goteo se realizó a 10 años tomando en cuenta todos los costos de inversión inicial, de transporte, de instalación, mantenimiento, consumo de energía eléctrica comercial, pago a trabajadores, pago a la junta de usuarios, costo de semillas y fertilizantes, así como la producción de maíz en las 8 hectáreas, para que se tenga conocimiento ante una posible inversión pues se obtiene un VAN de S/. 414 430,09 soles con una tasa de interés de 12% y un TIR de 150.9 %

Palabras claves: **riego por goteo automatizado, aumentar la producción y sistema de riego**

## ABSTRACT

This research presents the design of an automated drip irrigation system in the "Hacienda Durand", located in the center of Chical Alto - Oyotún district. The type of irrigation currently used is by flood using two pumps of 4 HP, also has 8 hectares of cultivation of which currently only 3 are worked because the land of the 5 hectares not worked has a slope positive of  $2^\circ$  and to use the type of irrigation by flood generates an unequal distribution of the water resource along the 5 hectares not worked, this generates a lower productivity compared to an automated drip irrigation system, which would work the 8 hectares of crop that is possessed, since the water and nutrients are directly in contact with the root through drippers.

Making use of the free software Cropwat 8.0 of the "United Nations Organization for Food and Agriculture", and taking into account each stage of the corn harvest, the water requirements per hectare were calculated, resulting in a flow of 6.481 L / s and using the Hazen - Williams equation, the manometric height was calculated. These two parameters were necessary to determine that it requires two three-phase electric pumps of technical specifications similar to the electric pump of the brand Speroni model 2C 40 / 180B of 10 HP, a three-phase electric pump with technical specifications similar to the electric pump of the Pedrollo brand model HF30A of 10 HP, and a three-phase electric pump of technical specifications similar to the electric pump of the Pedrollo brand model CP 100 of 0.33 HP, for the attachments; In addition, their force and control equipment was determined, as well as the necessary pipes and accessories.

The drip irrigation system was automated using a PLC of specifications similar to the PLC of the Schneider Electric brand model SR3B261FU, and its programming was carried out in the Zelio Soft 2 software, achieving a user-friendly man-machine interface and being able to give the it cultivates the water resource and exact nutrients that it requires according to the stage of the harvest of the corn, and thus to increase the corn production, besides reducing the hours of work in the field and industriousness of its tasks.

The economic evaluation of the automated drip irrigation system was carried out for 10 years taking into account all the costs of initial investment, transportation, installation, maintenance, consumption of commercial electric energy, payment to workers, payment to the user board, cost of seeds and fertilizers, as well as the production of corn in the 8 hectares, so that one becomes aware of a possible investment since a NPV of S /. 414 430.09 soles with an interest rate of 12% and an IRR of 150.9%

**Keywords: automated drip irrigation, increase production and irrigation system.**

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales actividades económicas del país es la agricultura, esto es gracias a factores geográficos, climáticos, humanos, etc. que favorecen el cultivo de miles de especies existentes en nuestro país, pero el principal problema de que no se alcance los niveles de producción deseados son los declives en el terreno, la escasez y la inadecuada gestión del recurso hídrico empleado en el proceso de riego debido a la utilización de sistemas de riego convencionales tales como el riego por inundación.

El riego por inundación causa degradación del suelo agrícola (erosión hídrica), además de uso ineficiente del recurso hídrico, por lo que surge la necesidad de desplazar los sistemas de riego por inundación por sistemas de riego de mayor eficiencia que permitan hacer un mejor uso del recurso hídrico.

Una alternativa de solución es el diseño e implementación de nuevos sistemas de riego como el riego por goteo que permite realizar un uso eficiente del recurso hídrico, distribuyendo al cultivo el recurso hídrico que necesita para crecer logrando una distribución uniforme del agua y nutrientes, de tal forma que el cultivo resulte lo más homogéneo posible. Además automatizando el sistema de riego por goteo se logra reducir los errores humanos y garantizar la correcta irrigación del cultivo mediante cálculos previos.

Por lo tanto esta investigación consiste en el diseño de un sistema automatizado de riego por goteo que pueda dar solución a las limitaciones existentes en el proceso de actual de riego en la hacienda Durand ubicada en el centro poblado de Chical bajo del distrito de Oyotún, provincia de Chiclayo en el departamento de Lambayeque, con una extensión de 8 hectáreas de cultivo pero que en la actualidad solo se trabajan 3 hectáreas debido a que las 5 hectáreas no trabajadas presentan una pendiente positiva de 2° y al utilizar un sistema de riego por inundación, genera una repartición del recurso hídrico y nutrientes no homogénea produciendo que el cultivo no obtenga lo que necesita para crecer de forma idónea.

### 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se logrará aumentar la producción de maíz implementado un sistema automatizado de riego por goteo en la hacienda "Durand"?

### 1.2 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

La propuesta del sistema automatizado de riego por goteo conseguirá aumentar la producción de maíz y así demostrar que el proyecto es factible.

### 1.3 VIABILIDAD Y JUSTIFICACIÓN

- **Social:**  
Haciendo uso de un sistema automatizado de riego por goteo se empleará menos recurso hídrico para suplir las necesidades de orden agrícola, permitiendo a más agricultores utilizar dicho recurso  
Se generará un impacto positivo en el sector agricultura debido a que se dará conocer a más agricultores del sistema automatizado de riego por goteo que logrará aumentar su producción, además de reducir el esfuerzo físico en las actividades agrícolas.
- **Económico:**  
Se incrementarán los ingresos económicos debido al aumento de la producción de maíz en la totalidad de las hectáreas que se posee, además de la reducción de costos de producción.
- **Tecnológico:**  
Haciendo uso del sistema automatizado de riego por goteo propuesto con una fácil interfaz hombre-máquina de fácil manejo permitirá al agricultor brindar al cultivo el recurso hídrico y los nutrientes exactos que necesita a lo largo del periodo de la cosecha.
- **Medio ambiente:**  
Se disminuirá la emisión de gases contaminante producidos por las motobombas utilizadas actualmente en la Hacienda  
Se reducirá la degradación del suelo agrícola (erosión hidráulica) producido por el tipo de riego utilizado actualmente.

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema automatizado de riego por goteo para aumentar la producción de maíz en la “Hacienda Durand”.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual de riego en la “Hacienda Durand”
- Seleccionar los equipos requeridos del sistema automatizado de riego por goteo a través de cálculos matemáticos.
- Diseñar la programación del sistema automatizado de riego por goteo con una interfaz hombre-máquina de fácil manejo.
- Realizar la evaluación económica de la alternativa de solución propuesta

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ESTADO DEL ARTE

#### 2.1.1. PRODUCTOS SIMILARES EXISTENTES

-Darwin Fray Apaza Mamani e Irvin Jhons La torre Javier en su trabajo de investigación “diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización epime 2016” propone un diseño de un sistema automatizado para riego tecnificado con arduino y sensores de humedad en el suelo que monitorearan la humedad, este enviara una señal analógica al arduino para generar una señal de salida que se transmitirá al relay activando o desactivando la bomba de agua. [1]

- Abio Diógenes Salcedo Torres en su trabajo de investigación “diseño de un sistema automatizado para riego por goteo para palta has” tiene como objetivo hacer un uso racional del recurso hídrico utilizado un sistema automatizado de riego por goteo tecnificado una parcela ubicada en el distrito de Abelardo Pardo Lezameta – Llaclla, desarrollado en una plataforma de hardware libre, Arduino Mega 2560. El cultivo escogido fue la palta Hass. [2]

-Julio Raúl Valderrama Quintana en su investigación “diseño de un sistema de riego por goteo, utilizando dos fuentes de agua, (agua de canal y agua de pozos) para el cultivo de caña de azúcar (Saccharum Officinarum) en la empresa agraria Chiquitoy S.A., Valle Chicama- Región La Libertad” desarrolló un diseño de un sistema de riego por goteo para cultivar caña de azúcar, el cual contara con dos fuentes de agua (agua de canal en los meses de enero a agosto y agua de pozos septiembre a diciembre). [3]

-Kleber Alexander Chulde Quiróz en su investigación “implementación de un sistema automatizado de riego por goteo parcial, a campo abierto en el centro experimental del riego de la facultad de recursos naturales” tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema automatizado de control y monitoreo de un sistema de riego por goteo a campo abierto haciendo uso de sensores de temperatura, lluvia, humedad y rayos UV, además de cuenta con una interfaz hombre máquina de fácil manipulación del usuario. [4]

#### 2.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el INEI en el último censo agropecuario 2012 el Perú cuenta con 7 125 008 Km<sup>2</sup> de superficie destinado a la actividad agrícola, de las cuales 774 882 Km<sup>2</sup> no son trabajadas debido principalmente por la falta de agua que afecta en un 49%, luego por la falta de crédito como una segunda razón que afecta en un 24,1% y la escasez de mano de obra es un factor que afecta al 11,3%, como se observa en la figura 01. [5]

Razón Principal	Total	Estructura %	Región Natural		
			Costa	Sierra	Selva
Total	774 882,24	100,0	301 463,84	237 712,78	235 705,62
Falta de agua	378 912,23	48,9	207 826,53	122 923,67	48 162,04
Falta de semilla	32 491,35	4,2	2 929,24	17 612,65	11 949,46
Falta de crédito	186 386,05	24,1	41 740,40	40 403,12	104 242,54
Falta de mano de obra	87 866,64	11,3	11 274,91	31 419,84	45 171,89
Por sanidad, erosión	38 653,52	5,0	19 308,17	13 070,39	6 274,97
Consiguió otro trabajo	5 752,25	0,7	927,09	1 850,27	2 974,89
Robo	2 095,75	0,3	1 662,21	220,14	213,40
Por terrorismo	355,37	0,0	1,28	99,29	254,80
Por desastre natural	14 480,85	1,9	3 467,16	4 088,99	6 924,70
Otra	27 888,23	3,60	12 326,86	6 024,43	9 536,93

FIGURA 1: SUPERFICIE NO TRABAJADA POR RAZÓN PRINCIPAL, SEGÚN REGIÓN NATURAL, 2012

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática- IV censo nacional Agropecuario 2012

La organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) nos dice que el problema del suministro y disponibilidad del recurso hídrico en la zona agrícola es una preocupación constante, debido a que es un factor principal en esta actividad, esto se da por los siguientes motivos: por las sequías que se presentan en ciertas etapas de cada año, la falta del caudal suficiente de la fuente de agua y por personas inescrupulosas que desvían el cauce de los ríos y acequias evitando que puedan abastecerse del agua que es fundamental para el consumo de las personas, el ganado y el riego de sus cultivos. [6]

La utilización de motobombas alimentadas por combustible fósil genera contaminación ambiental del aire; Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire se puede reducir los factores de riesgo que pueden conllevar a la aparición de enfermedades cerebrovasculares, cáncer de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. [7]

Según el artículo científico “Automatización Industrial”, el mundo empresarial busca día a día nuevos medios para generar más ingresos económicos aumentando su producción, y uno de estos avances sin duda es la automatización de procesos productivos, la cual permite una eficiencia en el manejo de materia prima, eliminación de error humano en el proceso y asegurar acercarse al nivel de calidad fijado. [8]

La “Hacienda Durand” tiene una fuente de recurso hídrico todo el año proveniente del canal Virú el cual posee un caudal de  $154,163 \frac{l}{s}$ , este caudal sería suficiente para irrigar las 8 hectáreas de cultivo que se posee de las cuales actualmente solo son trabajadas 3 de ellas debido a que el terreno de las 5 hectáreas no trabajadas presenta una pendiente positiva de  $2^\circ$  y por utilizar el tipo de riego por inundación se genera una repartición no equitativa del recurso hídrico a lo largo de las 5 hectáreas no trabajadas, generando una productividad menor comparado a un sistema automatizado de riego por goteo que conseguiría trabajar las 8 hectáreas de cultivo que se posee, ya que

el agua y los nutrientes se encuentra directamente en contacto con la raíz a través de goteros.

### 2.1.3. REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

Para el desarrollo del presente trabajo se han utilizado:

- Softwares: Microsoft Excel, AutoCAD, Zelio soft 2, Cropwat 8.0, Climwat 2.0 y Cade Simu 3.0
- Herramientas: Cinta métrica y gps.
- Documentos, hojas de especificaciones técnicas, base de datos de la junta de regantes y catálogos

## 2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS

### 2.2.1 RIEGO

El riego son los diversos procedimientos que hacen posible la distribución del agua sobre una superficie donde no fue cubierta mediante precipitación. [9]

#### 2.2.1.1 RIEGO TECNIFICADO

El riego tecnificado es la utilización de alguna técnica que permita eficientemente ahorrar agua en el proceso de riego. Para lograr un riego tecnificado exitoso se deben tener presente las siguientes características [10]:

- Riego oportuno: Diagnosticar cuando el cultivo necesitara agua.
- Riego uniforme: Que no se sature ni escasee el agua en ninguna parte de la superficie.
- Riego eficiente: Suministrar el volumen de agua adecuado.

#### 2.2.1.2 TIPOS DE RIEGO

Según [11] nos da la siguiente clasificación de tipos de riegos.

##### A) RIEGO POR GRAVEDAD:

Consiste en distribuir el agua de un embalse a lo largo del área del sembradío a través de canales o surcos gracias a la fuerza de la gravedad.

- Ventajas:

- Simplicidad de su infraestructura.
- Es uno de los más económicos.
- Requerimientos energéticos nulos.

- Desventajas:

- No es conveniente en terrenos desnivelados
- Puede aparecer maleza y enfermedades de tipo fungoso.



*FIGURA 2: RIEGO POR GRAVEDAD*

*Fuente: <http://sistemaagricola.com.mx/wp-content/uploads/2016/10/Riego-por-gravedad.jpg>*

#### **B) RIEGO POR ASPERSIÓN:**

Consiste en distribuir el agua por medio de aspersores hacia la superficie del sembradío de forma similar como a la lluvia.

Existen tres tipos de aspersores:

- Aspersores fijos
- Aspersores móviles
- Aspersores autopropulsados

Se pueden instalar en cualquier topografía, pero no se recomienda su implementación en terrenos que cuenten con vientos mayores a 15km/hr.

• **Ventajas:**

- Capaces de cubrir grandes superficies de terreno
- Permiten ser automatizados
- Una vida útil alta

• **Desventajas:**

- Inversión elevada
- Instalación compleja
- Puede presentar maleza y enfermedades de tipo fungoso



FIGURA 3: RIEGO POR ASPERSIÓN

Fuente: [http://sistemaagricola.com.mx/wp-content/uploads/2016/10/pivot\\_portada.jpg](http://sistemaagricola.com.mx/wp-content/uploads/2016/10/pivot_portada.jpg)

### C) RIEGO POR GOTEO:

Consiste en distribuir el agua filtrada y con fertilizantes a través de tuberías de polietileno con goteros de manera que la zona de las raíces del cultivo esté directamente en contacto con el agua.

Evita las fluctuaciones de humedad que se tiene en los otros tipos de riego, gracias a esto no presenta maleza ni enfermedades de tipo fungoso.

Se recomienda sembrar los cultivos en hilera. Además puede ser utilizado para cultivo hidropónico

#### •Ventajas:

-Mantiene una humedad constante renovando continuamente el volumen de agua que se consume por el proceso de evotranspiración.

-Garantiza una mayor disponibilidad de nutrientes en la zona de las raíces del cultivo debido a que los fertilizantes se suministran en el agua de riego.

-Se reduce la aparición de maleza y enfermedades de tipo fungoso debido a que no se irriga toda la parcela, sino solo la hilera donde está el cultivo.

-Se hace un uso racional del agua, disminuyendo su consumo.

-Se pueden realizar otras labores de cultivos mientras se está realizando el riego.

- Se puede implementar en terrenos con pendientes.

#### •Desventajas:

-Puede obstruirse el sistema de goteo si no se filtra el agua de manera adecuada.

-Inversión inicial alta.

-Tiempo de vida de las mangueras que deben ser reemplazadas cada dos cosechas.



FIGURA 4: RIEGO POR GOTEO

Fuente: <http://sistemaagricola.com.mx/wp-content/uploads/2016/10/Riego-por-goteo.jpg>

### 2.2.2 AGUA

El agua es recurso natural esencial e indispensable para el origen y supervivencia de la vida de los seres humanos, animales y vegetales. Esta sustancia inodora, insípida e incolora cuyas moléculas está formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno ( $H_2O$ ) puede generar diversos beneficios que dependerán de una planificación, uso, manejo y control racional de la misma. Pero debido a la falta de planificación del uso racional de esta sustancia por parte de las autoridades del sector y la falta de capacitación en los usuarios, pueden generar consecuencias dañinas provocando sequias en ríos y lagos por ende un problema para la comunidad o podría existir crecidas de ríos provocando inundaciones y otros. [12]

### 2.2.3 CAUDAL

-El caudal es el volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado. [13]

$$Q = V/t$$

ECUACIÓN 1: CAUDAL

Donde:

Q= caudal ( $m^3/s$ )  
V= volumen ( $m^3$ )  
t= tiempo (s)

-Volumen es equivalente al área por distancia, es decir:

$$V = A * D$$

*ECUACIÓN 2: VOLUMEN*

Donde:

V= volumen (m<sup>3</sup>)

A= área (m<sup>2</sup>)

D= distancia (m)

-Sustituimos la ecuación 02 en la ecuación 01, obteniendo lo siguiente:

$$Q = A * D/t$$

*ECUACIÓN 3: CAUDAL EN FUNCIÓN DE ÁREA Y VELOCIDAD*

Donde:

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

A= área (m<sup>2</sup>)

D= distancia (m)

t= tiempo (s)

-Velocidad es igual a distancia sobre tiempo, es decir

$$v = D/t$$

*ECUACIÓN 4: VELOCIDAD*

Donde:

v= velocidad (m/s)

D= distancia (m)

t= tiempo (s)

-Reemplazando la ecuación 04 en la ecuación 03 obtenemos:

$$Q = A * v * Fc$$

*ECUACIÓN 5: CAUDAL CON FACTOR DE CORRECCIÓN*

Donde:

Q= caudal (m<sup>3</sup>)

A= área (m<sup>2</sup>)

v= velocidad (m/s)

Fc= factor de corrección

#### 2.2.4 HUMEDAD DEL SUELO

La humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. El exceso de agua reduce el crecimiento del cultivo al arrastrar los nitratos a una profundidad mayor al alcance de las raíces de los cultivos, y al desplazar el aire contenido en el interior del suelo provoca la escasez de oxígeno en las raíces, la falta de agua también es dañino para los cultivos; por eso es importante establecer el índice de humedad del suelo para las actividades agrícolas, pues debido a los niveles de humedad del suelo se puede identificar el momento exacto de riego y la

cantidad apropiada de agua para obtener un rendimiento idóneo del cultivo. [9]

### 2.2.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es la combinación de dos procesos simultáneos en los que se pierde agua desde la superficie del suelo por evaporación, y desde los cultivos por transpiración. Por la evaporación directa del suelo se pierde agua en las primeras etapas del cultivo y luego la transpiración se convierte en el principal factor de pérdida de agua por vaporización. [14]

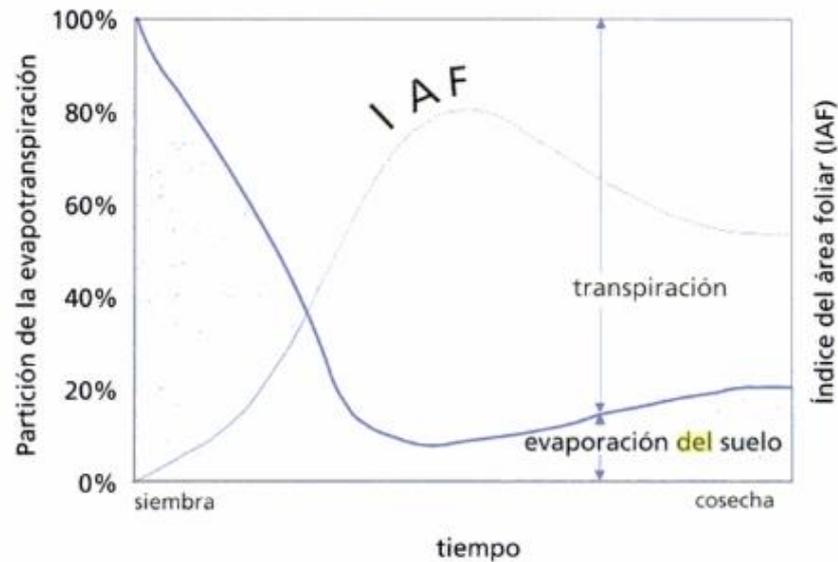


FIGURA 5: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA EVOTRANSPIRACIÓN SEGÚN EVAPORACIÓN Y TRANSPIRACIÓN.

Fuente: evotranspiración del cultivo, página 2

#### 2.2.5.1 EVAPORACIÓN:

La evaporación es el proceso por el cual el agua en estado líquido cambia de estado a vapor de agua (vaporización) y gracias a la radiación solar directa y la temperatura ambiente se logra retirar de la superficie evaporante (remoción de vapor) el vapor de agua. [14]

#### 2.2.5.2 TRANSPIRACIÓN:

La transpiración es la vaporización del agua en estado líquido contenida en los tejidos de la planta y posteriormente a través de las estomas la remoción del vapor de agua hacia la atmósfera. [14]

## Atmósfera

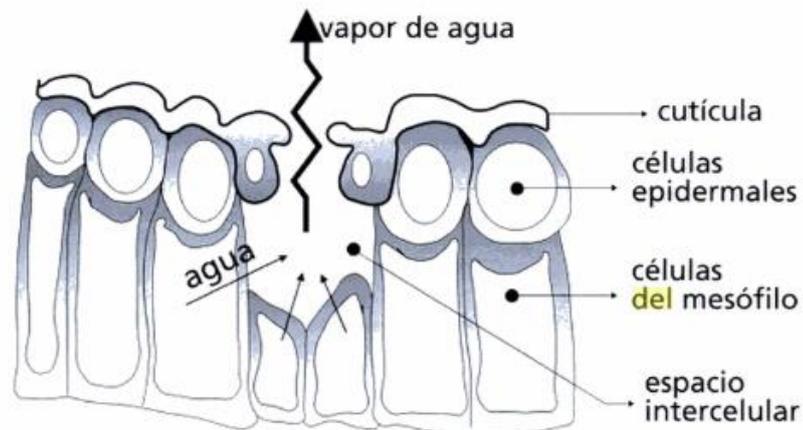


FIGURA 6: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN ESTOMA

Fuente: *evotranspiración del cultivo*, página 2

### 2.2.5.3 FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

- Variables climáticas
  - Radiación solar directa
  - Temperatura del aire
  - Humedad atmosférica
  - velocidad del viento
- Factores de cultivo
  - Tipo de cultivo
  - Etapa de desarrollo
- Manejo y condiciones ambientales
  - salinidad del suelo
  - baja fertilidad del suelo
  - Uso limitado de fertilizantes
  - Presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo
  - Ausencia de control de enfermedades y parásitos
  - Mal manejo del suelo. [14]

### 2.2.6 BOMBAS DE AGUA

Es una máquina basada en el principio de Bernoulli, que logra transformar la energía mecánica en energía hidráulica desplazando un fluido de un punto 1 a un punto 2 además de incrementar su presión, altura o su velocidad. [15]

#### 2.2.6.1 TIPOS DE BOMBAS

-Según [15] nos da la siguiente clasificación de bombas

-En la figura 7 se muestra una amplia clasificación de los distintos tipos de bombas:

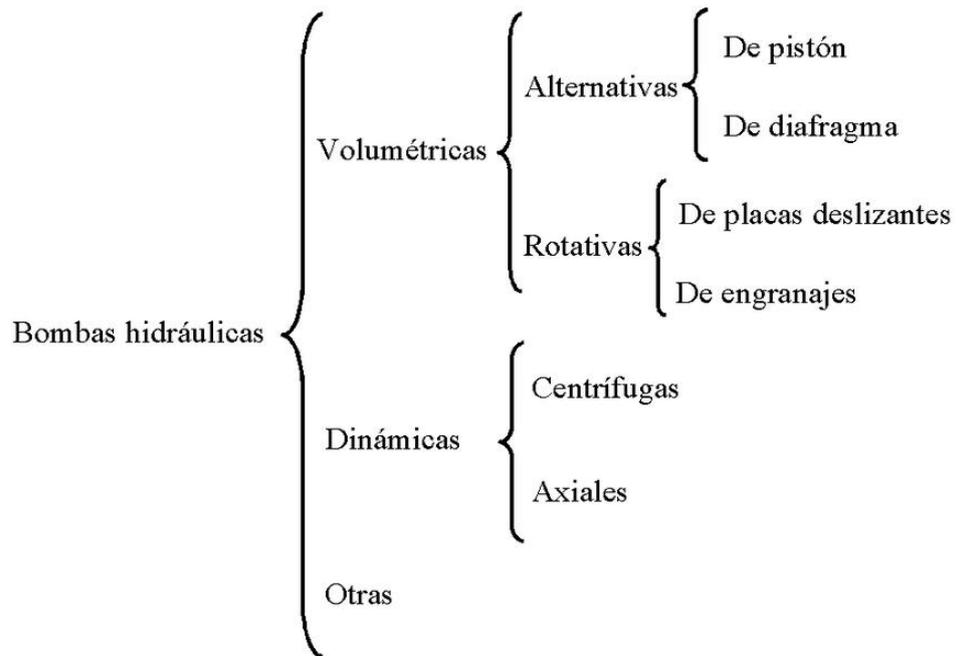


FIGURA 7: ESQUEMA DE TIPOS DE BOMBAS

Fuente: <http://victoryepes.blogs.upv.es/files/2016/04/Figura.png>

#### 2.2.6.1.1 BOMBAS VOLUMÉTRICAS

Son bombas que genera de manera positiva un volumen en un órgano propulsor. Se compone de una cámara que aloja el fluido y varia el volumen cuando está en funcionamiento, es decir se aumenta la presión del fluido cuando las paredes de la cámara empujan el fluido en su interior, aumentando la energía del fluido. Estas bombas pueden ser:

- Alternativas: pueden ser de émbolo o de membrana, el movimiento del fluido es discontinuo donde la aspiración y descarga del agua se realiza por la acción de válvulas.



FIGURA 8: BOMBA ALTERNATIVA

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>

- Rotativas: el fluido se desplaza hacia la cámara, desde una zona de baja presión hasta una zona de alta presión donde se encuentra la salida



FIGURA 9: BOMBA ROTATIVA

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>

#### 2.2.6.1.2 BOMBAS DINÁMICAS

Estas bombas generan un fluido continuo y son empleadas para suministrar caudales altos. Cuentan con uno o más rodetes que giran a gran velocidad y absorben el fluido y es lanzado a gran velocidad hacia las paredes de la voluta convirtiendo parte de la energía cinemática que lleva el fluido en presión. Estas bombas pueden ser:

- Radiales o centrífugas: el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.

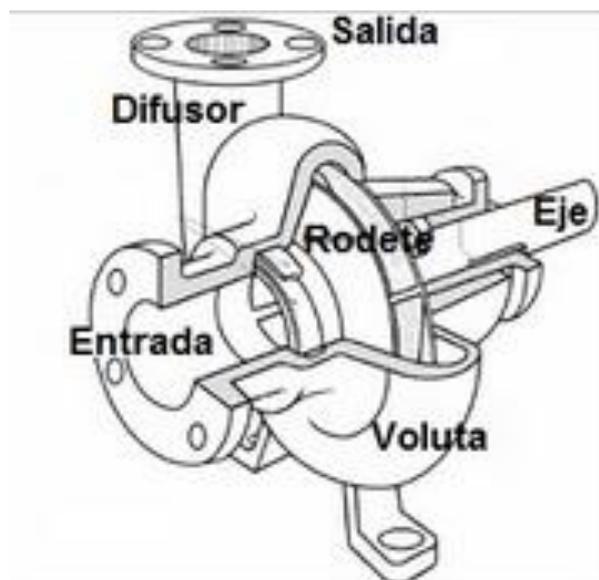


FIGURA 10: BOMBA RADIAL

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>

- Axiales: el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.



FIGURA 11: BOMBA AXIAL

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>

- Diagonales o helicoidales: el fluido realiza una trayectoria en un cono coaxial con el eje del rodete.



FIGURA 12: BOMBA HELICOIDAL

Fuente: <https://www.vallepumps.com/es/bombas/bombas-helicoidales/>

### 2.2.7 SELECCIÓN DE BOMBA DE AGUA

Teniendo los parámetros del requerimiento de agua y la altura manométrica se seleccionará la bomba de agua tomando en cuenta las tablas de curvas y prestaciones de los catálogos otorgados por los fabricantes.

