



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO**  
**ELÉCTRICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO  
PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA E  
IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO”**

**Trabajo de Grado previo a la obtención del título de  
Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico**

**AUTOR: JORGE LUIS HERRERA GARCÍA**

**DIRECTOR: ING. HERNÁN PÉREZ**

**IBARRA-ECUADOR**

**2016**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

##### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	040130156-9
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Herrera García Jorge Luis
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Av. 17 de julio y Luis Madera
<b>E-MAIL:</b>	jlherrera@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0968980191

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO”
<b>AUTOR:</b>	Jorge Luis Herrera García
<b>FECHA:</b>	21 de marzo del 2016
<b>PROGRAMA:</b>	Pregrado
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Hernán Pérez

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Jorge Luis Herrera García, con cedula de identidad Nro. 040130156-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS


Yo, Jorge Luis Herrera García, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar los derechos de autor de terceros, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales. A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 21 de marzo de 2016

### EL AUTOR:

(Firma)   
Nombre: **Jorge Luis Herrera García**  
Cedula: 040130156-9

### ACEPTACIÓN

(Firma)   
Nombre: **Ing. Betty Chávez**  
Cargo: **JEFE BIBLIOTECA**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, Herrera García Jorge Luis, declaro que el proyecto aquí descrito es original y de mi autoría, desarrollada sin violar los derechos de terceros autores para lo cual certifico la titularidad a este proyecto tomando en cuenta mi responsabilidad sobre el contenido de la misma y las referencias bibliográficas ya presentadas, en caso de reclamos por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de Marzo de 2016

Firma:

Nombres: Herrera García Jorge Luis

Cédula: 040130156-9



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

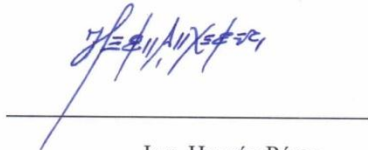
Yo, Jorge Luis Herrera García, con cédula de identidad N<sup>o</sup>.040130156-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO” que ha sido desarrollado para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico en la Universidad Técnica del Norte, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: \_\_\_\_\_  
Nombres: Herrera García Jorge Luis  
Cédula: 100337152-1

Ibarra, a los 21 días del mes de Marzo de 2016

## CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Grado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO”, presentado por el señor Jorge Luis Herrera García, para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.



Ing. Hernán Pérez

Director

## **DEDICATORIA**

Deseo agradecer de todo corazón por el presente trabajo a mis padres y mis abuelos que siempre me ayudaron a superar todas las dificultades de una manera humilde y sencilla.

A ti madre Isabel, a ti padre Jorge a ustedes abuelitos Aida y Olmedo y a ti hermano Marlon, quienes son motor de mi existencia gracias por su amor incondicional, y ayudarme en todo para conseguir mi objetivo de ser profesional. Ya que los grandes esfuerzos generan frutos.

**Herrera García Jorge Luis**

## **AGRADECIMIENTO**

La gratitud es la virtud más elevada del espíritu, por ello, mi especial agradecimiento:

A la prestigiosa Universidad Técnica del Norte, por haberme acogido y ayudarme en mi estudios profesionales y por abrir sus puertas al conocimiento y permitir generar ciencia e investigación, sin olvidar a todas las personas que me han brindado su apoyo y han contribuido con su rigor profesional para la realización de esta tesis.

Al Ing. Hernán Pérez por ser un excelente director y humilde persona, por su acertada asesoría para la presente tesis de grado.

A mis maestros por haber contribuido a mi formación académica durante todos estos años gracias Ing. Ramiro Flores, Ing. Mauricio Vásquez, Ing. Pablo Méndez, Ing. Hernán Pérez.

A mis amigos, y familiares que con su apoyo moral, alentaron al desarrollo de este trabajo.

**Herrera García Jorge Luis**



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
RESUMEN.....	xv
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.3 Formulación del Problema.....	2
1.4. Delimitación .....	2
1.4.1 Temporal.....	2
1.4.2 Espacial.....	2
1.5. Objetivos .....	3
1.5.1. Objetivo General.....	3
1.5.2. Objetivos específicos .....	3
1.6 Justificación.....	3
CAPITULO II .....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Hidroponía .....	5
2.2. Historia de la hidroponía .....	5
2.3. Solución nutritiva .....	5
2.4. El control de riego y fertilización.....	6
2.4.1. Manejo del control de riego.....	6
2.5. Aspectos importantes para crear el sistema de control hidropónico .....	7

2.6. Sistemas de control de riego.....	7
2.6.1. Sistema riego por goteo .....	7
2.6.1.1. Ventajas de los sistemas de control de riego por goteo .....	8
2.6.2. Raíz flotante .....	9
2.6.2.1. Ventajas del sistema de raíz flotante .....	9
2.6.3. Sistema NFT.....	10
2.6.3.1. Ventajas del sistema NFT .....	10
2.7. Sistemas de control.....	11
2.7.1. ¿Qué es un sistema de control?.....	11
2.7.2. Exigencias de un buen sistema de control .....	12
2.7.3. Tipos de sistema de control .....	13
2.7.3.1. Sistema de control de lazo abierto .....	13
2.7.3.2. Sistema de control de lazo cerrado .....	14
2.7.4. Comparación de los sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado .....	16
2.8. Controlador lógico programable (plc).....	16
2.8.1. Arquitectura del plc .....	17
2.8.2. Clasificación del autómatas programable .....	18
2.8.3 Bloques para el funcionamiento del plc .....	19
2.9. Sensores.....	19
2.9.1. Criterios para elegir un sensor .....	20
2.9.2. Sensor de caudal .....	23
2.9.3. Sensor de pH.....	24
2.10. Bomba centrífuga .....	26
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
3.1. Tipo de Investigación .....	28
3.2 Investigación bibliográfica y documental.....	28
3.3 Investigación de campo .....	28

3.4.1 Método inductivo deductivo.....	29
3.4.2 Método analítico sintético .....	29
3.4.3 Método experimental.....	29
3.4.4. Método lógico deductivo .....	29
3.5 Técnicas e instrumentos .....	30
CAPITULO IV .....	31
4. PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	31
4.1. Tema .....	31
4.2. Justificación .....	31
4.3. Fundamentación.....	31
4.4. Objetivos .....	31
4.4.1. Objetivo General.....	31
4.4.2. Objetivos específicos.....	32
4.5. Desarrollo de la propuesta.....	32
4.5.1. Delimitación geográfica .....	32
4.5.2. Ubicación del sitio de trabajo .....	32
4.5.3. Área interna del Invernadero .....	33
4.5.4. Sistema de riego .....	34
4.5.4.1. Componentes del sistema de riego NFT.....	35
4.5.4.2. Procedimiento de cálculo.....	35
4.5.4.3. Diagrama del sistema de riego.....	36
4.5.5. Equipos instalados.....	37
4.5.5.1. Bomba jet eléctrica jsw55.....	37
4.5.5.2. Filtro manual de discos.....	38
4.5.5.3. Válvula de control eléctrica .....	39
4.5.5.4. Válvula de pie.....	39
4.5.6. Parámetros a considerar en el diseño del sistema de control hidropónico .....	40

4.5.6.1. Lugar y ambiente de trabajo .....	40
4.5.6.2. Operación del sistema de control.....	40
4.5.6.3. Requerimiento de energía eléctrica .....	44
4.5.6.4. Ubicación del sistema de riego .....	44
4.5.6.5. Diagrama del sistema de control hidropónico .....	46
4.5.6.6. Presupuesto referencial.....	47
4.6. Construcción del módulo de control hidropónico .....	48
4.6.1. Diseño del sistema de riego .....	48
4.6.1.1. Diseño y construcción del sistema de riego en el módulo.....	49
4.6.1.2. Adquisición de datos mediante los sensores .....	50
4.7. Construcción del módulo .....	52
4.7.1. Construcción del sistema de riego .....	52
4.7.2. Montaje de los dispositivos de control .....	54
4.7.3. Equipos instalados en la sección de control .....	54
4.7.4. Cableado de la parte de control .....	59
4.7.5. Instalación del sensor de caudal .....	59
4.7.6. Instalación de las electroválvulas .....	60
4.7.7. Diagrama de conexión eléctrica .....	61
4.8. Programación y configuración de dispositivos .....	61
4.9.1. Control del proceso de la variable de la cebolla.....	100
4.9.2. Control del proceso de la variable del tomate .....	101
4.9.3. Control del proceso de la variable de la lechuga .....	101
4.9.4. Control del proceso de la variable del rábano .....	102
4.9.5. Control del proceso manual.....	103
4.9.6. Adquisición de datos del pH de la sustancia nutritiva.....	103
5. Conclusiones y recomendaciones.....	105
5.1. Conclusiones.....	105

5.2 Recomendaciones .....	106
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°. 1</b>	Componentes de la sustancia nutritiva.....	6
<b>Tabla N°. 2</b>	Comparación de los sistemas de control.....	16
<b>Tabla N°. 3</b>	Clasificación de los sensores de pH según el principio de transducción .....	25
<b>Tabla N°. 4</b>	Clasificación de los sensores de pH según el parámetro y aplicación .....	25
<b>Tabla N°. 5</b>	Características de la bomba eléctrica jet jsw55 .....	37
<b>Tabla N°. 6</b>	Características del filtro azul modular .....	38
<b>Tabla N°. 7</b>	Características válvula eléctrica.....	39
<b>Tabla N°. 8</b>	Características de la válvula de pie .....	40
<b>Tabla N°. 9</b>	Consumo de energía eléctrica .....	44
<b>Tabla N°. 10</b>	Tabla referencial de presupuesto de los equipos de control.....	47
<b>Tabla N°. 11</b>	Tabla referencial de presupuesto de los equipos de control.....	48
<b>Tabla N°. 12</b>	Material para la construcción del sistema de riego .....	49
<b>Tabla N°. 13</b>	Características del sensor de pH .....	51
<b>Tabla N°. 14</b>	Características del sensor de caudal YF-S201 .....	52
<b>Tabla N°. 15</b>	Dispositivos del sistema de control.....	55
<b>Tabla N°. 16</b>	Características del PLC S71200.....	56
<b>Tabla N°. 17</b>	Características de la pantalla HMI .....	58
<b>Tabla N°. 18</b>	Características del variador de frecuencia iG5A.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°. 1	Sistema de riego por goteo.	8
Figura N°. 2	Raíz flotante.	9
Figura N°. 3	Sistema de riego NFT	10
Figura N°. 4	Diagrama de control	11
Figura N°. 5	Sistema de control de lazo abierto	14
Figura N°. 6	Sistema de control de lazo cerrado	15
Figura N°. 7	Esquema del proceso del PLC	17
Figura N°. 8	Bloques principales del PLC	17
Figura N°. 9	Bloques necesarios para el funcionamiento del PLC	19
Figura N°. 10	Exactitud y repetitividad	20
Figura N°. 11	Alcance del sensor	20
Figura N°. 12	Curva de linealidad	21
Figura N°. 13	Banda muerta en un sensor	21
Figura N°. 14	Curva de calibración	22
Figura N°. 15	Curva de histéresis	15
Figura N°. 16	Sensor de caudal	23
Figura N°. 17	Sensor de pH	24
Figura N°. 18	Escala de PH	24
Figura N°. 19	Bomba centrífuga.	26
Figura N°. 20	Diseño de ubicación del invernadero.	33
Figura N°. 21	Vista Interna del invernadero.	33
Figura N°. 22	Diseño de la vista interna del invernadero.	34
Figura N°. 23	Esquema del sistema NFT	35
Figura N°. 24	Diagrama del sistema de riego NFT	36
Figura N°. 25	Bomba jet eléctrica jsw55.	37
Figura N°. 26	Filtro manual de discos	38
Figura N°. 27	Válvula de pie	39
Figura N°. 28	Diagrama de control del sensor de caudal	41
Figura N°. 29	Diagrama de control on-off del sensor de pH.	42
Figura N°. 30	Diagrama de pH.	44
Figura N°. 31	Sistema de riego de la granja Yuyucocha.	45

Figura N° 32 Diagrama de componentes del sistema de riego de la hacienda Yuyucocha .....	45
Figura N° 33 Diseño del sistema de control hidropónico.....	46
Figura N° 34 Diseño del sistema de riego para el módulo .....	50
Figura N° 35 Sensor de pH.....	50
Figura N° 36 Sensor de caudal MR178 .....	51
Figura N° 37 Construcción de la tubería para el sistema de riego .....	52
Figura N° 38 Instalación de la bomba centrífuga .....	53
Figura N° 39 Sistema de riego.....	53
Figura N° 40 Mesa para el módulo.....	54
Figura N° 41 Sección de control.....	54
Figura N° 42 Controlador lógico programable.....	55
Figura N° 43 Módulo de expansión de entradas y salidas analógicas .....	56
Figura N° 44 Pantalla HMI.....	57
Figura N° 45 Variador de velocidad.....	58
Figura N° 46 Cableado de la parte de control .....	59
Figura N° 47 Instalación del sensor de caudal .....	60
Figura N° 48 Instalación de electroválvulas.....	60
Figura N° 49 Diagrama de conexión eléctrica.....	61
Figura N° 50 Acondicionamiento del sensor de caudal .....	71
Figura N° 51 Programación Setpoint del sensor de caudal .....	78
Figura N° 52 Programación del promedio del sensor de pH.....	83
Figura N° 53 Programación electroválvulas dosificadoras de pH.....	84
Figura N° 54 Programación de enclavamiento.....	85
Figura N° 55 Run del variador .....	86
Figura N° 56 Programación de tiempos de riego .....	88
Figura N° 57 Programación del bloque principal MAIN .....	90
Figura N° 58 Cambio de tiempo de riego.....	97
Figura N° 59 Cambio de valor de pH .....	98
Figura N° 60 Módulo terminado .....	98
Figura N° 61 Inicio de proceso de pantalla HMI.....	99
Figura N° 62 Control automático (cebolla) .....	100
Figura N° 63 Control automático (Tomate) .....	101



Figura N°. 64 Control automático (Lechuga).....	102
Figura N°. 65 Control automático (Rábano) .....	102
Figura N°. 66 Control manual .....	103
Figura N°. 67 Electroválvulas dosificadoras .....	104
Figura N°. 68 Visualización de cambio de pH .....	104

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación consiste en el diseño real de un sistema de control hidropónico para la granja experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte y en la construcción de un módulo didáctico para la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. El primer capítulo contiene los antecedentes de los cultivos hidropónicos y cómo los sistemas de control automáticos han contribuido en la automatización para un mejor desarrollo de los diferentes cultivos; también se plantea la formulación del problema y de los diferentes sistemas de cultivos hidropónicos. En el segundo capítulo se plantea los fundamentos teóricos en todo lo que se refiere a los cultivos hidropónicos, sistemas de riego para hidroponía, sistemas de control automático, y como se realiza el proceso de automatizado mediante el controlador lógico programable (PLC), este último con todos los parámetros de los captadores como lo son los sensores de caudal y pH. El tercer capítulo consta de los tipos y métodos necesarios para realizar la investigación de este proyecto, que nos ayuda a centrarnos a fondo en el desarrollo del proceso investigativo; posterior a lo antes mencionado en el capítulo cuatro se procede a realizar la propuesta tecnológica tomando en cuenta el fundamento teórico y los diferentes tipos de investigación, para realizar el diseño y la construcción de un sistema de control automático donde los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico realicen el estudio en todo lo referente a los sistemas de control la instrumentación industrial y sus dispositivos; en este capítulo se detalla a fondo los materiales necesarios para el diseño y la construcción del módulo, y se describe el proceso del sistema de control y de programación del controlador lógico programable con sus respectivos captadores y actuadores; finalmente en el capítulo cinco están las conclusiones y recomendaciones que se basan en los objetivos cumplidos.

## **SUMMARY**

This research project consists of the actual design of a system of control for the experimental hydroponic farm Yuyucocha Technical University Northern and construction of a training module for the race Electrical Maintenance Engineering. The first chapter contains the history of hydroponics and how automatic control systems in automation have contributed to a better development of different crops; the formulation of the problem and the different hydroponics systems also arises. In the second chapter the theoretical foundations arises in everything that refers to hydroponics, irrigation systems for hydroponics, automatic control systems, and as the process of automated is done by programmable logic controller (PLC), the latter with all the parameters of the sensors such as flow sensors and pH. The third chapter consists of the types and methods necessary for the research project, which helps us to focus fully on the development of the research process; after the above in chapter four proceed to make the technological proposal taking the theoretical foundation and the different types of research for the design and construction of a system of automatic control of where students of the Engineering Electrical Maintenance conduct the study in all matters relating to industrial control systems and instrumentation devices; in this chapter is detailed background necessary for the design and construction of the module materials and the process control system and programming the programmable logic controller with sensors and actuators respective described; Finally in chapter five are the conclusions and recommendations are based on objectives met.

## CAPITULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

La posibilidad de cosechar plantas sin tierra fue considerada en la segunda mitad del siglo pasado, a final de la década de 1920 el Dr. William F. Gericke de la Universidad de California extendió sus experimentos de laboratorio y trabajos en nutrición de plantas. A estos sistemas de nutricultura los llamó “hidroponía”.

Existen algunas variedades de cultivos hidropónicos en el país sin embargo varios de estos cultivos no cuentan con un sistema de control automático, control de riego y medición de pH de la sustancia nutritiva, indispensable para obtener un producto de calidad, es el caso de la granja experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica Del Norte, en donde se realizan investigaciones particulares de este tipo de cultivo.

Algunos sistemas de control de cultivo hidropónico utilizan relés y contactores electromecánicos, lo que origina un equipamiento muy robusto, para un cultivo óptimo se debería automatizar con un controlador lógico programable. Los cultivos hidropónicos no logran alcanzar el crecimiento deseado ya que los riegos y control de pH son realizados manualmente, como resultado se obtiene un proceso no muy eficiente en el crecimiento de las plantas.

El control de un sistema hidropónico ha sido una gran alternativa para producir alimentos sanos de buena calidad y ahorro de agua sin tener que esperar a la lluvia o el temor de los fenómenos de sequía.

Con el desarrollo de la tecnología se fue implementando sensores de todo tipo, para censar el riego, y el pH, lo cual la hidroponía dio otro paso grande muy importante. El éxito de la industria hidropónica de hoy es los sistemas de control automáticos, en los sistemas de producción que existen en el mundo se lo utiliza frecuentemente.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

En la universidad Técnica del Norte no existen los elementos necesarios para el monitoreo y control del caudal y pH de la sustancia nutritiva, parámetros que son necesarios para el control de los cultivos hidropónicos, para su implementación es necesario realizar un sistema de control automático mediante la utilización de un controlador lógico programable (PLC), para recibir monitorear y controlar las señales de los sensores mediante un sistema de control de lazo abierto o de lazo cerrado, y a su vez analizar la posibilidad de realizar un control PI o PID para que el sistema sea estable, si este es requerido.

Surge la necesidad de implementar un sistema de control automático de cultivo hidropónico, que permita la adquisición de datos, y control del proceso de cultivo para labores de investigación.

## **1.3 Formulación del Problema**

¿Cómo diseñar un sistema de control automático para el cultivo hidropónico en la granja experimental Yuyucocha y la implementación de un módulo didáctico de cultivos hidropónicos que permitirá la adquisición de datos, ajuste de parámetros de referencia y control de variables que intervienen en el proceso de crecimiento de las plantas?

## **1.4. Delimitación**

### **1.4.1 Temporal.**

Este proyecto se llevó a cabo a partir de 12 meses de aprobado el tema

### **1.4.2 Espacial.**

Este proyecto se llevó a cabo en la Universidad técnica del Norte, en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de control automático de cultivo hidropónico mediante la utilización de un controlador lógico programable, que permita la adquisición de datos y control de variables que intervienen en el proceso de crecimiento de las plantas.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Investigar los fundamentos necesarios para el diseño de sistemas de control automático de cultivo hidropónico que sirvan como sustento para el desarrollo del marco teórico.
- Adquirir los elementos eléctricos y electrónicos necesarios para la construcción de un módulo didáctico de cultivo hidropónico.
- Análisis de los elementos del sistema de control y capacitación para elaborar un manual del lenguaje de programación que utiliza el PLC aplicado al sistema de cultivo hidropónico.
- Elaborar el módulo de control de cultivo hidropónico para las prácticas de laboratorio de la carrera de Ingeniería en mantenimiento eléctrico.

## **1.6 Justificación**

En lo que se refiere al riego, en los cultivos hidropónicos existe buen ahorro de agua, ya que la misma agua con la sustancia nutritiva es la que recircula por los cultivos, permitiendo así un buen uso del líquido vital, sin desperdicios, se puede utilizar sólo el 10 o 20 por ciento del agua que necesitan los cultivos en comparación con los cultivos en tierra.

El presente proyecto pretende diseñar un módulo didáctico de control de cultivo hidropónico que permita adiestrar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, en el manejo de dispositivos de control, sensores, electrovalvulas, conexionado, configuración y programación de PLCs, que posibilite la comprensión de como producir alimentos bajo el cultivo hidropónico que permita la reducción del suelo cultivable;

con este proyecto se pretende establecer un modulo didáctico donde los estudiantes puedan realizar prácticas de control e instrumentación industrial, mediante la configuración y reconfiguración de los elementos del sistema de control hidropónico didáctico implementado.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Hidroponía

Según la revista *Hidroponics and organics* (2008) La palabra hidroponía es el arte de cultivo de plantas sin suelo, el término hidroponía proviene del idioma griego Hidro (agua) y Ponno (trabajo), que literalmente significa trabajo en agua. La Hidroponía es una rama agrícola que estudia los cultivos en agua (sin tierra), la hidroponía no es una ciencia de los tiempos modernos porque ya viene dándose desde nuestras antiguas civilizaciones.

#### 2.2. Historia de la hidroponía

“En los años 1600 varias técnicas se utilizaron para proteger los cultivos contra el frío, estos incluyeron lámparas de cristal, campanas de vidrio, marcos fríos y camas calientes cubiertos de cristal”. (University of Arizona 2010)

El desarrollo de la hidroponía no ha sido rápido, en los EE.UU el interés por este tipo de cultivos comenzó a desarrollarse en el posible uso de soluciones completas de nutrientes sobre 1925. “Los suelos de invernadero tuvieron que ser reemplazados a intervalos frecuentes o mantenerse año tras año mediante la adición de grandes cantidades de fertilizantes comerciales”. (Jensen, 2010)

Los sistemas de control automático han sido de gran ayuda, casi 20 años han pasado desde el último interés real en hidroponía, y la hidroponía ha llevado un papel importante en las regiones donde hay preocupaciones ambientales en el control de cualquier tipo de contaminación de las aguas subterráneas con desechos de nutrientes o esterilizantes del suelo.

#### 2.3. Solución nutritiva

Según (Hidroenviroment, 2015) “Esta solución es un grupo de compuestos que contienen los elementos necesarios que son disueltos en el agua, que son esenciales para que las plantas se desarrollen de una buena manera”.

Para entender mejor el concepto de la solución nutritiva a continuación se describe una tabla:



**Tabla N°. 1** Componentes de la sustancia nutritiva

Manganeso(Mn)	Produce la fotosíntesis de oxígeno mediante el agua y forma parte en la formación de clorofila.
Fosforo (P)	Contiene enzimas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, glucosa
Nitrógeno(N)	Está en el grupo de los aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila.
Potasio (K)	Activador de enzimas y síntesis de proteínas.
Calcio (Ca)	Regula del transporte de carbohidratos y forma parte de la estructura de la pared celular.
Azufre	Constituyente de amino ácidos y proteínas.
Hierro (Fe)	Es el que se encarga de la síntesis de clorofila y como portador de electrones en la fotosíntesis.
Zinc (Zn)	Necesario para la formación de ácido indolacético.
Cobre (Cu)	Participa en la formación de la pared celular y es parte de algunas enzimas.
Boro (B)	Es el encargado en el transporte de carbohidratos y viabilidad del polen.
Molibdeno (Mb)	Forma parte del nitrato-reductasa.
Cloro (Cu)	Es el que actúa como activador de enzimas para producción de oxígeno a partir del agua de la fotosíntesis

**Fuente:** (Hidroenviroment, 2015)

## **2.4. El control de riego y fertilización**

Según (Navarro, 2010) “Un sistema hidropónico necesita la automatización del control del riego ya que, debido a la pequeña capacidad de reserva de agua del sustrato el aporte de agua se hace con mucha frecuencia.”(p. 13).

Con el sistema de control el usuario debe dar al sistema la dosis exacta de riego, y los diferentes criterios para realizar el riego según como el cultivo lo necesite y el estado en que esté la planta.

### **2.4.1. Manejo del control de riego**

Cuando no se dispone de un equipamiento de control del riego, el manejo práctico más sencillo se basa en medir diariamente el volumen del drenaje. Se considera que, en cultivo hidropónico, el riego debe hacerse en exceso, de modo que siempre se obtenga una pérdida mínima alrededor del 20% del aporte. (Navarro, 2010, p.14)

Es necesario un sistema de control para el riego por lo que si se lo hace manualmente se pueden perder los nutrientes, y los cultivos hidropónicos necesitan un seguimiento de ellos, ya que esto en un sistema automatizado aconsejará a la variable de entrada si es necesario incrementar la dosis de riego para obtener el lavado de los excesos de sales y mantener las condiciones estables en el entorno de las raíces.

## **2.5. Aspectos importantes para crear el sistema de control hidropónico**

Según la revista Hydroponics and organics (2008) para que los sistemas hidropónicos sean efectivos y de buena calidad es necesario tomar en cuenta muchos factores como se enuncia a continuación:

- Disponibilidad para realizar el cultivo y el sistema de control
- Que productos van a ser cultivados y el control de pH
- Es compaginable entre sí lo que se busca en el cultivo, (velocidad de crecimiento, la longitud de sus raíces, se da fruto) todo mediante sensores.
- Escoger a grandes rasgos el sistema de control de riego: Por goteo por raíz flotante o el sistema NFT. A partir de aquí las variantes
- El control del suministro de la sustancia nutritiva es muy importante y debe ser constante en un tiempo y valor determinado, con una bomba centrífuga que entregará los nutrientes adecuados a las plantas.

## **2.6. Sistemas de control de riego**

Existen varias formas de realizar el sistema de control de riego de los cultivos hidropónicos, siendo los más usuales: el riego por goteo, el riego por raíz flotante, y el sistema NFT, cada una con sus respectivas características y propiedades cuyo uso e implementación depende del tamaño de los cultivos.

Se requiere un buen sistema de control, para que pueda controlar el flujo y la cantidad de sustancia nutritiva que es preliminarmente preparada de forma manual.

### **2.6.1. Sistema riego por goteo**

Este sistema (véase figura 1) consiste en que la solución nutritiva es suministrada a través de una bomba centrífuga automatizada y una manguera con goteros que dejan salir un cierto

caudal a cada planta o vegetal, cuando sea necesario según los parámetros realizados en el sistema de control.



**Figura N°. 1** Sistema de riego por goteo.  
Fuente: (Barragán, 2011)

Este sistema de control de riego es uno de los principales métodos utilizados como irrigación en zonas secas, ya que permite el uso óptimo de agua y abonos. Consiste en la automatización y aplicación artificial de agua o de la solución nutritiva que requieran los cultivos de una forma permanente para que las plantas o vegetales tengan una humedad constante.

#### **2.6.1.1. Ventajas de los sistemas de control de riego por goteo**

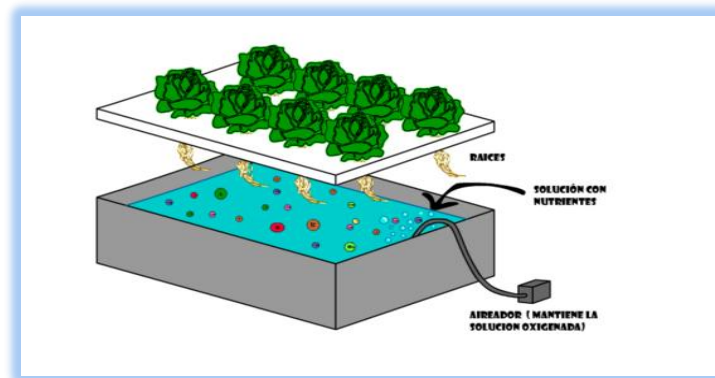
Según INCAP (2006) se debe considerar las ventajas de los sistemas de control de riego en estos tipos de sistemas como se muestra a continuación.

- Ahorro y mejor utilización del agua
- Mejor control de las soluciones nutritivas y permite controlar los nutrientes con el agua de riego en cualquier fase del cultivo
- Con el sistema totalmente automatizado se reduce la mano de obra
- Mediante sensores de pH se reducen los riesgos de la salinidad

## 2.6.2. Raíz flotante

El sistema por raíz flotante consiste en colocar las plantas o los vegetales en recipientes, sin utilizar sustratos, en donde su interior contiene los nutrientes necesarios para que las plantas opten por su mejor desarrollo. Y en donde sus raíces permanecen con la solución nutritiva necesaria. (Hidroenviroment, 2015)

En la figura 2 se muestra un sistema de raíz flotante, en donde la solución nutritiva se encuentra en un recipiente, dando los nutrientes necesarios a las raíces de las plantas.



**Figura N°. 2** Raíz flotante.  
**Fuente:** (Hidroponíariosario, 2015)

### 2.6.2.1. Ventajas del sistema de raíz flotante

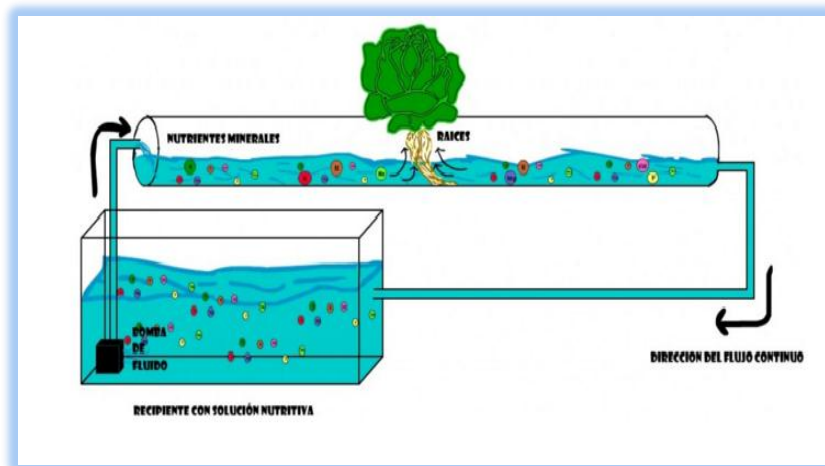
Existen muchas ventajas al momento de optar por los sistemas de raíz flotante como se indica a continuación:

- Se evitan que los hongos ataquen a la solución nutritiva mal desinfectada
- No se pierden los fertilizantes ya que solo se utiliza la cantidad necesaria
- Es un cultivo 100% libre tóxicos
- No existe contacto con otras sustancias o contaminantes

### 2.6.3. Sistema NFT

Según Ibarra (2004) “El sistema NFT es un sistema de cultivo en agua, donde la solución nutritiva circula continuamente por una serie de canales de cultivo donde se desarrollan las raíces de las plantas”.

En la figura 3 vemos el diseño del sistema NFT, se observa que hay un recipiente en donde debe estar la solución nutritiva, esta a su vez debe recircular por los canales dando los nutrientes necesarios a las raíces de las plantas.



**Figura N°. 3** Sistema de riego NFT  
Fuente: (Hidroponíasario, 2015)

#### 2.6.3.1. Ventajas del sistema NFT

Según Hidroenviroment (2015) las ventajas del sistema NFT son las siguientes:

- Permite un control más exacto sobre la nutrición de la planta
- Incrementa el contacto directo de la solución nutritiva con las raíces de las plantas por lo que su crecimiento es acelerado permitiendo obtener más producción.
- La instalación de un sistema NFT resulta más sencilla (menor número de bombas para el riego de la solución nutritiva, la obstrucción de los goteros, etc.).

Con lo descrito anteriormente se tiene tres tipos de sistemas de control para el manejo de riego en la hidroponía, para esta investigación y el diseño, el método más factible es el “Sistema de control de riego NFT”, en vista de que este sistema es de fácil maniobra en lo que se refiere al diseño real y a la programación.

## 2.7. Sistemas de control

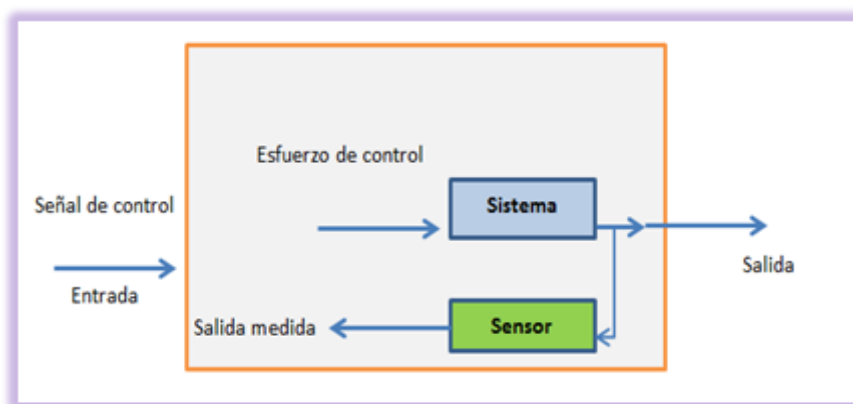
Los sistemas de control automáticos poseen un avance muy importante en lo que se refiere a la ingeniería moderna.

### 2.7.1. ¿Qué es un sistema de control?

Según (Alvarez, 2004) “Un sistema de control puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida”. (p.1)

La entrada será generalmente una forma ideal de la salida. En otras palabras, la entrada es realmente lo que queremos que la salida sea. Es la salida deseada. La salida del sistema tiene que ser medida. En la figura 4, se muestra el sistema que estamos tratando de controlar, la "planta", y un sensor que mide lo que el sistema controlado está haciendo.

La entrada a la planta generalmente se llama el esfuerzo de control, y la salida del sensor generalmente se llama la salida medida.



**Figura N°. 4** Diagrama de control  
Fuente: El Autor, 2015

Según Alvarez (2004) Un sistema de control para que llegue a su principal objetivo debe tener la capacidad de:

- Asegurar la estabilidad del sistema y ser robusto frente a los errores en los modelos.
- Garantizar la eficiencia al máximo como sea posible, según un principio preestablecido.
- Fácil de implementar y cómodo de operar en un tiempo real con la ayuda del ordenador.

### 2.7.2. Exigencias de un buen sistema de control

Se definen los siguientes requisitos para garantizar un buen sistema de control:

- a) **Precisión:** La precisión en el sistema de control es una tolerancia de medición del instrumento, y define los límites de errores cometidos mientras el instrumento se utilice en condiciones normales de funcionamiento.
- b) **Sensibilidad:** En lo que se refiere a los parámetros de un sistema de control, están siempre cambiando con el cambio en las condiciones del entorno, conmoción interior o cualquier otro parámetro. Este cambio se puede expresar en términos de sensibilidad.
- c) **Ruido:** Es una señal de entrada no deseada. Un buen sistema de control debe ser capaz de reducir el efecto del ruido para un mejor rendimiento.
- d) **Estabilidad:** Es una característica importante del sistema de control. Para la señal de entrada acotada, la salida debe estar delimitada, y si la entrada es cero, entonces la salida debe ser cero, entonces tal sistema de control se dice que es sistema estable.

- e) **Velocidad:** Es el tiempo que emplea el sistema de control para que su salida sea estable. Un óptimo sistema de control tiene una alta velocidad. El período transitorio para tal sistema es muy pequeño.
  
- f) **Ancho de banda:** Un rango de frecuencia operativo decide el ancho de banda del sistema de control. Ancho de banda debe ser grande como sea posible para la respuesta de frecuencia de buen sistema de control.
  
- g) **Oscilación:** Una oscilación constante de salida tienden a que el sistema sea estable.

### 2.7.3. Tipos de sistema de control

Existen varios sistemas de control con diferentes características, para esta investigación es necesario analizar dos tipos de sistemas:

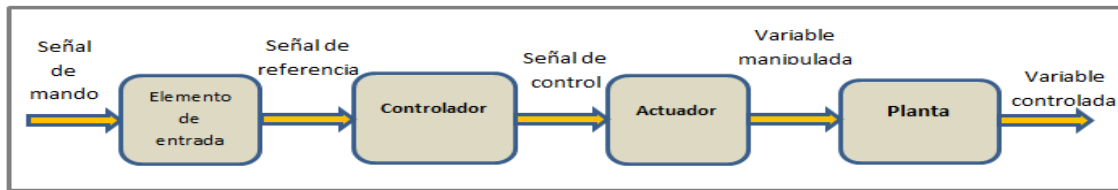
- Sistema de control de lazo abierto
  
- Sistema de control de lazo cerrado

#### 2.7.3.1. Sistema de control de lazo abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un sistema de lazo abierto también se llama como sistema de control manual. (Ogata, 2010, p.8)

En la figura 5 se muestra el diagrama de bloques del sistema de control de lazo abierto en el que la salida del proceso es totalmente independiente de la acción del controlador. En pocas palabras un sistema de control de lazo abierto no posee retroalimentación. Por ejemplo una máquina de lavado automático, el remojo el lavado la centrifugación todo esto funciona en base al tiempo, la lavadora no mide la señal de salida que es la ropa limpia.





**Figura N°. 5** Sistema de control de lazo abierto

**Fuente:** El Autor, 20015

### **Ventajas del sistema de control de lazo abierto**

En las ventajas del sistema de lazo abierto encontramos varias, a continuación se enuncia las principales para el diseño. (Ramirez , 2015)

- Es simple en el diseño y construcción
- Es un sistema estable
- Económico

### **Desventajas del sistema de control de lazo abierto**

En los sistemas de control se encuentra algunas desventajas que se debe analizar, como se expresa a continuación:

- Cualquiera que sea el cambio en la producción no se puede corregir automáticamente.
- Estos tipos de sistemas no son exactos
- No son fiables

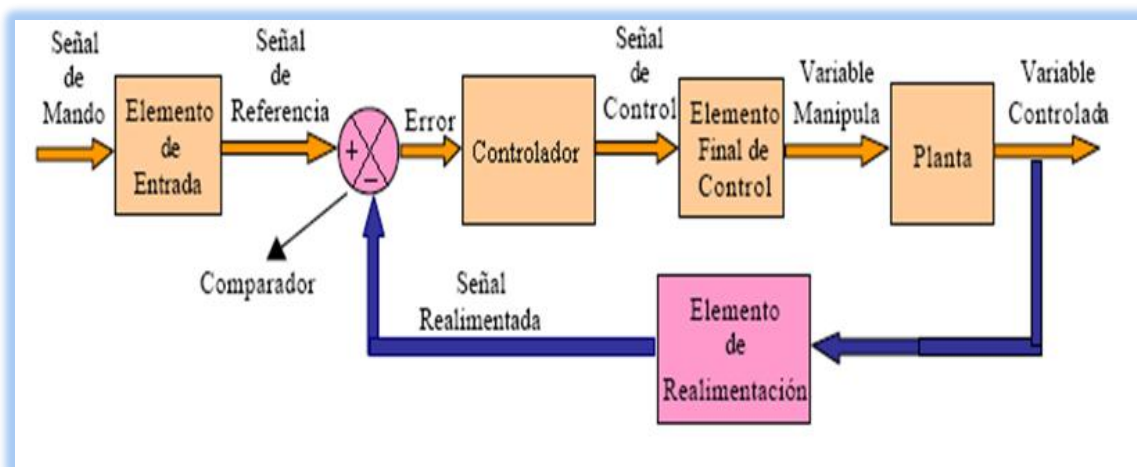
#### **2.7.3.2. Sistema de control de lazo cerrado**

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel que posee una retroalimentación en el sistema. Uriarte (2011) afirma:

Los sistemas de control de lazo cerrado son aquellos en los que la acción de control depende en parte de la salida. En otras palabras el sistema parte de la señal de salida convenientemente tratada y se realimenta introduciéndose en el sistema como una entrada más. (p.5)

Estos sistemas de control también se los denomina sistemas de control realimentados, el sistema de control de lazo cerrado consiste en que la salida tiene un efecto sobre la cantidad de entrada, de tal manera que la cantidad de entrada se ajustará sobre la base de la salida generada.

Se lo denomina sistema de control automático. La figura 6 Muestra el diagrama de bloques del sistema de control de lazo cerrado en el que la retroalimentación se toma de la salida y se alimenta a la entrada.



**Figura N°. 6** Sistema de control de lazo cerrado  
**Fuente:** El Autor, 2015

### Ventajas del sistema de control de lazo cerrado

Según UNAM (2006) Los sistemas de lazo cerrado tienen muchas ventajas al momento de realizar el estudio como se enuncia a continuación:

- Son más precisos incluso en presencia de no linealidad
- Son altamente precisos como cualquier error que se plantea es corregido debido a la presencia de la señal de retroalimentación.
- Si existe un error en la salida el control lo compensa
- Si hay perturbaciones el control las compensa.

- La sensibilidad del sistema se puede hacer pequeña para hacer el sistema más estable.