## 2.2.8 ELECTROVÁLVULA

La electroválvula es conocida también como válvula solenoide, esta válvula controlada eléctricamente abre y cierra el paso del fluido en un circuito gracias a un campo magnético generado al ser excitado el solenoide, provocando el desplazamiento de un núcleo móvil interno aperturando o cerrando la válvula. [16]



FIGURA 13: ELECTROVÁLVULA

Fuente: <https://adajusa.es/electrovalvulas-de-control-de-procesos-y-domotica/electrovalvula-fluidos-1-22-cerrada-230v-accionamiento-indirecto.html>

### 2.2.8.1 TIPOS DE ELECTROVÁLVULAS

#### 2.2.8.1.1 ACCIÓN DIRECTA

Estas válvulas el flujo electromagnético actúa directamente en el émbolo que abre o cierra el orificio permitiendo el paso o no del fluido

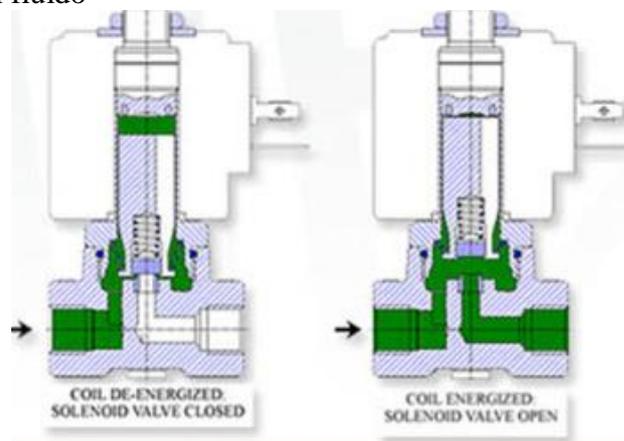


FIGURA 14: ELECTROVÁLVULA DE ACCIÓN DIRECTA

Fuente: <https://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>

### 2.2.8.1.2 ACCIÓN INDIRECTA

Al energizar el solenoide el movimiento del émbolo causa la apertura del orificio piloto y descarga el compartimiento superior del diafragma, este desequilibrio de presión mueve el diafragma que abre el orificio principal

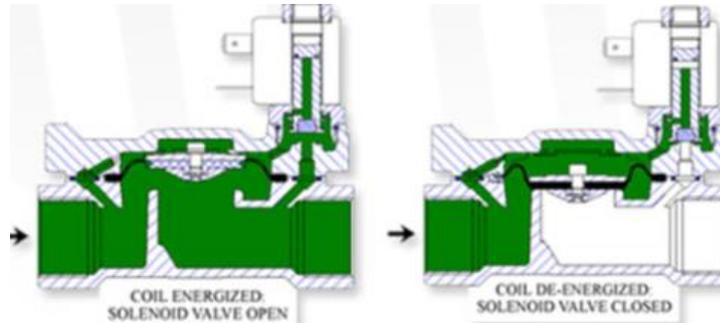


FIGURA 15: ELECTROVÁLVULA DE ACCIÓN INDIRECTA

Fuente: <https://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>

### 2.2.8.1.3 ACCIÓN MIXTA

En estas electroválvulas el desequilibrio de presiones entre el cuerpo superior y el inferior más la acción del émbolo que está fijo al diafragma mediante un resorte permite la apertura del orificio principal.

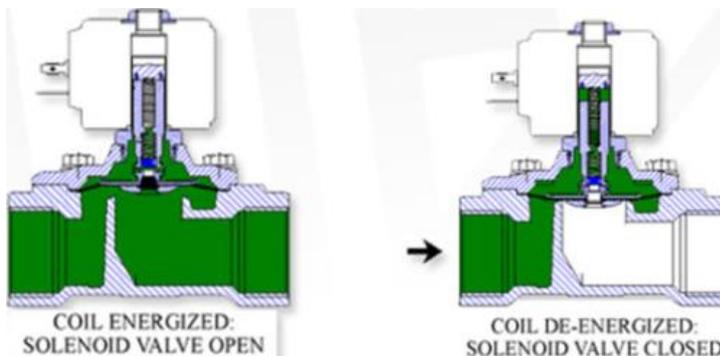


FIGURA 16: ELECTROVÁLVULA DE ACCIÓN MIXTA

Fuente: <https://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>

### 2.2.9 PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)

Es un controlador lógico programable el cual sirve para automatizar procesos secuenciales electromecánicos tomando decisiones en base a las señales de entrada y salida, actuando según las instrucciones programadas.

Gracias a los PLC es posible automatizar un proceso y poder realizar modificaciones sin costos adicionales ni cambiar el cableado ya instalado. Son de tamaños reducido y mantenimiento de bajo costo, brinda la posibilidad de controlar varias máquinas a la vez y ahorrar dinero en mano de obra. [17]



FIGURA 17: PLC

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/siemens-logo-siemens-plc-s7-200-price-6ed1052-1fb00-0ba6-siemens-relay-1937413997.html/>

### 2.2.9.1 LENGUAJE LADDER

Es llamado también diagrama de escalera, sirve para programar el PLC y consiste en una secuencia lógica de instrucciones de cada uno de los elementos, contactos, sistemas electro-mecánicos, relé, etc. para desarrollar un proceso según las señales de entras y salidas. Para programar con lenguaje Ladder es necesario conocer cada uno de los elementos que posee este lenguaje y un software especializado brindando por cada fabricante el cual será instalado en un computadora para diseñar y luego transferir la lógica Ladder al PLC. [18]

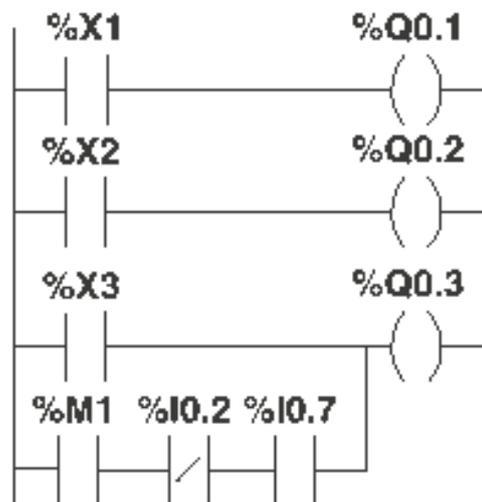


FIGURA 18: LENGUAJE LADDER

Fuente: <https://www.automatas.org/software.htm>

## 2.2.10 TIPOS DE RELÉ

### 2.2.10.1 RELÉ TÉRMICO

Es un componente electromecánico abrir o cerrar un contacto conectado a un circuito por la acción de un electroimán que está conectado a otro circuito eléctrico, así logrando controlar circuitos de mayor potencia utilizando poca tensión e intensidad. [19]



FIGURA 19: RELÉ ELECTROMECAÁNICO

Fuente: <https://es.rs-online.com/web/p/contactores-y-reles-de-sobrecarga/2464658/>

### 2.2.10.2 RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

Son dispositivos que utilizan transistores y tiristores en lugar de contactos mecánicos, a partir de señales de control conmutan altas corrientes y altos voltajes sin producir arcos eléctricos, son más rápidos, silenciosos, livianos y confiables que lo relé electromecánicos pero son más costosos. [20]

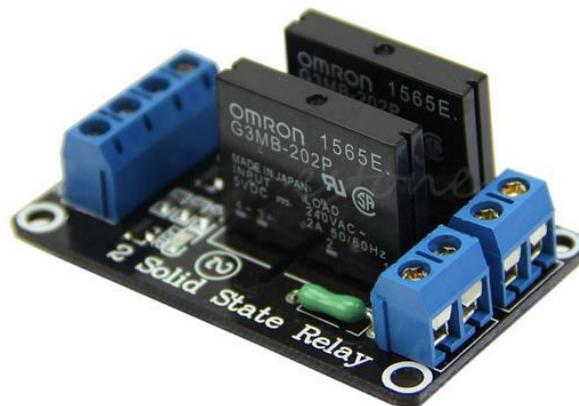


FIGURA 20: RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

Fuente: <https://www.prometec.net/producto/modulo-rele-estado-solido-2x/#>

### 2.2.11 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

Es un dispositivo de protección de equipos y circuitos eléctricos que al superar el valor permitido de corriente actúa un mecanismo de desencanche el cual logra proteger a los equipos de sobrecarga o cortocircuitos. [21]



FIGURA 21: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

Fuente: <http://www.maestro.com.pe/productos/electricidad/interruptor-triel-trifasico-3-x40-a>

### 2.2.12 CONTACTOR

Es un componente electromecánico que abrir o cerrar el paso de corriente con la posibilidad de ser accionado a distancia, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, y se comporta como un electroimán y atrayendo dichos contactos. [22]



FIGURA 22: CONTACTOR

Fuente: <https://www.automation24.es/contactor-siemens-sirius-3rt2027-1bb40>

## 2.2.13 EVALUACIÓN ECONÓMICA (VAN Y TIR)

### 2.2.13.1 VALOR ACTUAL NETO( VAN)

Es un método financiero que toma en cuenta los flujos de efectivo en función del tiempo, es decir encontrar la diferencia entre el valor de los flujos de beneficio con el valor de las inversiones y otro egresos. [23]

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{BN}{(1+td)^t}$$

*ECUACIÓN 6: VAN*

Donde:

$I_0$ = inversión inicial  
BN= flujo de beneficios  
td= tasa de descuento  
t= 1, 2, 3,4... (Periodo de años)  
n= horizonte del proyecto

Para proyectos se sigue la siguiente regla:

$VAN > 0$ , es rentable el proyecto

$VAN < 0$ , no es rentable el proyecto

$VAN = 0$ , no es rentable el proyecto

### 2.2.13.2 TASA INTERNA DE RETORNO ( TIR)

Es aquella tasa de descuento (r) que hace el  $VAN = 0$  para medir directamente la rentabilidad del proyecto. [23]

$$TIR = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{BN}{(1+r)^t}$$

*ECUACIÓN 7: TIR*

Donde:

$I_0$ = inversión inicial  
BN= flujo de beneficios  
t= 1, 2, 3,4... (Periodo de años)  
n= horizonte del proyecto  
r= tasa de descuento

Para proyectos se sigue la siguiente regla:

$TIR > r$ ,  $VAN > 0$ , es rentable el proyecto

$TIR < r$ ,  $VAN < 0$ , no es rentable el proyecto

$TIR = r$ ,  $VAN = 0$ , no es rentable el proyecto

### III DISEÑO METODOLÓGICO.

#### 3.1 METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo APLICADA, ya que hace uso de conocimientos de ingeniería para ser aplicados a los problemas del sector agrícola buscando una mejora en la producción.

#### 3.2 INSTRUMENTOS

- Observación
- Información documental
- Entrevistas
- Encuestas
- Catálogos de fabricantes
- Laptop
- Software CROPWAT 8.0
- Software CLIMWAT 2.0
- Software AutoCAD
- Cade Simu 3.0
- Zelio soft 2 v4.6

#### 3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

Se considerarán como “Métodos” las diferentes formas o pasos para la selección de componentes que integran el diseño, así como la automatización del sistema, además del análisis documental de bibliografías establecidas en libros, artículos científicos, páginas web, y algunos softwares especializados como CROPWAT 8.0, CLIMWAT 2.0, AutoCAD, Cade Simu 3.0 y Zelio Soft 2 V4.6

Y las técnicas consideradas son:

-Reconocimiento del área: El reconocimiento del área de la hacienda “Durand” donde se realizara la investigación se hizo con ayuda del propietario, el cual mostró la fuente de agua, el reservorio actual de recurso hídrico, los canales internos y los linderos del terreno.

-Entrevista: mediante una conversación o dialogo con los trabajadores y propietarios de la hacienda “Durand” basada en una serie de preguntas se permite conocer la situación actual de riego y los conocimientos propios de vida referentes a la agricultura y nivel de educación que será tomados en cuenta para el desarrollo de la investigación y la interfaz hombre-máquina.

-Recolección de información documental: mediante la recopilación de un conjunto de recursos bibliográficos, se permite conocer y comprender los conocimientos necesarios para el desarrollo de la investigación.

## IV RESULTADOS

### 4.1 SITUACIÓN ACTUAL DE RIEGO DE LA HACIENDA DURAND

La hacienda Durand está ubicada en el centro poblado Chical bajo a 9 km de la ciudad de Oyotún, con coordenadas 6°48' latitud sur y 79°16' longitud oeste, haciendo uso de la herramienta web Google maps se muestra en la figura 23 la posición geográfica de la hacienda Durand donde se desarrolló la investigación.



FIGURA 23: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA HACIENDA DURAND

*Fuente: Google maps 2018*

La hacienda cuenta con 8 hectáreas destinadas al cultivo de maíz, estas 8 hectáreas se ubican 5,5 metros de altura con respecto a la fuente de recurso hídrico (canal) pero solo se hace uso de 3 hectáreas debido a que las otras 5 hectáreas presentan una pendiente de 2 grados positiva como se muestra en la figura 24, si se utilizara el riego por goteo tecnificado se lograría cultivar en las 8 hectáreas que se posee.



FIGURA 24: TERRENO DE LA HACIENDA DURAND

*Fuente: propia*

El tipo de riego que se emplea actualmente en la hacienda Durand es por inundación, según el manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego este tipo es el método más antiguo de riego donde no se realizan trabajos muy laboriosos para emparejar el suelo, perdiéndose así una gran cantidad de recurso hídrico. Generalmente se aprovecha solo de 20 a 30 litro de agua por cada 100 litros que se suministran, es decir una eficiencia de riego de 10-30% como se aprecia en la figura 25 [24]

Método de Riego	Rango de Eficiencia de Aplicación en Porcentaje
<b>SUPERFICIAL</b>	
Riego Tradicional o Tendido	10 – 30
Riego en Curvas de Nivel	30 – 60
Riego por Bordes	40 – 80
Riego por Surcos	40 – 85
<b>PRESURIZADO</b>	
Riego por Aspersión	50 – 90
Riego por Microjet	60 – 95
Riego por Goteo	65 – 95

FIGURA 25: EFICIENCIA SEGÚN EL TIPO DE RIEGO

Fuente: manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego

Se obtiene el recurso hídrico del canal Chical- Virú. Este es un canal de tierra que posee agua todos los meses del año por ende en esta zona es propicio cultivar en cualquier época del año. Para hacer uso del canal se realiza un pago de 100 nuevos soles por hectárea durante la cosecha a la junta de usuarios de Virú, a diferencia de otros canales que se emplean horarios de riego en este canal se tiene a disposición de utilizar en cualquier momento del día.



FIGURA 26: CANAL CHILCAL- VIRÚ

Fuente: propia

Empleando un GPS de la marca GARMIN se determinó que el canal está situado a 233 metros sobre el nivel del mar



FIGURA 27: GPS GARMIN

*Fuente: propia*

Para hallar el valor del caudal de este canal se le solicitó al presidente de la junta de usuarios de Virú, el señor Guillermo Nolberto Vilcherrez Medina la base de datos de la junta de usuarios de Virú que está asignado a este canal, pero afirmó que no se contaba con una base de datos periódicamente controlada solo con un valor referencial de 150 litros/segundo que es medido esporádicamente. Por ello se tomó la decisión de realizar mediciones experimentales en diferentes distancias y tiempos en el canal para hallar la velocidad y dimensiones del canal para calcular el área, con estos datos se logrará obtener el valor del caudal de forma experimental haciendo uso del método del flotador con el fin de constatar con el valor proporcionado por el presidente de la junta de usuarios de Virú.



FIGURA 28: MEDICIÓN DEL CANAL

Fuente: propia

En el manual n°5 medición de agua del ministerio de agricultura y riego del Perú nos brinda la ecuación matemática y los 3 pasos a seguir para desarrollar el método del flotador descritos a continuación: [25]

Mediante la ecuación (5) se logra obtener el caudal del canal:

$$Q = A * V * Fc \quad \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

Ecuación 5: CAUDAL CON FACTOR DE CORRECCIÓN

Siendo:

Q= caudal  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

A= área ( $m^2$ )

V= velocidad (m/s)

Fc= factor de corrección

El valor de Fc se selecciona tomando en cuenta el tipo de canal o río y su profundidad, en este caso el Fc es igual a 0,7 como se aprecia en la tabla 1

TABLA 1: FACTOR DE CORRECCIÓN

TIPO DE CAUCE	FACTOR DE CORRECCION (Fc)
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15	0,8
Canal en Tierra, profundidad del agua > 15 cm	0,7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0,5
Canales de tierra profundidad del agua < 15 cm.	0,25 – 0,5

Fuente: manual n°5 medición de agua del ministerio de agricultura y riego

Edición: propia

**a) Paso 1**(Seleccionar el lugar adecuado)

Se tomó la distancia entre el punto A y el punto B siendo esta distancia de 10 metros medida en un tramo donde el canal es lo más recto posible y uniforme sin algas o piedras grandes que obstaculicen el libre paso del flotador.

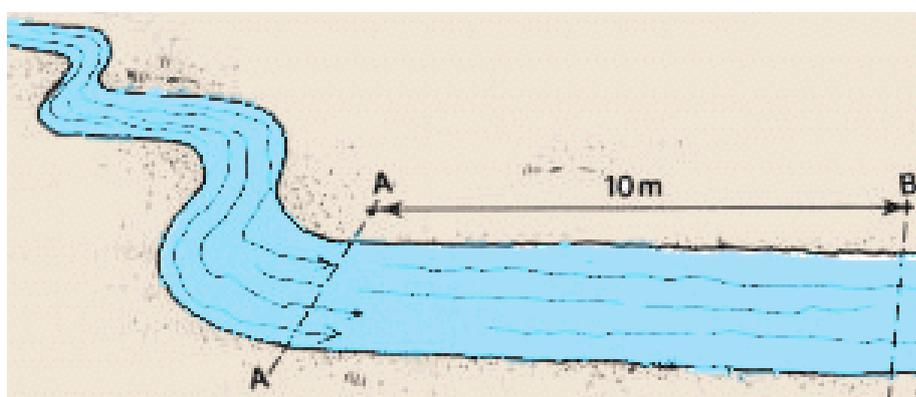


FIGURA 29: DISTANCIA ENTRE PUNTO A Y B

Fuente:

[http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6705s/x6705s03.htm](http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705s/x6705s03.htm)

**b) Paso 2** ( medición del área del canal)

El ancho del canal es de 2 metros medidos periódicamente a lo largo de los 10 metros de la medida experimental para emplear en este método.

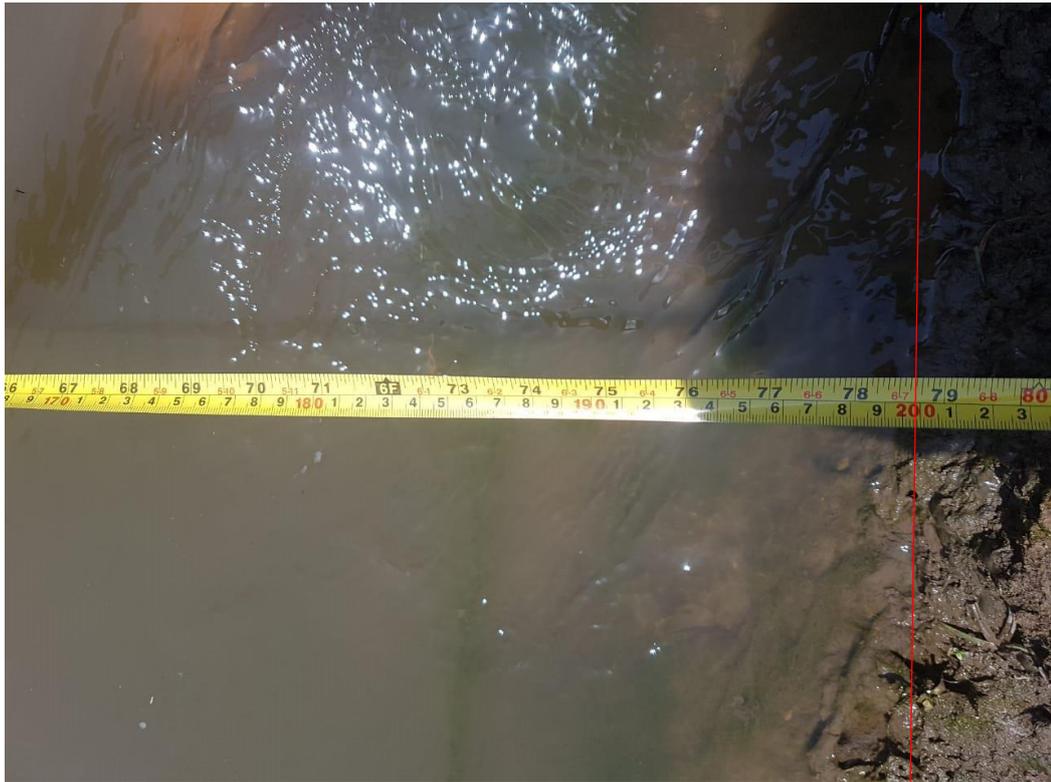


FIGURA 30: ANCHO DEL CANAL

Fuente: propia

El ancho fue dividido en 8 partes de 25 cm cada una como se muestra en la siguiente figura

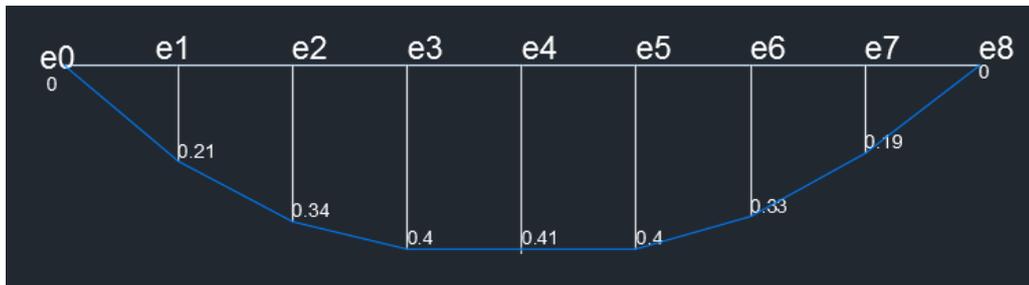


FIGURA 31: SECCIONAMIENTO DE 8 PARTES DEL ANCHO DEL CANAL

Fuente: propia

En la tabla 2 se calcula el área de sección transversal del canal y se obtiene un valor de  $0,57 m^2$

TABLA 2: ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL

espacios	cantidad (m)	Profundidad	cantidad (m)	área parcial (m <sup>2</sup> )
e0	0	h0	0	0
e1	0,25	h1	0,21	0,02625
e2	0,25	h2	0,34	0,06875
e3	0,25	h3	0,4	0,0925
e4	0,25	h4	0,41	0,10125
e5	0,25	h5	0,4	0,10125
e6	0,25	h6	0,33	0,09125
e7	0,25	h7	0,19	0,065
e8	0,25	h8	0	0,02375
			área total	0,57

Fuente: propia

c) **Paso 3** ( medición de la velocidad del agua)

Para hallar la velocidad del agua del canal se empleó la siguiente ecuación:

$$V = \frac{D}{t}$$

ECUACIÓN 4: VELOCIDAD

Siendo:

V= velocidad (m/s)

D= distancia (m)

t= tiempo (s)

La distancia entre el tramo A y B se determinó en el paso 1 siendo un total de 10 metros.

Para determinar el tiempo se utilizó una pelota de 5 cm de diámetro la cual fue soltada en el punto A y empleando un cronometro se midió el tiempo en segundos que demora en llegar al punto B, se realizaron 10 medidas de tiempo en cada fecha, siendo un total de 60 mediciones la cual se obtuvo un tiempo promedio.

-Fecha 1:

TABLA 3: TIEMPO DE RECORRIDO 1

tiempo de recorrido 1		
tiempo 1	25,9	segundos
tiempo 2	25,9	segundos
tiempo 3	26	segundos
tiempo 4	26	segundos
tiempo 5	25,8	segundos
tiempo 6	25,8	segundos
tiempo 7	25,8	segundos
tiempo 8	25,9	segundos
tiempo 9	25,9	segundos
tiempo 10	25,9	segundos
tiempo prom	25,89	segundos

Fuente: propia

En la tabla 3 se obtuvo un tiempo promedio de 25,59 segundos que demora el flotador en llegar del punto A al punto B

-Fecha 2:

TABLA 4: TIEMPO DE RECORRIDO 2

tiempo de recorrido 2		
tiempo 1	25,9	segundos
tiempo 2	25,7	segundos
tiempo 3	25,8	segundos
tiempo 4	26	segundos
tiempo 5	25,9	segundos
tiempo 6	25,8	segundos
tiempo 7	25,6	segundos
tiempo 8	25,6	segundos
tiempo 9	25,7	segundos
tiempo 10	25,9	segundos
tiempo prom	25,79	segundos

Fuente: propia

En la tabla 4 se obtuvo un tiempo promedio de 25,79 segundos que demora el flotador en llegar del punto A al punto B

-Fecha 3:

TABLA 5: TIEMPO DE RECORRIDO 3

tiempo de recorrido 3		
tiempo 1	25,9	segundos
tiempo 2	26	segundos
tiempo 3	26,1	segundos
tiempo 4	26,1	segundos
tiempo 5	26,1	segundos
tiempo 6	26	segundos
tiempo 7	25,9	segundos
tiempo 8	25,9	segundos
tiempo 9	25,7	segundos
tiempo 10	25,8	segundos
tiempo prom	25,95	segundos

Fuente: propia

En la tabla 5 se obtuvo un tiempo promedio de 25,95 segundos que demora el flotador en llegar del punto A al punto B

-Fecha 4:

TABLA 6: TIEMPO DE RECORRIDO 4

tiempo de recorrido 4		
tiempo 1	25,7	segundos
tiempo 2	25,8	segundos
tiempo 3	25,8	segundos
tiempo 4	25,6	segundos
tiempo 5	25,8	segundos
tiempo 6	25,9	segundos
tiempo 7	25,9	segundos
tiempo 8	25,7	segundos
tiempo 9	25,9	segundos
tiempo 10	26	segundos
tiempo prom	25,81	segundos

Fuente: propia

En la tabla 6 se obtuvo un tiempo promedio de 25,81 segundos que demora el flotador en llegar del punto A al punto B

-Fecha 5:

TABLA 7: TIEMPO DE RECORRIDO 5

tiempo de recorrido 5		
tiempo 1	26	segundos
tiempo 2	25,9	segundos
tiempo 3	26	segundos
tiempo 4	26,1	segundos
tiempo 5	26,1	segundos
tiempo 6	26,1	segundos
tiempo 7	26	segundos
tiempo 8	26	segundos
tiempo 9	25,9	segundos
tiempo 10	25,9	segundos
tiempo prom	26	segundos

Fuente: propia

En la tabla 7 se obtuvo un tiempo promedio de 26 segundos que demora el flotador en llegar del punto A al punto B

-Fecha 6

TABLA 8: TIEMPO DE RECORRIDO 6

tiempo de recorrido 6		
tiempo 1	26	segundos
tiempo 2	25,9	segundos
tiempo 3	25,8	segundos
tiempo 4	25,8	segundos
tiempo 5	25,7	segundos
tiempo 6	25,8	segundos
tiempo 7	25,8	segundos
tiempo 8	25,8	segundos
tiempo 9	25,9	segundos
tiempo 10	26	segundos
tiempo prom	25,85	segundos

Fuente: propia

En la tabla 8 se obtuvo un tiempo promedio de 25,85 segundos que demora el flotador en llegar del punto A al punto B

El promedio obtenido de las 60 medidas a lo largo de las 10 fechas es de 25,88 segundos

Reemplazando en la ecuación 9 los valores obtenidos de distancia y tiempo se obtiene una velocidad del agua en el canal de  $0.39 \text{ m}^2$

Reemplazando en la ecuación 8 los valores calculados:

$$Q = A * V * Fc \quad \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

ECUACIÓN 5: CAUDAL CON FACTOR DE CORRECCIÓN

Siendo:

$$A = 0,57 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V = 0,39 \text{ (m/s)}$$

$$Fc = 0,7$$

Se obtiene  $0,154 \frac{m^3}{s}$  o  $154,163 \frac{l}{s}$  de caudal en el canal Virú, este valor se encuentra cercano al valor proporcionado por el presidente de la junta de usuarios de Virú.

El agua es bombeada del canal utilizando una motobomba de la marca Honda modelo WB30 XT de una potencia de 4 HP y 2 pulgadas de diámetro de succión y de descarga hacia un pozo de medidas 6,25 metros de ancho, 7,5 metros de largo y 3 metros de profundidad a través de una tubería de 2 pulgadas de diámetro.



FIGURA 32: MOTOBOMBA DE 4 HP

*Fuente: propia*

Luego se bombea el agua del pozo hacia el terreno de cultivo a través de una motobomba de la marca Honda modelo WL30 XH de una potencia de 4 HP y 3 pulgadas de diámetro de succión y de descarga.

Con este sistema de riego por inundación en la hacienda Durand se logra obtener por cosecha un promedio de 16 a 18 fanegas de maíz por hectárea, lo cual deja un margen de ganancia muy ajustado para el propietario, además de solo poder utilizar 3 de las 8 hectáreas que poseen por presentar una pendiente de 2 grados positiva que no permite distribuir de manera idónea el recurso hídrico en el cultivo. Utilizando un sistema de riego más eficiente como es el caso del sistema de riego por goteo obtiene un promedio de 23 a 25 fanegas por hectárea dando un margen de ganancia más atractivo al propietario

## 4.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO

En este apartado se ha dividido en dos etapas, una etapa desde el canal hasta el pozo y la otra etapa desde el pozo hasta el cultivo.

### 4.2.1 ETAPA POZO-CULTIVO.

#### 4.2.1.1 ELECTROBOMBA 2 Y ELECTROBOMBA 3

Para seleccionar una electrobomba se debe tener en cuenta los valores de caudal total y altura manométrica total que se requiere.