### Desventajas de sistema de control de lazo cerrado

También existen desventajas en los sistemas de lazo cerrado, aquí se nombra algunas:

- Estos sistemas son más costosos
- Son más complicados de diseñar
- Su estabilidad es el principal problema y se necesita más cuidado para diseñar un sistema de lazo cerrado estable

### 2.7.4. Comparación de los sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado

En la tabla 2 se puede observar las ventajas y desventajas de los sistemas de control:

**Tabla N°. 2** Comparación de los sistemas de control

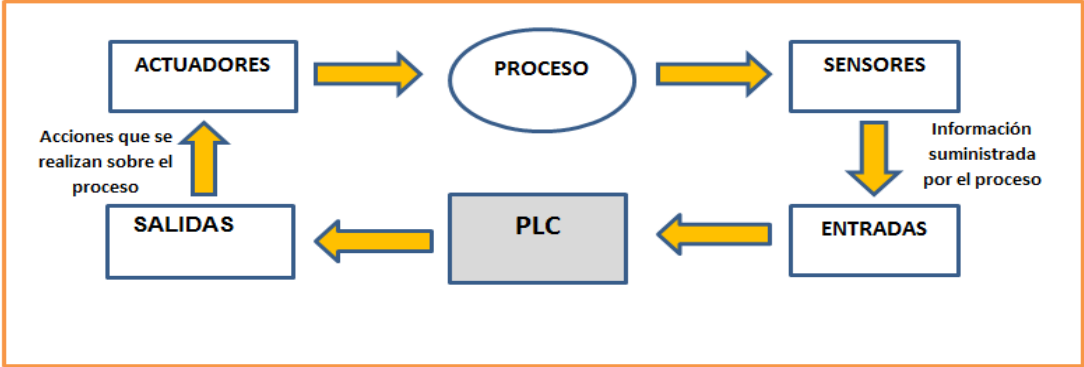
Sistema de control de lazo abierto	Sistema de control de lazo cerrado	Fuente: Ogata, 2010
El elemento de retroalimentación está ausente.	El elemento de retroalimentación está siempre presente.	
Un detector de error no está presente.	Un detector de error está siempre presente.	
Es estable	Puede llegar a ser inestable.	
Es inexacto	Es preciso	
Es poco fiable	Es fiable	
Tiene pequeño ancho de banda	Tiene gran ancho de banda.	

Estudiados los sistemas de control, para esta investigación se va a realizar un sistema de control de lazo cerrado por tener sus características de retroalimentación que permite comparar la variable de entrada con la de salida.

### 2.8. Controlador lógico programable (plc)

Según Porras (1990) “es un dispositivo electrónico diseñado para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales”. El PLC también se dice que es un aparato que posee herramientas de software y hardware capaz de controlar dispositivos externos, recibir diversas señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario realice según los parámetros a controlar.

En la figura 7 se observa que en el desarrollo del plc, se tiene que las entradas que son los sensores que se comunican con el PLC, este a su vez tiene salidas que los comunica a los actuadores, y realiza el proceso según los parámetros a programar.

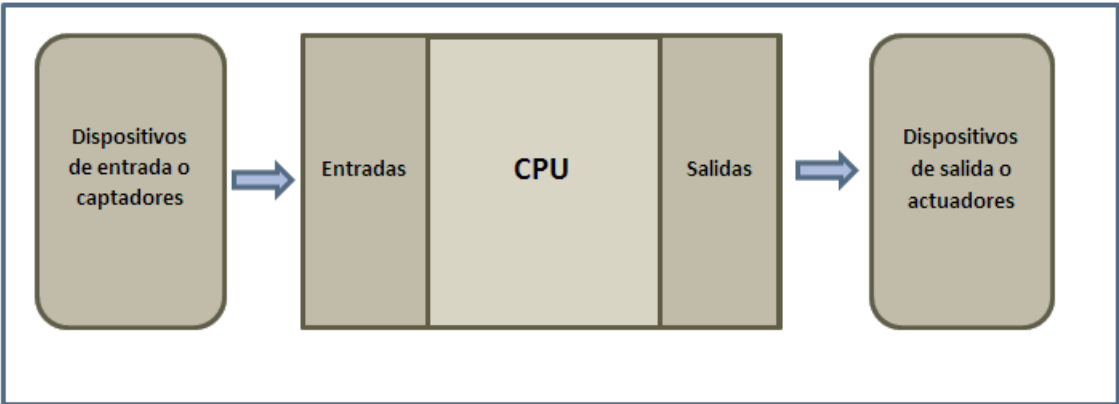


**Figura N°. 7** Esquema del proceso del PLC  
Fuente: Autor, 2015

**2.8.1. Arquitectura del plc**

Existen varios tipos de PLCs con sus respectivas características y parámetros, entre todos los existentes la arquitectura es la misma como se muestra en la figura 8.

- Unidad central de proceso(CPU)
- Entradas
- Salidas



**Figura N°. 8** Bloques principales del PLC  
Fuente: Autor, 2015

## **2.8.2. Clasificación del autómata programable**

Controller (2006) afirma “Se puede clasificar en diferentes tipos de categorías debido a una gran variedad de programadores lógicos programables, tanto en aspecto físico, funciones, capacidad, en el número de I/O, y otros”.

Podemos clasificar los PLCs en dos categorías:

- Clasificación por módulos I/O
  
- Clasificación por rangos de aplicación

### **2.8.2.1. Clasificación por módulos I/O**

#### **1) Sistema discreto (I / O):**

Proporciona la conexión física entre los dispositivos de CPU y de campo que transmiten y reciben señales digitales.

#### **2) Sistema análogo (I / O):**

Los módulos de entradas analógicas, se utilizan en aplicaciones en las que la señal del equipo de campo es continua tales como presión y temperatura. El módulo de salida analógica se utiliza en aplicaciones que necesitan de tensión continua o niveles actuales de control. Un ejemplo de este tipo de dispositivo de campo es un accionamiento de motor eléctrico.

### **2.8.2.3. Clasificación por rangos de aplicación**

El PLC se puede dividir en 5 grupos de aplicación como se enuncia a continuación:

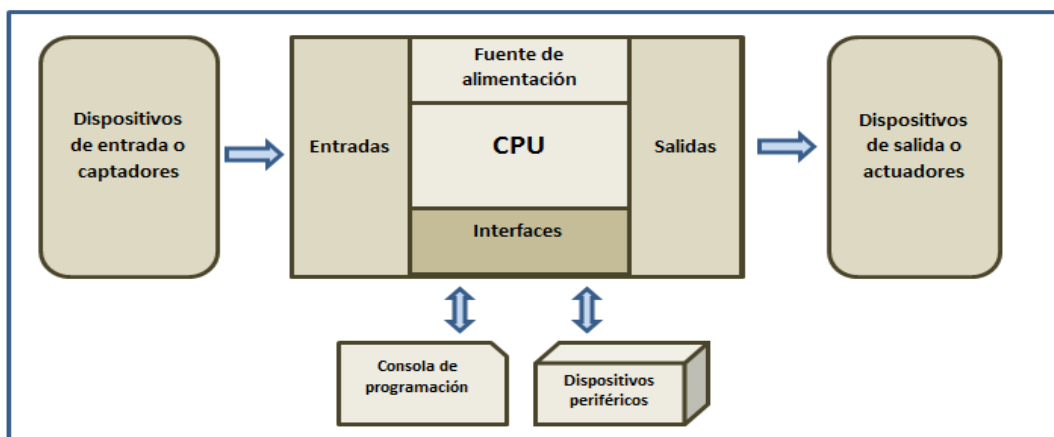
- 1- Los autómatas micro se utilizan en aplicaciones de control hasta 32 dispositivos I/O
  
- 2- Los pequeños PLCs que controlan de 32-128 I / O.
  
- 3- El PLC medio que controla de 64 -1024 I / O.
  
- 4- los PLCs grandes que controlan de 512-4096 I / O.

5- Los PLCs muy grandes que controlan de 2048 hasta 8192 I / O.

### 2.8.3 Bloques para el funcionamiento del plc

Todos los PLCs tienen la misma estructura de bloques para su funcionamiento como se puede observar en la figura 9, los cuales son:

- Fuente de alimentación
- Consola de programación
- Periféricos
- Interfaces



**Figura N°. 9** Bloques necesarios para el funcionamiento del PLC

**Fuente:** El Autor, 2015

## 2.9. Sensores

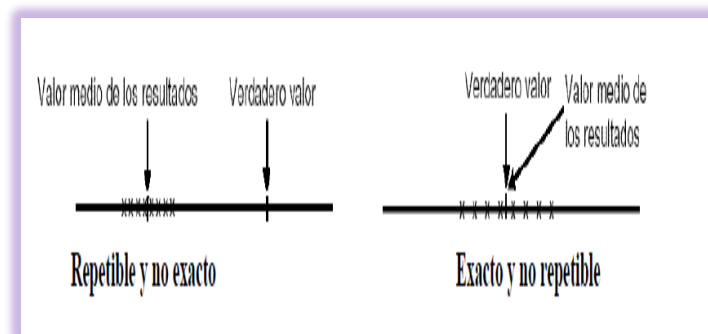
Un sensor puede ser definido como cualquier instrumento que mide algún tipo de señal física o química y convierte esa medición en una señal eléctrica que puede ser leída por un observador o sistema automatizado de recolección de datos. (Iersel, 2014)

### 2.9.1. Criterios para elegir un sensor

Hay ciertas características que deben tenerse en cuenta cuando elegimos un sensor. (Ojeda, 2008)

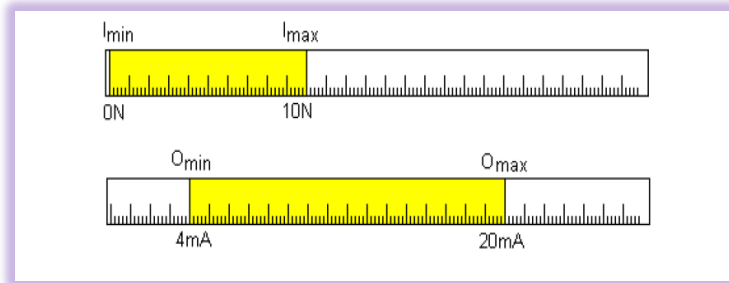
1. **Precisión:** define los límites de errores cometidos cuando a un instrumento se lo está empleando en condiciones del servicio durante un tiempo determinado que puede ser un año.
2. **Condiciones ambientales:** por lo general tiene límites de temperatura / humedad
3. **Rango:** es el límite de medición de sensor
4. **Calibración:** para la mayoría de los dispositivos de medición como las lecturas cambia con el tiempo
5. **Resolución:** incremento más pequeño detectado por el sensor
6. **Repetitividad:** la lectura que varía se mide varias veces bajo el mismo entorno, y es una característica que nos indica la capacidad de reproducción de la salida del sensor a medir como su palabra lo dice repetidamente, los valores idénticos de la variable de entrada, con el mismo sensor en el mismo sentido de variación.(figura 10).

La repetitividad no incluye la histéresis de los instrumentos.



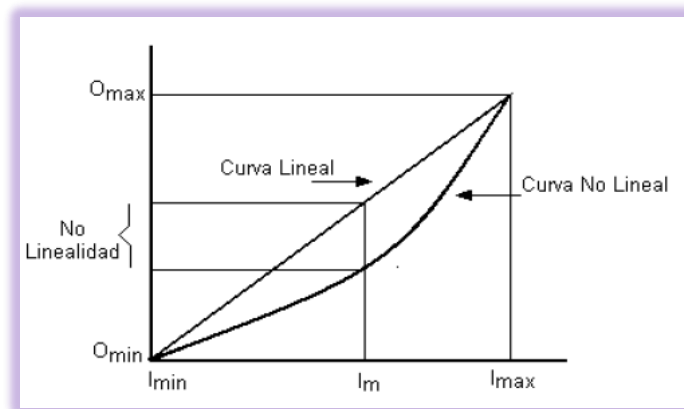
**Figura N°. 10** Exactitud y repetitividad  
**Fuente:** (Ojeda, 2008)

7. **Alcance:** es una diferencia entre los valores inferior y superior de los campos de medidas de los instrumentos.(figura 11)



**Figura 11** Alcance del sensor  
**Fuente:** (Ojeda, 2008)

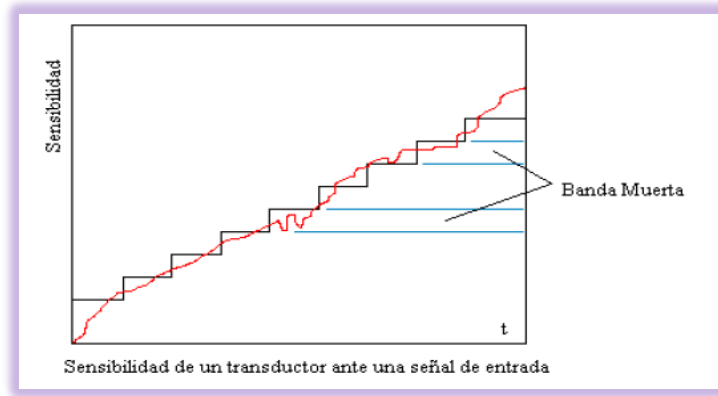
8. **Linealidad:** un sensor es lineal cuando existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los instrumentos de su señal de salida con los incrementos de los de la señal de entrada, en todos los campos de medida.(figura 12)



**Figura N° 12** Curva de linealidad  
**Fuente:** (Ojeda, 2008)

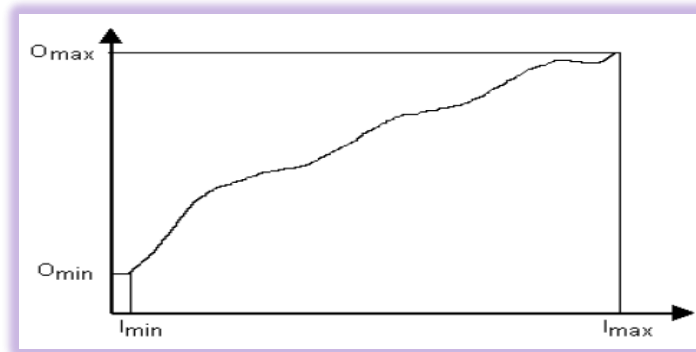
9. **Banda muerta:** es los rangos de valores por los cuales se puede variar la entrada, sin producir un cambio que se pueda ver en la salida.(figura 13)





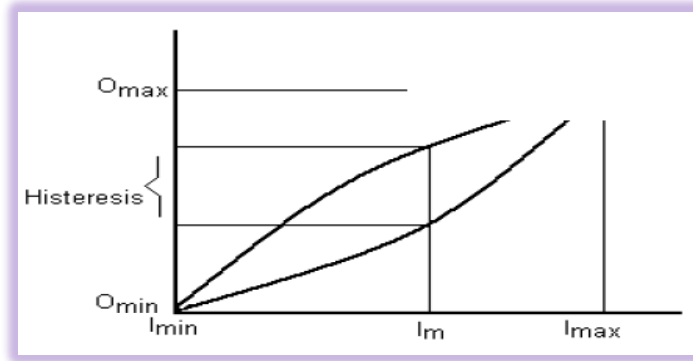
**Figura N°. 13** Banda muerta en un sensor  
**Fuente:** (Ojeda, 2008)

10. **Curva de calibración:** estas curvas nos permiten obtener una relación más directa de punto a punto de las señales de salida, en relación con las de entrada, y viceversa si el caso es necesario. Cada sensor tiene su propia curva de calibración porque esta obtiene características que se obtienen de la respuesta directa del sensor. En otros casos a la curva de calibración se le llama curva de respuesta en amplitud. (figura 14)



**Figura N°. 14** Curva de calibración  
**Fuente:** (Ojeda, 2008)

11. **Histéresis:** Cuando calibramos un sensor tomamos datos de subida y datos de bajada de la entrada, si los representamos gráficamente los datos de medida que es la variable de salida o la variable eléctrica, obtendremos una representación de dos curvas de salida una de subida y otra de bajada, deberían ser iguales idealmente, a la diferencia de estas dos curvas se le llama histéresis.(figura 15)



**Figura 15** Curva de histéresis  
**Fuente:** (Ojeda, 2008)

### 2.9.2. Sensor de caudal

En un sistema de control de cultivos hidropónicos es necesario utilizar un flujómetro para determinar el tiempo necesario y presión de agua al momento de enviar los nutrientes a las plantas. Un medidor de flujo (véase figura 16) es un dispositivo utilizado para medir la velocidad de flujo o la cantidad de un gas o líquido en movimiento a través de una tubería.

Las aplicaciones de medición de flujo son muy diversas y cada situación tiene sus limitaciones y requisitos de ingeniería propia.

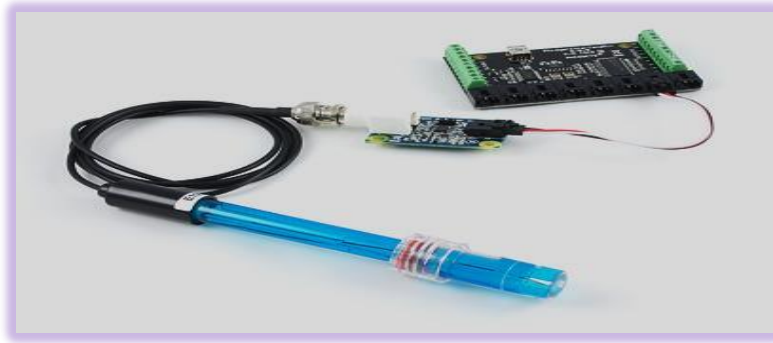


**Figura N°. 16** Sensor de caudal  
**Fuente:** El Autor, 2015

Los medidores de flujo se conocen por muchos nombres, tales como medidor de flujo, indicador de flujo, medidor de líquido, etc., dependiendo de la industria en particular; sin embargo, la función, para medir el flujo, sigue siendo el mismo.

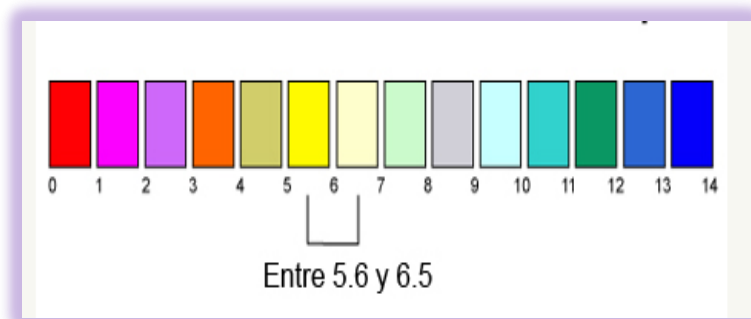
### 2.9.3. Sensor de pH

En un sistema de control hidropónico es necesario medir el pH, ya que con un buen control se regulariza la acidez o base de las sustancias nutritivas de cada cultivo como lo requiera. El sensor de pH (véase figura 17) es aquel que mide la actividad química del Ion de las sustancias nutritivas, y las transforma a una señal eléctrica



**Figura N°. 17** Sensor de pH  
**Fuente:** El Autor, 2015

El pH es muy importante en hidropónica. El pH se mide en una escala de 1-14 como se muestra en la figura 18. Un pH entre 5.6 y 6.5 es óptimo para los cultivos hidropónicos.



**Figura N°.18** Escala de PH  
**Fuente:** (Hidroenviroment, 2015)

Según (Hidroenviroment, 2015) La función del pH en la hidroponía es relacionada con la solución nutritiva, por lo tanto el sensor de pH mide los rangos de acidez de del agua que es los rangos de 1-5, y la solución básica de 8 a 14. Y el pH indicado que es de entre 5.6 y 6.5.

#### 2.9.3.1. Clasificación de los sensores de pH

En la tabla 3 se muestra la clasificación de los diferentes tipos de sensores de PH, todas con la misma salida eléctrica.

**Tabla N°. 3** Clasificación de los sensores de pH según el principio de transducción

Electroquímicos	Efecto de la interacción electroquímica entre el analito y el electrodo.	} Señal Eléctrica
Ópticos	Fenómenos ópticos resultantes de la interacción del analito y el receptor.	
Másicos	Cambio de masa sobre una superficie modificada.	
Térmicos	Efecto calorífico de la interacción entre el analito y el receptor.	

**Fuente:** Calderón, 2013

En la tabla 4 se muestra la clasificación de los sensores de pH, según su aplicación y parámetros a medir.

**Tabla N°. 4** Clasificación de los sensores de pH según el parámetro y aplicación

	Electroquímicos	Ópticos	Másicos	Térmicos
Parámetro a medir	Potencial Corriente	Absorbancia Fluorescencia	Masa	temperatura
Transductor	Electrodos de metal ISFETs	Fotodiodos	Cristales piezoeléctricos	Termistor
Aplicación	<b>pH</b> ISEs	Sensores de O <sub>2</sub>	Inmunosensores	Sensores enzimáticos

**Fuente:** Calderón, 2013

Como ya se mencionó el pH es un elemento fundamental en un sistema de control, por lo que es necesario como se observa en las tablas 3 y 4 es fundamental utilizar el sensor de pH de tipo electroquímico.

## 2.10. Bomba centrífuga

Como se ha anunciado anteriormente el riego es factor fundamental para un sistema de control hidropónico, por eso es necesario realizar una descripción de las bombas centrífugas, que son las utilizadas para estos tipos de controles. Una bomba centrífuga es la que convierte la potencia de entrada a la energía cinética mediante la aceleración de líquido en un dispositivo giratorio - un impulsor.



**Figura N°.19** Bomba centrífuga  
**Fuente:** El Autor, 2015

Todas las bombas centrífugas incluyen un impulsor de eje impulsado que gira (por lo general en 1750 o 3500 RPM) dentro de una carcasa. El líquido fluye en el puerto de succión (entrada) de la carcasa y se lanza hacia el exterior de la carcasa y luego sale del puerto de descarga. La velocidad impartida al líquido por el impulsor se convierte en energía de presión o "cabeza".

## **Glosario de términos**

**PLC:** Controlador lógico programable

**NFT:** Nutrient film technique

**CPU:** Unidad central de proceso

**PH:** Potencial de hidrógeno

**Ethernet:** Cable de comunicación

**OB:** Bloque e organización

**FC:** Bloque de función

**DB:** Bloque de datos

**NA:** Contacto normalmente abierto

**NC:** Contacto normalmente cerrado

## **CAPITULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Este tipo de investigación es un proyecto de carácter tecnológico y aplicado que está establecido por la investigación de datos y software, y para la búsqueda de soluciones para ciertos inconvenientes o problemas. Se asume que la investigación es un proceso sumamente ordenado y obtiene mucha información a partir de un plan preestablecido que una vez detallada, cambiará o implementará los conocimientos ya establecidos.

Toda investigación es pluralizada de acuerdo a los objetivos planteados al realizar la investigación, en base a esto se utilizó la investigación de tipo bibliográfica o documental y la investigación de campo para presentar el proyecto.

#### **3.2 Investigación bibliográfica y documental.**

Este proyecto obtuvo información gracias a todos los elementos técnicos y teóricos ya existentes, porque se realizó investigaciones en libros, artículos científicos, páginas de internet, manuales, mediante los cuales se obtuvo ideas más concretas, y precisas sobre los diversos temas de la investigación en especial la hidroponía, los sistemas de control y la instrumentación industrial y la teoría de los programadores lógicos programables.

#### **3.3 Investigación de campo**

Es la que establece un proceso sistemático, inflexible y racional de obtención, análisis y presentación de datos, que está basada en una táctica de recolección directa de datos e informaciones necesarias para la investigación en el lugar de los hechos.

### **3.4 Métodos**

Para esta investigación se aplicaron diferentes métodos para encontrar conceptos y soluciones profundas, por lo que se puede definir a estos métodos como una descripción, un análisis y una valoración crítica de los diferentes métodos investigativos.

#### **3.4.1 Método inductivo deductivo.**

Este método va de lo general a lo particular y recíprocamente, y se debe tomar en cuenta que este método está basado en datos teóricos y reales. Este método ayudó a deducir varias suposiciones, es decir; parte de verdades y hechos previamente establecidos como un principio general para luego aplicar a los casos individuales de los sistemas de control hidropónicos y así comprobar su validez.

#### **3.4.2 Método analítico sintético**

La función de este método es la separación de un todo en diferentes partes para su investigación, para observar su esencia y su naturaleza, con la ayuda de este método se logró realizar una investigación de forma individual en todo lo que se refiere a los sistemas de control, PLC, sensor de pH, flujómetro, hidroponía.

#### **3.4.3 Método experimental**

El objetivo de este método es el estudio de un objeto en el cual el investigador crea las condiciones necesarias para el esclarecimiento de las propiedades, con este método se logró investigar todo lo referente al software TiaPortal del controlador lógico programable.

#### **3.4.4. Método lógico deductivo**

Este método aplica los principios descubiertos a casos particulares. Con este método se realizó la investigación de los parámetros de los sistemas de caudal aplicando sus fórmulas ya existentes



### **3.5 Técnicas e instrumentos**

Para realizar una investigación existen diferentes tipos de técnicas e instrumentos, todo valorado según la naturaleza de la investigación. En este proyecto fue factible utilizar la técnica de observación la cual consiste en observar como es el uso de los diferentes equipos utilizados, tales como el controlador lógico programable, los sensores, y como estos influyen en los procesos industriales, monitoreo de sensores, etc.

## CAPITULO IV

### 4. PROPUESTA TECNOLÓGICA

#### 4.1. Tema

Diseño de un sistema de control hidropónico en la granja experimental Yuyucocha e implementación de un módulo didáctico en la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Eléctrico.

#### 4.2. Justificación

El presente estudio se basa en el diseño de un sistema de control hidropónico a mediana escala, que sea utilizable para implementar cultivos hidropónicos automatizados y la implementación de un módulo didáctico para el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, en donde los estudiantes puedan manipular y controlar un sistema de control hidropónico como parte de prácticas de la materia de sistemas de control.

#### 4.3. Fundamentación

La idea de implementar nuevas tecnologías como el PLC y los sensores, es fomentar el aprendizaje mediante las prácticas para el desarrollo de destrezas de los alumnos en el campo de los sistemas de control automático. Con esto los estudiantes tendrán una idea de cómo implementar la automatización de cultivos hidropónicos con el desarrollo de una práctica elemental que involucre la manipulación de variables de programación para establecer nuevos comportamientos en el sistema desarrollado, dando paso al estudio de los sistemas de control

#### 4.4. Objetivos

##### 4.4.1. Objetivo General

“Diseñar un sistema de cultivo hidropónico que permita adquirir datos para controlar las variables que intervienen en el crecimiento de las plantas y realizar la construcción de un módulo didáctico del proceso de cultivo hidropónico”

#### **4.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar el tipo de sistema de riego hidropónico idóneo a ser implantado en la granja experimental de Yuyucocha.
- Determinar el equipamiento existente y que se puede reutilizar para la implementación del riego hidropónico
- Diseñar el sistema de control hidropónico para la granja experimental Yuyucocha y la construcción del módulo didáctico.
- Realizar el presupuesto para la implementación del sistema hidropónico.

#### **4.5. Desarrollo de la propuesta**

##### **4.5.1. Delimitación geográfica**

El lugar para el diseño del sistema de control hidropónico está ubicado en la granja experimental Yuyucocha en la ciudad de Ibarra, está ubicada en la Parroquia Caranqui.

##### **4.5.2. Ubicación del sitio de trabajo**

La granja experimental Yuyucocha tiene las instalaciones adecuadas para el diseño del sistema de control hidropónico, mediante la guía de los docentes a los estudiantes en todos los tipos de cultivos agrícolas. La granja Yuyucocha cuenta con un reservorio que ayudará para el sistema de riego y con dos invernaderos destinados a los sistemas hidropónicos, para el diseño es factible considerar el invernadero que está ubicado en la parte posterior a las oficinas y aulas de clases aproximadamente a 22m, donde existen camas de cemento destinadas para la investigación hidropónica.

En la figura 20 se muestra el lugar de trabajo para realizar el diseño:

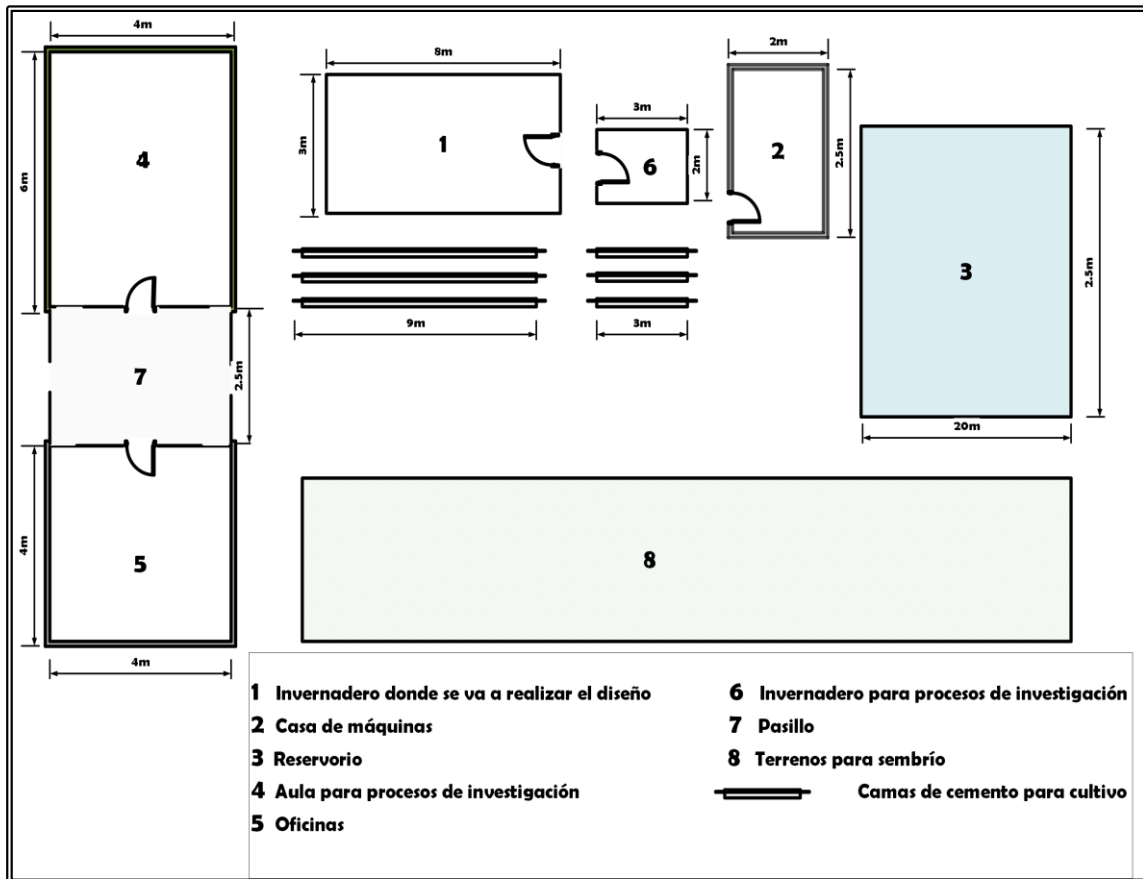


Figura N°.20 Diseño de ubicación del invernadero

### 4.5.3. Área interna del Invernadero

En la figura 21 se muestra el área interna del invernadero y en la figura 22 el diseño de la misma, en este lugar se instalarán las líneas para el cultivo respectivo por donde recirculará la solución nutritiva.



Figura N°. 21 Vista Interna del invernadero

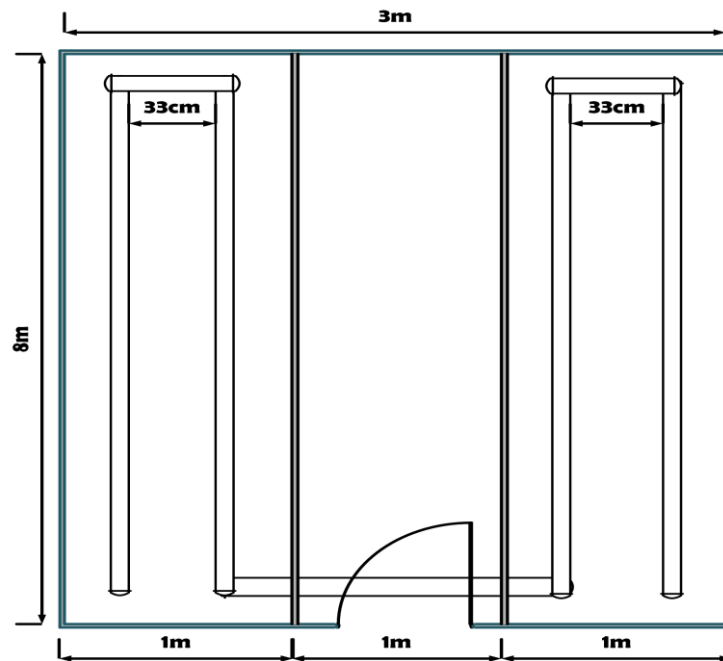


Figura N°. 22 Diseño de la vista interna del invernadero

#### 4.5.4. Sistema de riego

El riego es el principal parámetro para un sistema de control en cultivos hidropónicos, en la granja Yuyucocha todos los cultivos son regados manualmente, por lo que los cultivos son visualizados por el personal de la granja, y los cultivos hidropónicos necesitan de un correcto sistema de riego, en base a un sistema de control utilizando un PLC.

Tomando en cuenta la infraestructura del invernadero y como está instalado el sistema de tubería es factible utilizar el sistema de riego NFT. Este sistema consiste en la circulación continua del riego de la sustancia nutritiva a través de la raíz del cultivo, sin que esta se encuentre inmersa en algún sustrato si no que quede sostenida en el canal de cultivo, por donde su interior fluye dicha sustancia.

La solución nutritiva tiene una renovación continua en el entorno de la raíz que permite un suministro adecuado de nutrientes minerales y oxígeno, necesarios para los cultivos siempre que se realice un correcto control.

#### 4.5.4.1. Componentes del sistema de riego NFT

En la figura 23 se pueden observar el esquema sencillo de la instalación de un sistema de riego NFT con los siguientes elementos principales:

1. Tanque colector
2. Bomba centrífuga
3. Tuberías de distribución
4. Canales de cultivo
5. Tubería colectora

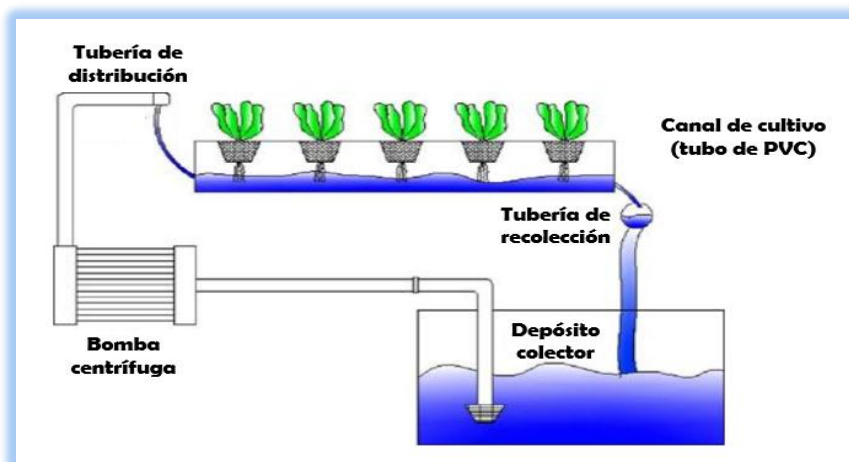


Figura N°. 23 Esquema del sistema NFT

#### 4.5.4.2. Procedimiento de cálculo

El invernadero tiene una longitud de 8m por 3 m, el cual tendrá 4 líneas de tubería de 4'' de diámetro, en las líneas de distribución con un caudal promedio de 2.5 litros por minuto en cada tubería con el flujo de la sustancia nutritiva continua.

#### Datos:

Caudal requerido: 2.5 lts/min por cada línea de distribución

Distancia entre plantas: 20 cm

Duración de cada riego: 10 minutos cada hora

Cálculo total del sistema

Q total:  $lts/min \times \#de\ líneas$

Q total: (2.5 lts/min) (4 líneas)

Q total: 10 lts/min

$$Q\ total = 10 \frac{lts}{min} \times \frac{1m^3}{1000lts} \times \frac{1\ min}{60s}$$

$$Q\ total = 1.66 \times 10^{-4} m^3/s$$

Con el dato obtenido del cálculo de caudal se deduce que es el adecuado en comparación con otro tipos de riego para la recirculación de la sustancia nutritiva, para el sistema de riego NFT es necesario realizar el riego todos los días cada 2 horas durante 3 minutos, entonces 30 litros de riego cada dos horas es el adecuado para que los nutrientes entreguen los compuestos adecuados a la raíz de las plantas.

#### 4.5.4.3. Diagrama del sistema de riego

En la figura 24 se muestra el diseño del sistema de riego NFT con las medidas reales de la granja Yuyucocha, y como se observa, el invernadero cuenta con 4 líneas de cultivo por donde debe recircular la sustancia nutritiva según los tiempos de riego programados.

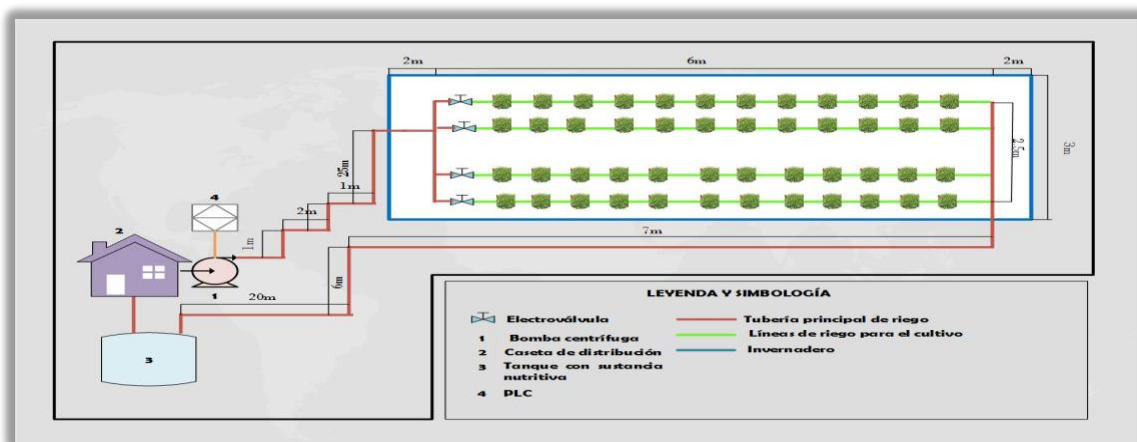


Figura N°. 24 Diagrama del sistema de riego NFT

#### 4.5.5. Equipos instalados

Como ya se mencionó anteriormente la granja cuenta con un propio invernadero y un sistema de bombeo, por estas razones es factible utilizar la bomba instalada con su respectivo sistema de distribución de riego hacia el invernadero.

##### 4.5.5.1. Bomba jet eléctrica jsw55

El equipo instalado es una bomba “jet eléctrica jsw55” como se puede observar en la figura 25 y sus características se muestra en la tabla número 5:



**Figura N°. 25** Bomba jet eléctrica jsw55

**Tabla N°. 5** Características de la bomba eléctrica jet jsw55

<b>Potencia (HP)</b>	1,0
<b>Voltaje (V)</b>	110/220
<b>Amperaje A)</b>	10/5,5
<b>Frecuencia (HZ)</b>	60
<b>KW</b>	0,75
<b>Capacitancia (uF)</b>	40
<b>Qmax (l/min)</b>	50
<b>Altura máxima (m)</b>	47
<b>Etapas</b>	1
<b>Suct. Hmax (m)</b>	8
<b>Succión y descarga</b>	1" x 1"

Nota: Tomado de la placa de características de la bomba



#### 4.5.5.2. Filtro manual de discos

Para el sistema de control de riego es necesario tener un filtro, ya que para el control de pH y las sustancias nutritivas, el agua debe estar libre de materias orgánicas e inorgánicas, y para evitar que los conductos de riego se tapen. La granja tiene instalado un “filtro manual de discos azud modular 100” como se observa en la figura 26, que se utiliza para limpiar el agua, y sus características se puede observar en la tabla 6.

**Figura N°. 26**  
discos

Filtro manual de

Caudal máximo: 6m <sup>3</sup> /h (26 gpm)
Superficie filtrante malla: 160cm <sup>2</sup>
Superficie filtrante (Discos): 180 cm <sup>2</sup>
Equipado con conexiones auxiliares
Sistema de cierre roscado efectivo a alta y baja presión
Resistencia a productos químicos en caso de fertirrigación
Amplio grado de rangos de filtración en discos y mallas
Equipado con conexiones auxiliares
Máxima superficie filtrante y menor mantenimiento




**Tabla N°. 6** Características del filtro azud modular

Nota: Tomado de hoja técnica filtro azud modular. Recuperado de [http://www.azud.com/imagenes/modelos/20091124114052AZUD%20MODULAR%20100\\_ESP.pdf](http://www.azud.com/imagenes/modelos/20091124114052AZUD%20MODULAR%20100_ESP.pdf)

#### 4.5.5.3. Válvula de control eléctrica

La válvula de control eléctrica también llamada electroválvula es usada para regular el paso del agua a través de los canales. Sus características se pueden observar en la tabla 7.