##### 4.2.1.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL TOTAL POR HECTÁREA EN LA ETAPA POZO-CULTIVO

Para determinar el caudal que requiere el cultivo por hectárea, se debe calcular el consumo de agua que necesita el maíz, en la etapa inicial, media y final de la cosecha, y así determinar los tiempos de riego idóneos para el cultivo, de acuerdo con [26] los parámetros a obtener el caudal por hectárea son los siguientes:

#### ➤ **Cálculo de la evapotranspiración**

La evapotranspiración integra los fenómenos de evaporación a través y desde la superficie del suelo y de transpiración de las plantas. [27]

$$E_{tc} = E_{To} \times K_c$$

*ECUACIÓN 8: EVAPOTRANSPIRACIÓN*

Donde:

$E_{tc}$  = Evapotranspiración del cultivo de interés (mm/día)

$E_{To}$  = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día), se ha tomado el más elevado para obtener el máximo requerimiento.

$K_c$  = Coeficiente del cultivo, varía de acuerdo al desarrollo del maíz, por lo que se determinará en sus distintas etapas de crecimiento.

## -Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>)

Para el determinar los valores de ET<sub>o</sub> se utilizó la base de datos del software libre Climwat 2.0 y se exporto al software libre Cropwat, con esta herramienta se logró determinar los valores de ET<sub>o</sub> en cada uno de los meses del año

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m <sup>2</sup> /día	ET <sub>o</sub> mm/día
Enero	18.9	29.5	72	4.0	6.2	19.3	4.95
Febrero	20.0	29.8	75	3.6	6.6	20.2	4.85
Marzo	20.2	30.8	73	3.6	6.3	19.4	5.02
Abril	18.9	29.0	74	4.0	6.7	18.8	4.66
Mayo	17.8	27.4	73	4.0	6.5	17.0	4.22
Junio	16.4	25.3	78	3.6	5.6	15.0	3.37
Julio	15.4	24.1	76	3.6	5.2	14.9	3.33
Agosto	14.6	23.5	76	4.0	5.4	16.3	3.54
Septiembre	15.1	21.5	76	4.0	6.3	18.8	3.60
Octubre	15.3	24.5	76	4.4	5.9	18.9	3.99
Noviembre	15.7	25.2	77	4.0	6.6	19.9	4.13
Diciembre	17.1	27.2	72	4.4	6.3	19.3	4.67
Promedio	17.1	26.5	75	3.9	6.1	18.1	4.19

FIGURA 33: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA

Fuente: cropwat

## -Coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>):

Esta constante se determina en tres fases: K<sub>c</sub> inicial, K<sub>c</sub> medio, K<sub>c</sub> final

Cultivo	K <sub>cini</sub>	K <sub>cmed</sub>	K <sub>cfin</sub>	Cultivo	K <sub>cini</sub>	K <sub>cmed</sub>	K <sub>cfin</sub>
Avena	0.3	1.15-1.25	0.20-0.25	Lenteja	0.4	1.10-1.25	0.25-0.30
Cebada	0.3	1.15-1.25	0.20-0.25	Soja	0.4	1.15-1.25	0.45-0.50
Centeno	0.3	1.15-1.25	0.20-0.25	Algodón	0.35	1.15-1.25	0.50-0.70
Maíz dulce	0.3	1.15-1.25	1.00-1.05	Girasol	0.35	1.15-1.25	0.35-0.40
Maíz grano	0.3	1.15-1.25	0.35-0.60	Remolacha azucarera	0.35	1.15-1.25	0.70-0.90
Sorqo	0.3	1.10-1.15	0.50-0.55	Alfalfa	0.40	0.95-1.00	
Trigo	0.3	1.15-1.25	0.20-0.25	Pradera golf	0.80	0.85-0.95	
Ajo	0.7	1.10-1.20	0.70-1.00	Caña de azúcar	0.40	1.25-1.35	0.75-0.80
Cebolla	0.7	1.05-1.10	0.70-1.05	Platanera	0.50	1.25-1.35	1.10
Col	0.7	1.05-1.10	0.90-0.95	Aguacate	0.60	0.85-0.90	0.70-0.75
Lechuga	0.7	1.00-1.05	0.90-1.00	Almendro	0.40	0.90	0.65
Melón	0.5	1.05-1.10	0.70-0.75	Cítricos 20%	0.50	0.45	0.55
Patata	0.5	1.15-1.25	0.70-0.75	Cítricos 50%	0.65	0.60	0.55
Calabacín	0.5	0.95-1.00	0.70-0.80	Cítricos 70%	0.70	0.65	0.70

FIGURA 34: K<sub>c</sub>

Fuente: Necesidades de riego de los cultivos

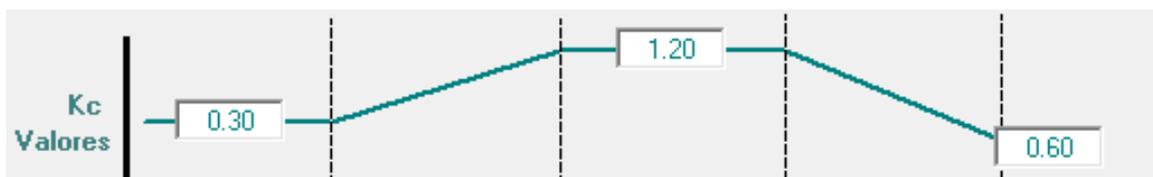


FIGURA 35: KC VALORES

Fuente: cropwat

**-Evapotranspiración del cultivo de interés (Etc):**

TABLA 9: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE INTERÉS

Mes	Etc inicial	Etc media	Etc final
enero	1,485	5,94	2,97
febrero	1,455	5,82	2,91
marzo	1,506	6,024	3,012
abril	1,398	5,592	2,796
mayo	1,266	5,064	2,532
junio	1,011	4,044	2,022
julio	0,999	3,996	1,998
agosto	1,062	4,248	2,124
septiembre	1,08	4,32	2,16
octubre	1,197	4,788	2,394
noviembre	1,239	4,956	2,478
diciembre	1,401	5,604	2,802

Fuente: propia

En la tabla 9 se muestra el Etc en cada mes del año en su etapa inicial, media y final calculado mediante una hoja de cálculo Excel haciendo uso de la ecuación 8

➤ **Calculo de lámina bruta de riego (db):**

$$lb = \left(\frac{ETc}{Er}\right) \times 100$$

ECUACIÓN 9: LÁMINA BRUTA DE RIEGO

Donde:

Er= Eficiencia de riego 65% al 95%, (ver figura 25)

ETc= Evapotranspiración del cultivo de interés

lb= Lamina bruta de riego (mm)

TABLA 10: LÁMINA BRUTA DE RIEGO

Mes	Er	lb inicial	lb medio	lb final
enero	90	1,650	6,600	3,300
febrero	90	1,617	6,467	3,233
marzo	90	1,673	6,693	3,347
abril	90	1,553	6,213	3,107
mayo	90	1,407	5,627	2,813
junio	90	1,123	4,493	2,247
julio	90	1,110	4,440	2,220
agosto	90	1,180	4,720	2,360
septiembre	90	1,200	4,800	2,400
octubre	90	1,330	5,320	2,660
noviembre	90	1,377	5,507	2,753
diciembre	90	1,557	6,227	3,113

Fuente: propia

En la tabla 10 se ha calculado la lámina bruta de riego para cada uno de los meses del año calculado mediante una hoja de cálculo Excel aplicando la ecuación 9

➤ **Cálculo del volumen de agua por planta (G):**

$$G = \left(\frac{lb}{f}\right) \times Sp \times SI$$

ECUACIÓN 10: VOLUMEN DE AGUA POR PLANTA

Donde:

G= es el volumen de agua por planta. (L/planta/día)

f= es la frecuencia de riego. (Día)

Sp= es el espaciamiento entre plantas, (0,30 m)

SI= es el espaciamiento entre laterales de riego, (1 m).

TABLA 11: VOLUMEN DE AGUA POR PLANTA

Mes	lb inicial	lb medio	lb final	f(días)	sp(m)	SI(m)	G inicial	G medio	G final
enero	1,650	6,600	3,300	1	0,3	2	0,99	3,96	1,98
febrero	1,617	6,467	3,233	1	0,3	2	0,97	3,88	1,94
marzo	1,673	6,693	3,347	1	0,3	2	1,004	4,016	2,008
abril	1,553	6,213	3,107	1	0,3	2	0,932	3,728	1,864
mayo	1,407	5,627	2,813	1	0,3	2	0,844	3,376	1,688
junio	1,123	4,493	2,247	1	0,3	2	0,674	2,696	1,348
julio	1,110	4,440	2,220	1	0,3	2	0,666	2,664	1,332
agosto	1,180	4,720	2,360	1	0,3	2	0,708	2,832	1,416
septiembre	1,200	4,800	2,400	1	0,3	2	0,72	2,88	1,44
octubre	1,330	5,320	2,660	1	0,3	2	0,798	3,192	1,596
noviembre	1,377	5,507	2,753	1	0,3	2	0,826	3,304	1,652
diciembre	1,557	6,227	3,113	1	0,3	2	0,934	3,736	1,868

Fuente: propia

En la tabla 11 se ha calculado el volumen de agua por planta para cada uno de los meses del año calculado mediante una hoja de cálculo Excel aplicando la ecuación 10.

➤ **Cálculo de puntos de emisión por planta (Np):**

$$Np = \frac{Sp}{Se}$$

*ECUACIÓN 11: PUNTO DE EMISIÓN POR PLANTA*

Donde:

Sp= es el espaciamiento entre plantas 0,30m

Se= espaciamiento entre goteros 0,30m

Reemplazando en la ecuación 12 calculamos Np:

$$Np = 0,30 \div 0,30$$
$$Np = 1$$

➤ **Cálculo del tiempo de aplicación de agua (Ta):**

$$Ta = \frac{G}{(Np \times qa)}$$

*ECUACIÓN 12: TIEMPO DE APLICACIÓN DE AGUA*

Donde:

Ta= tiempo de aplicación de agua (min)

Np= puntos de emisión por planta.

qa= es el caudal nominal del gotero ( $\frac{L}{h}$ )

Se ha seleccionado una cinta de riego por goteo de especificaciones técnicas similares a la cinta de riego por goteo de la marca Aqua-TraXX modelo RA7xx1245-yyy 22 mm de diámetro y el gotero cuenta con una descarga de  $1.4 \frac{L}{h}$ . (Ver anexo 1)

Tabla12: Tiempo de aplicación de agua en horas

Mes	G inicial	G medio	G final	Np	qa (L/h)	Ta inicial (h)	Ta medio (h)	Ta final (h)
enero	0,99	3,96	1,98	1	1,4	0,707	2,829	1,414
febrero	0,97	3,88	1,94	1	1,4	0,693	2,771	1,386
marzo	1,004	4,016	2,008	1	1,4	0,717	2,869	1,434
abril	0,932	3,728	1,864	1	1,4	0,666	2,663	1,331
mayo	0,844	3,376	1,688	1	1,4	0,603	2,411	1,206
junio	0,674	2,696	1,348	1	1,4	0,481	1,926	0,963
julio	0,666	2,664	1,332	1	1,4	0,476	1,903	0,951
agosto	0,708	2,832	1,416	1	1,4	0,506	2,023	1,011
septiembre	0,72	2,88	1,44	1	1,4	0,514	2,057	1,029
octubre	0,798	3,192	1,596	1	1,4	0,570	2,280	1,140
noviembre	0,826	3,304	1,652	1	1,4	0,590	2,360	1,180
diciembre	0,934	3,736	1,868	1	1,4	0,667	2,669	1,334

Fuente: propia

En la tabla 12 se ha calculado el tiempo de aplicación de agua en horas para cada uno de los meses del año calculado mediante una hoja de cálculo Excel aplicando la ecuación 12 y en la tabla 13 se muestra el tiempo de aplicación de agua en minutos.

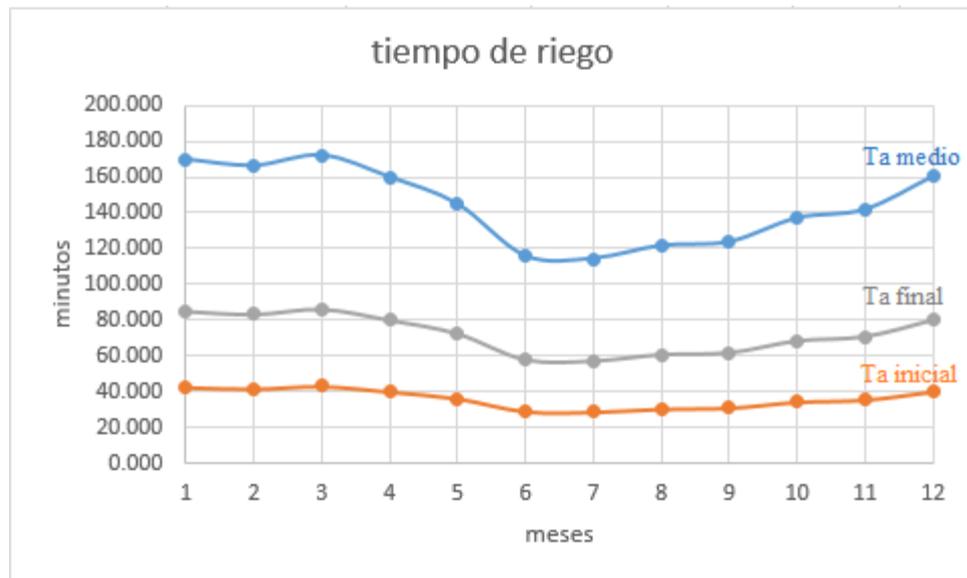
TABLA 13: TIEMPO DE APLICACIÓN DE AGUA EN MINUTOS

Mes	Ta inicial (min)	Ta medio (min)	Ta final (min)
enero	42,429	169,714	84,857
febrero	41,571	166,286	83,143
marzo	43,029	172,114	86,057
abril	39,943	159,771	79,886
mayo	36,171	144,686	72,343
junio	28,886	115,543	57,771
julio	28,543	114,171	57,086
agosto	30,343	121,371	60,686
septiembre	30,857	123,429	61,714
octubre	34,200	136,800	68,400
noviembre	35,400	141,600	70,800
diciembre	40,029	160,114	80,057

Fuente: propia

En el gráfico 1 se observa que entre más cercano a los meses de verano el tiempo de riego aumenta y entre más cercano los meses de invierno los tiempos de riego disminuyen.

GRÁFICO 1: CURVA DE TIEMPO DE RIEGO



Fuente: propia

-Entonces:

Una hectárea cuenta con 10000 m<sup>2</sup>, lo cual está dado por 100 metros de ancho y 100 metros de largo

$$Q_t = q_a * \frac{A}{SI} * \frac{L}{sp}$$

ECUACIÓN 13: CAUDAL TOTAL POR HECTÁREA

Donde:

- Qt: caudal total por hectárea (L/h)
- qa: caudal nominal del gotero (1,4 L/h)
- A: ancho (100 m)
- L: largo (100 m)
- SI: espaciamiento lateral de riego (2 m)
- sp: espaciamiento entre plantas (0,3 m)

Reemplazando en la ecuación 13 se obtiene:

$$Q_t = 1,4 * \frac{100}{2} * \frac{100}{0,3} \left(\frac{L}{h}\right)$$

$$Q_t = 23333,33 \frac{L}{h}$$

Se obtiene un caudal por hectárea de  $23333,33 \frac{L}{h} \cong 0,00648 \frac{m^3}{s} \cong 6,481 \frac{L}{s} \cong 102,734$  gpm

Se decidió tomar 4 turnos de riego de dos hectáreas por turno, entonces el caudal por cada 2 hectáreas sería:  $46666.66 \frac{L}{h} \cong 0.01296 \frac{m^3}{s} \cong 12.96296 \frac{L}{s} \cong 205.467 \text{ gpm}$

#### 4.2.1.1.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA EN LA ETAPA POZO-CULTIVO

Es la sumatoria de las alturas manométricas de succión y descarga de la electrobomba, para los accesorios se toma las longitudes equivalentes obtenidas de las anexo 2 y 3.

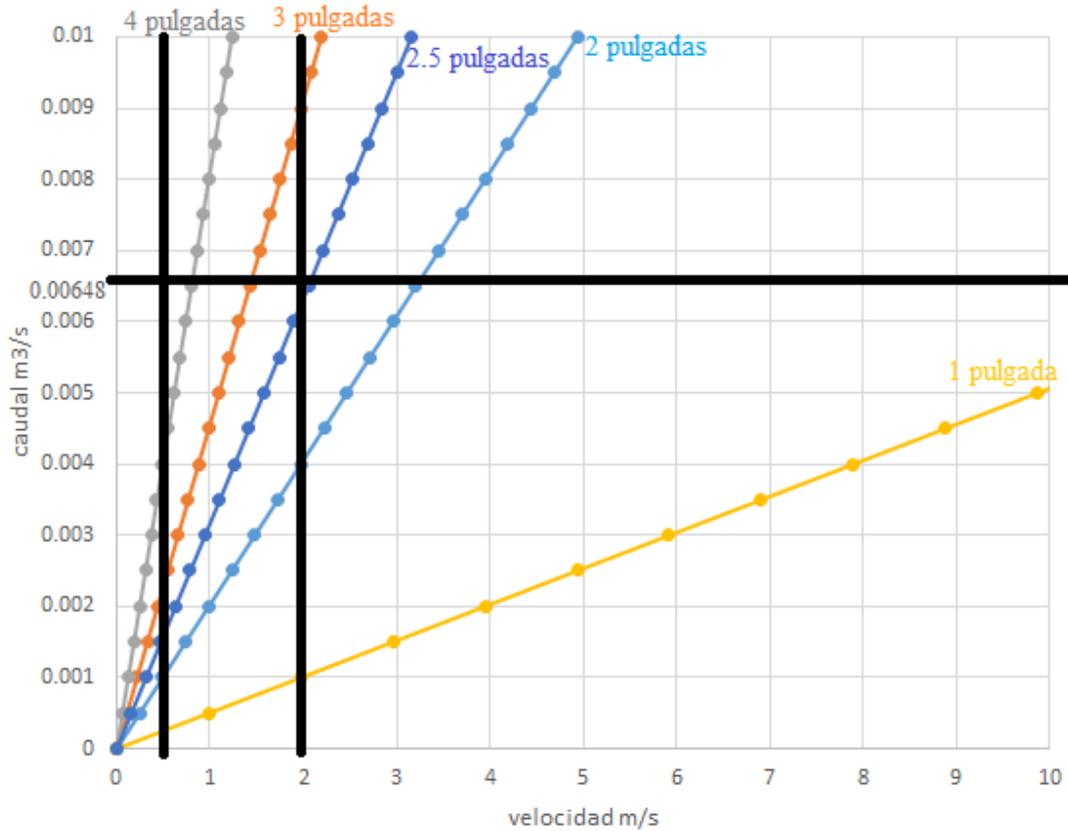
Se decidió colocar dos electrobombas en paralelo con un sistema de tuberías iguales a cada una, para alimentar una hectárea a la vez por electrobomba, es decir en cada turno de riego se irrigaran 2 hectáreas, teniendo así 4 turnos de riego con el fin de reducir el valor de la altura manométrica para poder seleccionar 2 electrobombas de una potencia menor y más comerciable en lugar de una sola de mayor potencia

Según [28] nos dice que velocidades menores de  $0,6 \frac{m}{s}$  originan sedimentación y velocidades mayores a  $2 \frac{m}{s}$  originan perdidas de presión elevadas lo que significaría un mayor gasto de energía para lograr satisfacer la demanda de recurso hídrico, por ello se tomó el siguiente criterio de velocidad:

$$0,6 \frac{m}{s} < \text{velocidad} < 2 \frac{m}{s}$$

Para seleccionar el diámetro se realizó un estudio paramétrico haciendo uso del software Microsoft Excel donde se seleccionó los diámetros más comerciales los cuales cumplan con el criterio de velocidad.

GRÁFICO 2: ESTUDIO PARAMÉTRICO PARA SELECCIONAR DIÁMETRO DE TUBERÍA DE LA ETAPA POZO-CULTIVO



Fuente: propia

Se observa en el gráfico 2 que para un caudal de  $0,00648 \frac{m^3}{s}$  los diámetros comercial que cumplen con el rango de velocidad antes mencionado son los diámetro de 3 pulgadas y 4 pulgadas.

a) PARA LA SUCCIÓN

Diámetro de tubería seleccionado (D):

$$D = 3 \text{ pulgadas} \cong 0,0762 \text{ m}$$

Con un diámetro de 3 pulgadas se obtiene una velocidad  $1,421 \frac{m}{s}$  la cual cumple con el criterio de velocidad.

Los elementos utilizados para la succión son:

TABLA 14: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA SUCCIÓN ETAPA POZO-CULTIVO

elemento	cantidad	unidades	longitud equivalente(metros)
válvula check vertical de 3 pulgadas	1	unidad	11,582
tubo de pvc de 3 pulgadas	6,75	metros	6,75
codo de 90 de pulgadas	1	unidad	2,286

Fuente: propia

La longitud equivalente de los elementos de la succión de la etapa pozo-cultivo es de 20,6184 metros como se aprecia en la tabla 14

Haciendo uso de la ecuación de Hazen-Williams, se logra calcular la pérdida de carga debido a la fricción dentro una tubería. [29]

$$H_f = \left( \frac{10,679}{C^{1,852}} \right) * \left( \frac{L}{D^{4,87}} \right) * Q^{1,852}$$

*ECUACIÓN 14: HAZEN-WILLIAMS*

Donde:

- hf = pérdida de carga (m.c.a)
- L = longitud de la tubería (m)
- D = diámetro de la tubería (m)
- Q = caudal ( $\frac{m^3}{s}$ )
- C= Constante, para PVC y Pe es 150 (ver anexo 4)

Reemplazando en la ecuación 14 se obtiene:

-Tubería y accesorios de diámetro de 3 pulgadas:

$$H_{fs} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{20,6184}{0,0762^{4,87}} \right) * 0,00648^{1,852}$$

$$H_{fs} = 0,506 \text{ m.c.a}$$

-Altura manométrica estática:

$$H_{estática} = 3,75 \text{ m.c.a}$$

b) PARA LA DESCARGA

En este apartado se seleccionaron dos diámetros, de 4 y 3 pulgadas

- Primer diámetro de tubería seleccionado (D):  
D = 4 pulgadas  $\cong 0,1016 \text{ m}$   
Con un diámetro de 4 pulgadas se obtiene una velocidad  $0,799 \frac{m}{s}$  la cual cumple con el criterio de velocidad.
- Segundo diámetro de tubería seleccionado (D):  
D = 3 pulgadas  $\cong 0,0762 \text{ m}$   
Con un diámetro de 4 pulgadas se obtiene una velocidad  $1,421 \frac{m}{s}$  la cual cumple con el criterio de velocidad.

Los elementos utilizados para la descarga son:

TABLA 15: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA DESCARGA ETAPA POZO-CULTIVO

elemento	cantidad	unidades	longitud equivalente(metros)
ampliación de 3 a 4 pulgadas	1	unidad	2,646
válvula check horizontal de 4 pulgadas	1	unidad	15,24
tubo de pvc de 4 pulgadas	380	metros	380
te de 4 pulgadas fc	1	unidad	6,096
te de 4 pulgadas fr	3	unidad	2,133
electroválvula 3 pulgadas	1	unidad	1,066
te de 3 pulgadas fc	1	unidad	4,876
tubo de pvc de 3 pulgadas	100	metros	100
reducción de 4 a 3 pulgadas	1	unidad	0,973
cinta de goteo 22 mm	5000	metros	50000

Fuente: propia

Reemplazado en la ecuación 14 se obtiene:

-Tubería y accesorios de diámetro de 4 pulgadas:

$$H_{fd4} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{406,1161}{0,1016^{4,87}} \right) * 0,006480^{1,852}$$

$$H_{fd4} = 2,458 \text{ m.c.a}$$

-Tubería y accesorios de diámetro de 3 pulgadas:

$$H_{fd3} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{106,9175}{0,0762^{4,87}} \right) * 0,006480^{1,852}$$

$$H_{fd3} = 2,627 \text{ m.c.a}$$

-Cinta de goteo de 22mm:

$$H_{fd22} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{5000}{0,022^{4,87}} \right) * 0,0001296^{1,852}$$

$$H_{fd22} = 37,181 \text{ m.c.a}$$

-Filtro de anillas:

Las pérdidas de carga con un filtro de anillas limpio para su caudal de funcionamiento son de 2 m.c.a. y de 5 m.c.a cuando requiera de limpieza [30]

$$H_{ff} = 2 \text{ m.c.a}$$

-Presión de funcionamiento de los goteros:

$$H_{fpg} = 1,5 \text{ bar} \cong 15,3 \text{ m.c.a}$$

La altura manométrica total ( $H_{total}$ ) está dado por:

*ECUACIÓN 15: ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL*

$$H_{total} = H_{estática} + H_{fs} + H_{fd4} + H_{fd3} + H_{ff} + H_{fpq}$$

$$H_{total} = 3,75 + 0,507 + 2,491 + 2,626 + 37,181 + 2 + 15,3$$

$$H_{total} = 63,991 \text{ m.c.a}$$

Teniendo los valores de caudal total ( $Q_{total}$ ) de 102,734 gpm y altura manométrica total ( $H_{total}$ ) de 63,991 m.c.a, se ha seleccionado una electrobomba trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Speroni modelo 2C 40/180B de 10 HP para la electrobomba 2 y otra igual para la electrobomba 3, cada una posee un diámetro de succión de 3 pulgadas y un diámetro de descarga de 3 pulgadas (ver anexo 6), alimentada por una tensión de 380 V trifásica.

Estas electrobombas trabajarán en paralelo funcionando en simultáneo suministrando de recurso hídrico a cada hectárea en su respectivo turno de riego.

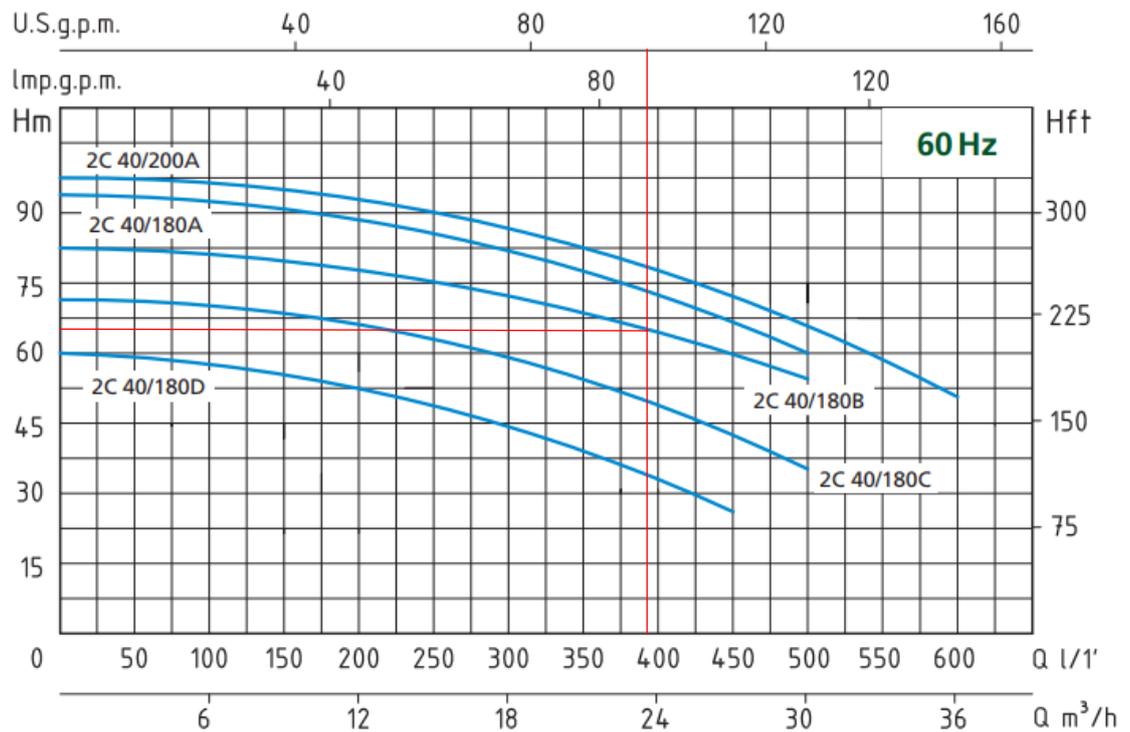


FIGURA 36: ELECTROBOMBA HE 3 75

Fuente: Catalogo de bombas de la marca Speroni

Conectar las electrobombas de 10 HP (7,5 Kw) cada una con un arranque directo no sería la mejor opción puesto que este tipo de arranque es recomendado hasta 5,5 Kw de potencia pues al momento del arranque su corriente llega hasta 7 veces su corriente nominal, lo que produciría altas corrientes de pico que pueden influir en el suministro eléctrico y puede inducir a los componentes mecánicos de la maquina o de todo el sistema a niveles altos de estrés. [31]

Y para motores eléctricos 220/380v sería imposible conectarlo con el método de estrella-triángulo en líneas de tensión de 380 v, porque la bobina de fase del motor en conexión estrella estaría soportando 220V, que es su tensión de diseño y, cuando pase a la conexión triángulo, la bobina de fase (diseñada para 220V) recibirá 380 V entre sus extremos y no podrá soportarlo. [32]

#### 4.2.1.2 ARRANCADOR SUAVE

Para el arranque de la electrobomba 2 y 3 de 10 HP y 16,6 A se seleccionó un arranque con arrancador suave (arrancador de estado sólido) de especificaciones técnicas similares al arrancador suave de la marca Schneider Electric modelo ATS22D17Q que soporta hasta 17 A (ver anexo 9) que hará posible que sea continuo y lineal el par en el arranque, y así lograr una reducción de la corriente pico producida en el arranque



FIGURA 37: ARRANCADOR SUAVE

Fuente: [https://www.se.com/es/es/product/ATS22D17Q/arranque-suave-ats22-control-220-v-potencia-230-v-\(4-kw\)-400...440-v-\(7,5-kw\)/](https://www.se.com/es/es/product/ATS22D17Q/arranque-suave-ats22-control-220-v-potencia-230-v-(4-kw)-400...440-v-(7,5-kw)/)

#### 4.2.1.3 GUARDAMOTOR

Se seleccionó un guardamotor según su corriente nominal de la electrobomba 2 y 3 que es de 16,6 A cada una, se seleccionó un guardamotor de especificaciones técnicas similares al guardamotor de la marca Schneider Electric modelo GV2ME20 que soporta hasta 18 A para cada electrobomba.