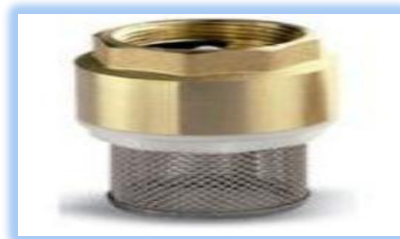
**Tabla N°. 7** Características válvula eléctrica

Serie: 2000	
Voltaje: 24v AC	
Tamaño: 1"	
Corriente de operación: 0.20 A	
Corriente de arranque: Nylon reforzado	
Frecuencia(50-60-Hz)	
Partes metálicas: Goma natural	
Material: Resistentes a la corrosión y a la radiación UV	
Cuerpo y tapa: Acero inoxidable	
Sostenida: 0.40 <sup>a</sup>	
Válvula: Con solenoide de dos vías con llave de apertura manual que permite regular la apertura de la válvula de acuerdo al flujo que se requiera	

Nota: Tomado de hoja técnica de válvulas plásticas de control hidráulico (2012). Recuperado de: <http://riegointegralweb.com.ar/wp-content/uploads/2012/09/Irrigation-Catalog-Spanish.pdf>

#### 4.5.5.4. Válvula de pie

La función de la válvula de pie es evitar el paso de sólidos flotantes que puedan encontrarse en el líquido que esté absorbiendo y provoquen el taponamiento en la tuberías, en la figura 27 se muestra el tipo de válvula instalado y sus características se puede observar en la tabla 8.



**Figura N°. 27** Válvula de pie

**Tabla N°. 8** Características de la válvula de pie

<b>VÁLVULA DE PIE</b>
Función de impedir que el agua contenida baje o se devuelva al pozo.
Cuerpo de bronce y filtro de acero inoxidable
Uso en pozos y estanques colocada en puestos bajo el nivel del agua
Presion máxima: 16 Bar
Flujo vertical
Temperatura máxima: 90° c
Medida: 1”

Nota: Tomado de la descripción en línea de las válvulas de pie: recuperado de <http://www.masterriego.es/docs/Tarifa%20riego%20Fluidra%20-%202013.pdf>

#### **4.5.6. Parámetros a considerar en el diseño del sistema de control hidropónico**

##### **4.5.6.1. Lugar y ambiente de trabajo**

Todos los equipos a utilizar como el PLC, sensores y actuadores deben estar totalmente aislados ya que existen parámetros como el calor, la humedad, partículas de polvo y agua, entre otros factores que pueden afectar el correcto funcionamiento de los dispositivos.

##### **4.5.6.2. Operación del sistema de control**

El sistema de control de cultivos hidropónicos en la granja Yuyucocha debe tener la capacidad de permitir la manipulación del docente o administrador de este tipo de estudios de investigación, ya que suministra datos muy importantes como el valor del pH de la sustancia nutritiva, y saber si es el adecuado para el proceso de crecimiento de la planta fomentando con esto los procesos de investigación de este tipo de cultivos.

#### **1. Variables a censar**

Las variables a censar en el sistema hidropónico son el caudal y el pH, que son las principales en el sistema de control automático, para ello es necesario utilizar un sistema de control de tipo lazo cerrado.

##### **a) Variable de censado del sensor de caudal**

Para poder controlar el caudal de la sustancia nutritiva, el proceso de las líneas de riego necesita un controlador que en este caso es el PLC, este toma la diferencia entre el caudal

deseado(o referencia) y el caudal medido y provee el voltaje para las líneas de riego en este caso la bomba centrífuga tal que haga posible que la diferencia sea cero o lo más cercana posible. (Véase figura 28)

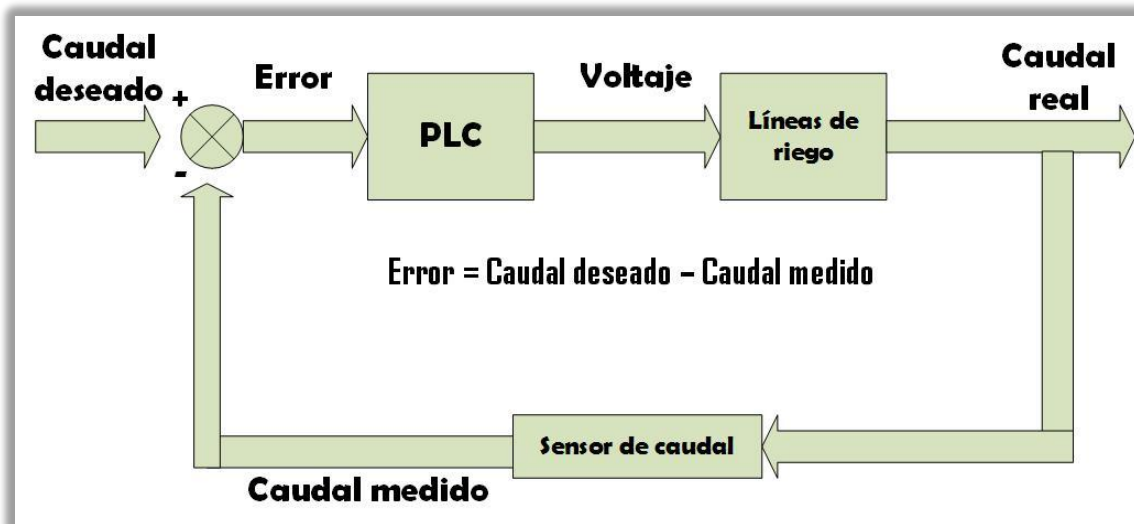


Figura N°. 28 Diagrama de control del sensor de caudal

La medición del caudal es obtenida conectando el sensor de caudal al proceso de control, esta medición es realimentada y comparada con el caudal deseado. La diferencia entre el caudal deseado y el caudal medido es el error.

#### b) Variable de censado del sensor de pH

Esta medición va tener un rango estándar de pH en la sustancia nutritiva de 5,6 a 6,5, para ello es necesario realizar un control de tipo on-off o también llamado de dos posiciones ya que si el pH aumenta o disminuye de los valores establecidos se van activar dos electroválvulas que entregará elevador de pH si disminuye y reductor de pH si sobrepasa el rango estándar. En la figura 29 se muestra en diagrama del control on-off.

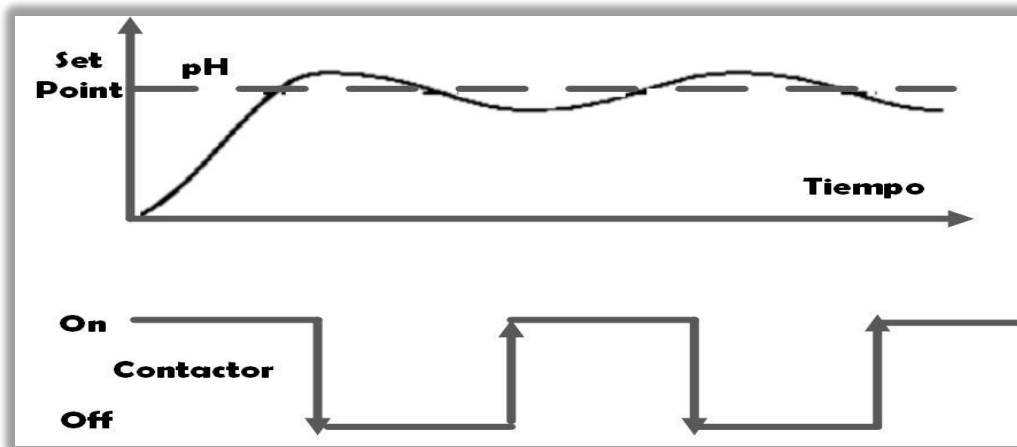


Figura N°. 29 Diagrama de control on-off del sensor de pH

Este sistema de control consiste en activar las electroválvulas de elevador o reductor de pH en la sustancia nutritiva, cuando el pH esté por debajo o por encima del valor estándar deseado (Setpoint), y luego desactivar cuando esté en el rango de 5,6 a 6.5. Todo esto va a realizar un contactor gobernado a su vez por un relé dentro del PLC.

## 2. Uso de la sustancia nutritiva

La solución nutritiva se la debe preparar de manera manual, existe en el mercado productos ya listos para mezclar en el contenedor y contienen el pH adecuado para cultivos hidropónicos, esta va a ser utilizada para todas las fases de crecimiento del cultivo hasta ser cosechado, y que va recircular según los parámetros de tiempo programados.

## 3. Circulación de la sustancia nutritiva

Para la circulación de la sustancia nutritiva se debe considerar los siguientes parámetros:

### a) Tiempo de inicio

El inicio del riego de la sustancia nutritiva lo va a realizar el operario manualmente con la pantalla HMI según la tecla programada para dar funcionamiento al sistema, al momento de inicializar el PLC activará la bomba centrífuga dando el primer riego a las líneas de cultivo.

### **b) Conteo de tiempo de circulación de los nutrientes**

Para los sistemas hidropónicos es necesario dotar de nutrientes a las raíces de las plantas cada dos horas durante el día con un flujo de 10 litros durante tres minutos, en este tiempo la solución nutritiva va a estar recirculado por todo el cultivo, dando los nutrientes necesarios al cultivo.

### **c) Funcionamiento de la bomba centrífuga+**

El PLC dará la orden a la bomba centrífuga para que succione el caudal adecuado de 10 litros. Al terminar los tres minutos de riego, el PLC dará la orden a la bomba centrífuga para apagarse, y después de dos horas dará otra vez la orden para el riego durante el tiempo que es necesario, esta acción va a realizar constantemente durante el día.

### **d) Funcionamiento de las electroválvulas**

Al momento de dar la orden el PLC a la bomba centrífuga esta va a estar funcionando al 100% en otras palabras a una frecuencia de 60Hz, las electroválvulas van a estar programadas en el controlador lógico programable mediante flujómetro para cuando el caudal llegue a estas solo se dé un caudal de 10 litros.

### **e) Funcionamiento del sensor de caudal**

La función del flujómetro es entregar la información del valor del caudal al controlador lógico programable para que este de la orden a la bomba centrífuga y al mismo tiempo a las electroválvulas para que se dote de un flujo de 10 litros para las líneas de cultivo.

## **4. Medición de pH**

Como ya se mencionó anteriormente el pH adecuado para los cultivos hidropónicos debe tener una escala de 5,6 a 6,5, si esta se sobrepasa o disminuye de esos valores es necesario realizar el control mediante dos electroválvulas una que entregará a la sustancia nutritiva reductor de pH si se este se eleva (básica) y la otra entregará elevador de pH si se disminuye (ácida). En la figura 30 se muestra un diagrama del comportamiento del pH.

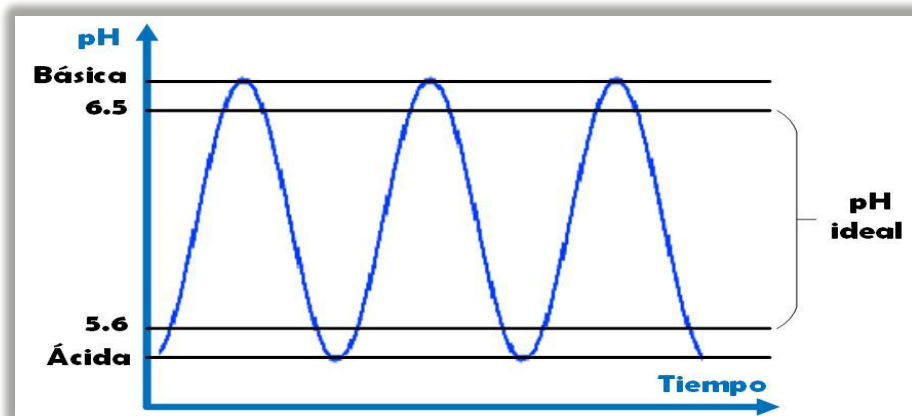


Figura N° 30 Diagrama de pH

#### 4.5.6.3. Requerimiento de energía eléctrica

En la tabla 9 se muestra los Kwh que va a consumir el sistema de control

Tabla N° 9 Consumo de energía eléctrica

Dispositivo	Número de horas de funcionamiento al día	Potencia (W)	Energía
Bomba centrífuga	2	746	1492
Variador de frecuencia	2	1110	2220
			<b>3712</b>

La energía consumida diariamente será de 3712, o sea 3,712 kWh por día, esto multiplicado por 31 días es de 111 kWh al mes.

$$(111\text{kWh}) * (0,10 \text{ ctvs. Valor del kWh}) = \$11,10$$

#### 4.5.6.4. Ubicación del sistema de riego

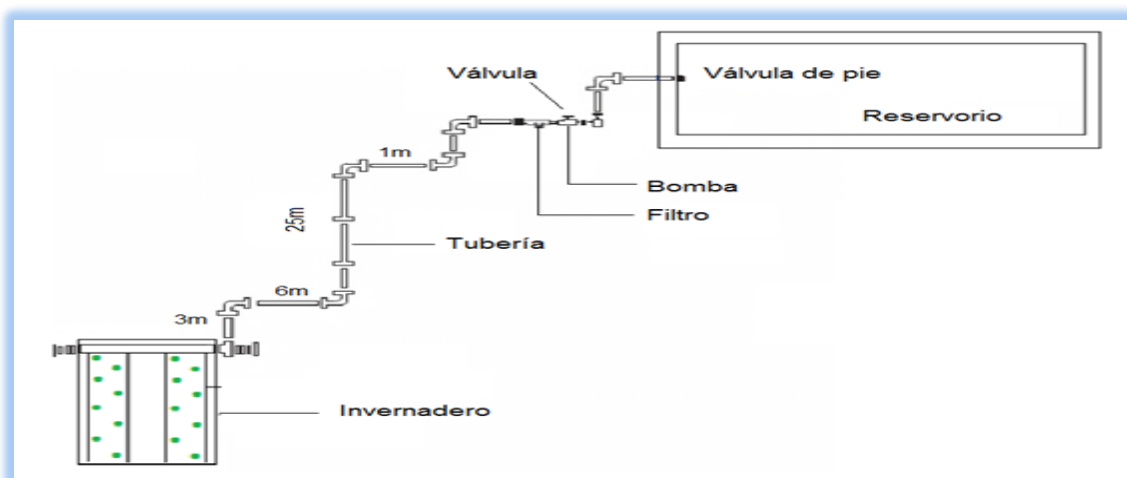
Como ya se mencionó anteriormente el sistema de riego es fundamental en los sistemas hidropónicos, para ello es necesario realizar el diseño del sistema de riego y como está construido las tuberías del reservorio hacia el invernadero.

En la figura 31 se muestra la instalación de la caseta de distribución en donde está instalado el sistema de bombeo y cuenta con un reservorio como se indica en la figura que es para el riego de toda la granja Yuyucocha.



**Figura N°. 31** Sistema de riego de la granja Yuyucocha

Pero para el sistema de control hidropónico se necesita de un tanque que contenga sustancia nutritiva y no necesariamente del reservorio, como ya se mencionó la recirculación del riego debe entregar los adecuados nutrientes a las raíces de las plantas. La granja cuenta con tanques que son los adecuados para realizar la mezcla de la sustancia nutritiva y para su instalación solo se debe cambiar la tubería de extracción de la bomba centrífuga a dicho tanque. Tomando en cuenta lo mencionado en la figura 32 se muestra el diagrama del sistema de riego existente en la granja.



**Figura N°. 32** Diagrama de componentes del sistema de riego de la hacienda Yuyucocha



#### 4.5.6.5. Diagrama del sistema de control hidropónico

Como se puede observar en la figura 33 se tiene un software mediante el cual se va a controlar todos los parámetros del sistema de control automático, pH de la sustancia nutritiva, riego y caudal, todos estos datos se podrán observar en la pantalla HMI.

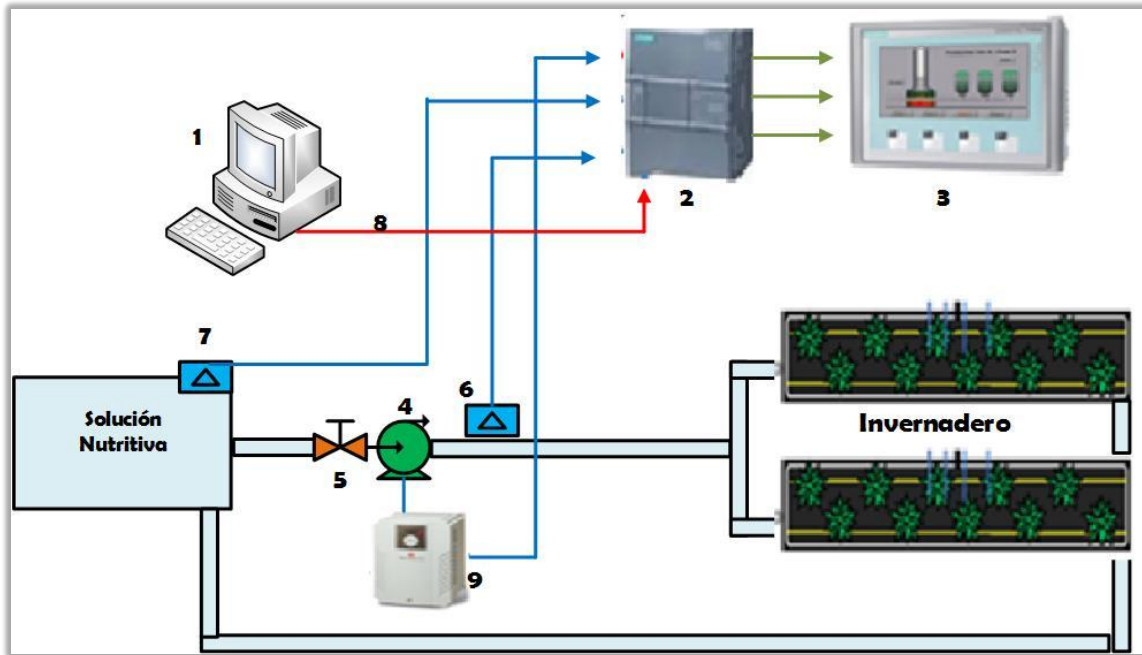


Figura N° 33 Diseño del sistema de control hidropónico

##### 4.5.6.5.1. Descripción de elementos del sistema de control

1. Interfaz de programación con software TIAPORTAL.
2. Controlador lógico programable(PLC)
3. Pantalla HMI, visualización de salidas del sistema de control
4. Bomba centrífuga para el sistema de riego
5. Válvula de pie
6. Sensor de caudal para medir la velocidad del agua, es necesario para el control de riego de los nutrientes en los cultivos.

7. Sensor de pH necesario para controlarlo en la sustancia nutritiva
8. Cable de programación Ethernet
9. Variador de frecuencia

El objetivo de controlar el sistema de control hidropónico es mantener las magnitudes dentro de un rango establecido, sin importar la presencia de factores que afecten la estadía de factores alternos que alteren el proceso de control. Al mantener las magnitudes adecuadas en el sistema de control, los cultivos van a crecer de la forma adecuada en el invernadero de la granja.

El sistema de control está formado por tres procesos: Adquisición de datos mediante los sensores, transmisión de datos, almacenamiento y procesamiento de información, cada uno aporta para el adecuado funcionamiento del sistema de control. Para el sistema de control propuesto las magnitudes a medir son: humedad: caudal de riego y pH, que se deben monitorear en la pantalla HMI controlada igualándolas a un valor apto para el desarrollo de los cultivos.

#### 4.5.6.6. Presupuesto referencial

El presupuesto requerido para la instalación del sistema de control hidropónico se muestra en la tabla 10, aquí se indica todos los elementos de control y de potencia, cabe resaltar que los equipos instalados que se mencionó anteriormente ya están instalados y no hay la necesidad de incluirlos.

**Tabla N°. 10** Tabla referencial de presupuesto de los equipos de control

Descripción	Cantidad	Precio (USD)
PLC S71200 12/12 Ac/dc Rly	1	420,00
Módulo de expansión de 4 entradas y 2 salidas analógicas	1	530,00
Pantalla HMI simatic monocromática	1	370,00
Sensor de caudal (flujómetro)	1	40,00
Sensor de pH	1	70,00
Sensor de humedad relativa	1	35,00
Variador de frecuencia 1 HP	1	265,00
Contactador 10A/ 220 V	1	16,00
Caja de control	1	72,00
Interruptor trifásico	1	15,00
Total:		1836,00

En la tabla 11 se muestra el presupuesto del sistema para riego de tipo NFT para el invernadero

**Tabla N°. 11** Tabla referencial de presupuesto de los equipos de control

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (USD)</b>
Tubo universal PVC 1" 8m	4	16,00
Tubo Reductor 50*32 M-H PVC	2	10,00
Tubo tipo T 50*32*50 reductora PVC pegada	8	24,00
Tapón 50mm PVC hembra pegado	2	7,00
Electroválvula para riego	4	200,00
Tubo universal PVC 2" 30m	1	42,00
Pegante para tubo PVC tipo industrial	2	10,00
<b>Total:</b>		<b>309,00</b>

El presupuesto total para la implementación del sistema de control hidropónico con el tipo de sistema de riego NFT es de USD 2.145, cabe mencionar que implementado este sistema y con el cuidado necesario de los equipos de control, los estudiantes podrán realizar este tipo de investigaciones con valores reales de la variables de flujo y del pH de nutrientes que adquiere el sistema de control.

Con todos estos elementos se puede realizar la implementación del sistema de control hidropónico en la granja experimental Yuyucocha, es importante saber que con este sistema automatizado se puede realizar cualquier tipo de cultivo.