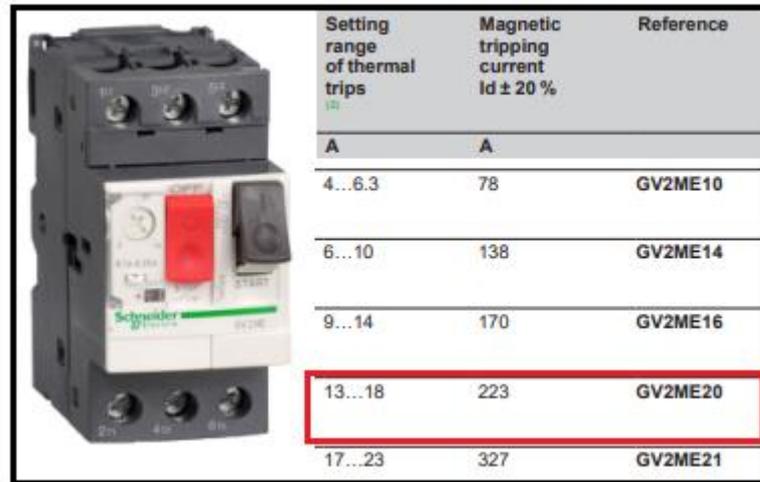


FIGURA 38: GUARDAMOTOR

Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product/GV2ME20/guardamotor-magterm-3p-13-18a-15ka/>

#### 4.2.1.4 ELECTROVÁLVULA

Para seleccionar la electroválvula se debe tener en cuenta el caudal que pasara por dicha electroválvula, sabiendo que se posee un caudal de  $23,334 \frac{m^3}{h}$  se ha escogido 8 electroválvulas de especificaciones técnicas similares a la electroválvula de la marca Hunter modelo IBV de 3 pulgadas de conexión y un consumo de 0,5A.



FIGURA 39: ELECTROVÁLVULA HUNTER

Fuente: <https://www.hunterindustries.com/es/product/valvulas/ibv>

#### 4.2.1.5 FILTRO DE ANILLAS

Se seleccionó un filtro de anillas de especificaciones técnicas similares al filtro de anillas de la marca Azud Helix System de 4 pulgadas con un caudal máximo de filtrado de  $70 \frac{m^3}{h}$  para cada red de tuberías de cada electrobomba, que logra

suplir la necesidad del filtrado del agua por hectárea en cada turno de riego correspondiente.



FIGURA 40: FILTRO DE ANILLAS

Fuente: [https://www.turiego.es/filtro-de-anillas-azud-helix-system-de-2-3-4-y-6-de-limpieza-manual.html#.W\\_nHGDhKjIU](https://www.turiego.es/filtro-de-anillas-azud-helix-system-de-2-3-4-y-6-de-limpieza-manual.html#.W_nHGDhKjIU)

#### 4.2.1.6 ELECTROBOMBA 4 PARA EL TANQUE DE ADITAMENTOS (FERTIRRIEGO)

##### 4.2.1.6.1 CÁLCULO DEL CAUDAL TOTAL PARA SELECCIÓN DE ELECTROBOMBA 4

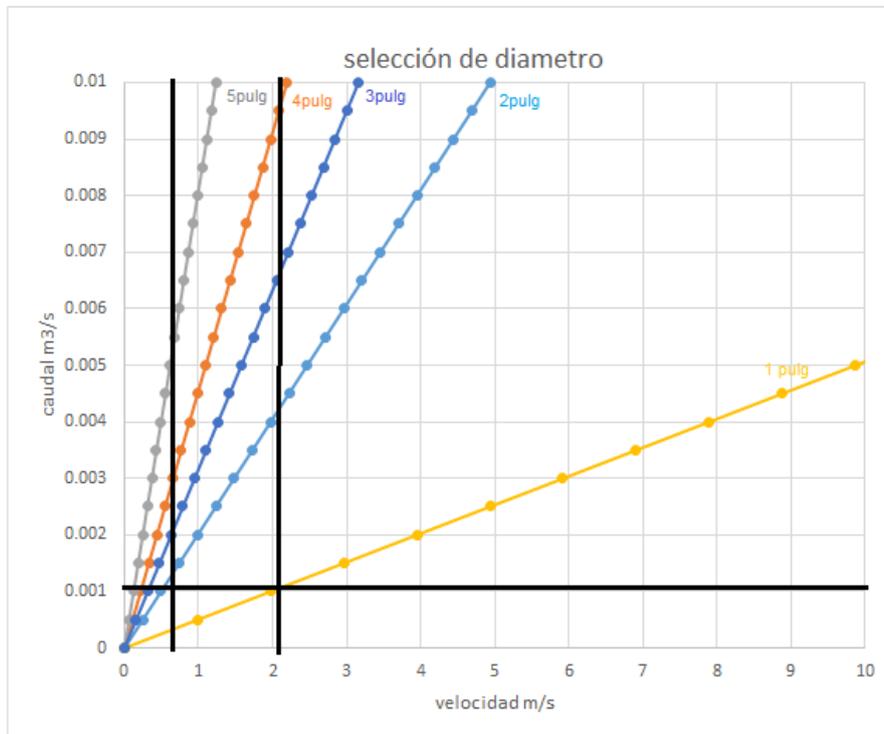
Se cuenta con un pozo de medidas de 0,75 metros de ancho, 0,8 metros de largo y 1 metro de profundidad, es decir posee un volumen de 0,6 metros cúbicos.

El tiempo de llenado seleccionado es de 10 minutos para llenar el pozo en su totalidad, con lo cual se logra obtener que el caudal es de  $0,06 \frac{m^3}{min} \cong 15,85 \text{ gpm}$ .

##### 4.2.1.6.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA PARA SELECCIÓN DE ELECTROBOMBA 4

Se debe tomar en cuenta el criterio de velocidad mencionado anteriormente en el apartado 4.2.1.1.2 el cual nos dice que velocidades menores a 0,6 m/s originan sedimentación y velocidades mayores a 2 m/s provocarían pérdidas de presión elevadas, para la selección del diámetro de tuberías y accesorios se realizó un estudio paramétrico haciendo uso del software Microsoft Excel donde se seleccionó los diámetros nominales más comerciales los cuales cumplan con dicho criterio de velocidad.

GRÁFICO 3: ESTUDIO PARAMÉTRICO PARA SELECCIONAR ELECTROBOMBA 4



Fuente: propia

En el gráfico 3 se observa que para un caudal de  $0,001 \frac{m^3}{s}$  el diámetro comercial que cumple con el rango de velocidad antes mencionado es de 1 pulgada.

a) PARA LA SUCCIÓN

Diámetro de tubería seleccionado (D):

$$D = 1 \text{ pulgada} \cong 0,0254 \text{ m}$$

Con un diámetro de 1 pulgada se obtiene una velocidad  $1,97 \frac{m}{s}$  la cual cumple con el criterio de velocidad

Los elementos utilizados para la succión son:

TABLA 16: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA SUCCIÓN DE LA ELECTROBOMBA 4

elemento	cantidad	unidades	longitud equivalente(metros)
válvula check vertical de 1 pulgada	1	unidad	4,572
tubo de pvc de 1 pulgadas	1,3	metros	1,3
codo de 90 de 1 pulgadas	1	unidad	1,158

Fuente: propia

La longitud equivalente de los elementos de la succión de la etapa canal-pozo es de 7,03 metros como se observa en la tabla 16

Reemplazando en la ecuación 14 se obtiene:

-Tubería y accesorios de diámetro de 4 pulgadas:

$$H_{fs} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{7,03024}{0,0254^{4,87}} \right) * 0,001^{1,852}$$

$$H_{fs} = 1,142 \text{ m.c.a}$$

-altura manométrica estática:

$$H_{estáticaS} = 1,3 \text{ m.c.a}$$

#### b) PARA LA DESCARGA

Diámetro de tubería seleccionado (D):

$$D = 1 \text{ pulgada} \cong 0,0254 \text{ m}$$

Con un diámetro de 1 pulgada se obtiene una velocidad  $1,97 \frac{m}{s}$  la cual cumple con el criterio de velocidad.

Los elementos utilizados para la descarga son:

TABLA 17: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA DESCARGA DE LA ELECTROBOMBA 4

elemento	cantidad	unidades	longitud equivalente(metros)
válvula check horizontal de 1 pulgada	1	unidad	4,572
tubo de pvc de 1 pulgadas	2,5	metros	2,5
codo de 90 de 1 pulgadas	1	unidad	1,158

Fuente: propia

La longitud equivalente de los elementos de la descarga de la etapa canal-pozo es de 8,23 metros como se observa en la tabla 17

Reemplazando en la ecuación 14 se obtiene:

-Tubería y accesorios de diámetro de 4 pulgadas:

$$H_{fd} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{8,23024}{0,0254^{4,87}} \right) * 0,001^{1,852}$$

$$H_{fd} = 1,337 \text{ m.c.a}$$

La altura manométrica total (Htotal) está dado por:

Ecuación 16: altura manométrica total etapa canal-cultivo

$$H_{total} = H_{fs} + H_{estáticaS} + H_{fd}$$

$$H_{total} = 1,142 + 1,3 + 1,337$$

$$H_{total} = 3,78 \text{ m.c.a}$$

Teniendo los valores de caudal total ( $Q_{total}$ ) de 15,85 gpm y altura manométrica total ( $H_{total}$ ) de 3,78 m.c.a, se ha seleccionado una electrobomba trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Pedrollo modelo CP 100 de 0,33 HP para la electrobomba 4, dicha electrobomba cuenta con un diámetro de succión de 1 pulgada y un diámetro de descarga de 1 pulgada (ver anexo 7), alimentada por una tensión de 380 V trifásica

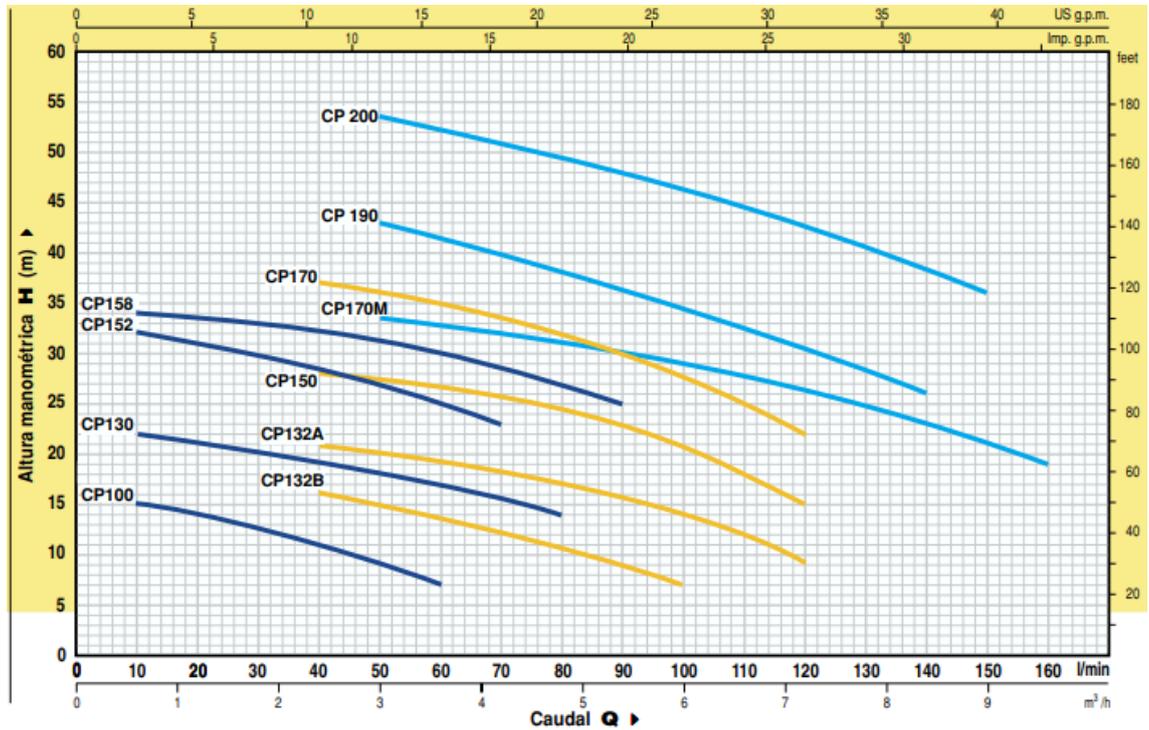


FIGURA 41: ELECTROBOMBA CP 100

Fuente: <http://seaingenieria.cl/index/bombas-centrifugas/323-bomba-centrifuga-pedrollo-cp-130.html>

Conectar la electrobomba de 0,33 HP (0,25 Kw) con un arranque directo sería la mejor opción puesto que este tipo de arranque es recomendado hasta 5,5 Kw de potencia, se debe considerar que en el momento del arranque su corriente llega hasta 7 veces su corriente nominal para seleccionar el interruptor termomagnético tripolar, contactor y relé térmico. [31]

#### 4.2.1.7 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR DE ELECTROBOMBA 4

Según [31] nos dice que para un arranque directo se debe seleccionar el interruptor termomagnético según su  $I_n$  (corriente nominal) del motor multiplicado por 7, La corriente de la electrobomba del tanque de aditamentos (fertirriego) es de 0,33 A (ver anexo 7). Por ello se seleccionó 1 interruptor termomagnético tripolar de especificaciones técnicas similares al interruptor termomagnético de la marca siemens modelo 5SL6304-7 para el circuito de fuerza de la electrobomba del tanque aditamentos (fertirriego)

Código (MLFB)	Corriente Nominal (A)
<b>Interruptores termomagnéticos tripolares</b>	
5SL6301-7	1
5SL6302-7	2
5SL6304-7	4
5SL6306-7	6
5SL6310-7	10
5SL6316-7	16
5SL6320-7	20
5SL6325-7	25
5SL6332-7	32
5SL6340-7	40
5SL6350-7	50
5SL6363-7	63

FIGURA 42: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR

Fuente:

<http://www.aan.siemens.com/peru/Documents/Documentos%20PD.DF/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20DFPD%202017.pdf>

#### 4.2.1.8 CONTACTOR DE ELECTROBOMBA 4

Según [31] nos dice que para un arranque directo se debe seleccionar el contactor según su  $I_n$  (corriente nominal) del motor multiplicado por 7, La corriente de la electrobomba del tanque de aditamentos (fertirriego) es de 0,33 A (ver anexo 7). Por ello se seleccionó 1 contactor de especificaciones técnicas similares al contactor de la marca siemens modelo 3RT20 23 para el circuito de fuerza de la electrobomba del tanque de aditamentos (fertirriego)

Size	S0						
Type	3RT20 2						
<b>3RT20 contactors</b>							
Type	3RT20 23	3RT20 24	3RT20 25	3RT20 26	3RT20 27	3RT20 28	
AC, DC operation							
Type	—						
<b>AC-3</b>							
$I_e$ /AC-3/415 V	A	9	12	16	25	32	38/40

FIGURA 43: CONTACTOR SIEMENS

Fuente:

[http://www.siemens.co.in/pool/about\\_us/our\\_business\\_segments/low\\_voltage\\_switchgear/s6442---sirius-innovation-ds-20-6-13a.pdf](http://www.siemens.co.in/pool/about_us/our_business_segments/low_voltage_switchgear/s6442---sirius-innovation-ds-20-6-13a.pdf)

#### 4.2.1.9 RELÉ TÉRMICO DE ELECTROBOMBA 4

Según [31] nos dice que para un arranque directo se debe seleccionar el relé térmico según su  $I_n$  (corriente nominal) del motor multiplicado por 7, La corriente de la electrobomba del tanque de aditamentos (fertirriego) es de 0,33 A (ver anexo 7). Por ello se seleccionó 1 relé electrónico de sobrecarga de especificaciones técnicas similares al relé electrónico de sobrecarga de la marca siemens modelo

3RB2016-1NB0 para el circuito de fuerza de la electrobomba del tanque de aditamentos (fertirriego)

Relés electrónicos de sobrecarga SIRIUS 3RB20			
Código (MLFB)	Tamaño Constructivo	Regulación (A)	
3RB2016-1RB0	S00	0.1	0.4
3RB2016-1NB0	S00	0.32	1.25
3RB2016-1PB0	S00	1	4
3RB2026-1SB0	S0	3	12
3RB2026-1QB0	S0	6	25
3RB2036-1UB0	S2	12.5	50
3RB2046-1EB0	S3	25	100
3RB2056-1FC2	S6	50	200
3RB2066-1GC2	S10/12	55	250
3RB2066-1MC2	S10/12	160	630

FIGURA 44: RELÉ ELECTRÓNICO DE SOBRECARGA

Fuente:

<http://www.aan.siemens.com/peru/Documents/Documentos%20PD.DF/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20DFPD%202017.pdf>

#### 4.2.1.10 PULSADORES

Se seleccionó para el circuito de mando 2 pulsadores rojos normalmente cerrados para la parada de especificaciones técnicas similares al pulsador rojo de la marca siemens modelo 3SB3603-0AA21 y 2 pulsadores verdes normalmente abiertos para la marcha de especificaciones técnicas similares al pulsador verde de la marca siemens modelo 3SB3602-0AA41 para el circuito de mando.

Pulsadores <sup>1)</sup>	
Incluyen pulsador, soporte para fijación posterior y contactos	
3SB3602-0AA11	Pulsador negro + 1NA.
3SB3603-0AA21	Pulsador rojo + 1NC.
3SB3602-0AA41	Pulsador verde + 1NA.
3SB3500-1HA20	Pulsador rojo de hongo 40 mm (ver nota 2).

FIGURA 45: PULSADORES

Fuente:

<http://www.aan.siemens.com/peru/Documents/Documentos%20PD.DF/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20DFPD%202017.pdf>

#### 4.2.1.11 LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN

Se seleccionó para el circuito de mando 3 lámparas rojas para señalización de sobrecarga de especificaciones técnicas similares a la lámpara roja de la marca siemens modelo 3SB3644-6BA20 y 3 lámparas de señalización verdes para la señalización de marcha de especificaciones técnicas similares a la lámpara verde de la marca siemens modelo 3SB3644-6BA40 para el circuito de mando

Lámparas de señalización <sup>1)</sup> Incluyen casquete y soporte para fijación posterior		
3SB3644-6BA20	Roja con led.	24 VAC/VDC
3SB3648-6BA20	Roja con led.	110 VAC
3SB3652-6BA20	Roja con led.	230 VAC
3SB3644-6BA30	Amarilla con led.	24 VAC/VDC
3SB3648-6BA30	Amarilla con led.	110 VAC
3SB3652-6BA30	Amarilla con led.	230 VAC
3SB3644-6BA40	Verde con led.	24 VAC/VDC
3SB3648-6BA40	Verde con led.	110 VAC
3SB3652-6BA40	Verde con led.	230 VAC

FIGURA 46: LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN

Fuente:

<http://www.aan.siemens.com/peru/Documents/Documentos%20PD.DF/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20DFPD%202017.pdf>

#### 4.2.1.12 CONDUCTORES

Para el circuito de fuerza el conductor deberá soportar el paso de 16,6 A por lo que se ha seleccionado un conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> en THW de especificaciones técnicas similares al conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> en THW de la marca Ceper

SECCIONES EN MM <sup>2</sup>						
DATOS CONSTRUCTIVOS Y ELÉCTRICOS						
Sección Nominal mm <sup>2</sup>	Número de Hilos N°	Espesor de Aislación mm	Diámetro Exterior mm	Peso Aproximado Kg / Km	Capacidad de Corriente (*) Amperios	
					Aire	Ducto
CONDUCTOR SÓLIDO						
2,5	1	0,80	3,5	30	35	25
4	1	0,80	4,0	45	50	35
6	1	0,80	4,5	65	60	45
10	1	1,10	6,0	110	90	65
CONDUCTOR CABLEADO						
2,5	7	0,80	4,0	32	35	25
4	7	0,80	4,5	47	50	35
6	7	0,80	5,0	66	60	45
10	7	1,10	6,5	112	90	65
16	7	1,50	8,5	182	120	80
25	7	1,50	9,5	272	160	105
35	7	1,50	11,0	365	190	130
50	19	2,00	14,0	590	245	165
70	19	2,00	15,0	718	305	200
95	19	2,00	17,0	970	370	240
120	37	2,40	20,0	1233	430	275
150	37	2,40	21,0	1496	500	315
185	37	2,40	23,0	1844	570	355
240	61	2,40	26,0	2371	675	415
300	61	2,80	29,0	3038	780	470
400	61	2,80	32,0	3915	935	555
500	61	2,80	36,0	4865	1055	615

FIGURA 47: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA

Fuente: <http://www.ceper.com.pe/pdf/43/thw-90.pdf>

Para el circuito de mando el conductor deberá soportar el paso de 7 A por lo que se ha seleccionado un conductor de calibre 18 AWG tipo GPT de especificaciones técnicas similares al conductor de calibre 18 AWG tipo GPT de la marca Ceper

DATOS DE CONSTRUCCION Y ELECTRICOS					
Calibre	Número de Hilos	Espesor de Aislación	Diámetro Exterior	Peso Total	Capacidad de Corriente Temp. Amb. 30°C
AWG	N°	(mm)	(mm)	(Kg/Km)	Amperios
18	16	0,60	2,4	12,0	10
16	26	0,60	2,7	18,0	14
14	41	0,60	3,1	25,0	17
12	65	0,70	3,8	39,0	22
10	65	0,80	4,9	62,0	30
8	105	1,00	6,2	99,0	39

FIGURA 48: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA

Fuente: <http://www.ceper.com.pe/pdf/49/gpt-fxu.pdf>

## 4.2.2 ETAPA CANAL-POZO

### 4.2.2.1 ELECTROBOMBA 1

Para seleccionar una electrobomba se debe tener en cuenta los valores de caudal total y altura manométrica total que se requiere.

#### 4.2.2.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL TOTAL POR HECTÁREA EN LA ETAPA CANAL-POZO

Se cuenta con un pozo de medidas de 6,25 metros de ancho, 7,5 metros de largo y 3 metros de profundidad, es decir posee un volumen de 140,625 metros cúbicos.

En la etapa pozo-cultivo se requiere un caudal de  $0,778 \frac{m^3}{min}$  en cada turno de riego, este caudal es obtenido del pozo que posee un volumen de 140,625 metros cúbicos. Es decir se requiere  $0,778 m^3$  de agua en 1 minuto.

Utilizando un regla de 3 simple obtenemos el tiempo en que debe ser llenado el pozo en su totalidad.

$$\text{Tiempo de llenado} = \frac{140,625 m^3 * 1 min}{0,778 m^3}$$

$$\text{Tiempo de llenado} = 180,8036 \text{ minutos}$$

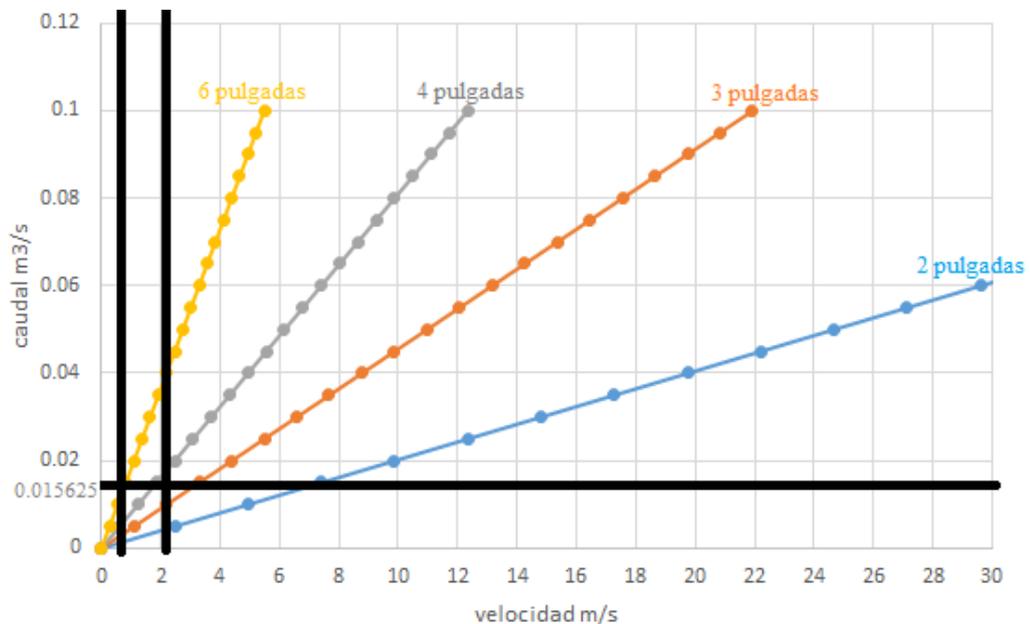
Para suplir los requerimientos de recurso hídrico el pozo debe llenarse en 180.8036 minutos, pero se decidió escoger un tiempo de llenado menor, para así asegurar al 100% suplir con las necesidades de orden hídrico en cada turno de riego.

El tiempo de llenado seleccionado es de 150 minutos para llenar el pozo en su totalidad, con lo cual se logra obtener que el caudal es de  $0,9375 \frac{m^3}{min} \cong 247,69$  gpm.

#### 4.2.2.1.2 CÁLCULO DE LA ALTURA MANOMÉTRICA EN LA ETAPA CANAL-POZO.

Se debe tomar en cuenta el criterio de velocidad mencionado anteriormente en el apartado 4.2.1.1.2 el cual nos dice que velocidades menores a 0,6 m/s originan sedimentación y velocidades mayores a 2 m/s provocarían pérdidas de presión elevadas, para la selección del diámetro de tuberías y accesorios se realizó un estudio paramétrico haciendo uso del software Microsoft Excel donde se seleccionó los diámetros nominales más comerciales los cuales cumplan con dicho criterio de velocidad.

GRÁFICO 4: ESTUDIO PARAMÉTRICO PARA SELECCIONAR DIÁMETRO DE TUBERÍAS ETAPA CANAL-POZO



Fuente: propia

En el gráfico 4 se observa que para un caudal de  $0,015 \frac{m^3}{s}$  el diámetro comercial que cumple con el rango de velocidad antes mencionado es de 4 pulgadas.

El diagrama hidráulico de la etapa canal-pozo está representado en el anexo donde se muestra sus elementos como: una electrobomba, tubos de PVC, codos de 90 de PVC y válvulas check (vertical y horizontal) lo cual servirá para determinar la altura manométrica de esta etapa, para ello se separó en dos partes (succión y descarga)

a) PARA LA SUCCIÓN

Diámetro de tubería seleccionado (D):

$$D = 4 \text{ pulgadas} \cong 0,1016 \text{ m}$$

Con un diámetro de 4 pulgadas se obtiene una velocidad  $1,92 \frac{m}{s}$  la cual cumple con el criterio de velocidad.

Los elementos utilizados para la succión son:

TABLA 18: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA SUCCIÓN ETAPA CANAL-POZO

elemento	cantidad	unidades	longitud equivalente(metros)
válvula check vertical de 4 pulgadas	1	unidad	15,24
tubo de pvc de 4 pulgadas	4,5	metros	4,5
codo de 90 de 4 pulgadas	1	unidad	3,20

Fuente: propia

La longitud equivalente de los elementos de la succión de la etapa canal-pozo es de 22,9404 metros como se observa en la tabla 18

Reemplazando en la ecuación 14 se obtiene:

-Tubería y accesorios de diámetro de 4 pulgadas:

$$H_{fs} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{22,9404}{0,1016^{4,87}} \right) * 0,015^{1,852}$$

$$H_{fs} = 2,876 \text{ m.c.a}$$

-Altura manométrica estática:

$$H_{estáticaS} = 2,2 \text{ m.c.a}$$

b) PARA LA DESCARGA

Diámetro de tubería seleccionado (D):

$$D = 4 \text{ pulgadas} \cong 0,1016 \text{ m}$$

Con un diámetro de 4 pulgadas se obtiene una velocidad  $1,92 \frac{m}{s}$  la cual cumple con el criterio de velocidad.

Los elementos utilizados para la descarga son:

TABLA 19: LONGITUD EQUIVALENTE DE LA DESCARGA ETAPA CANAL-POZO

elemento	cantidad	unidades	longitud equivalente(metros)
válvula check horizontal de 4 pulgadas	1	unidad	15,24
tubo de pvc de 4 pulgadas	463,5	metros	463,5
codo de 90 de 4 pulgadas	4	unidad	12,80

Fuente: propia

La longitud equivalente de los elementos de la descarga de la etapa canal-pozo es de 491,5416 metros como se observa en la tabla 19

Reemplazando en la ecuación 14 se obtiene:

-Tubería y accesorios de diámetro de 4 pulgadas:

$$H_{fd} = \left( \frac{10,679}{150^{1,852}} \right) * \left( \frac{491,5416}{0,1016^{4,87}} \right) * 0,015^{1,852}$$

$$H_{fd} = 15,183 \text{ m.c.a}$$

-Altura manométrica estática:

$$H_{estáticaD} = 1,5 \text{ m.c.a}$$

La altura manométrica total ( $H_{total}$ ) está dado por:

*ECUACIÓN 17: ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL ETAPA CANAL-POZO*

$$H_{total} = H_{fs} + H_{estáticaS} + H_{fd} + H_{estáticaD}$$

$$H_{total} = 2,876 + 2,2 + 15,183 + 1,5$$

$$H_{total} = 21,76 \text{ m.c.a}$$

Teniendo los valores de caudal total ( $Q_{total}$ ) de 247,688 gpm y altura manométrica total ( $H_{total}$ ) de 21,76 m.c.a, se ha seleccionado una electrobomba trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Pedrollo modelo HF30A de 10 HP para la electrobomba 1, dicha electrobomba cuenta con un diámetro de succión de 4 pulgadas y un diámetro de descarga de 4 pulgadas (ver anexo 8), alimentada por una tensión de 380 V trifásica.

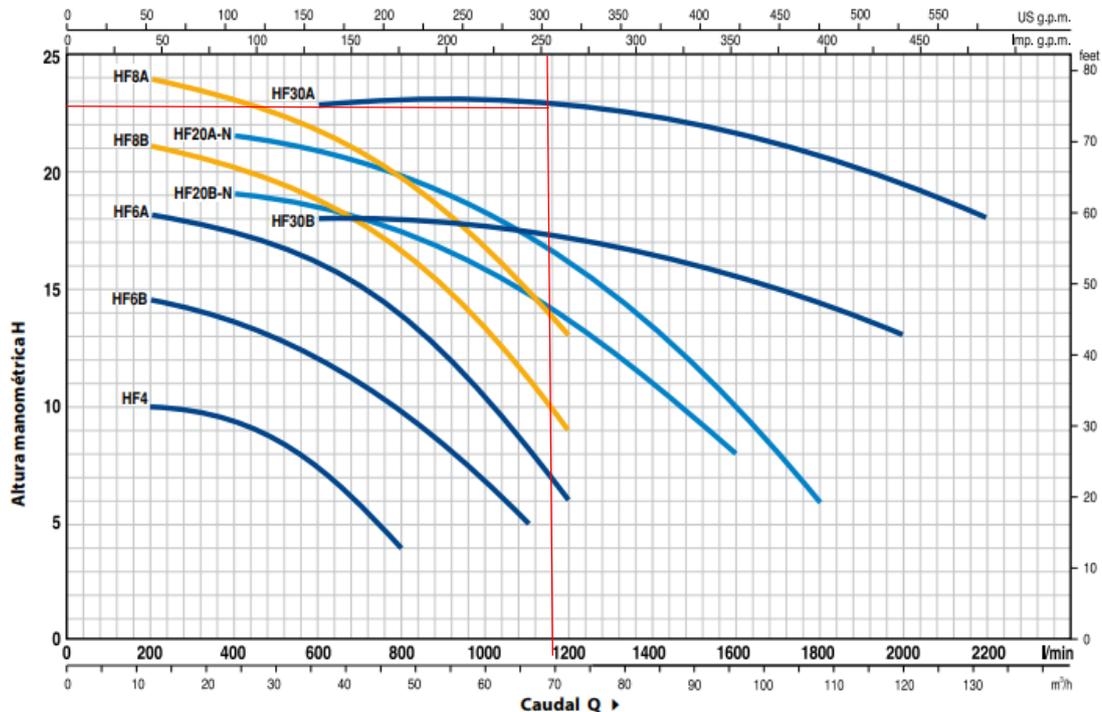


FIGURA 49: ELECTROBOMBA HF30A

Fuente: <https://hidrocontrolima.com/web/121728f/pedrollo-hf-alte-portate-es-60hz.pdf>

Conectar la electrobomba de 10 HP (7,5 Kw) con un arranque directo no sería la mejor opción puesto que este tipo de arranque es recomendado hasta 5,5 Kw de potencia pues al momento del arranque su corriente llega hasta 7 veces su corriente nominal, lo que produciría altas corrientes de pico que pueden influir en el suministro eléctrico y puede inducir a los componentes mecánicos de la maquina o de todo el sistema a niveles altos de estrés. [31]

Y para motores eléctricos 220/380v sería imposible conectarlo con el método de estrella-triángulo en líneas de tensión de 380 v, porque la bobina de fase del motor en conexión estrella estaría soportando 220V, que es su tensión de diseño y, cuando pase a la conexión triángulo, la bobina de fase (diseñada para 220V) recibirá 380 V entre sus extremos y no podrá soportarlo. [32]

#### 4.2.2.2 ARRANCADOR SUAVE

Para el arranque de la electrobomba 1 de 10 HP y 16,6 A se seleccionó un arranque con arrancador suave (arrancador de estado sólido) de especificaciones técnicas similares al arrancador suave de la marca Schneider Electric modelo ATS22D17Q que soporta hasta 17 A (ver anexo 9) que hará posible que sea continuo y lineal el par en el arranque, y así lograr una reducción de la corriente pico producida en el arranque



FIGURA 50: ARRANCADOR SUAVE

Fuente: [https://www.se.com/es/es/product/ATS22D17Q/arranque-suave-ats22-control-220-v-potencia-230-v-\(4-kw\)-400...440-v-\(7,5-kw\)/](https://www.se.com/es/es/product/ATS22D17Q/arranque-suave-ats22-control-220-v-potencia-230-v-(4-kw)-400...440-v-(7,5-kw)/)

#### 4.2.2.3 GUARDAMOTOR

Se seleccionó un guardamotor según su corriente nominal de la electrobomba 1 que es de 16,6 A, se seleccionó un guardamotor de especificaciones técnicas similares al guardamotor de la marca Schneider Electric modelo GV2ME20 que soporta hasta 18 A

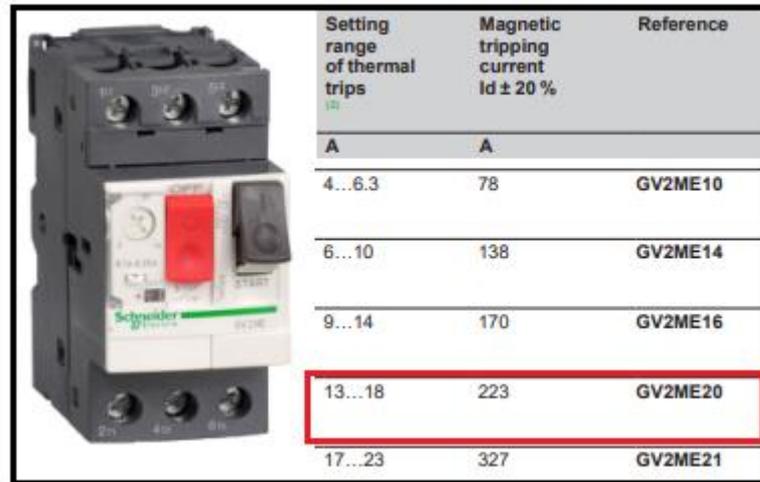


FIGURA 38: GUARDAMOTOR

Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product/GV2ME20/guardamotor-magterm-3p-13-18a-15ka/>

#### 4.2.2.4 PULSADORES

Se seleccionó para el circuito de mando un pulsador rojo normalmente cerrado para la parada de especificaciones técnicas similares al pulsador rojo de la marca siemens modelo 3SB3603-0AA21 y un pulsador verde normalmente abierto para la marcha de especificaciones técnicas similares al pulsador verde de la marca siemens modelo 3SB3602-0AA41 para el circuito de mando de la etapa canal-pozo

Pulsadores <sup>1)</sup>	
Incluyen pulsador, soporte para fijación posterior y contactos	
3SB3602-0AA11	Pulsador negro + 1NA.
3SB3603-0AA21	Pulsador rojo + 1NC.
3SB3602-0AA41	Pulsador verde + 1NA.
3SB3500-1HA20	Pulsador rojo de hongo 40 mm (ver nota 2).

FIGURA 51: PULSADORES

Fuente:

<http://www.aan.siemens.com/peru/Documents/Documentos%20PD.DF/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20DFPD%202017.pdf>

#### 4.2.2.5 LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN

Se seleccionó para el circuito de mando una lámpara roja para señalización de sobrecarga de especificaciones técnicas similares a la lámpara roja de la marca siemens modelo 3SB3644-6BA20 y una lámpara de señalización verde para la marcha de especificaciones técnicas similares a la lámpara verde de la marca siemens modelo 3SB3644-6BA40 para el circuito de mando de la etapa canal-pozo

Lámparas de señalización <sup>1)</sup>		
Incluyen casquete y soporte para fijación posterior		
3SB3644-6BA20	Roja con led.	24 VAC/VDC
3SB3648-6BA20	Roja con led.	110 VAC
3SB3652-6BA20	Roja con led.	230 VAC
3SB3644-6BA30	Amarilla con led.	24 VAC/VDC
3SB3648-6BA30	Amarilla con led.	110 VAC
3SB3652-6BA30	Amarilla con led.	230 VAC
3SB3644-6BA40	Verde con led.	24 VAC/VDC
3SB3648-6BA40	Verde con led.	110 VAC
3SB3652-6BA40	Verde con led.	230 VAC

FIGURA 52: LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN

Fuente:

<http://www.aan.siemens.com/peru/Documents/Documentos%20PD.DF/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20DFPD%202017.pdf>

#### 4.2.2.6 CONDUCTORES

Para el circuito de fuerza el conductor deberá soportar el paso de 16,6 A por lo que se ha seleccionado un conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> en THW de especificaciones técnicas similares al conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> en THW de la marca Ceper

SECCIONES EN MM2						
DATOS CONSTRUCTIVOS Y ELÉCTRICOS						
Sección Nominal mm <sup>2</sup>	Número de Hilos Nº	Espesor de Aislación mm	Diámetro Exterior mm	Peso Aproximado Kg / Km	Capacidad de Corriente (*) Amperios	
					Aire	Ducto
<b>CONDUCTOR SÓLIDO</b>						
2,5	1	0,80	3,5	30	35	25
4	1	0,80	4,0	45	50	35
6	1	0,80	4,5	65	60	45
10	1	1,10	6,0	110	90	65
<b>CONDUCTOR CABLEADO</b>						
2,5	7	0,80	4,0	32	35	25
4	7	0,80	4,5	47	50	35
6	7	0,80	5,0	66	60	45
10	7	1,10	6,5	112	90	65
16	7	1,50	8,5	182	120	80
25	7	1,50	9,5	272	160	105
35	7	1,50	11,0	365	190	130
50	19	2,00	14,0	590	245	165
70	19	2,00	15,0	718	305	200
95	19	2,00	17,0	970	370	240
120	37	2,40	20,0	1233	430	275
150	37	2,40	21,0	1496	500	315
185	37	2,40	23,0	1844	570	355
240	61	2,40	26,0	2371	675	415
300	61	2,80	29,0	3038	780	470
400	61	2,80	32,0	3915	935	555
500	61	2,80	36,0	4865	1055	615

FIGURA 53: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA

Fuente: <http://www.ceper.com.pe/pdf/43/thw-90.pdf>

Para el circuito de mando el conductor deberá soportar el paso de 7 A por lo que se ha seleccionado un conductor de calibre 18 AWG tipo GPT de especificación técnicas similares al conductor de calibre 18 AWG tipo de la marca Ceper

DATOS DE CONSTRUCCION Y ELECTRICOS					
Calibre	Número de Hilos	Espesor de Aislación	Diámetro Exterior	Peso Total	Capacidad de Corriente Temp. Amb. 30°C
AWG	N°	(mm)	(mm)	(Kg/Km)	Amperios
18	16	0,60	2,4	12,0	10
16	26	0,60	2,7	18,0	14
14	41	0,60	3,1	25,0	17
12	65	0,70	3,8	39,0	22
10	65	0,80	4,9	62,0	30
8	105	1,00	6,2	99,0	39

FIGURA 54: CONDUCTOR CEPER CIRCUITO FUERZA

Fuente: <http://www.ceper.com.pe/pdf/49/gpt-fxu.pdf>

#### 4.2.3 SENSOR DE NIVEL

Se seleccionó un sensor de nivel mínimo y nivel máximo para el pozo de 140,625 metros cúbicos. Y un sensor de nivel mínimo para el pozo de aditamentos. Los tres sensores son de especificaciones técnicas similares al sensor de nivel de la marca Rotoplas. (Especificaciones técnicas en anexo10)



FIGURA 55: SENSOR DE NIVEL

Fuente: Catalogo Rotoplas

#### 4.2.4 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR DEL CIRCUITO DE MANDO

Para la selección del interruptor termomagnético monopolar se debe tener en cuenta la corriente que debe soportar, la cual en el circuito de mando es de 7 A por eso se ha seleccionado un interruptor termomagnético monopolar de especificaciones técnicas similares al interruptor termomagnético monopolar de la marca siemens modelo 5SY4110-7 para el circuito de mando

Código (MLFB)	Corriente Nominal (A)
<b>Interruptores termomagnéticos monopolares</b>	
5SY4101-7	1
5SY4102-7	2
5SY4104-7	4
5SY4106-7	6
5SY4110-7	10
5SY4116-7	16
5SY4120-7	20
5SY4125-7	25
5SY4132-7	32
5SY4140-7	40
5SY4150-7	50
5SY4163-7	63

FIGURA 56: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR

Fuente:

<http://www.aan.siemens.com/peru/Documents/Documentos%20PD.DF/Lista%20de%20Precios%20Siemens%20DFPD%202017.pdf>

### 4.3 PROGRAMACIÓN DEL PLC

#### 4.3.1 SELECCIÓN DEL PLC

Para la selección del PLC como sistema de control es necesario determinar el número de entradas (16) y salidas (16), como se realiza en la tabla 20 y 21, además se aprecia su codificación de cada entrada y salida que será empleada para la programación en el software especializado utilizando lenguaje ladder.

## A) ENTRADAS DE PLC

TABLA 20: ENTRADAS DE PLC

Nº	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	BORNE EN EL PLC
1	ITU	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR	L - N
2	IGC	INTERRUPTOR SELECTOR 1 -0 -2 AUTOMÁTICO (1)	I1
3	IGC	INTERRUPTOR SELECTOR 1 -0 -2 MANUAL (2)	I2
4	MB1	PULSADOR DE MARCHA BOMBA 1	I3
5	PB1	PULSADOR DE PARO BOMBA 1	I4
6	AUTCNB	SENSOR ELECTRÓNICO DE LA CISTERNA - NIVEL BAJO	I5
7	MB2	PULSADOR DE MARCHA BOMBA 2	I6
8	PB2	PULSADOR DE PARO BOMBA 2	I7
9	MB3	PULSADOR DE MARCHA BOMBA 3	I8
10	PB3	PULSADOR DE PARO BOMBA 3	I9
11	MB4	PULSADOR DE MARCHA BOMBA 4	IA
12	PB4	PULSADOR DE PARO BOMBA 4	IB
13	RT1	RELÉ TÉRMICO BOMBA 4	IC
14	AUTA	SENSOR ELECTRÓNICO DEL TANQUE ADITAMENTOS - NIVEL BAJO	ID
15	PE	PARO DE EMERGENCIA	IE
16	AUTCNA	SENSOR ELECTRÓNICO DE LA CISTERNA - NIVEL ALTO	IF

Fuente: Propia

## B) SALIDAS DE PLC

TABLA 21: SALIDAS DE PLC

Nº	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	BORNE EN EL PLC
1	L11	BORNE DE ARRANCADOR ELECTRÓNICO 1 - SEÑAL PARO BOMBA 1	Q1
2	L112	BORNE DE ARRANCADOR ELECTRÓNICO 1 - SEÑAL MARCHA BOMBA 1	Q2
3	L11	BORNE DE ARRANCADOR ELECTRÓNICO 2 - SEÑAL PARO BOMBA 2	Q3
4	L112	BORNE DE ARRANCADOR ELECTRÓNICO 2 - SEÑAL MARCHA BOMBA 2	Q4
5	L11	BORNE DE ARRANCADOR ELECTRÓNICO 3 - SEÑAL PARO BOMBA 3	Q5
6	L112	BORNE DE ARRANCADOR ELECTRÓNICO 3 - SEÑAL MARCHA BOMBA 3	Q6
7	Y1	ELECTROVÁLULA 1 - BOMBA 2	Q7
8	Y2	ELECTROVÁLULA 2 - BOMBA 2	Q8
9	Y3	ELECTROVÁLULA 3 - BOMBA 2	Q9
10	Y4	ELECTROVÁLULA 4 - BOMBA 2	QA
11	Y5	ELECTROVÁLULA 5 - BOMBA 3	QB
12	Y6	ELECTROVÁLULA 6 - BOMBA 3	QC
13	Y7	ELECTROVÁLULA 7 - BOMBA 3	QD
14	Y8	ELECTROVÁLULA 8 - BOMBA 3	QE
15	K1, H7	BOBINA DEL CONTACTOR PARA MARCHA DE LA BOMBA 4. LAMPÁRA DE SEÑALIZACIÓN COLOR VERDE - INDICA MARCHA BOMBA 4	QF
16	H8	LAMPÁRA DE SEÑALIZACIÓN COLOR ROJO - INDICA SOBRECARGA BOMBA 4	QG

Fuente: Propia

C) PLC

El PLC seleccionado es de especificaciones técnicas similares al PLC de la marca Schneider Electric modelo SR3B261FU el cual cuenta con 16 entradas digitales y 10 salidas a relé



Modular smart relays with display							
Number of I/O	Discrete inputs	Including 0-10 V analog inputs	Relay outputs	Transistor outputs	Clock	Reference	Weight kg / lb
<b>24 V ~ power supply</b>							
10	6	0	4	0	Yes	SR3B101B	0.250 / 0.551
26	16	0	10 (1)	0	Yes	SR3B261B	0.400 / 0.882
<b>100...240 V ~ power supply</b>							
10	6	0	4	0	Yes	SR3B101FU	0.250 / 0.551
26	16	0	10 (1)	0	Yes	SR3B261FU	0.400 / 0.882
<b>12 V DC power supply</b>							
26	16	6	10 (1)	0	Yes	SR3B261JD	0.400 / 0.882

FIGURA 57: PLC SR3B261FU

Fuente: <https://www.se.com/es/es/product/SR3B261FU/rel%C3%A9-inteligente-modular-zelio-logic---26-e-s---100..240-v-ca-%E2%80%93-rel%C3%B3gio---visor/>

D) MÓDULO DE EXPANSIÓN DE PLC

Debido a que hace falta 6 salidas más en el PLC seleccionado es necesario utilizar un módulo de expansión para suplir las necesidades extras de salidas de PLC, el módulo de expansión seleccionado es de especificaciones técnica similares al módulo de expansión de la marca Schneider Electric modelo SR3XT141FU, el cual entra con 8 entradas digitales y 6 salidas a relé.



Discrete I/O extensions				
Number of I/O	Discrete inputs	Relay outputs	Reference	Weight kg / lb
<b>24 V ~ power supply (via Zelio Logic SR3B...B smart relays)</b>				
6	4	2	SR3XT61B	0.125 / 0.276
10	6	4	SR3XT101B	0.200 / 0.441
14	8	6 (3)	SR3XT141B	0.220 / 0.485
<b>100-240 V ~ power supply (via Zelio Logic SR3B...FU smart relays)</b>				
6	4	2	SR3XT61FU	0.125 / 0.276
10	6	4	SR3XT101FU	0.200 / 0.441
14	8	6 (3)	SR3XT141FU	0.220 / 0.485

FIGURA 58: MODULO DE EXPANSIÓN DE PLC

Fuente: <https://www.se.com/es/es/product/SR3XT141FU/m%C3%B3dulo-de-extensi%C3%B3n-de-e-s-digital---14-e-s---100..240-v-ca---para-zelio-logic/>

### 4.3.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA Y MANDO DE LAS ELECTROBOMBAS (1, 2,3 Y 4)

Para un circuito complejo, monótono o repetitivo es necesario dibujar los diagramas con todos los elementos que intervienen en el diseño del sistema automatizado propuesto, además de las conexiones correspondientes

#### A) DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA

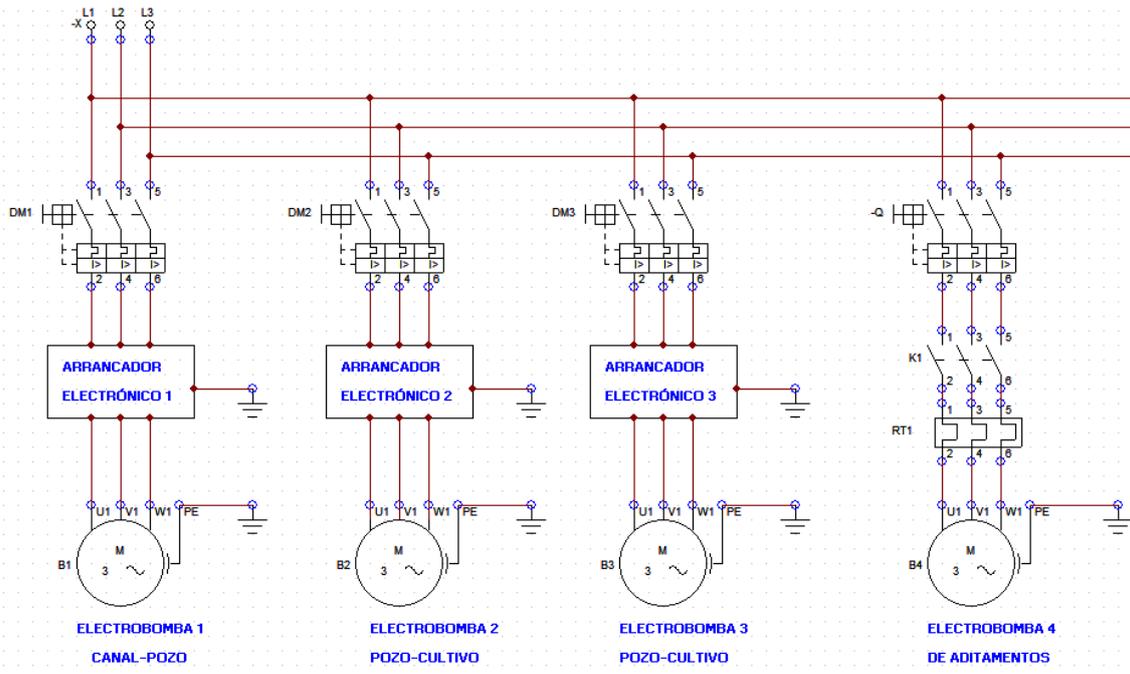


FIGURA 59: DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA

Fuente: Propia

## B) DIAGRAMA ELÉCTRICO DE MANDO

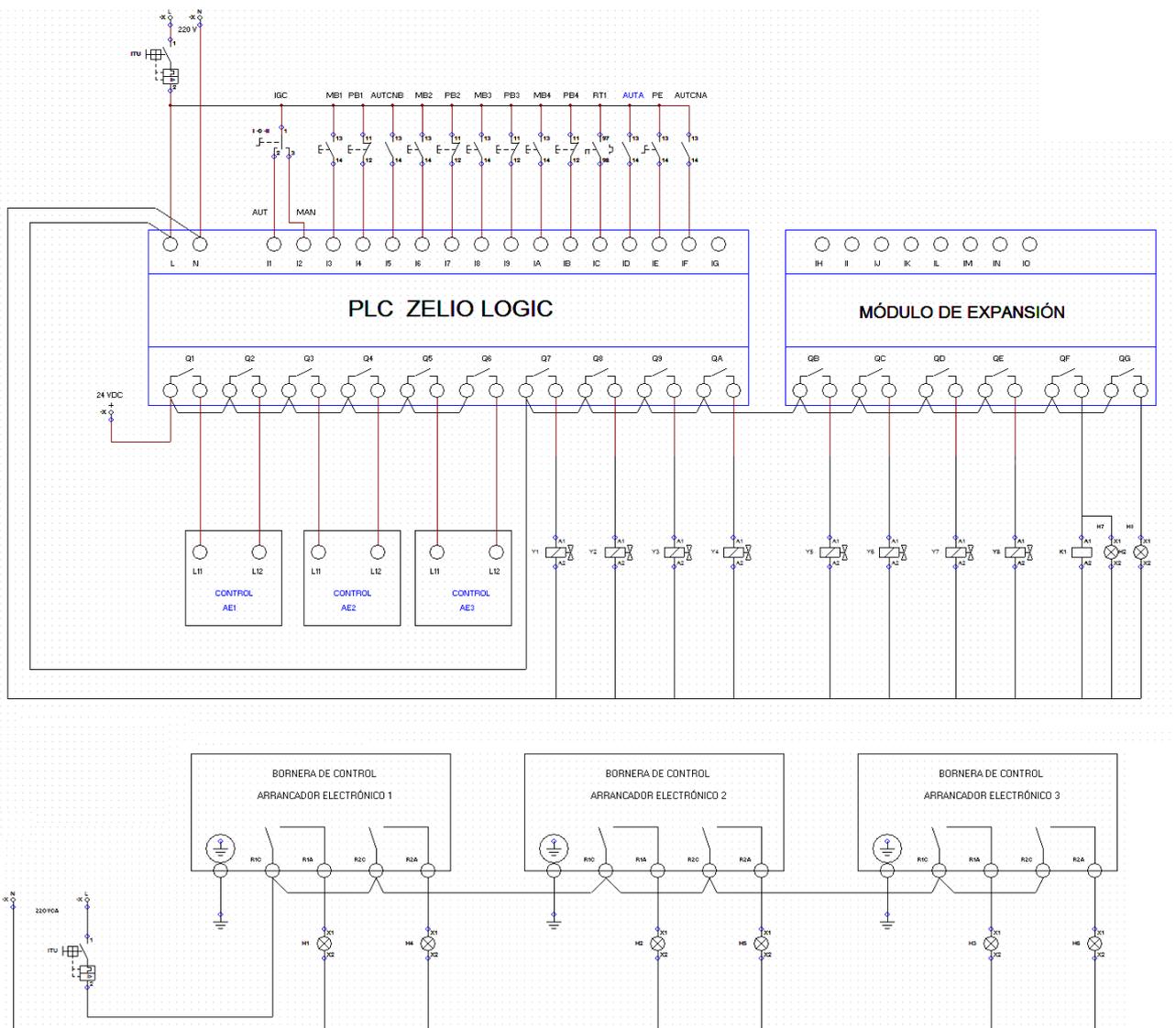


FIGURA 60: DIAGRAMA ELÉCTRICO DE MANDO

Fuente: propia

### 4.3.3 PROGRAMACIÓN DE PLC EN LENGUAJE LADDER

La programación del PLC se realizó en el software especializado ZELIO SOFT 2 V4.6 utilizando lenguaje Ladder y la codificación de cada entrada y salida del PLC mencionada en el apartado 4.3.1, además considerando los diagramas eléctricos del apartado anterior. En las figuras siguientes se muestra el lenguaje Ladder de la programación del PLC