## **4.6. Construcción del módulo de control hidropónico**

### **4.6.1. Diseño del sistema de riego**

Para realizar la construcción del módulo es necesario empezar con el diseño del sistema de riego, en la tabla 12 se muestran los materiales necesarios para su construcción:

**Tabla N°. 12** Material para la construcción del sistema de riego

Cantidad	Material
6	Codo 50*90 Gr. PVC pegado
2	Reductor 50*32 M-H PVC PEGADO
6	TEE 50*32*50 REDUCTORA PVC PEGADA
2	TAPON 50MM PVC HEMBRA PEGADO
4	ADAPTADOR PVC 32 MM*1'' MACHO BSP AM3
2	UNIVERSAL 1'' PVC BSP
1	VALVULA DE PIE 1''
1	CODO 32*90 Gr. PVC PEGADO

### Descripción de los materiales

- **Codo:** destinado para la unión de la tubería de la bomba y de los sistemas de distribución.

- **Reductor:** Para ser instalada en la bomba de succión

- **Te reductora:** para la distribución del riego a las tuberías de distribución

- **Tapón hembra:** es utilizado para cerrar los canales de riego principales, y cerrar todo el sistema de riego

- **Adaptador macho:** se utilizan para las salidas y disminución del sistema de salidas y entradas de la bomba

- **PVC universal:** son las tuberías por donde circula el líquido

- **Válvula de pie:** usada para mantener la presión hidráulica para mantener el flujo del líquido

#### 4.6.1.1. Diseño y construcción del sistema de riego en el módulo

Para el diseño y construcción del sistema de riego se debe considerar el mismo diseño de tipo NFT, ya que en este tipo de sistema se pueden visualizar las variables que intervienen en el módulo como es el caudal y el pH, por tener las características de la recirculación del riego y así poder programar tiempos en la simulación del sistema de control para que pueda ser visible en la pantalla HMI.

En la figura 34 se muestra el diseño del sistema de riego en donde se va a controlar el riego y la adquisición de datos mediante los sensores de las variables de caudal y pH.

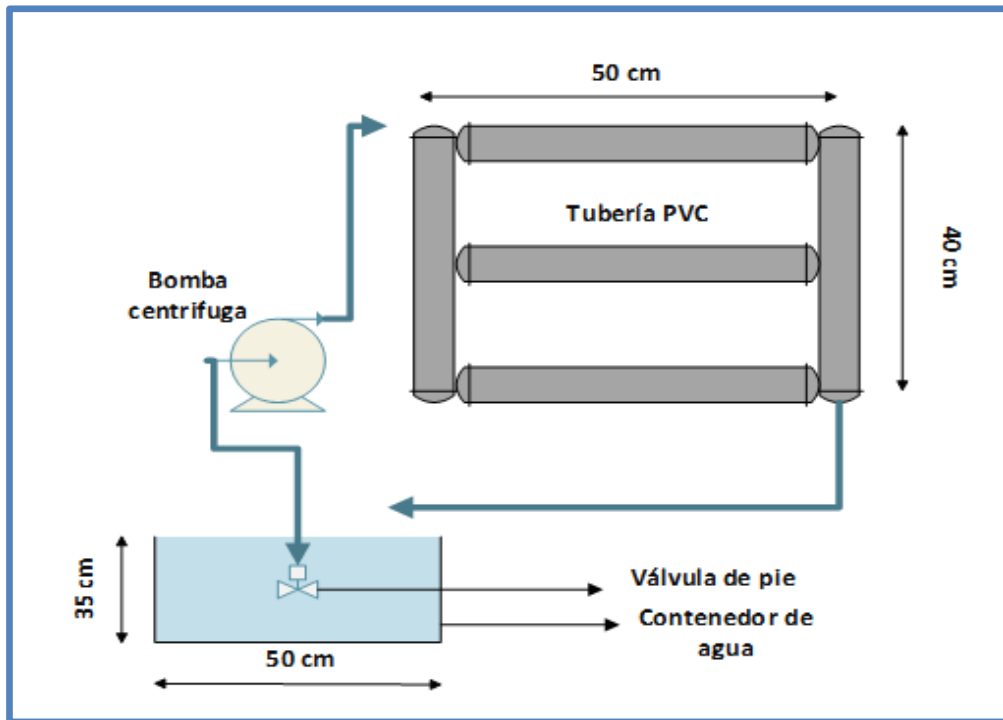


Figura N°. 34 Diseño del sistema de riego para el módulo

#### 4.6.1.2. Adquisición de datos mediante los sensores

##### a) Sensor de Ph

Para realizar las mediciones del pH del agua que fluye a través de las plantas en los cultivos hidropónicos es necesario contar con un sensor que sea capaz de medir estas características. El sensor de pH a utilizar es de tipo electrodo se utiliza este tipo de sensor por tener incorporada una tarjeta de arduino que está incorporada en la conexión y cuenta con led que indica el indicador de encendido es de fácil manipulación y de programación. Este sensor se lo puede observar en la figura 35.



Figura N°. 35 Sensor de pH

Este sensor tiene muchas ventajas al momento de su uso ya que es de tipo analógico y se puede visualizar fácilmente su salida solo con conectar el sensor de pH con conector BNC y enchufe interfaz del medidor de pH en el puerto de entrada analógica de cualquier controlador Arduino. Este sensor tiene la capacidad de comunicarse fácilmente con el módulo de expansión de entradas y salidas analógicas por ser de tipo analógico, y tiene un voltaje de operación de 5v ideal para el controlador lógico programable que tiene un rango de 0-10v. Las características del de este sensor se puede observar en la tabla 10

**Tabla N°. 13** Características del sensor de pH

características del sensor de pH SKU: SEN0161	
Módulo de alimentación	5.00 V
Tamaño	43mm × 32mm
Rango de medición:	0-14 pH
Temperatura de medición	0-60 °C
Precisión	± 0.1 pH (25 °C)
Tiempo de respuesta	≤ 1 min
PH 2,0 Interface (parche de 3 pines)	
Longitud del cable del sensor al conector BNC 660mm	
Indicador LED de alimentación	
Ajuste de ganancia del potenciómetro	

Nota: Tomado de la descripción del sensor de pH. Recuperado de:  
[http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH\\_meter\(SKU:\\_SEN0161\)](http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))

#### b) Sensor de caudal YF-S201

Para el control de riego se necesita tener un sensor de este tipo (figura 36), este tiene sus características ideales para la visualización de datos en la pantalla HMI, ya que está formado por un rotor de agua y un sensor de efecto hall, cuando la sustancia nutritiva fluye a través del rotor, este gira y envía los datos al controlador lógico programable y este a su vez a la pantalla HMI.



**Figura N°. 36** Sensor de caudal YF-S201

La ventaja de este sensor es cuando la velocidad cambia según el flujo de caudal que atraviesa el sensor y se obtiene una señal de salida de pulsos que corresponde al flujo la cual se conecta directamente al controlador. En los cultivos hidropónicos el riego deseado para la sustancia nutritiva es de 10-20 litros, este sensor por tener estas características de medición es el ideal para su uso con el controlador lógico programable y la pantalla HMI. Sus características se puede observar en la tabla 14.

**Tabla N°. 14** Características del sensor de caudal YF-S201

Sensor de caudal MR 178	
Modelo	YF-S201
Voltaje de funcionamiento	8V~18V
Corriente de operación	15mA (5V)
Q	Caudal [L/min]
Frecuencia de caudal	$f=7.5*Q$
Pulsos por litro	450
Paso de caudal	1L/min ~ 30L/min
Presión del líquido	1.75Mpa
Conector	Amarillo: Señal de Pulso (salida)

Nota: Adaptado de hoja de datos de sensor de caudal. Recuperado de:  
<https://www.vistronica.com/sensor-medidor-de-flujo-yf-s201-detail.pdf?tmpl=component>

## 4.7. Construcción del módulo

### 4.7.1. Construcción del sistema de riego

Como se detalló anteriormente los materiales para la construcción se inicia la fabricación del sistema de riego como se puede observar en la figura 37.



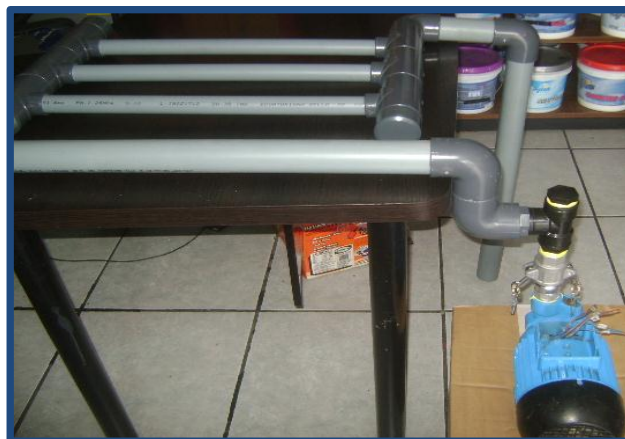
**Figura N°. 37** Construcción de la tubería para el sistema de riego

A continuación se realizó la instalación de la bomba centrífuga utilizando conectores que soporten la presión del equipo. Véase figura 38



**Figura N°. 38** Instalación de la bomba centrífuga

Finalmente se tiene la construcción ya terminada del módulo del sistema de riego como se ve en la figura 39, de donde se parte para los parámetros de construcción de la parte de control del módulo.



**Figura N°. 39** Sistema de riego

Se requiere de una mesa para colocar todos los dispositivos de riego, de control y de potencia, a continuación en la figura 40 se muestra la mesa donde se colocarán los nombrados anteriormente.

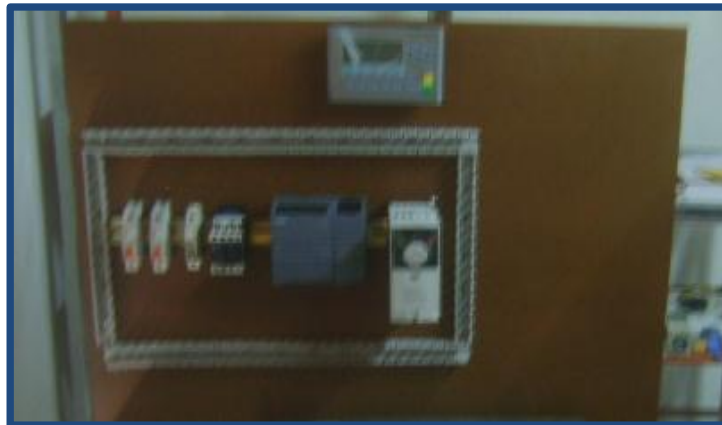




**Figura N°. 40** Mesa para el módulo

#### **4.7.2. Montaje de los dispositivos de control**

En esta parte se instala todos los dispositivos que intervienen en el sistema de control y de potencia. Véase figura 41



**Figura N°. 41** Sección de control

#### **4.7.3. Equipos instalados en la sección de control**

En la tabla 15 se puede observar los equipos instalados el módulo y luego se detalla cada uno de ellos.

**Tabla N°. 15** Dispositivos del sistema de control

No.	Nombre
1	PLC Siemens S71200
2	Módulo de expansión de entradas y salidas analógicas
3	Interruptor trifásico 9ª
4	Porta fusibles
5	Contactador 9A/220v
6	Pantalla HMI
7	Variador de frecuencia

### 1. Controlador lógico programable S71200

Este tipo de PLC es el ideal para el sistema de control automático ya que posee varias características que son necesarias en el momento de la programación de los dispositivos, este controlador recibirá las señales de los sensores de pH y de caudal y a su vez dará la orden a los actuadores como son la bomba centrífuga y las electroválvulas dosificadoras de pH.

Este modelo de PLC y el software de programación TiaPortal (STEP 7) basado en windows tienen la flexibilidad necesaria para solución en los campos de la automatización y los sistemas de control automático. El PLC se puede observar en la figura 42.



**Figura N°. 42** Controlador lógico programable

Las características que tiene este PLC son las más adecuadas para la automatización en el módulo de control por tener 8 entradas y 6 salidas digitales, que son necesarias para la instalación de los diferentes dispositivos como por ejemplo la pantalla HMI. Las características se pueden observar en la tabla 16.

**Tabla N°. 16** Características del PLC S71200

<b>PLC Siemens S71200</b>	
Modelo	CPU 1212C AC/DC/Relé
Voltaje de funcionamiento	110/220VAC
Incorpora	8 DI a 24 VDC, 6 DO tipo relé, 2 AI (0-10VDC)
Memoria	50KB
Puerto de comunicación	Profinet / Industrial Ethernet RJ45 10/100Mbps
Capacidad de ampliación	Hasta 1 Signal Board (SB), 2 módulos de señal (SM) y 3 módulos de comunicación (CM).

Nota: Tomado del catálogo siemens agosto 2014.

## **2. Módulo de expansión de entradas y salidas analógicas**

En el módulo se necesita visualizar el valor obtenido por el sensor de pH, este sensor necesita para ello una salida analógica que sea transformada mediante la conversión digital-analógica del controlador lógico programable, con el objetivo de visualizar el valor de pH medido en la pantalla HMI.

Este módulo de expansión tiene buena comunicación al momento de realizar la programación con el software TiaPortal, y además tiene 2 salidas analógicas una para el sensor de pH y la otra salida para la instalación de cualquier dispositivo que el usuario requiera. El módulo de expansión se puede observar en la figura 43.



**Figura N°. 43** Módulo de expansión de entradas

El controlador lógico programable posee señales binarias que solo puede adoptar dos tensiones, una tensión presente de +24V y una tensión no presente de -24V, por este motivo hay que adaptar un módulo de expansión de entradas y salidas analógicas, este a su vez puede adoptar cualquier valor dentro de un rango determinado que se requiera.

### 3. Pantalla HMI

La pantalla HMI es necesaria para visualizar las respuestas de los sensores y del setpoint, y desde la pantalla manejar el control del caudal y visualizar el pH adecuado para cada variable controlada. En esta pantalla podemos observar cada tipo de caudal y de pH, estableciendo para el usuario una visión de cómo se está comportando el sistema y sus cambios en las variables de cada sensor. En la figura 44 se puede observar la pantalla HMI a utilizar.



Figura N°. 44 Pantalla HMI

Las bondades que ofrece esta pantalla son sus 10 teclas de función donde se puede programar las funciones necesarias para realizar el control automático o manual. Las características se puede observar en la tabla 17.

**Tabla N°. 17** Características de la pantalla HMI

<b>Pantalla HMI</b>	
Modelo	Monocromática
Pantalla	3.6''
Número de teclas	10
Panel para funciones básicas en aplicaciones simples y de máquina	

#### **4. Variador de frecuencia**

En el módulo de control automático se va a realizar cuatro tipos diferentes de variables de riego, para ello es necesario el variador de frecuencia que tiene la función de cambiar la velocidad de la bomba para que circule más riego o menos riego según la programación realizada. Este variador de velocidad como se observa en la figura 45 tiene la capacidad de funcionar con sistema trifásico de 200-230 (V), y con varias teclas de función para operarlo manualmente.



**Figura N°. 45** Variador de velocidad

La capacidad de este variador de frecuencia es para motores eléctricos de 1hp, y es el adecuado para la bomba centrífuga a instalar que tiene la capacidad de 1hp. Las características se pueden observar en la tabla 18.

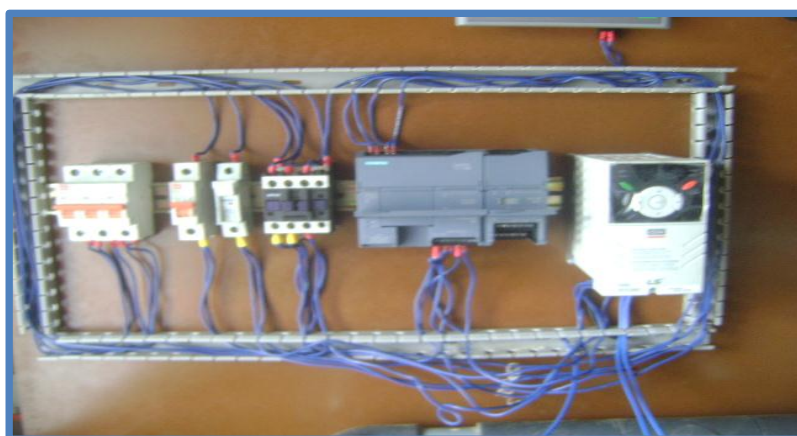
**Tabla N°. 18** Características del variador de frecuencia iG5A

Variador de frecuencia iG5A	
Modelo	SV008iG5A
Voltaje de funcionamiento	200-230V
Corriente de entrada	6.6 A
Corriente de salida	5 A
Frecuencia de salida	0.1-400 Hz
Potencia	1hp
Capacidad (KVA)	1.9

**Nota:** Tomado del manual del variador de frecuencia LS.

#### 4.7.4 Cableado de la parte de control

En la figura 46 se muestra el cableado de todos los dispositivos que están instalados en la parte de control, para ello se necesitó cable flexible # 16 para la parte de control, y para la parte de potencia cable # 12.



**Figura N°. 46** Cableado de la parte de control

Para la bomba centrífuga se utilizó cable # 12 en vista de que la capacidad de la bomba es de 1HP, y este cable es el adecuado para su instalación.

#### 4.7.5. Instalación del sensor de caudal

El caudal es una de las variables que medirá el módulo, con este sensor se puede observar en la pantalla HMI los litros por minuto programados. (Figura 47)



**Figura N°. 47** Instalación del sensor de caudal

#### 4.7.6. Instalación de las electroválvulas

En la ilustración 48 se observa el sitio donde se instala las electroválvulas, estas nos sirven para entregar elevador y reductor de pH, si este no cumple con los valores programados. Estas electroválvulas funcionan a 110 V y para ello es necesario conectar un bornera para tierra con una fase, para la comunicación con el PLC se conecta a las salidas del controlador Q0 y Q1.



**Figura N°. 48** Instalación de electroválvulas

El sistema consta de dos electroválvulas, una que entregará reductor de pH si la solución nutritiva está muy básica, y la lo otra que entregará elevador de pH si el agua está muy acida.

#### 4.7.7. Diagrama de conexión eléctrica

En la figura 49 se observa el diagrama de conexión eléctrica de todo el módulo tanto de la parte de potencia como la de control.

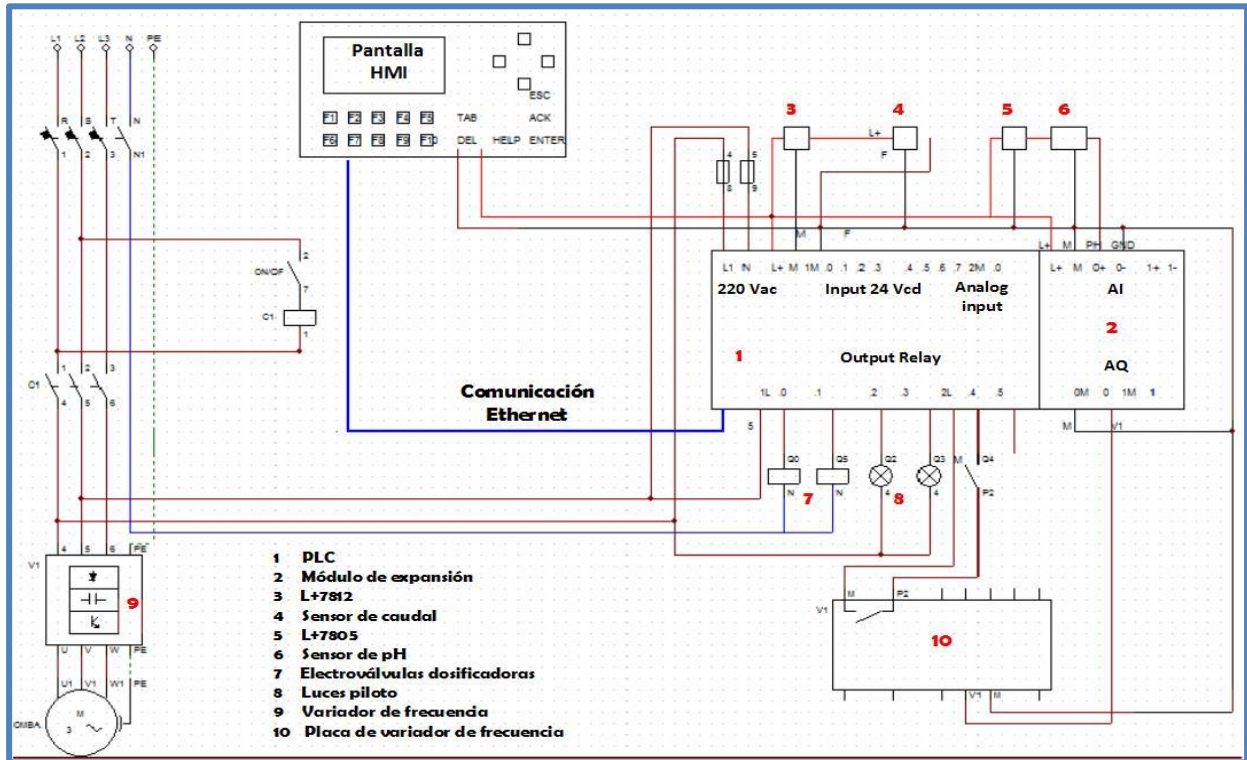


Figura N°. 49 Diagrama de conexión eléctrica

#### 4.8. Programación y configuración de dispositivos

Para la programación de todos los componentes del módulo se utilizó el software TiaPortal V13 con el tipo de lenguaje KOP. Este tipo de programación se divide en dos partes, una para programar el controlador lógico programable y la otra para programar la pantalla HMI.