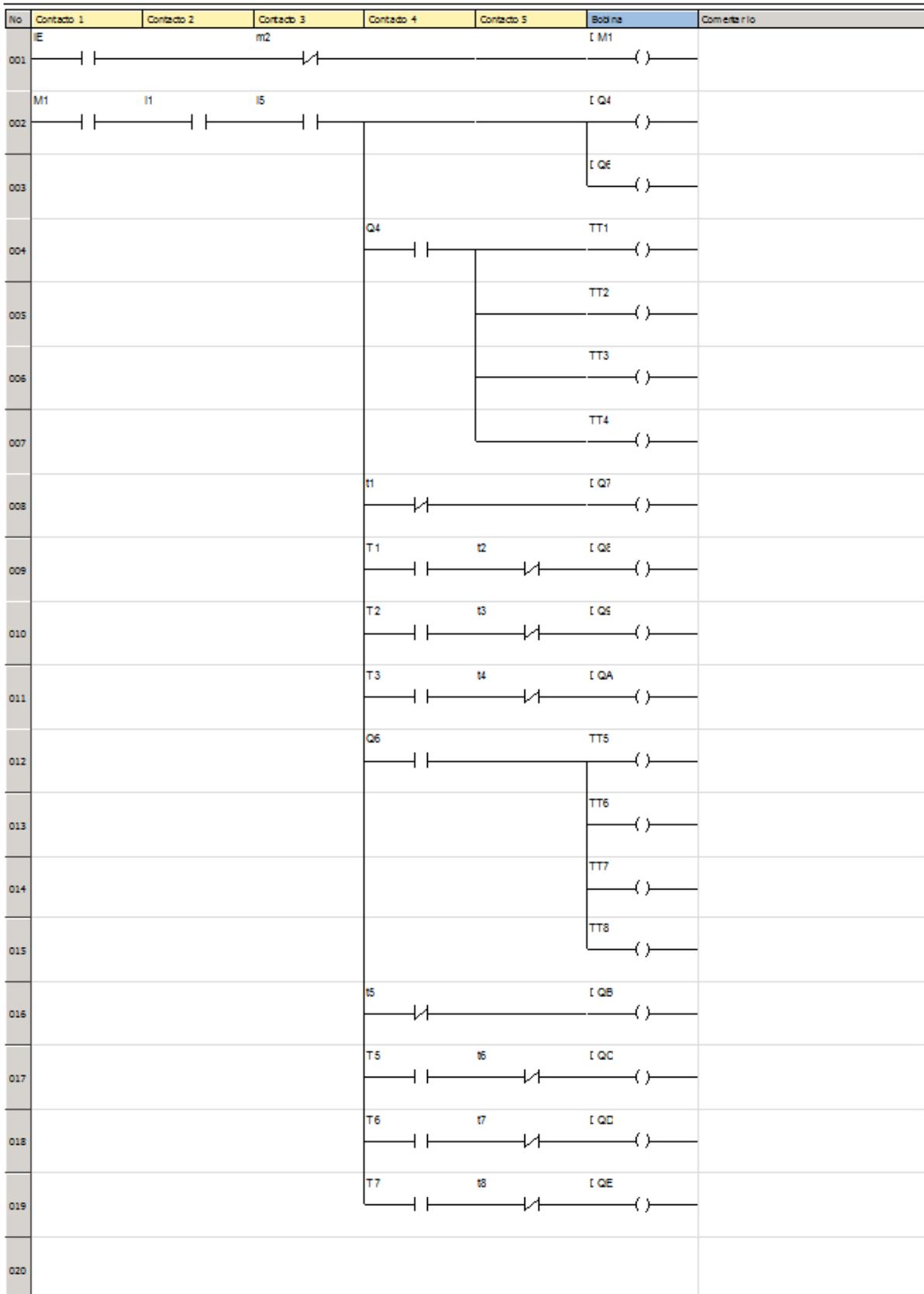


FIGURA 61: PROGRAMACIÓN DE PLC PI

Fuente: propia

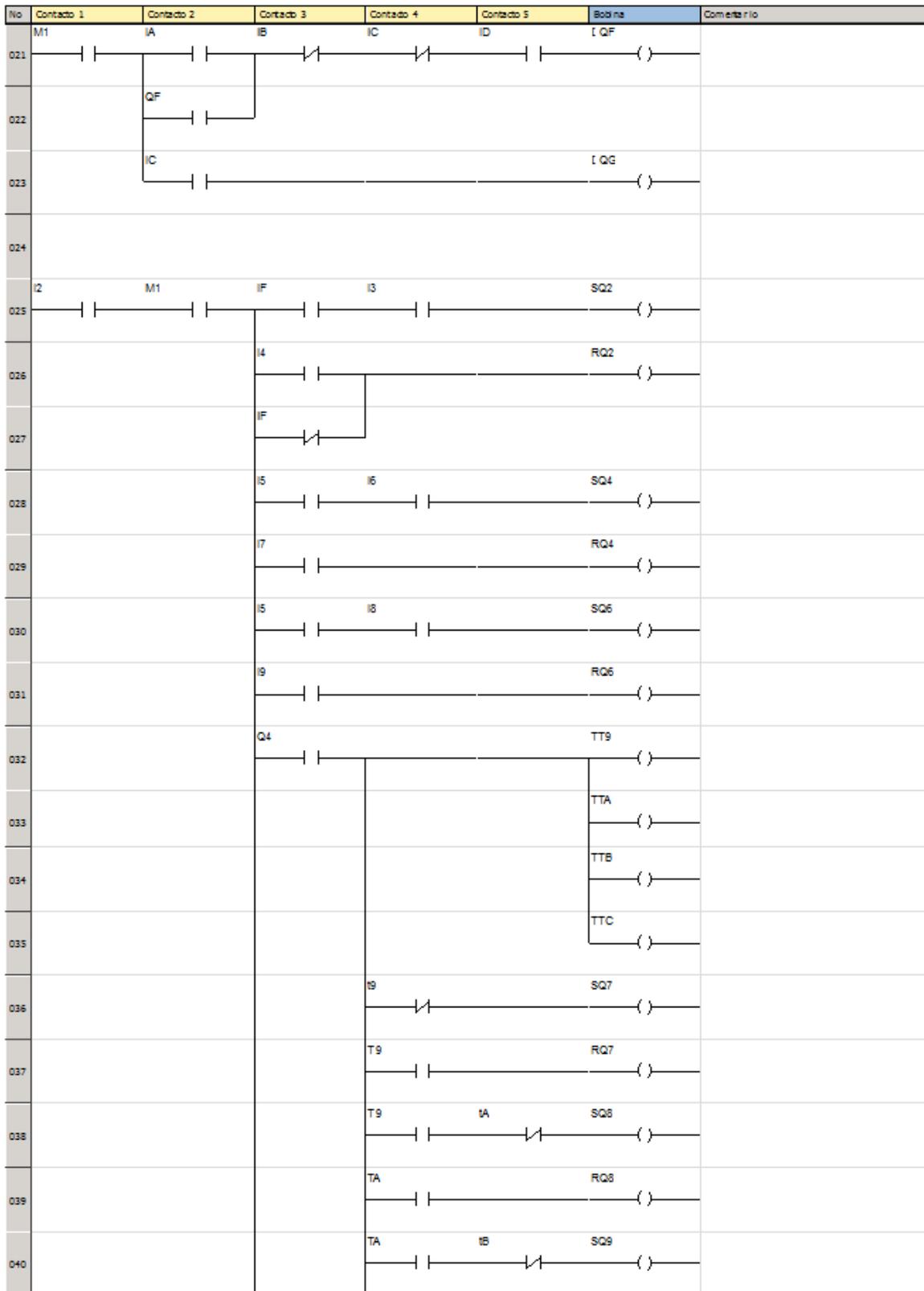


FIGURA 62: PROGRAMACIÓN DE PLC P2

Fuente: Propia

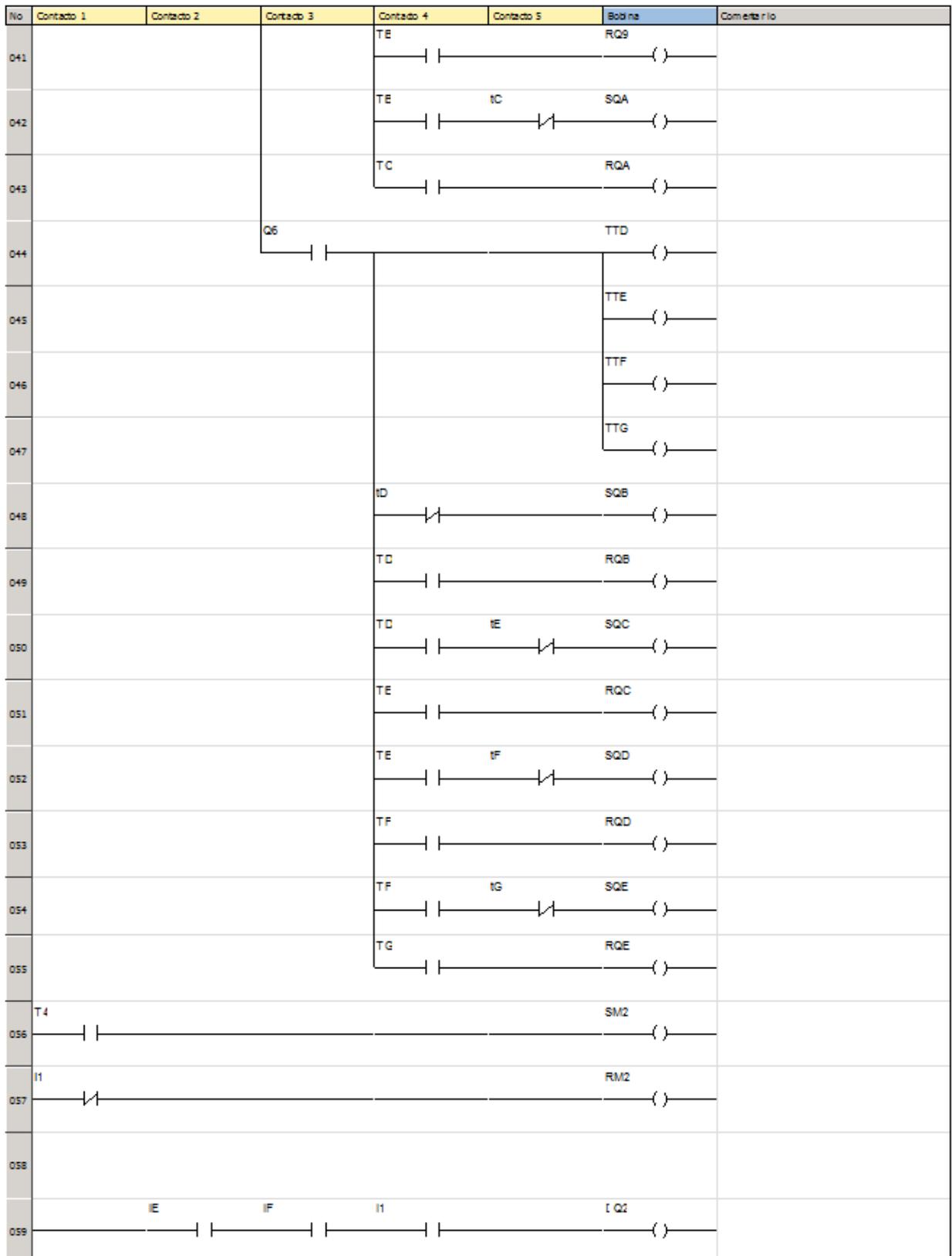


FIGURA 63: PROGRAMACIÓN DE PLC P3

Fuente: Propia

En la programación se consideró un arranque automático y uno manual.

#### A) ARRANQUE AUTOMÁTICO

##### -Electrobomba 1:

Para el arranque automático se debe colocar el interruptor selector 1-0-2 en automático (I1), y el botón de paro de emergencia (IE) enganchado, de esta manera encenderá la electrobomba 1(Q2); El sensor de nivel máximo (IF) instalado en el pozo mandara una señal de parada de la electrobomba 1 al PLC cuando detecte que el agua ha llegado al nivel máximo de agua establecido del pozo para evitar rebalsar el pozo.

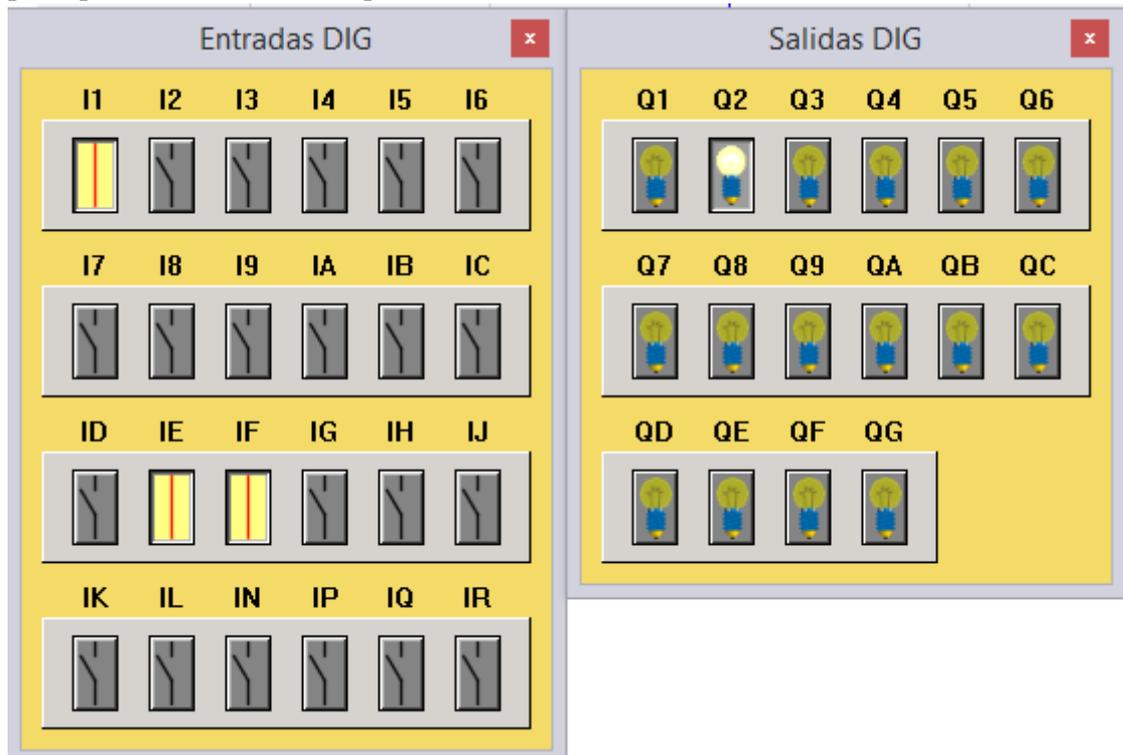


FIGURA 64: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 1

Fuente: Propia

##### -Electrobomba 2 y 3:

Para el arranque automático se debe colocar el interruptor selector 1-0-2 en automático (I1), y el botón de paro de emergencia (IE) enganchado, de esta manera encenderá la electrobomba 2 (Q4) y electrobomba 3 (Q6); El sensor de nivel mínimo (I5) instalado en el pozo mandara una señal de parada de la electrobomba 2 y 3 al PLC cuando detecte que el agua ha llegado al nivel mínimo de agua establecido del pozo para evitar que la electrobombas succionen aire; además estas electrobombas se apagaran inmediatamente de forma automática culminando los 4 turnos de riego, la duración de los 4 turnos de riego por día está determinada por los tiempos de riego calculados según su etapa del cultivo (ver tabla 13).

**Turno de riego 1:** apertura de electroválvula 1 (Q7) y electroválvula 5 (QB)

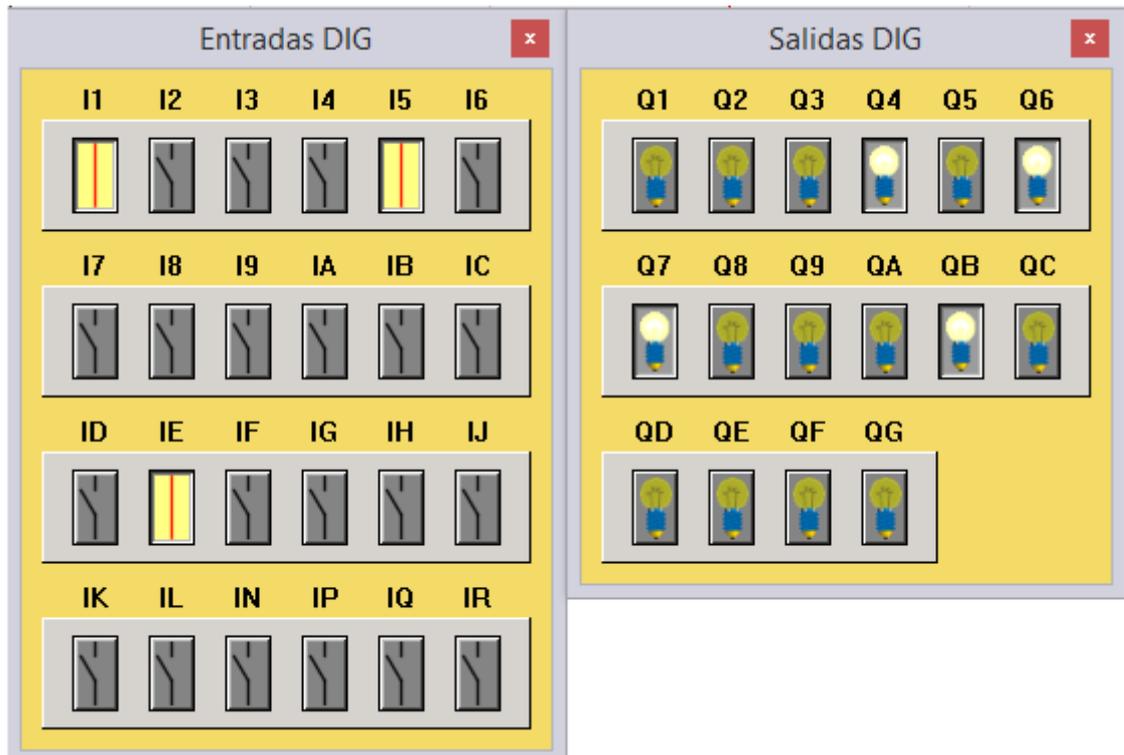


FIGURA 65: ARRANQUE AUTOMÁTICO ELECTROBOMBA 2 Y 3. T1

Fuente: Propia

**Turno de riego 2:** cierre de electroválvula 1 (Q7) y electroválvula 5 (QB) y apertura de electroválvula 2 (Q8) y electroválvula 6(QC)



FIGURA 66: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T2

Fuente: Propia

**Turno de riego 3:** cierre de electroválvula 2 (Q8) y electroválvula 6(QC) y apertura de electroválvula 3 (Q9) y electroválvula 7 (QD)

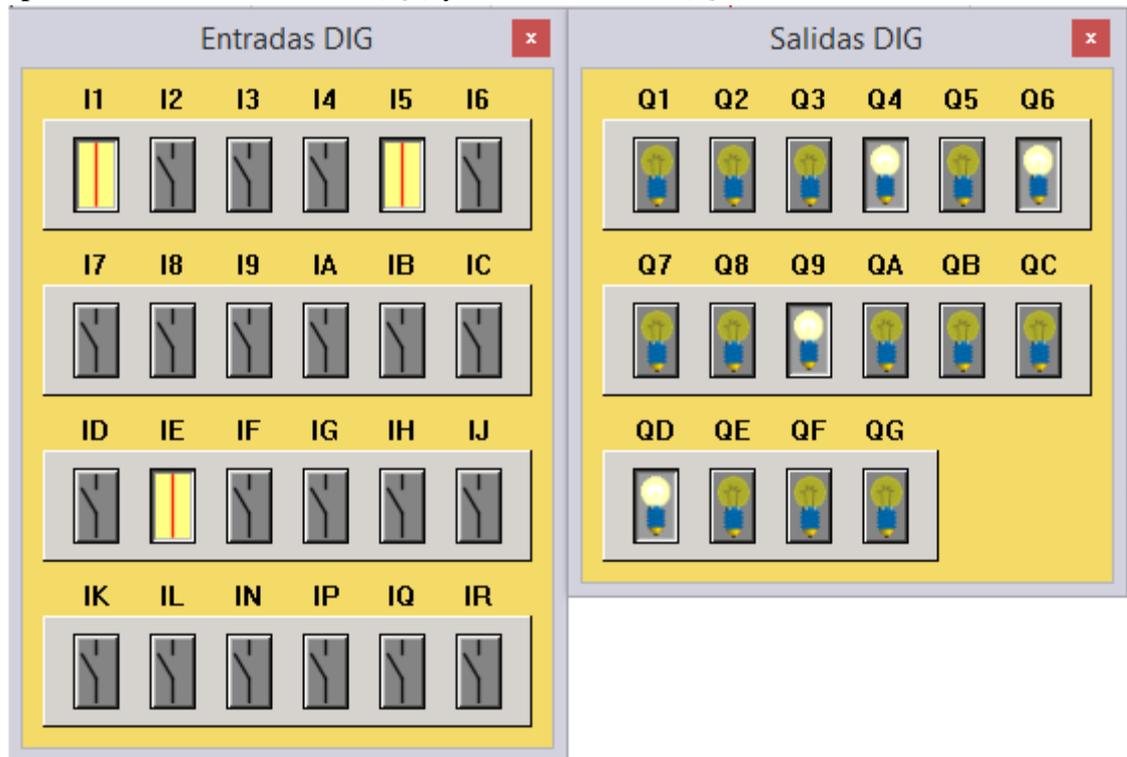


FIGURA 67: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T3

Fuente: Propia

**Turno de riego 4:** cierre de electroválvula 3 (Q9) y electroválvula 7 (QD), apertura de electroválvula 4 (Q10) y electroválvula 8 (QE) y cierre de electroválvula 4 (Q10) y electroválvula 8 (QE).

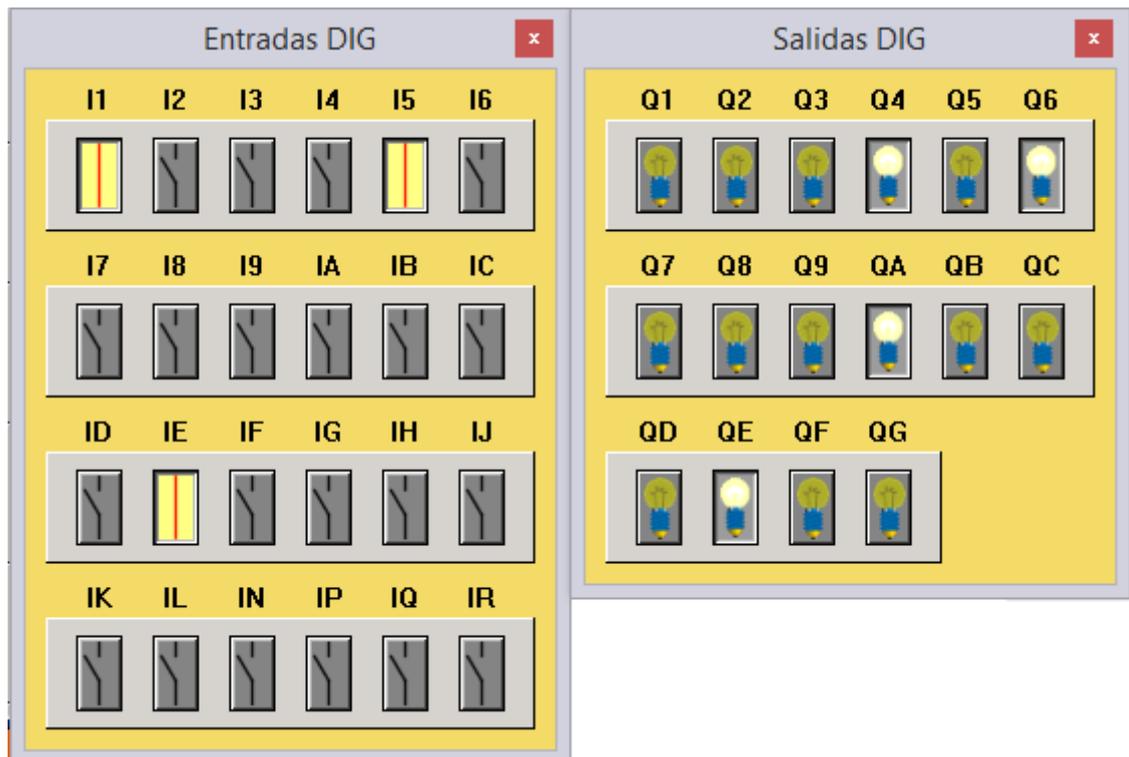


FIGURA 68: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T4

Fuente: Propia

**-Electrobomba 4:**

Para el arranque automático se debe colocar el interruptor selector 1-0-2 en automático (I1), el botón de paro de emergencia (IE) enganchado y al accionar el pulsador de marcha de la electrobomba 4 (IA) encenderá la electrobomba 4(QF) y para apagar la electrobomba se deberá accionar el pulsador de paro de electrobomba 4 (IB); El sensor de nivel mínimo (ID) instalado en el pozo de aditamentos mandara una señal de parada de la electrobomba 4 al PLC cuando detecte que el agua ha llegado al nivel mínimo de agua establecido del pozo para que la electrobomba succione aire. Cuando el relé térmico (IC) detecte una sobrecarga apagara la electrobomba 4 y encenderá la lámpara roja de sobrecarga (QG).

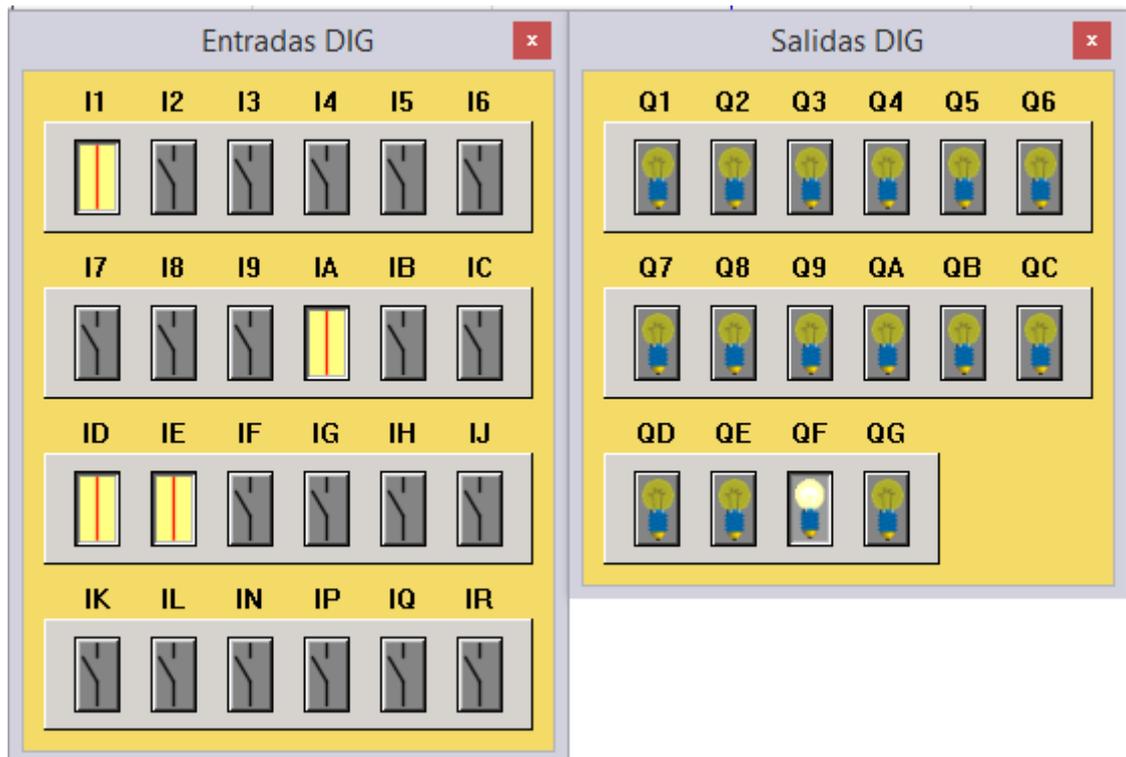


FIGURA 69: ARRANQUE AUTOMÁTICO DE ELECTROBOMBA 4

Fuente: Propia

## B) ARRANQUE MANUAL

### -Electrobomba 1:

Para el arranque manual se debe colocar el interruptor selector 1-0-2 en manual (I2), el botón de paro de emergencia (IE) enganchado y al accionar el pulsador de marcha de la electrobomba 1 (I3) encenderá la electrobomba 1(Q2) y para apagar la electrobomba se deberá accionar el pulsador de paro de electrobomba 1 (I4); El sensor de nivel máximo (IF) instalado en el pozo mandará una señal de parada de la electrobomba 1 al PLC cuando detecte que el agua ha llegado al nivel máximo de agua establecido del pozo para evitar rebalsar el pozo.

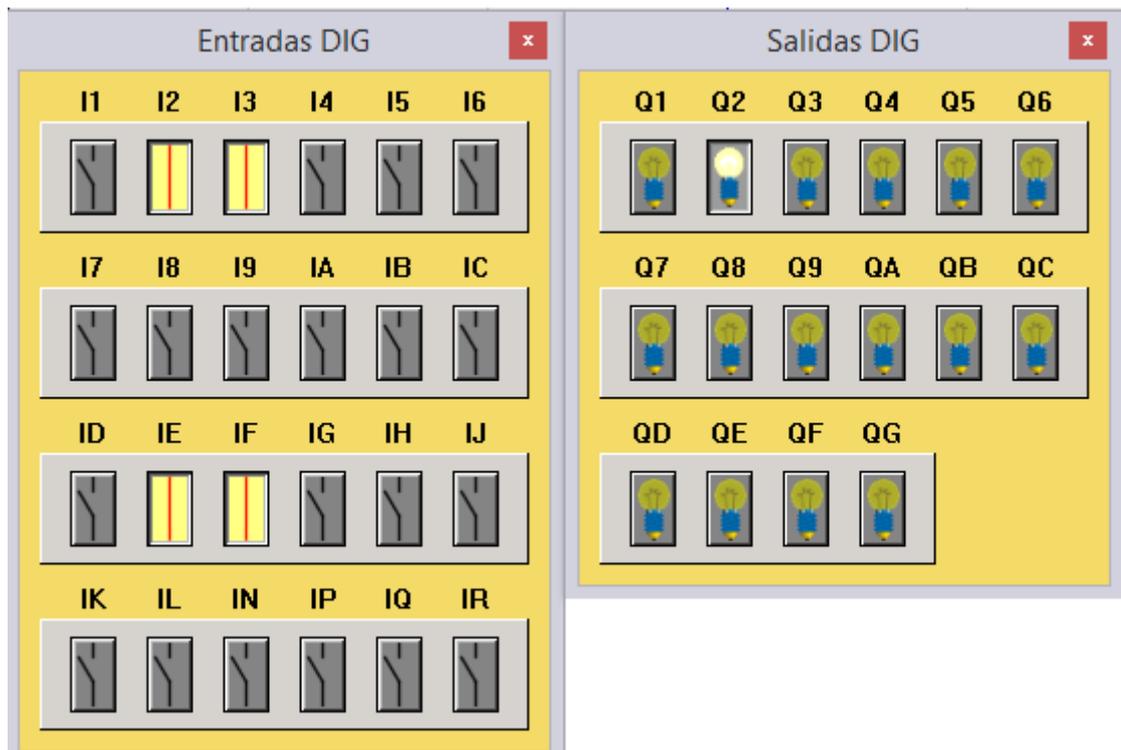


FIGURA 70: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 1

Fuente: Propia

### -Electrobomba 2 y 3:

Para el arranque manual se debe colocar el interruptor selector 1-0-2 en manual (I2), el botón de paro de emergencia (IE) enganchado y al accionar el pulsador de marcha de la electrobomba 2 (I6) y el pulsador de marca de la electrobomba 3 (I8) encenderá la electrobomba 2 (Q4) y la electrobomba 3 (Q6) correspondientemente y para apagar la electrobomba 2 y 3 se deberá accionar el pulsador de paro de electrobomba 2 (I7) y el pulsador de paro de la electrobomba 3 (I9) correspondientemente; El sensor de nivel mínimo (I5) instalado en el pozo mandara una señal de parada de la electrobomba 2 y 3 al PLC cuando detecte que el agua ha llegado al nivel mínimo de agua establecido del pozo para evitar que la electrobombas succionen aire; además estas electrobombas se apagaran inmediatamente de forma automática culminando los 4 turnos de riego, la duración de los 4 turnos de riego por día está determinada por los tiempos de riego calculados según su etapa del cultivo (ver tabla 13).

**Turno de riego 1:** apertura de electroválvula 1 (Q7) y electroválvula 5 (QB)

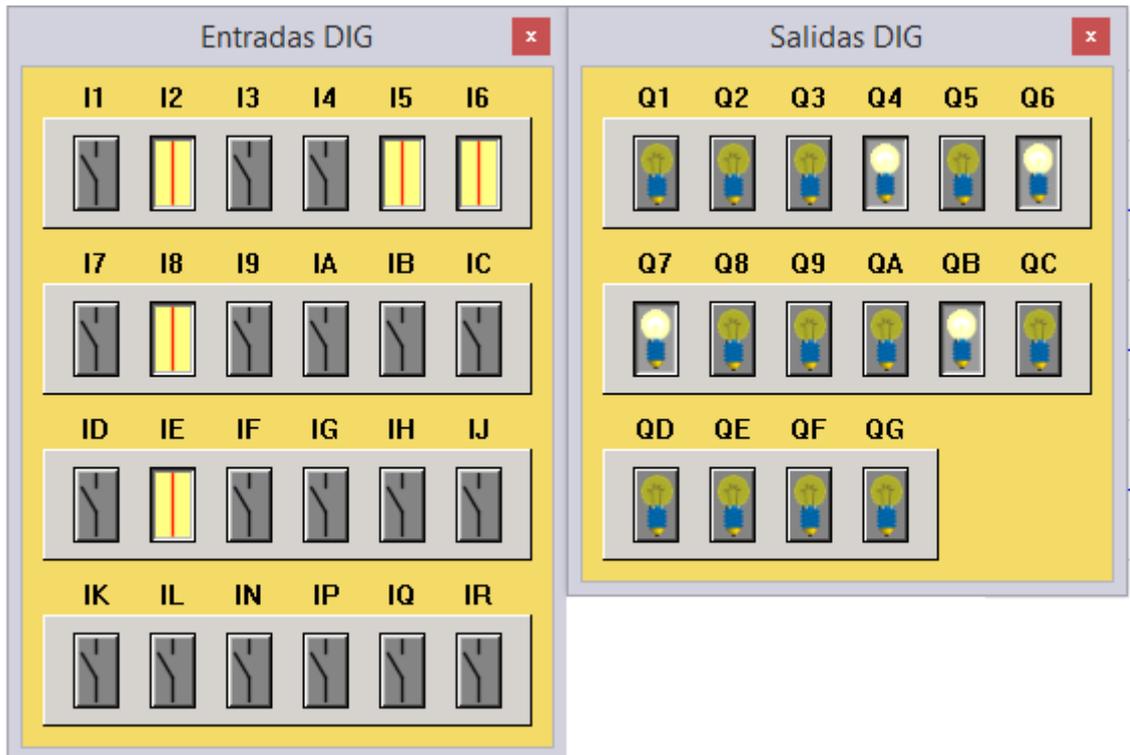


FIGURA 71: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T1

Fuente: Propia

**Turno de riego 2:** cierre de electroválvula 1 (Q7) y electroválvula 5 (QB) y apertura de electroválvula 2 (Q8) y electroválvula 6(QC)

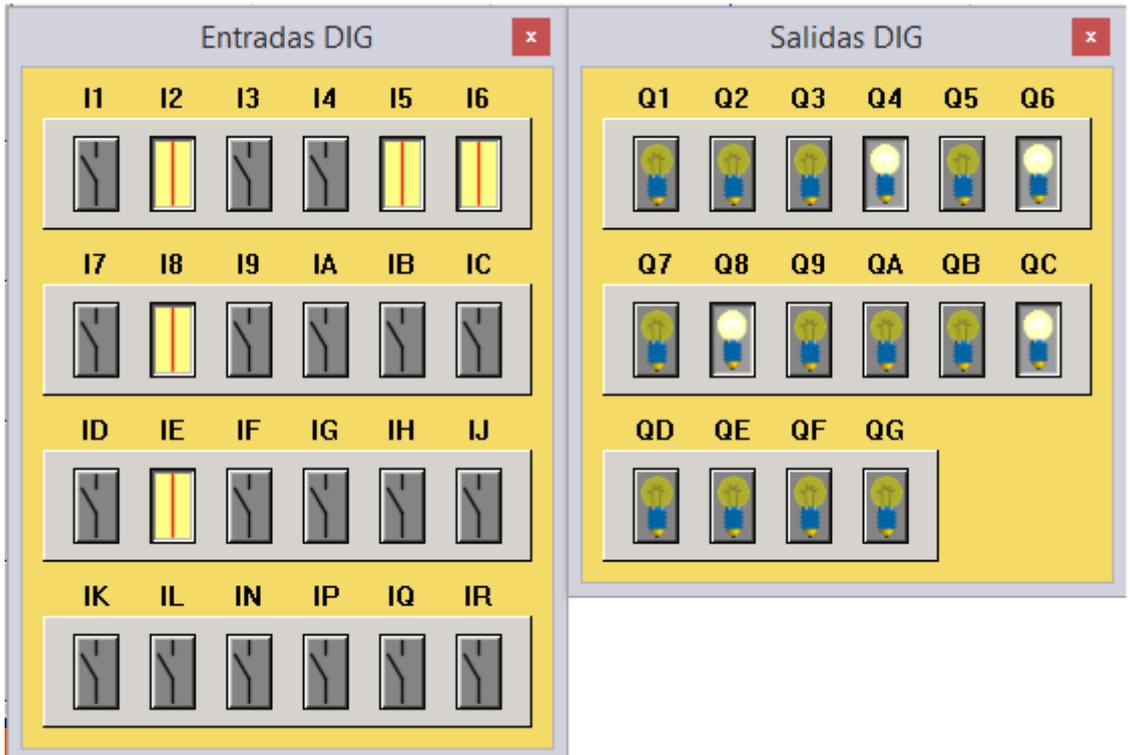


FIGURA 72: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T2

Fuente: Propia

**Turno de riego 3:** cierre de electroválvula 2 (Q8) y electroválvula 6(QC) y apertura de electroválvula 3 (Q9) y electroválvula 7 (QD)

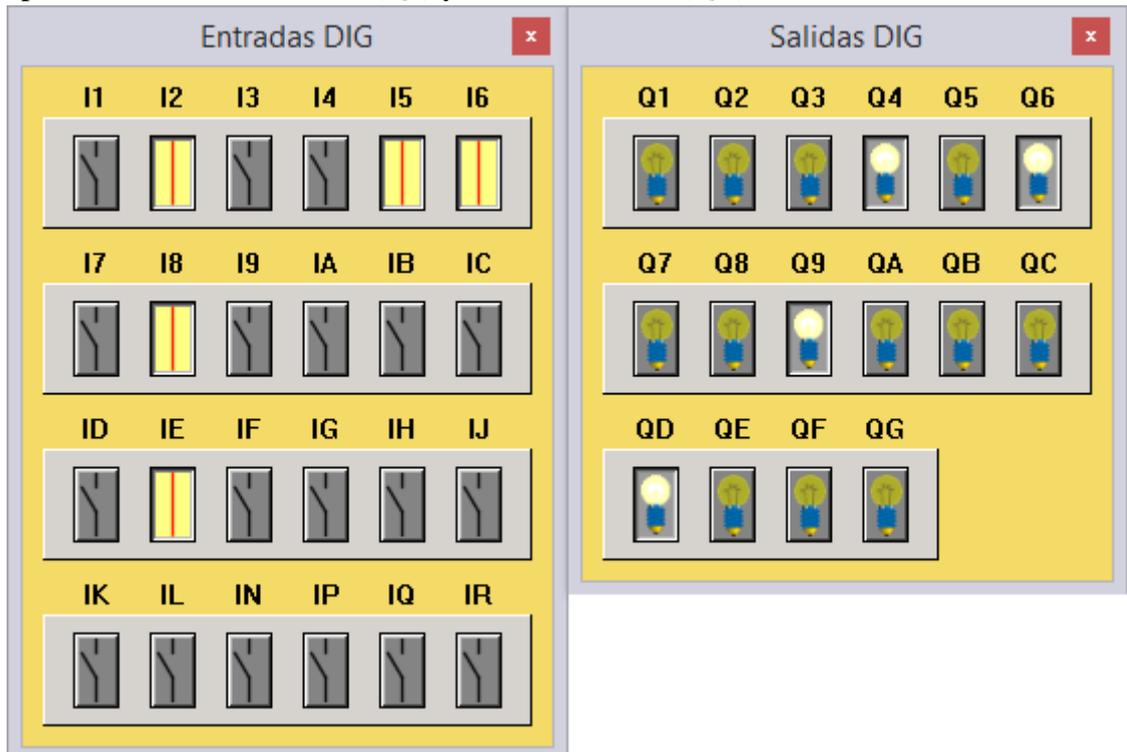


FIGURA 73: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T3

Fuente: Propio

**Turno de riego 4:** cierre de electroválvula 3 (Q9) y electroválvula 7 (QD), apertura de electroválvula 4 (Q10) y electroválvula 8 (QE) y cierre de electroválvula 4 (Q10) y electroválvula 8 (QE).

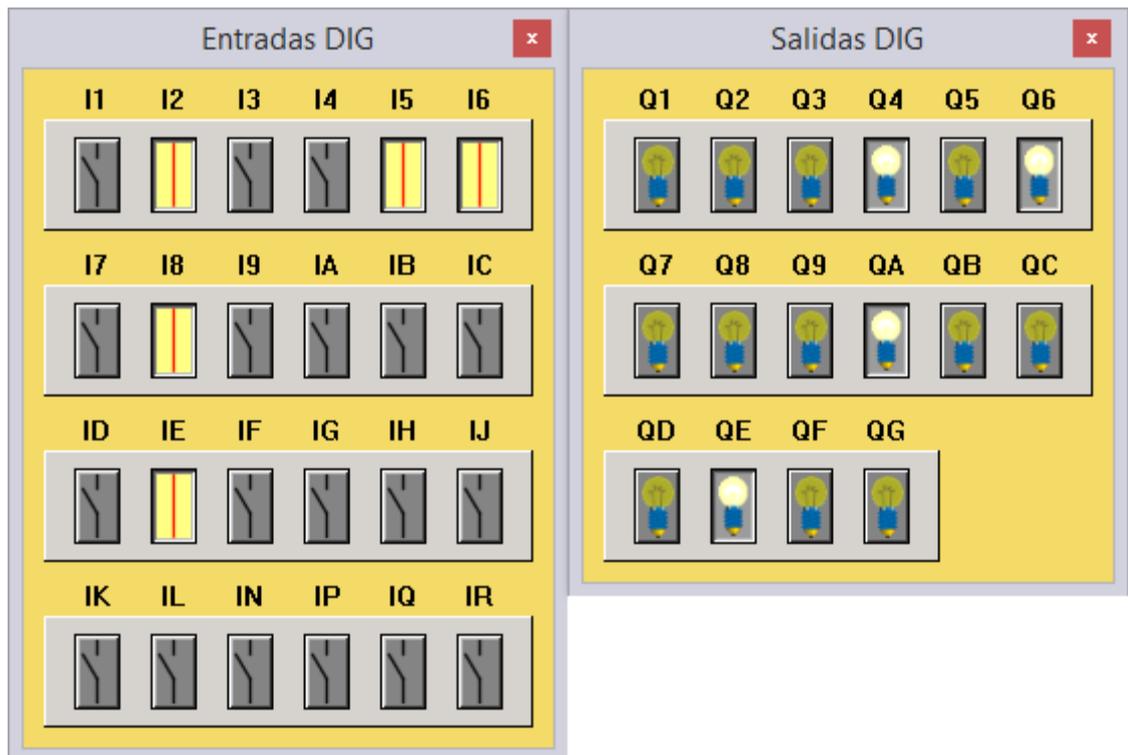


FIGURA 74: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 2 Y 3. T4

Fuente: Propia

#### -Electrobomba 4:

Para el arranque manual se debe colocar el interruptor selector 1-0-2 en manual (I2), el botón de paro de emergencia (IE) enganchado y accionar el pulsador de marcha de la electrobomba 4 (IA) encenderá la electrobomba 4(QF) y para apagar la electrobomba se deberá accionar el pulsador de paro de electrobomba 4 (IB); El sensor de nivel mínimo (ID) instalado en el pozo de aditamentos mandara una señal de parada de la electrobomba 4 al PLC cuando detecte que el agua ha llegado al nivel mínimo de agua establecido del pozo para que la electrobomba succione aire. Cuando el relé térmico (IC) detecte una sobrecarga apagará la electrobomba 4 y encenderá la lámpara roja de sobrecarga (QG).

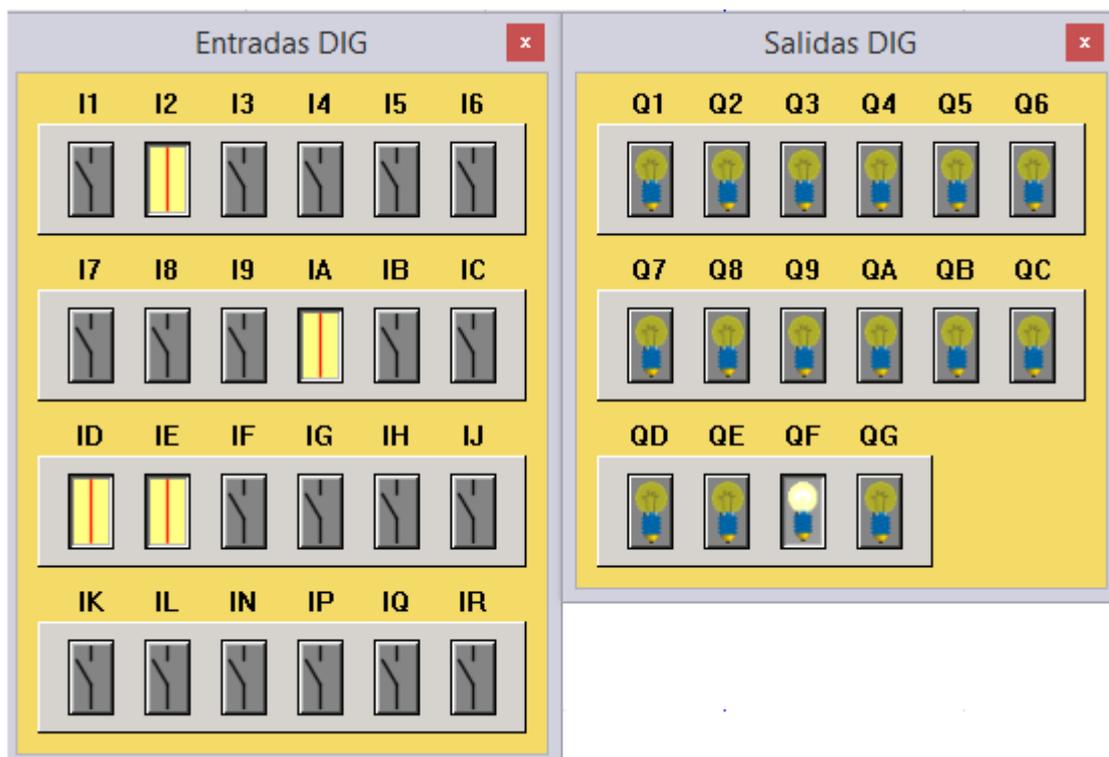


FIGURA 75: ARRANQUE MANUAL DE ELECTROBOMBA 4

Fuente: Propia

#### 4.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para este apartado se utilizó dos herramientas financieras muy usadas que se basan en la estimación los posibles flujos de caja, los cuales son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), que permitirán el análisis de la rentabilidad y viabilidad del proyecto de inversión.

##### 4.4.1 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El tiempo que se consideró para el cálculo del VAN es de 10 años y una tasa de interés anual de 12%

##### A) EGRESOS

Las consideraciones que se tendrán en cuenta en este apartado son:

- Mantenimiento de las 4 electrobombas cada 2400 hrs de trabajo según el fabricante, lo cual se ha considerado 2 años de trabajo; Dicho mantenimiento consistirá en cambio de sellos y rodaje, además de la limpieza. Que tiene un costo de S/ 1600
- El gasto en semillas y fertilizantes, tiene un costo de S/. 24000 anuales
- El pago a un trabajador que operará el tablero de fuerza y mando, además de supervisión y guardianía, tiene un costo de S/. 12000 anuales

-El pago a 4 trabajadores para la siembra y el recojo del maíz, tiene un costo anual de S/.5120 soles

-La reposición de las cintas de gotero se debe realizar cada 2 campañas es decir cada año, la cual tiene un costo de S/. 8400

-El pago de S/. 100 por hectárea cada campaña a la junta de usuarios del canal Virú, lo cual anualmente seria S/. 1600

-El cobro de la energía eléctrica comercial, el cual es de S/. 18750 anuales.

*TABLA 22: CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS*

TARIFA ELÉCTRICA	BT3
TENSIÓN	380 V
SECTOR TÍPICO	ST4
SIST. ELÉCTRICO	S204 NIEPOS
TIPO SUMINISTRO	TRIFÁSICA- AÉREA
DEMANDA ELÉCTRICA	22,7 KW

*Fuente: propia*

-La inversión inicial de equipos de la propuesta la cual es de S/ 66 914,5 como se muestra en la siguiente tabla

TABLA 23: INVERSIÓN INICIAL

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
<b>01</b>	<b>EQUIPOS DEL SISTEMA HIDRAULICO DE TUBERÍAS</b>				<b>26 881,00</b>
01.01	AMPLIACION DE PVC				8,00
01.01.01	AMPLIACIÓN DE PVC DE 3 A 4 PULG	und	2,00	4,00	8,00
01.02	CEMENTO PARA PVC				59,50
01.02.01	CEMENTO PARA PVC 118 ML	lata	5,00	11,90	59,50
01.03	CINTA TEFLON				12,50
01.03.01	CINTA TEFLON 1/2"	rollo	25,00	0,50	12,50
01.04	CODO DE PVC				148,00
01.04.01	CODO DE PVC 90° DE 1 PULG	und	2,00	6,00	12,00
01.04.02	CODO DE PVC 90° DE 3 PULG	und	4,00	14,00	56,00
01.04.03	CODO DE PVC 90° DE 4 PULG	und	5,00	16,00	80,00
01.05	CONECTOR CINTA A CINTA				140,00
01.05.01	CONECTOR CINTA A CINTA	und	400,00	0,35	140,00
01.06	ELECTROVÁLVULA				504,00
01.06.01	ELECTROVÁLVULA DE 3 PULG	und	8,00	63,00	504,00
01.07	FILTRO DE ANILLAS				760,00
01.07.01	FILTROS DE ANILLAS	und	2,00	380,00	760,00
01.08	REDUCCIÓN DE PVC				32,00
01.08.01	REDUCCIÓN DE PVC DE 4 A 3 PULG	und	8,00	4,00	32,00
01.09	CINTA DE GOTEO				8 400,00
01.09.01	CINTA DE GOTEO 22mm X 2100 METROS	rollo	20,00	420,00	8,400.00
01.10	TE DE PVC				152,00
01.10.01	TE DE PVC DE 3 PULG	und	8,00	8,00	64,00
01.10.02	TE DE PVC DE 4 PULG	und	8,00	11,00	88,00
01.11	TUBO DE PVC				16,172,00
01.11.01	TUBO DE PVC DE 1 PULG X 3 METROS	und	1,00	7,00	7,00
01.11.02	TUBO DE PVC DE 3 PULG X 3 METROS	und	272,00	22,50	6,120,00
01.11.03	TUBO DE PVC DE 4 PULG X 3 METROS	und	410,00	24,50	10,045,00
01.12	VÁLVULA CHECK				493,00
01.12.01	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL DE 1 PULG	und	1,00	60,00	60,00
01.12.02	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL DE 3 PULG	und	2,00	62,00	124,00
01.12.03	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL DE 4 PULG	und	1,00	63,00	63,00
01.12.04	VÁLVULA CHECK VERTICAL DE 1 PULG	und	1,00	60,00	60,00
01.12.05	VÁLVULA CHECK VERTICAL DE 3 PULG	und	2,00	61,50	123,00
01.12.06	VÁLVULA CHECK VERTICAL DE 4 PULG	und	1,00	63,00	63,00
<b>02</b>	<b>EQUIPOS DE FUERZA Y MANDO</b>				<b>26 650,60</b>
02.01	ARRANCADOR SUAVE				6 387,90
02.01.01	ARRANCADOR SUAVE ATS22D17Q	und	3,00	2 129,30	6 387,90
02.02	CONTACTOR				91,00
02.02.01	CONTACTOR 3RT20 23	und	1,00	91,00	91,00

02.03	ELECTROBOMBA					14 812,00
02.03.01	ELECTROBOMBA TRIFÁSICA CP 100 DE 0.33 HP	und	1,00	345,00		345,00
02.03.02	ELECTROBOMBA TRIFÁSICA HF30A DE 10 HP	und	1,00	4 795,00		4 795,00
02.03.03	ELECTROBOMBA TRIFÁSICA 2C 40/180B DE 10HP	und	2,00	4 836,00		9 672,00
02.04	GABINETE METÁLICO					557,00
02.04.01	GABINETE METÁLICO NSYCRN86300	und	1,00	557,00		557,00
02.05	GUARDAMOTOR					834,00
02.05.01	GUARDAMOTOR GV2ME20	und	3,00	278,00		834,00
02.06	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR					61,00
02.06.01	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR 5SL6304-7	und	1,00	61,00		61,00
02.07	LAMPARA DE SEÑALIZACIÓN					488,00
02.07.01	LAMPARA DE SEÑALIZACIÓN ROJA 3SB3644-6BA20	und	4,00	61,00		244,00
02.07.02	LAMPARA DE SEÑALIZACIÓN VERDE 3SB3644-6BA40	und	4,00	61,00		244,00
02.08	MÓDULO DE EXPANSIÓN					299,80
02.08.01	MÓDULO DE EXPANSIÓN SR3XT141FU	und	1,00	299,80		299,80
02.09	PLC					826,90
02.09.01	PLC SR3B261FU	und	1,00	826,90		826,90
02.10	PULSADOR					464,00
02.10.01	PULSADOR ROJO 3SB3603-0AA21	und	4,00	58,00		232,00
02.10.02	PULSADOR VERDE 3SB3602-0AA41	und	4,00	58,00		232,00
02.11	RÉLE TÉRMICO					216,00
02.11.01	RÉLE TÉRMICO 3RB2016-1NB0	und	1,00	216,00		216,00
02.12	CONDUCTOR					1 430,00
02.12.01	CONDUCTOR CALIBRE 18 AWG TIPO GPT X 100 METROS	rollo	1,00	80,00		80,00
02.12.02	CONDUCTOR CALIBRE 2.5 MM <sup>2</sup> THW X 100 METROS	rollo	10,00	135,00		1 350,00
02.13	SENSOR DE NIVEL					183,00
02.13.01	SENSOR DE NIVEL	und	3,00	61,00		183,00
SUB TOTAL						53 531,60
TRANSPORTE DE EQUIPOS (5% DEL SUB TOTAL)						2 676,58
INSTALACIÓN A TODO COSTO DE EQUIPOS ( 20% DEL SUB TOTAL)						10 706,32
COSTO TOTAL						66 914,50

*Fuente: Propia*

## B) INGRESOS

Las consideraciones que se tendrán en cuenta en este apartado son:

-Es la venta de las 23 fanegas (420 Kg) de maíz por hectárea a S/380 cada una, se posee 8 hectáreas y son dos campañas por año, se obtiene S/. 139 840

-El ahorro de la compra de 8 galones diarios de combustible fósil, se obtiene anualmente un ahorro de S/. 13 920

Habiendo calculado los ingresos y egresos, se realizó una tabla en el software Microsoft Excel de los flujos netos (ingresos – egresos), y el resultado fue el siguiente:

TABLA 24: FLUJOS NETOS

ítem/años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A. INGRESOS	0	153760	153760	153760	153760	153760	153760	153760	153760	153760	153760
PRODUCCIÓN DE MAÍZ ANUAL		139840	139840	139840	139840	139840	139840	139840	139840	139840	139840
AHORRO DE COMBUSTIBLE ANUAL		13920	13920	13920	13920	13920	13920	13920	13920	13920	13920
B. EGRESOS	-66914.5	-69870	-71470	-69870	-71470	-69870	-71470	-69870	-71470	-69870	-71470
-COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL	-66914.5										
-COSTOS DE MANTENIMIENTO			-1600		-1600		-1600		-1600		-1600
-COSTOS DE REPOSICIÓN DE CINTAS DE RIEGO		-8400	-8400	-8400	-8400	-8400	-8400	-8400	-8400	-8400	-8400
-COSTOS DE GASTO DE SEMILLAS Y FERTILIZANTES		-24000	-24000	-24000	-24000	-24000	-24000	-24000	-24000	-24000	-24000
-COSTOS DE PAGO A TRABAJADOR OPERARIO		-12000	-12000	-12000	-12000	-12000	-12000	-12000	-12000	-12000	-12000
-COSTO DE 4 TRABAJADORES PARA SIEMPRE Y RECOJO DE MAÍZ		-5120	-5120	-5120	-5120	-5120	-5120	-5120	-5120	-5120	-5120
-COSTOS DE PAGO A LA JUSTA DE USUARIOS		-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
-COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMERCIAL		-18750	-18750	-18750	-18750	-18750	-18750	-18750	-18750	-18750	-18750
C. FLUJO ECONÓMICO	-66914.5	83890	82290	83890	82290	83890	82290	83890	82290	83890	82290

Fuente: Propia

Utilizando el comando VNA del software Microsoft Excel se calculó el valor del VAN anual dando como resultado S/. 402 818,39 lo cual nos dice que la inversión es viable y rentable por ende el proyecto generara ganancias.

#### 4.4.2 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

En este apartado para calcular el TIR se procede a igual el VAN a 0. Utilizando el comando TIR del software Microsoft Excel se calculó el valor del TIR anual dando como resultado 124,6 %. Este valor comparándolo con la tasa de interés inicial anual del VAN (12%) es superior, lo cual nos dice que el proyecto es viable y rentable.

## V. CONCLUSIONES

-El diagnóstico realizado sobre la situación actual de la hacienda Durand determino que de las 8 hectáreas de cultivo que se posee solo se han trabajado 3 debido a que en las 5 hectáreas no trabajadas el terreno presenta una pendiente positiva de 2° y al utilizar el tipo de riego por inundación genera escasez o saturación de recurso hídrico en ciertas partes de estas 5 hectáreas, se utiliza 2 motobombas (honda WB30 XT de 4HP y HONDA WB30XH de 4HP) para suministrar agua a sus cultivos, con lo cual logran producir 18 fanegas de maíz por hectárea trabajada lo cual si se utilizaría un sistema de riego por goteo se lograría una producción de 23 a 25 fanegas por hectárea. Y el recurso hídrico es obtenido del canal Chical-Virú, el cual posee un caudal de 154.163 l/s.

-Se determinó que para el riego de 8 hectáreas de cultivo de maíz utilizando un sistema automatizado de riego por goteo, se necesitan 02 electrobombas trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Speroni modelo 2C 40/180B de 10 HP, una electrobomba trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Pedrollo modelo HF30A de 10 HP y una electrobomba trifásica de especificaciones técnicas similares a la electrobomba de la marca Pedrollo modelo CP 100 de 0.33 HP para los aditamentos; además se determinó sus equipos de fuerza y mando así como las tuberías y accesorios necesarios.

-Para el sistema automatizado se empleó un Plc de especificaciones técnicas similares al Plc de la marca Schneider Electric modelo SR3B261FU y un módulo de expansión de especificaciones técnicas similares al módulo de expansión de la marca Schneider Electric modelo SR3XT141FU, La programación de este Plc se realizó en el software Zelio Soft 2 logrando brindar al cultivo el recurso hídrico y nutrientes exactos que necesita para lograr aumentar la producción, además de poseer un una interfaz hombre-máquina de manejo fácil y sencillo que podrá ser operado por el trabajador designado por la “Hacienda Durand”.

-La inversión inicial del proyecto es de S/. 66 914,5. Mediante el VAN realizado a 10 años, se obtuvo un valor de S/. 402 818,39 y el valor del TIR anual realizado en el mismo periodo de tiempo se obtuvo un valor de 124,6 %. Esto demuestra que el proyecto es rentable y viable económicamente

-Se determinó que con la implementación del sistema automatizado de riego por goteo en la “Hacienda Durand” se aumentaría la producción de maíz en 383,33% más con respecto a la situación actual de riego.