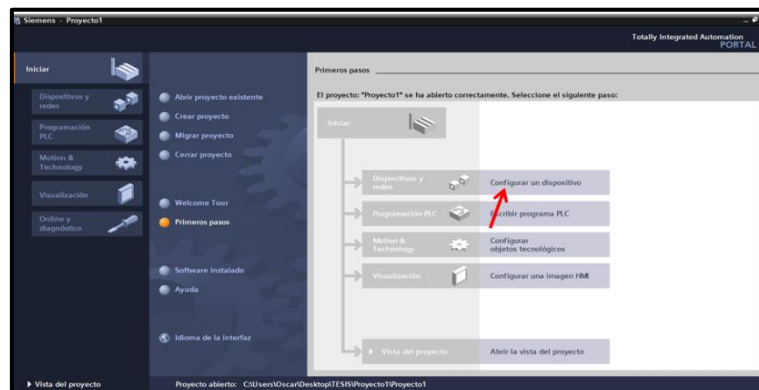
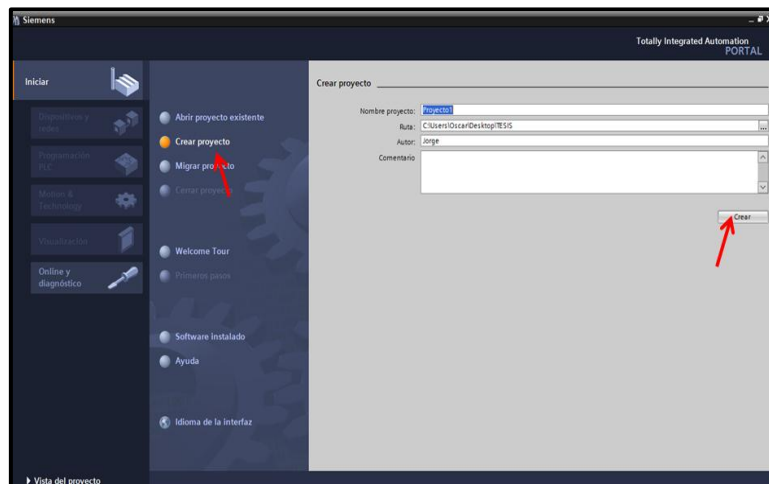
Para la programación del controlador lógico programable fue necesario dividir en tres bloques de programa:

1. Bloque de organización (OB) en el que se pueden programar instrucciones o llamar otros bloques.
2. Bloque de función (FC) el cual es un bloque lógico sin memoria.

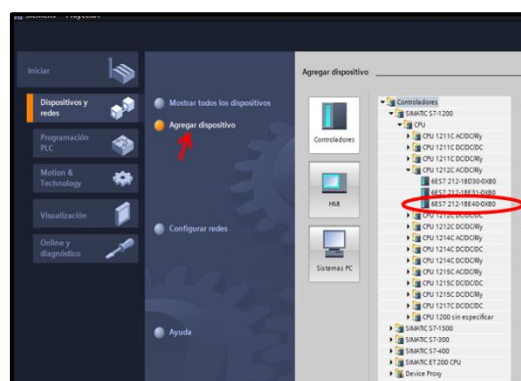


3. Bloque de datos (DB) el cual sirve para almacenar datos del programa como hora y fecha.

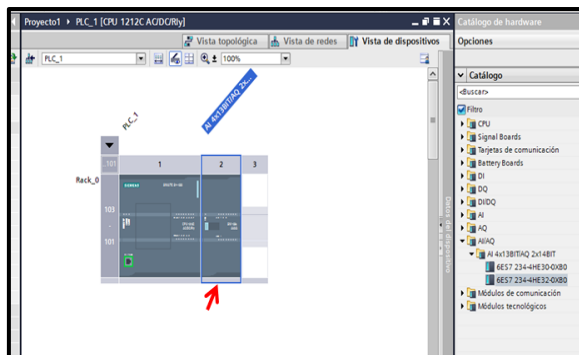
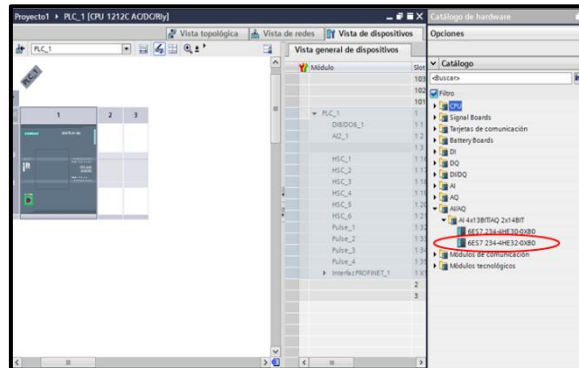
**Paso 1** para comenzar a realizar a comenzar la programación hay que abrir el software TiaPortal crear un nuevo proyecto y configurar el PLC.



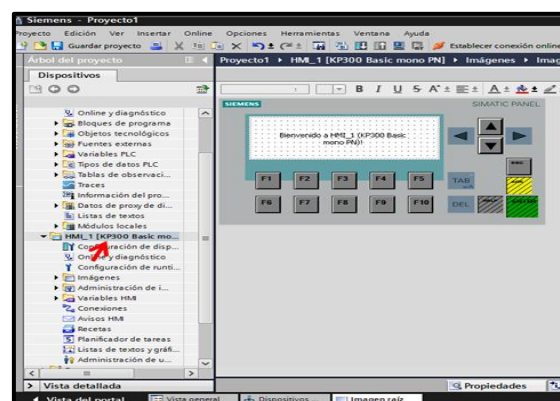
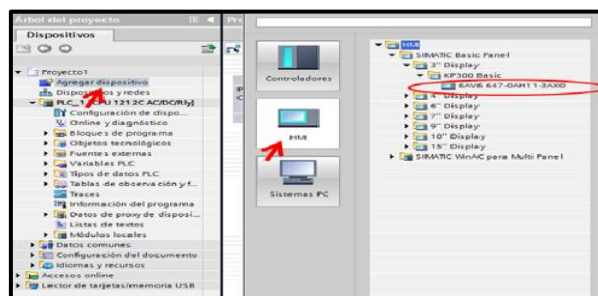
Se hace click en la configuración señalada ya que esas son las características que tiene el PLC



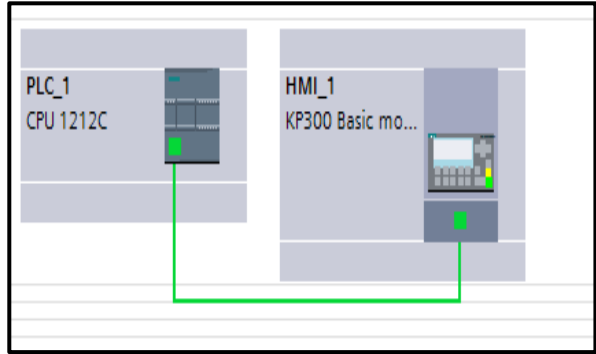
**Paso 2** hay que agregar el módulo de expansión de entradas y salidas analógicas con las características mencionadas con anterioridad. Hacer click donde se indica y arrastrar junto al PLC.



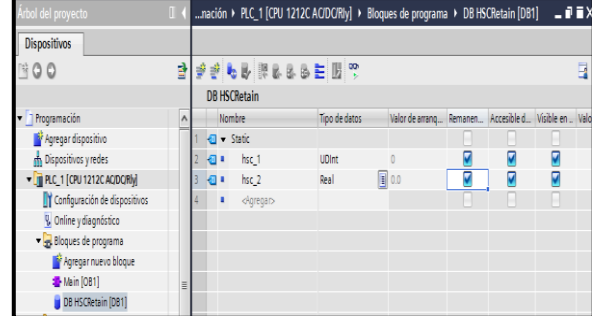
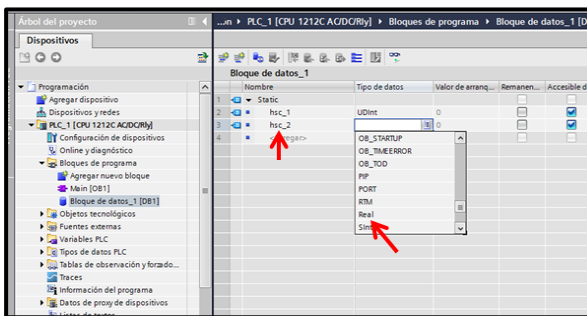
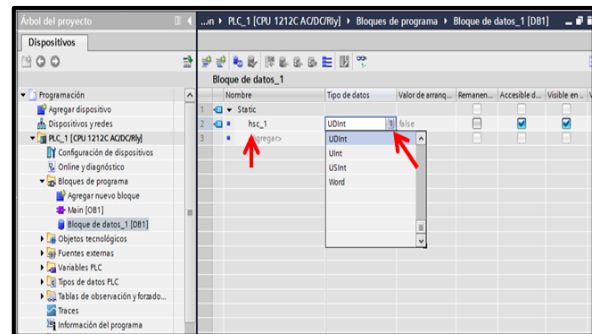
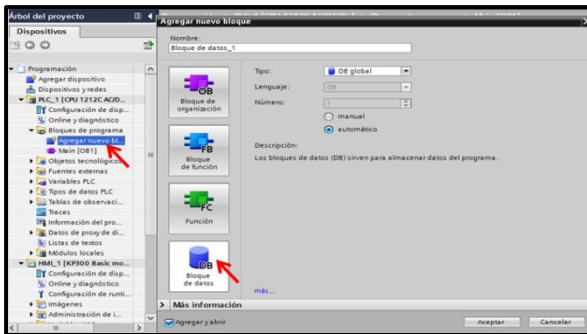
**Paso 3** configurar la pantalla HMI, en este caso se tiene la pantalla seleccionada



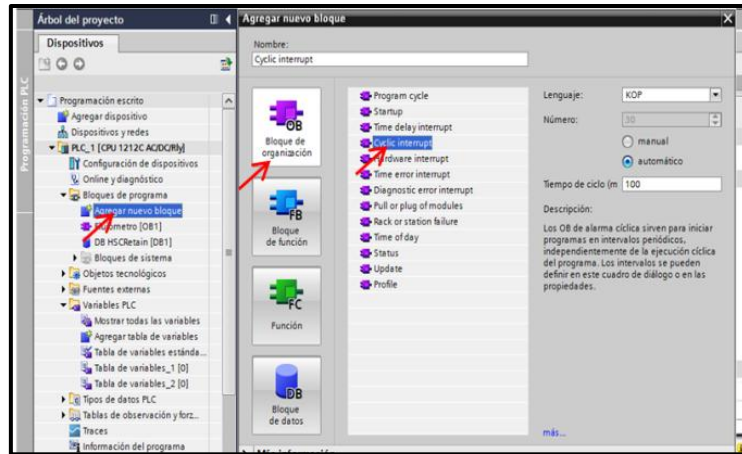
Para realizar la comunicación de la pantalla HMI y el PLC se hace click en dispositivos y se unen los puntos marcados.



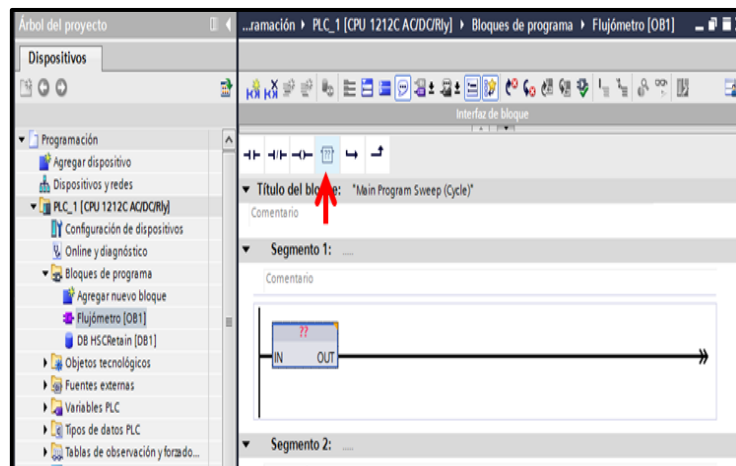
#### Paso 4 agregar bloque de datos



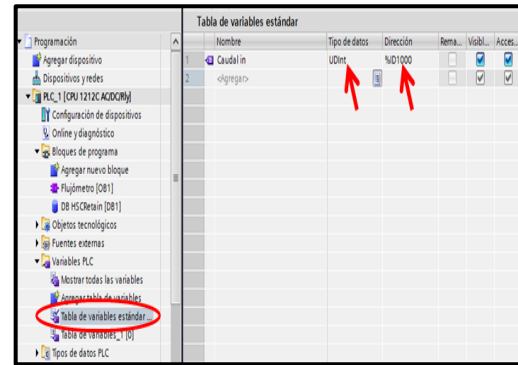
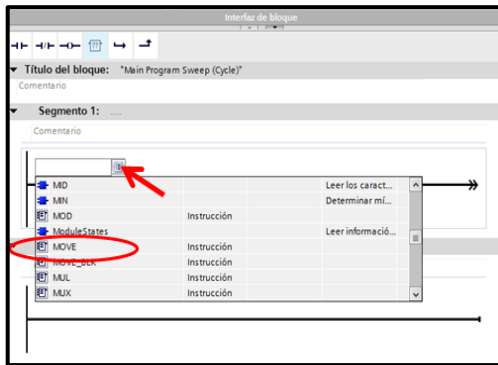
**Paso 5.** Para programar el sensor de caudal creamos un bloque de organización, hacemos doble click y aparecen 4 tipos de bloque y elegimos el de organización.



Agregado el bloque de programación que también se le puede cambiar de nombre, se empieza a programar agregando un dispositivo “move” que tiene la función de mover un valor a otro, se hace en click en cuadro vacío y se arrastra al segmento 1.

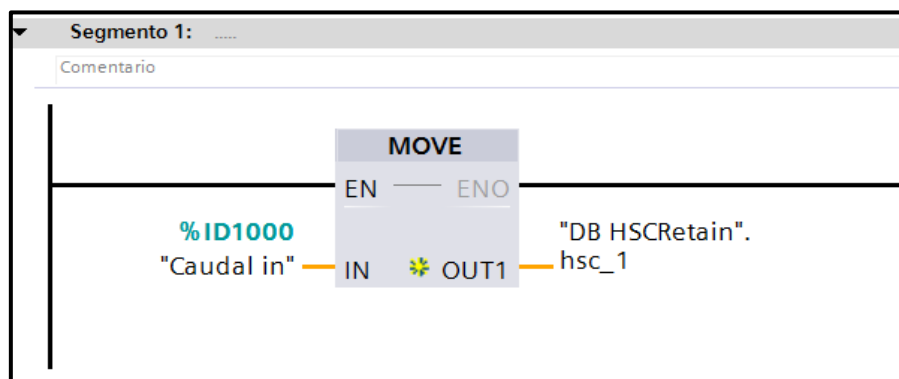
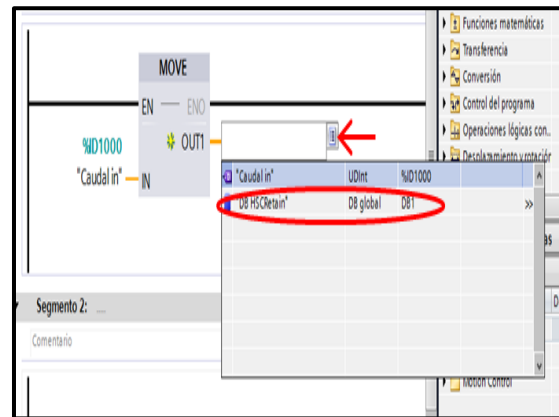
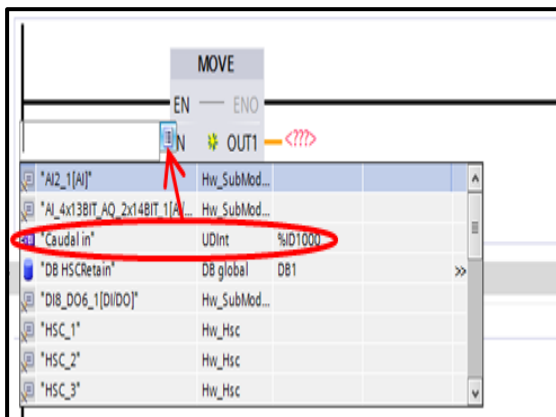


Para configurar el dispositivo “Move” se pincha en el signo de interrogación y se desplazará una tabla en la cual vamos a buscar “Move”, luego de esto agregamos una tabla de variables del PLC, y damos nombre para la entrada y la salida.

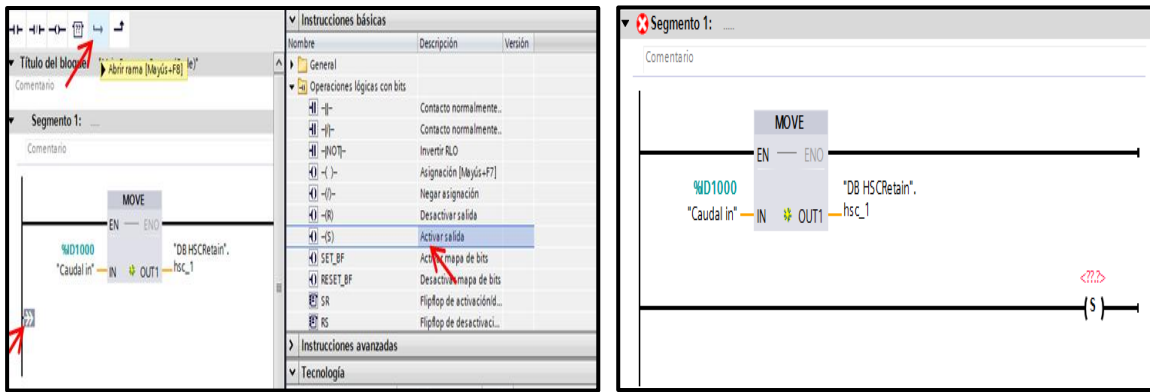


Nota: el valor %ID1000 es la memoria establecida por el contador del PLC

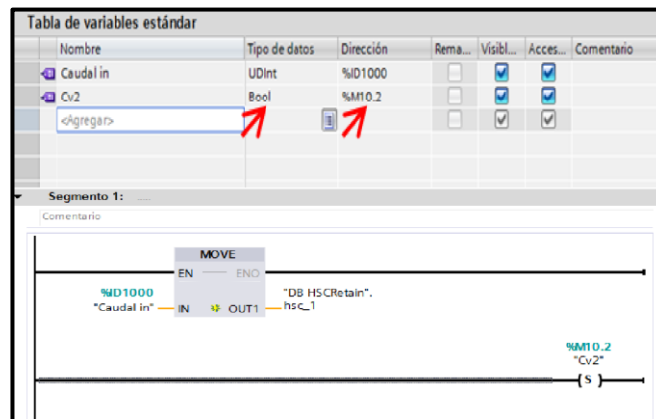
Realizado la tabla de variables se procede a seleccionar en el dispositivo MOVE los respectivos datos de entrada como de salida.