## **VI. RECOMENDACIONES**

-El sistema está diseñado para suministrar el caudal de recurso hídrico al cultivo según el requerimiento calculado para cada etapa por campaña, por lo que se recomienda no alterar los tiempos de riego, pues podría provocar escasez o saturación de agua en el cultivo.

-Se recomienda a futuro implementar un sistema fotovoltaico que logre suplir las necesidades de orden eléctrico para disminuir el gasto en energía eléctrica comercial.

-La instalación del sistema de riego deberá ser ejecutada por una empresa con personal capacitado y especializado, los que deberán proporcionar, las capacitaciones correspondientes para el correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema instalado, al propietario y trabajadores de la hacienda Durand, y así evitar daños en los equipos por la falta de experiencia en el manejo de éstos.

## VII. Referencias

- [1] D. F. A. e. I. L. t. javier, «diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización epime 2016».
- [2] A. D. S. Torres, «diseño de un sistema automatizado para riego por goteo para palta has».
- [3] J. R. V. Quintana, «diseño de un sistema de riego por goteo, utilizando dos fuentes de agua, (agua de canal y agua de pozos) para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) en la empresa agraria Chiquitoy S.A., Valle Chicama- Región La Libertad».
- [4] K. A. C. Quiróz, «implementación de un sistema automatizado de riego por goteo parcial, a campo abierto en el centro experimental del riego de la facultad de recursos naturales».
- [5] I. N. D. E. E. INFORMATICA, «INEI,» 2012. [En línea]. Available: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>. [Último acceso: 2018].
- [6] O. d. l. n. u. p. l. a. y. l. agricultura, «Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm>. [Último acceso: 2018].
- [7] O. M. d. l. Salud, «Organización Mundial de la Salud,» [En línea]. Available: [http://www.who.int/topics/air\\_pollution/es/](http://www.who.int/topics/air_pollution/es/). [Último acceso: 2018].
- [8] J. A. Acuña, «automatización industrial,» vol. 10, n° 1, p. 4.
- [9] I. J. L. T. J. DARWIN FRAY APAZA MAMANI, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA RIEGO TECNIFICADO BASADO EN EL BALANCE DE HUMEDAD DE SUELO CON TECNOLOGÍA ARDUINO EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACION EPIME 2016, Puno: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, 2017.
- [10] J. C. C. Concha, DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO, Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2009.
- [11] E. agrícola, «ERP agrícola,» 3 noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-en-la-agricultura-y-ventajas/>. [Último acceso: 22 junio 2018].
- [12] V. E. M. J. C. N. C. M. M. J. Gallardo I., «Riego y sustentabilidad agropecuaria,» *30 años de INIA*.

- [13] u. d. riego, «universidad de riego,» [En línea]. Available: <http://www.universidadderiego.com/sobre-el-caudal-y-la-presion-del-agua/>. [Último acceso: 22 06 2018].
- [14] L. L. P. D. R. M. S. R. G. ALLEN, Evotranspiracion del cultivo, Roma: FAO, 2006.
- [15] Ingemecanica, «Ingemecanica,» [En línea]. Available: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>. [Último acceso: 23 06 2018].
- [16] distritec, «distritec,» [En línea]. Available: <https://www.distritec.com.ar/novedad-detalle.php?titulo=%BFQU%C9%20SON%20LAS%20ELECTROV%C1LVULAS?>. [Último acceso: 24 06 2018].
- [17] recursostic, «recursostic,» [En línea]. Available: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>. [Último acceso: 24 06 2018].
- [18] J. F. Vanessa Villalobos, «slideshare,» [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/EquipoSCADA/programacin-de-plcs-lenguaje-escalera>. [Último acceso: 24 06 2018].
- [19] C. González, «EL ABC DE LA AUTOMATIZACION,» BARCELONA, 2002.
- [20] «ELECTRONICASI,» 22 05 2014. [En línea]. Available: <http://www.electronicasi.com>. [Último acceso: 16 09 2018].
- [21] osinergmin, «osinergmin,» [En línea]. Available: <http://www.osinergminorienta.gob.pe/documents/54705/339923/capitulo+8.pdf>.
- [22] E. Vilchez, «El contactor».
- [23] S. F. Espinoza, Los proyectos de inversión, Cartago: Tecnológica de Costa Rica, 2007.
- [24] m. d. a. y. riego, «MANUAL DEL CÁLCULO DE EFICIENCIA PARA SISTEMAS DE RIEGO,» lima, 2015.
- [25] m. d. a. y. riego, «manual n°5 medición de agua,» Lima, 2015.
- [26] C. F. HEREDIA FERNÁNDEZ, DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO POR GOTEJO AUTOMATIZADO PARA TERRENOS DE CULTIVO DE ESPÁRRAGOS DEL FUNDO INCA VERDE EN EL SECTOR PAMPAS LA SANDIA PROVINCIA DE CHEPÉN - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, Lambayeque, 2016.
- [27] O. d. l. N. U. p. l. A. y. l. Agricultura, «Evapotranspiración del cultivo,» 2012.
- [28] i. a. p. nomberto, «diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de café en el sector

quebradonda- catache- santa cruz-cajamarca,» Lambayeque, 2015.

- [29] f. d. a. d. l. u. d. l. r. d. uruguay, «<http://www.fagro.edu.uy>,» [En línea]. Available: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/HIDRAULICA%202015.pdf>.
- [30] E. RIEGO, «EL RIEGO,» [En línea]. Available: (<http://elriego.com/informacion-tecnica/materiales/filtros-malla-anillas/filtros-anillas/>) .
- [31] Eatonelectric, «Eatonelectric,» [En línea]. Available: [www.eatonelectric.es](http://www.eatonelectric.es).
- [32] U. t. nacional, «[www.frm.utn.edu.ar/index.php](http://www.frm.utn.edu.ar/index.php),» [En línea]. Available: [http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/maquinas%20electricas/apuntes/practicos%20de%20laboratorio/TPL\\_09\\_Motor\\_As%C3%ADncr%20Arranques%20y%20Frenado.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/maquinas%20electricas/apuntes/practicos%20de%20laboratorio/TPL_09_Motor_As%C3%ADncr%20Arranques%20y%20Frenado.pdf).
- [33] O. B. G. Canales, «instituto geofísico del Perú,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/incagro/datos/ManualConsuntivo.pdf>. [Último acceso: 22 06 2018].
- [34] o. d. l. n. u. p. l. a. y. l. agricultura, «organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>. [Último acceso: 22 06 2018].

# ANEXOS

**ANEXO 1: CINTA DE RIEGO POR GOTEO DE 22MM**

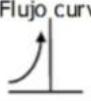
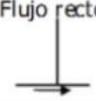
**Diámetro 7/8" (22 mm)**

Modelo	Caudal por Gotero @ 0,7 bar	Separación entre goteros	Uniformidad de riego (EU)	Longitud Máxima en metros					
				@ 0,5 bar	@ 0,6 bar	@ 0,7 bar	@ 0,8 bar	@ 0,9 bar	@ 1,0 bar
RA7xx08133-yyy	2,13 l/h	20 cm	85%	233	268	294	296	309	301
			90%	232	234	236	238	239	240
RA7xx06112-yyy	1,40 l/h	15 cm	85%	194	224	245	246	249	251
			90%	192	194	197	198	200	201
RA7xx0867-yyy	1,40 l/h	20 cm	85%	288	291	294	296	298	301
			90%	233	235	237	239	240	242
RA7xx1245-yyy	1,40 l/h	30 cm	85%	373	378	381	384	387	389
			90%	302	305	307	309	311	313
RA7xx04100-yyy	0,87 l/h	10 cm	85%	225	227	229	231	233	234
			90%	181	183	185	186	187	188
RA7xx0667-yyy	0,87 l/h	15 cm	85%	291	294	296	300	301	303
			90%	234	237	239	241	243	244
RA7xx0851-yyy	0,87 l/h	20 cm	85%	349	354	357	359	362	364
			90%	282	285	287	289	291	293
RA7xx1234-yyy	0,87 l/h	30 cm	85%	452	457	461	465	468	470
			90%	365	368	372	375	378	381
RA7xx0467-yyy	0,57 l/h	10 cm	85%	295	298	302	304	306	308
			90%	238	241	243	245	246	249
RA7xx0834-yyy	0,57 l/h	20 cm	85%	460	464	468	472	475	478
			90%	370	374	379	382	383	387
RA7xx1222-yyy	0,57 l/h	30 cm	85%	595	601	606	610	615	608
			90%	478	486	490	494	497	500
RA7xx0825-yyy	0,42 l/h	20 cm	85%	528	531	534	536	538	539
			90%	426	428	431	433	434	435
RA7xx1613-yyy	0,42 l/h	40 cm	85%	822	827	831	833	836	838
			90%	664	667	670	672	674	676
RA7xx0822-yyy	0,38 l/h	20 cm	85%	566	569	571	573	574	576
			90%	457	459	461	462	463	465
RA7xx1611-yyy	0,38 l/h	40 cm	85%	876	885	889	891	894	896
			90%	706	713	717	719	721	723
RA7xx0817-yyy	0,30 l/h	20 cm	85%	664	668	671	673	674	677
			90%	536	539	541	543	544	546
RA7xx1608-yyy	0,30 l/h	40 cm	85%	1033	1038	1042	1046	1050	1052
			90%	833	837	840	843	847	849

Fuente: [https://www.toro-ag.it/public/download\\_file/Catalogo%20Toro%20SPA%20low.pdf](https://www.toro-ag.it/public/download_file/Catalogo%20Toro%20SPA%20low.pdf)

## ANEXO 2: LONGITUD EQUIVALENTE DE CODOS, CURVAS Y TE

RESISTENCIA DE CODOS, TEES Y CURVAS.  
(MEDIDO EN LONGITUD EQUIVALENTE, PIES)

Diámetro nominal pulgs.	Codo 90°		Curva 90°		Te	
					Flujo curvo	Flujo recto
	R=1D	R=1.5D	R=5D	R=10D		
1 1/2	4.5	3	2.5	4	8	3
2	5.25	3.5	3	5	11	3.5
2 1/2	6	4	3.5	6	13	4
3	7.5	5	4	7.5	16	5
4	10.5	7	5.5	10	20	7
6	15	10	8.5	15	30	10
8	21	14	11	20	40	14
10	24	16	14	25	50	16
12	32	21	16	30	60	21
14	33	22	19	33	65	22
16	39	26	21	38	75	26
18	44	29	24	42	86	29
20	48	32	27	50	100	32
24	57	38	32	60	120	38

Fuente: <https://es.slideshare.net/omarlagla/longitud-equivalente-123>

## ANEXO 3: LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS

RESISTENCIA AL FLUJO PARA VARIOS TIPOS DE VALVULAS  
(MEDIDOS EN UNIDADES DE LONGITUD EQUIVALENTE, PIES)

Diámetro nominal de tubería (pulg)	Válvula compuerta totalmente abierta	Globo* total abierto ángulo valv. Asiento			Válvula de retención (check)		macho	Vál. Macho de 3 vías		Válvula mariposa totalmente abierta
		90°	60°	45°	vaivén	bolas		flujo recto	flujo curvo	
										
1 1/2	1.75	46	23	18	17	20	2.5	6	20	6
2	2.25	60	30	24	22	25	3.5	7.5	24	8
2 1/2	2.75	70	38	30	27	30	4	9	30	10
3	3.5	90	45	38	35	38	5	12	36	12
4	4.5	120	60	48	45	50	6.5	15	48	15
6	6.5	175	88	72	65	75	10	22	70	23
8	9	230	120	95	90	100	13	30	95	27
10	12	280	150	130	120	130	16	38	120	35
12	14	320	170	145	140	150	19			40
14	15	380	190	160	150	170	20			45
16	17	420	220	180	170	190	22			50
18	18	480	250	205	180	210	24			58
20	20	530	290	240	200	240	27			64
24	32	630	330	270	250	290	33			78

Fuente: <https://es.slideshare.net/omarlagla/longitud-equivalente-123>

**ANEXO 4: COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA DIFERENTES MATERIALES DE TUBERÍAS.**

<b>MATERIAL</b>	<b>C</b>
PVC / Pe	150
Fibrocemento	140
Hormigón	128
Acero nuevo	120
Acero usado	110
Fundición nueva	100
Fundición usada	85

Fuente: RLAf- Fernando Pizarra C. (1996)

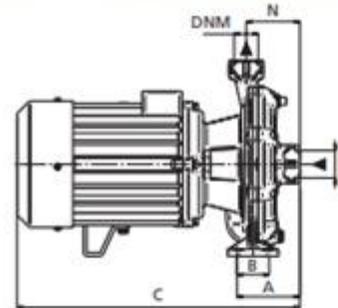
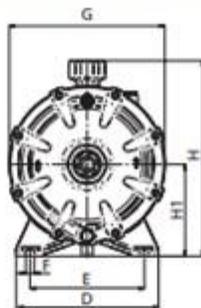
**ANEXO 5: ECUACIONES PARA CÁLCULO DE LONGITUD EQUIVALENTE**

<b>Aditamento</b>	<b>Longitud equivalente(m) D (pulgadas) C Hazen Williams.</b>
Reducción gradual	$L_e = (0.15D + 0.01)(C/100)^{-1.48}$
Ampliación gradual	$L_e = (0.31D + 0.01)(C/100)^{-1.48}$

Fuente: <https://docplayer.es/9452052-2-flujo-a-presion-2-1-flujo-uniforme-permanente-y-laminar-2-1-1-ecuacion-de-continuidad-q-va-2-1-2-ecuacion-del-esfuerzo-cortante.html>

ANEXO 6: CARACTERÍSTICAS DE ELECTROBOMBA SPERONI DE 10 HP

TIPO TYPE	POTENCIA NOMINAL NOMINAL POWER		POTENCIA ABSORBIDA INPUT POWER	AMPERIO AMPERE		Q = CAPACIDAD - CAPACITY										
	P2		P1	Trifásico Three-phase		m³/h	0	3	6	9	15	18	24	27	30	36
	HP	kW	kW			ft³/1'	0	50	100	150	250	300	400	450	500	600
				220V	380V	Carga hidrostática manométrica total en m.C.A. - Total head in meters w.c.										
2C 40/180D	5,5	4	6	16,1	9,3		60	59	58	56	50	45	34	25		
2C 40/180C	7,5	5,5	8	22,5	13		71	70,7	70,5	69	64	60	50	43	35	
2C 40/180B	10	7,5	10	27,7	16	H (m)	87	86	85	83	78	75	65	60	51	
2C 40/180A	12,5	9,2	11,5	32	18,5		93,5	93,3	93	92	87	82	71	65	58	
2C 40/200A	15	11	13	36,3	21		96	95,8	95,5	94,5	90	86	77	71	65	48



TIPO TYPE	DIMENSIONES mm - DIMENSIONS mm												DIMENSIONES DIMENSIONS mm			PESO WEIGHT Kg
	A	B	C	D	E	F	G	H	H1	N	DNA	DNM	P	L	H	
Trifásico Three-phase																
2C 40/180D	126	60	535	280	225	15	300	375	160	116	3"	3"	342	620	475	60,9
2C 40/180C	126	60	580	280	225	15	300	375	160	116	3"	3"	342	620	475	71,2
2C 40/180B	126	60	580	280	225	15	300	375	160	116	3"	3"	342	620	475	72,6
2C 40/180A	126	60	580	280	225	15	300	375	160	116	3"	3"	372	805	550	94,1
2C 40/200A	126	60	612	280	225	15	300	375	160	116	3"	3"	372	805	550	97,1

Fuente: catálogo de electrobomba Speroni

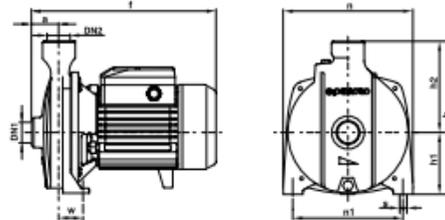
## ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE ELECTROBOMBA PEDROLLO DE 0.33 HP

### DATOS DE FUNCIONAMIENTO A n = 2900 1/min

MODELO BOMBA		POTENCIA		Q m <sup>3</sup> /h l/min	H																		
Monofásica	Trifásica	kW	HP		(m)																		
CPm 100	CP 100	0.25	0.33	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6			
CPm 130	CP 130	0.37	0.50	16	15	14	12.5	11	9	7													
CPm 132B	CP 132B	0.45	0.60	23	22	21	20	19	18	17	15.5	14											
CPm 132A	CP 132A	0.60	0.85	20	—	18	17	16	15	13.5	12	10.5	9	7									
CPm 152	CP 152	0.55	0.75	23	—	22	21.5	21	20	19	18	17	16	14	12	9							
CPm 150	CP 150	0.75	1	33	32	31	29.5	28.5	27	25	23												
CPm 158	CP 158	0.75	1	29.5	—	29	28.5	28	27.5	26.5	26	24.5	23	21	18	15							
CPm 170	CP 170	1.1	1.5	36	34	33.5	33	32.5	31.5	30	28.5	27	25										
CPm 170M	CP 170M	1.1	1.5	41	—	—	38	37	36	35	33.5	32	30	27.5	25	22							
CPm 190	CP 190	1.5	2	36	—	—	35	34.5	33.5	33	32	31	30	29	28	26.5	25	23	21	19			
—	CP 200	2.2	3	50	—	—	46	44.5	43	41.5	40	38	36	34.5	32.5	30.5	28	26					
—	—	—	—	58	—	—	55	54.5	53.5	52	51	49.5	48	46	44.5	42.5	40.5	38.5	36				

Q = CAUDAL H = ALTURA MANOMETRICA TOTAL

Tolerancia de las curvas de prestaciones según ISO 2548.



### TABLA DE DIMENSIONES

MODELO BOMBA		DN1	DN2	DIMENSIONES mm									
Monofásica	Trifásica			a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	
CPm 100	CP 100	1"	1"	34	247	187	77	110	148	118	45	10	
CPm 130	CP 130	1"	1"	42	258	211	82	129	165	135	41	10	
CPm 132B	CP 132B	1"	1"	42	259	211	82	129	165	135	41	10	
CPm 132A	—	1"	1"	42	256	211	82	129	165	135	41	10	
—	CP 132A	1"	1"	42	259	211	82	129	165	135	41	10	
CPm 152-150-158	CP 152-150-158	1"	1"	42	285	240	92	148	190	160	38	10	
CPm 170-170M	CP 170-170M	1 1/4"	1"	51	341	260	110	150	206	165	44.5	11	
CPm 190	—	1 1/4"	1"	51.5	358	290	115	175	242	206	32.5	11	
—	CP 190-200	1 1/4"	1"	51.5	338	290	115	175	242	206	32.5	11	

Fuente: <http://seaingenieria.cl/index/bombas-centrifugas/323-bomba-centrifuga-pedrollo-cp-130.html>

ANEXO 8: CARACTERÍSTICAS DE ELECTROBOMBA PEDROLLO DE 10 HP

MODELO		BOCAS		TENSION	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	220 V	380 V
HFm 4	HF 4	2½"	2½"	5.0 A	2.9 A
HFm 6B	HF 6B	3"	3"	8.6 A	5.0 A
HFm 6A	HF 6A			10.7 A	6.2 A
-	HF 8B	4"	4"	12.0 A	7.0 A
-	HF 8A			18.2 A	10.5 A
-	HF 20B-N			12.0 A	7.0 A
-	HF 20A-N			18.2 A	10.5 A
-	HF 30B			22.5 A	13.0 A
-	HF 30A			28.8 A	16.6 A

Fuente: <https://hidrocontrolima.com/web/121728f/pedrollo-hf-alte-portate-es-60hz.pdf>

ANEXO 9: ARRANCADOR SUAVE SCHNEIDER ELECTRIC MODELO  
ATS22D17Q

Motor power given in kW in accordance with standard IEC/EN 60947-4-2. 220 V control power supply on CL1, CL2								
Motor		Soft start/soft stop unit, 230...440 V - 50/60 Hz						
Power indicated on rating plate			Factory-set current (In) (1)	Nominal current (IcL) (2)	Power dissipated at nominal current	Dimensions W x D x H	Reference	Weight
230 V	400 V	440 V						
kW	kW	kW	A	A	W	mm/ in.		kg/ lb
4	7.5	7.5	14.8	17	39	130 x 169 x 265/ 5.12 x 6.65 x 10.43	ATS22D17Q	7.000/ 15.432
7.5	15	15	28.5	32	44	130 x 169 x 265/ 5.12 x 6.65 x 10.43	ATS22D32Q	7.000/ 15.432
11	22	22	42	47	48	130 x 169 x 265/ 5.12 x 6.65 x 10.43	ATS22D47Q	7.000/ 15.432
15	30	30	57	62	59	145 x 207 x 295/ 5.71 x 8.15 x 11.61	ATS22D62Q	12.000/ 26.455
18.5	37	37	69	75	63	145 x 207 x 295/ 5.71 x 8.15 x 11.61	ATS22D75Q	12.000/ 26.455
22	45	45	81	88	66	145 x 207 x 295/ 5.71 x 8.15 x 11.61	ATS22D88Q	12.000/ 26.455
30	55	55	100	110	73	150 x 229 x 356/ 5.91 x 9.02 x 14.02	ATS22C11Q	18.000/ 39.683
37	75	75	131	140	82	150 x 229 x 356/ 5.91 x 9.02 x 14.02	ATS22C14Q	18.000/ 39.683

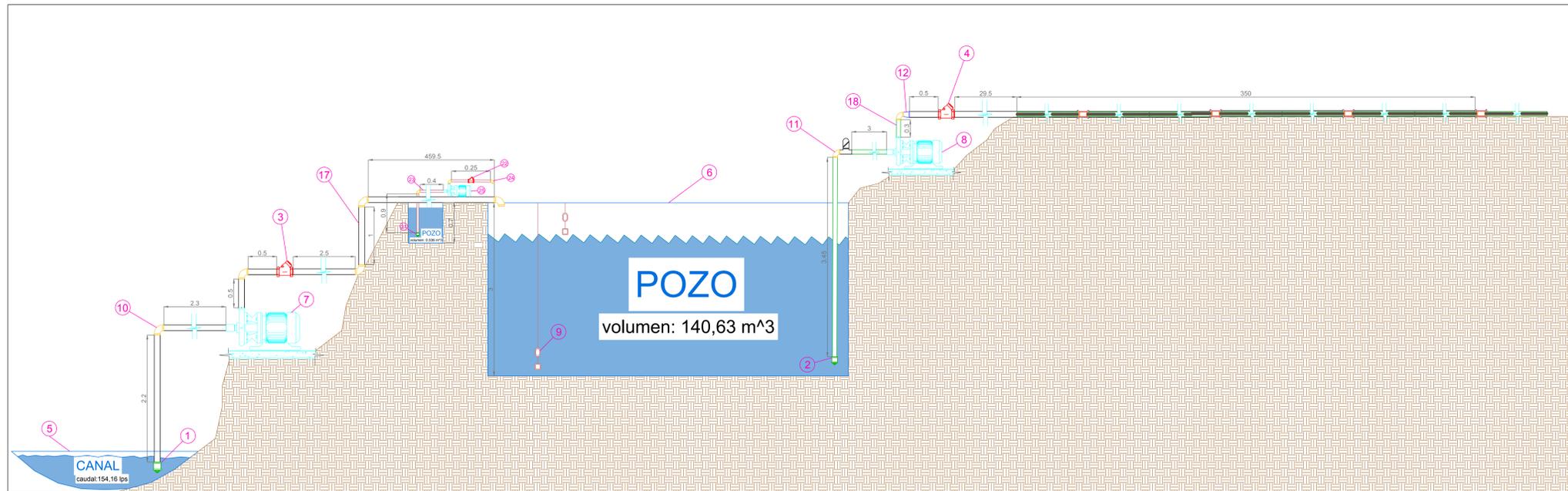
Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product/ATS22D17Q/arranque-3fase-17a-230-440v-4-7%2C5kw/>

## ANEXO 10: ESPECIFICACIONES TÉCNICA DE SENSOR DE NIVEL

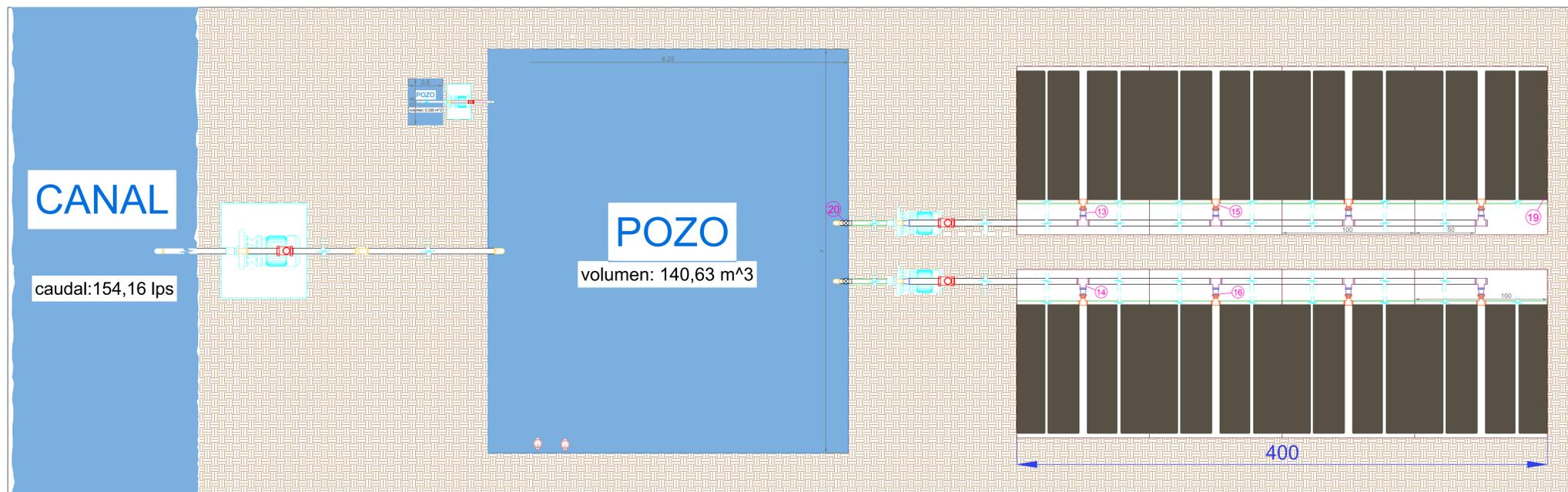
Atributo	Detalle
Características	Totalmente hermético. Reinyectado a presión
Marca	Rotoplas
Material	Polipropileno
Contenido	1 control automático de nivel, 1 contrapeso, 1 traba de sujeción del consumo
Largo del cable	3 a 6 m
Voltaje	220 VCA
Frecuencia	60 Hz
Tipo de conexión	Monofásico
Grado de protección	IP-68
Temperatura de trabajo	0/60°C
Color	Negro - anaranjado - azul

*Fuente: catalogo Rotoplas*

# PLANOS

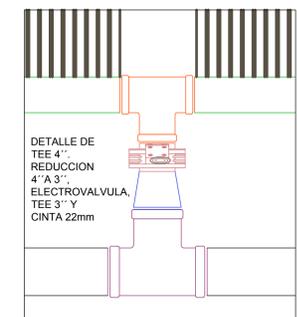


VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA

INSTALACIONES HIDRAULICAS PROYECTADAS			
N°	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.
1	VÁLVULA CHECK VERTICAL 4"	UND.	1
2	VÁLVULA CHECK VERTICAL 3"	UND.	2
3	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL 4"	UND.	1
4	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL 3"	UND.	2
5	CANAL CHICAL-VIRU	UND.	1
6	POZO (6.25 X 7.5 X 3M) (ANCHO X LARGO X ALTURA)	UND.	1
7	ELECTROBOMBA 4" 10 HP	UND.	1
8	ELECTROBOMBA 3" 10 HP	UND.	2
9	SENSOR DE NIVEL TIPO BOYA	UND.	2
10	CODO 90° 4"	UND.	5
11	CODO 90° 3"	UND.	4
12	AMPLIACIÓN 3" A 4"	UND.	2
13	REDUCCIÓN 4" A 3"	UND.	8
14	TEE 4"	UND.	8
15	TEE 3"	UND.	8
16	ELECTROVALVULA	UND.	8
17	TUBO PVC 4"	MTS.	200
18	TUBO PVC 3"	MTS.	100
19	CINTA DE 22mm (100 METROS)	UND.	400
20	FILTRO DE ANILLAS	UND.	2
21	VÁLVULA CHECK VERTICAL 1"	UND.	1
22	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL 1"	UND.	1
23	TUBO PVC 1"	MTS.	1.55
24	CODO 90° 1"	UND.	3
25	ELECTROBOMBA 1" 0.33 HP	UND.	1





**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

CURSO : SUSTENTACION DE TESIS    FORMATO: A0    ASESOR: ING. QUEREBALU MORANTE ALEXANDER

AUTOR: CHANG WONG LEONEL IRWING    PLANO : CANAL - CULTIVO    PLANO N° : L-01

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEJO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE MAIZ EN LA HACIENDA DURAND    OBJETIVO: 141TS47941    FECHA: 03 DE JULIO DEL 2020    UNIDAD: METROS    ESCALA: 1 : 1