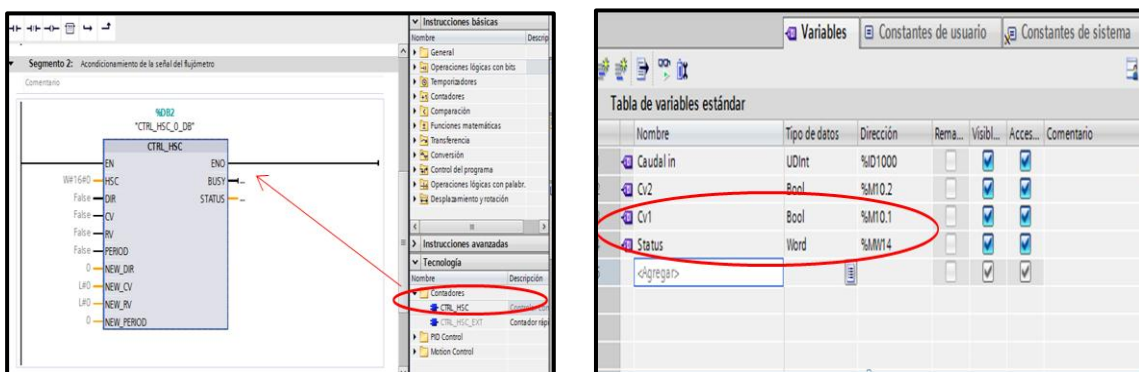
A continuación se crea un seteo para dar el mando al siguiente segmento si el dispositivo MOVE ya realizó la acción. Para realizar esto se da click en la flecha de **abrir rama y arrastra al segmento 1**, realizado esto se da click en el lado derecho de la pantalla se da click en operaciones lógicas con bits y se le da click en **“Activar la salida”**



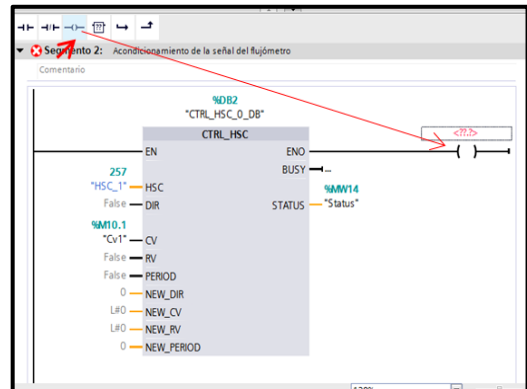
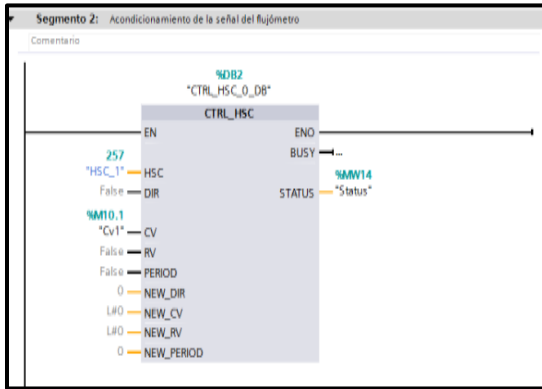
Se asigna una variable al seteo que se le va a llamar Cv2 de tipo booleano, se le da click en los signos de interrogación y la variable queda asignada.



**Paso 6.** Hay que realizar un acondicionamiento para la señal del sensor de caudal, para ello se debe programar un contador, para ello nos vamos a la parte derecha, en la información se da click en tecnología y se selecciona el contador y se arrastra al segmento 2. Luego se configura el dato en la tabla de variables con un status de tipo de dato "WORD" y el valor del contador "CV1" de tipo booleano.

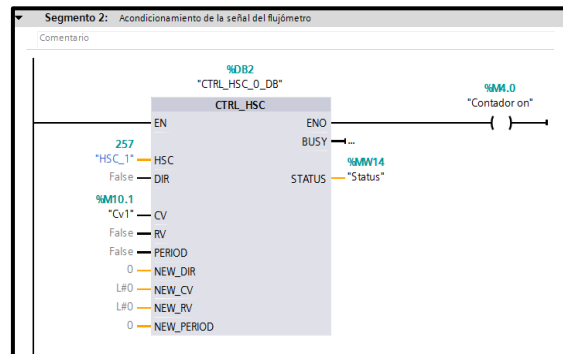


Luego de esto se le asigna el valor al HSC que va tener un número de 257 que es un valor ya incorporado en el contador, luego se le asigna el valor del contador 1 “CV1”, y luego el status, valores que ya se los designó en la tabla de variables. Luego realiza una asignación para saber si el contador ya contó.

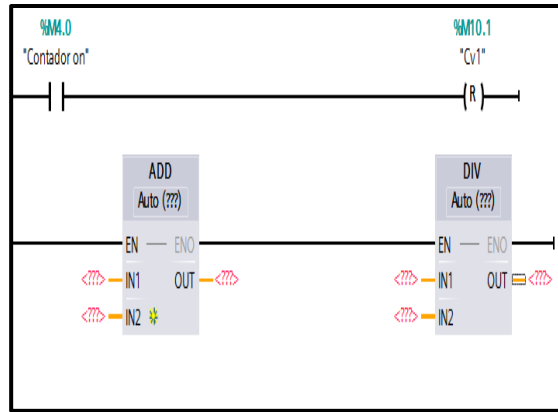
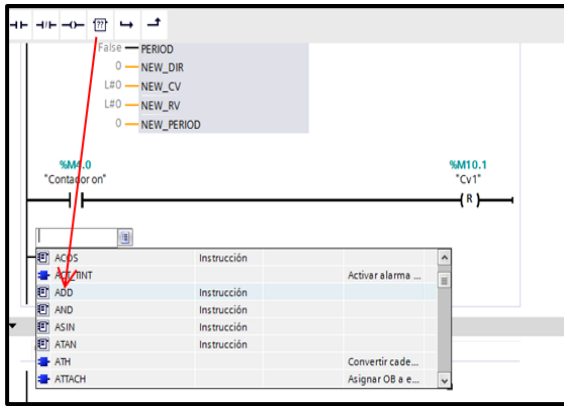


Para asignar el dato a la asignación se introduce el dato en la tabla de variables de tipo booleano.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1 Caudal in	UDInt	%DI1000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2 CV2	Bool	%M10.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3 CV1	Bool	%M10.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4 Status	Word	%MM14		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5 Contador on	Bool	%M4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

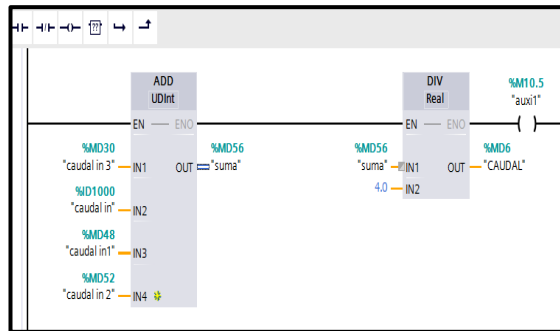


**Paso 7.** Se programa un dispositivo de suma y se realiza un promedio de tres valores que a su vez se hace un promedio y se divide para los 4 valores de la suma que es el flujo promedio que está circulando, para ello se agrega un cuadro vacío y se lo configura para la función suma y el mismo proceso para la función de división.

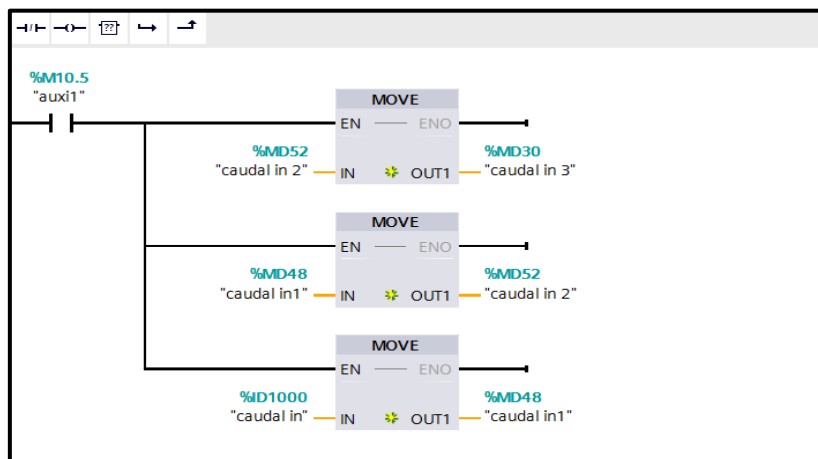


A continuación se pone los datos en la tabla de variables para configurar el dispositivo de suma y división.

Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	Caudal in	UDInt	%D1000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Cv2	Bool	%M10.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Cv1	Bool	%M10.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Status	Word	%MW14		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Contador on	Bool	%M10.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	caudal in 3	UDInt	%MD30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	caudal in 1	UDInt	%MD48		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	caudal in 2	UDInt	%MD52		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	suma	UDInt	%MD56		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	caudal	Real	%MD6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	aux1	Bool	%M10.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	<regret>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

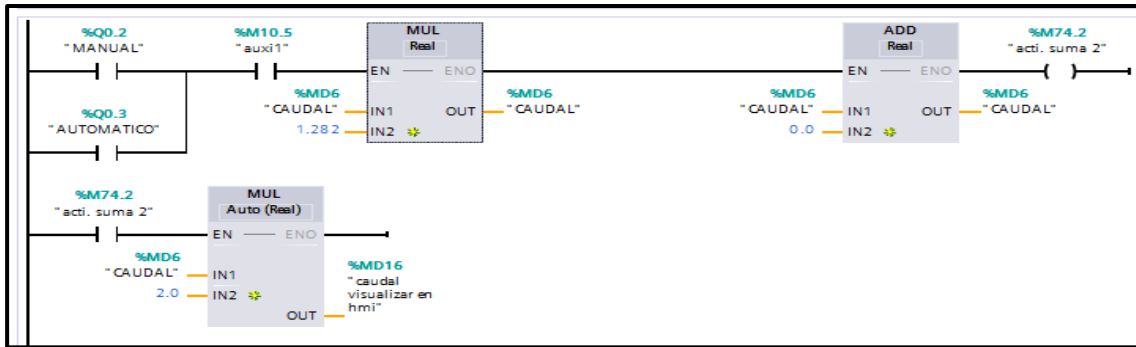


A continuación se pone tres comandos de move para rotar los valores, del “caudal in 2” rote a “caudal in 3”, así con los otros dos comandos move.



Luego de que se hace el promedio de los valores se empieza acondicionar la variable, se pone dos contactos normalmente abiertos con sus respectivos valores, se dice en el programa que a ese valor se multiplique por 1.282 que es un dato de acondicionamiento del dispositivo que se está programando en otras palabras, datos del sensor, para que se haga esa multiplicación se debe activar Aux 1 que está en serie con los contactos NA en paralelo.





Como se puede observar en la figura anterior se realiza un programa para visualizar en la pantalla HMI, al caudal (%MD6 “Caudal”) que ya está acondicionado se le multiplica por 2 para que lea un caudal en ese rango, pero para visualizar se necesita que se active, para ello se pone un contacto NA (%M74.2 “acti. Suma 2”).

Finalmente el sensor de caudal ha sido acondicionado, a continuación se muestra la tabla de variables que intervinieron en la configuración y programación del flujómetro.

Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Accesible desde H..	Comentario
1	Caudal in	UDInt	%ID1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Cv2	Bool	%M10.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Cv1	Bool	%M10.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Status	Word	%MW14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Contador on	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	caudal in 3	UDInt	%MD30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	caudal in 1	UDInt	%MD48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	caudal in 2	UDInt	%MD52	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	suma	UDInt	%MD56	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	caudal	Real	%MD6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	auxi 1	Bool	%M10.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Manual	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Automático	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Acti. suma 2	Bool	%M74.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Caudal visualizar en HMI	Real	%MD16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

En la figura 50 se muestra el bloque de datos configurado y programado del sensor de caudal, como se puede observar en cada final del segmento hay una “asignación”<sup>1</sup> que es la que dice: ya realizó la función y pase a la siguiente rama. Esta asignación sirve para todos los segmentos y ramas que constan en toda la programación a realizar en esta investigación.

1

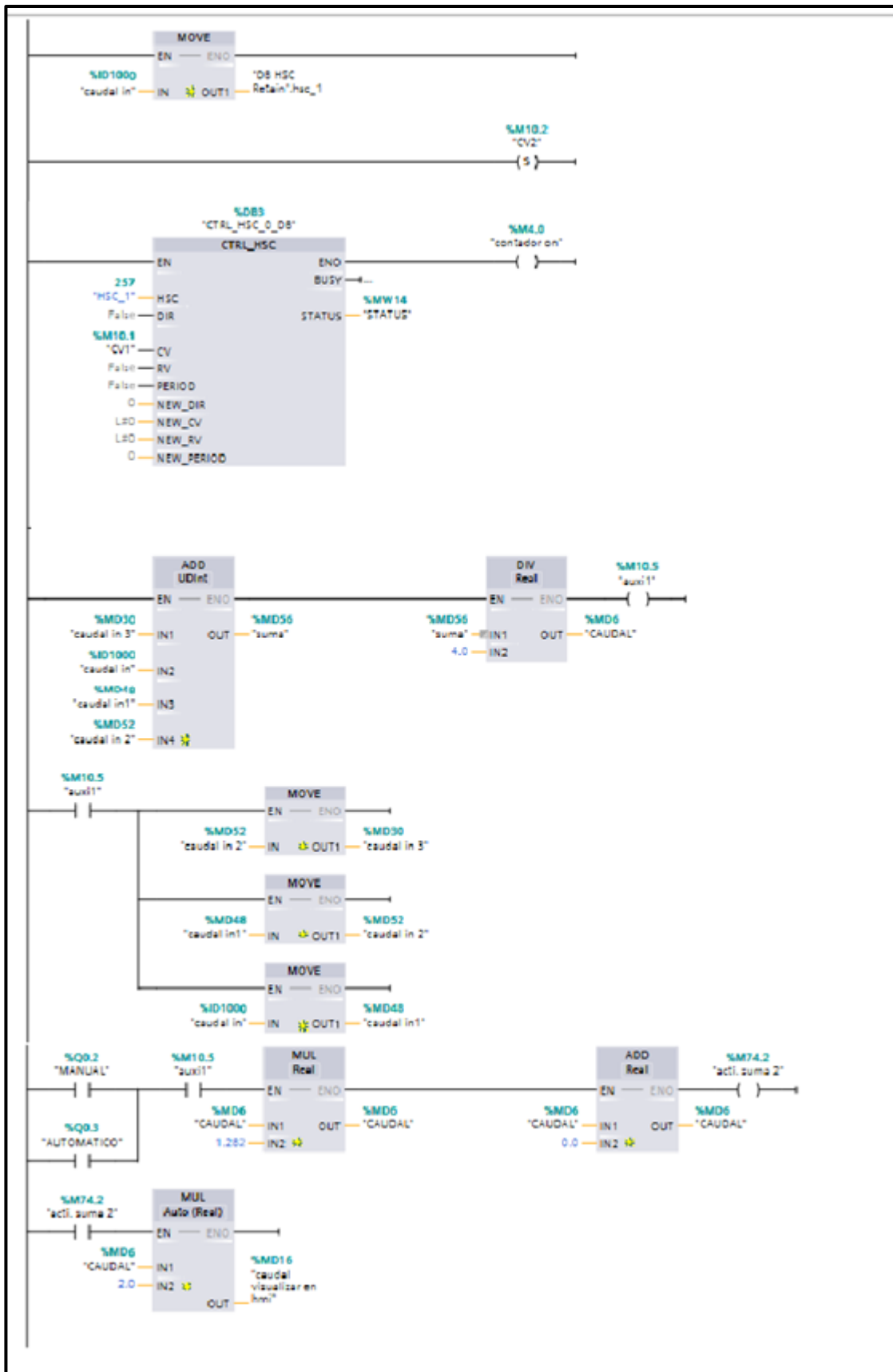
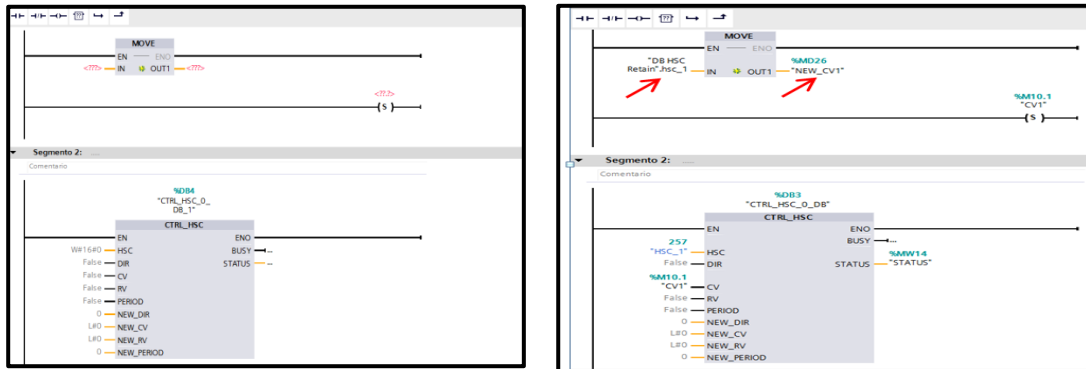
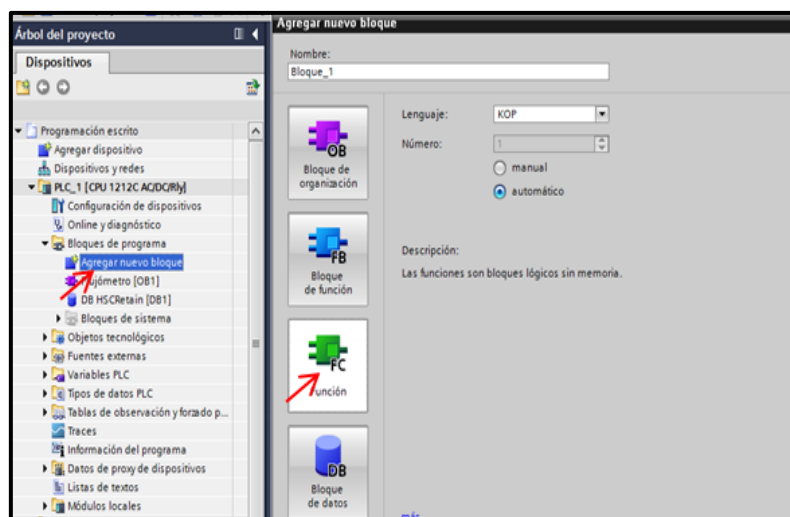


Figura N.º 50 Acondicionamiento del sensor de caudal

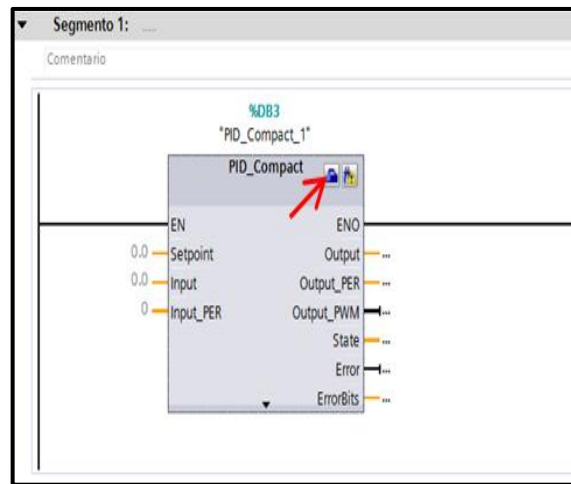
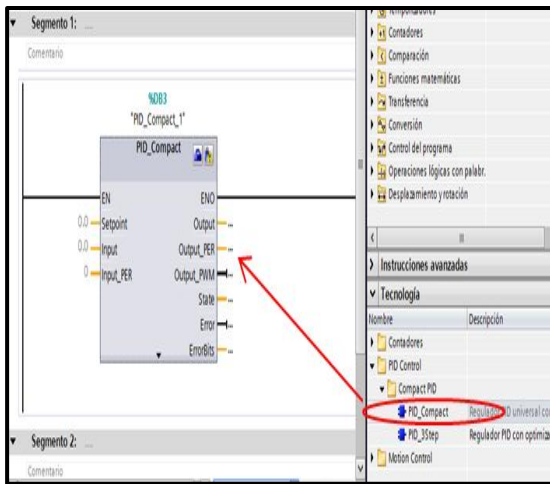
**Paso 8.** Luego se crea un nuevo bloque de organización y agrega un nuevo comando “MOVE” para que mueva el valor de la salida del contador del flujómetro ("DB HSC Retain".hsc\_1) a un nuevo valor del contador 1 ("NEW\_CV1") en vista de que el sensor se mide en pulsos y se mueve para realizar el conteo analógico. Luego se agrega un seteo para que dé la orden al contador que el MOVE ya realizó la acción y por último se agrega las variables.



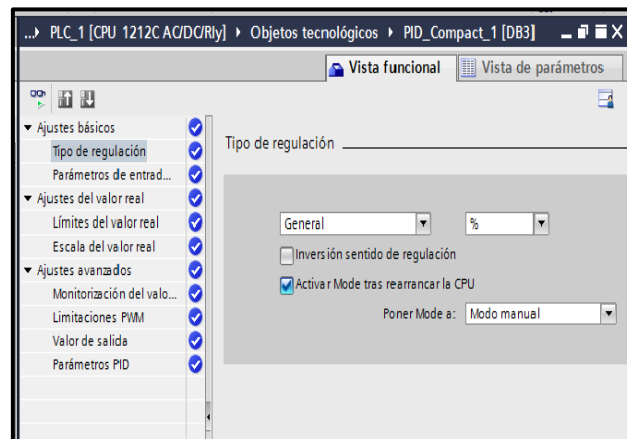
**Paso 9.** Para dar estabilidad al sistema se necesita configurar y programar un control proporcional integral derivativo (PID), para este caso solo es necesario realizar un control proporcional integral (PI) ya que con este control funciona correctamente. Para realizar esto se crea un nuevo bloque de función.



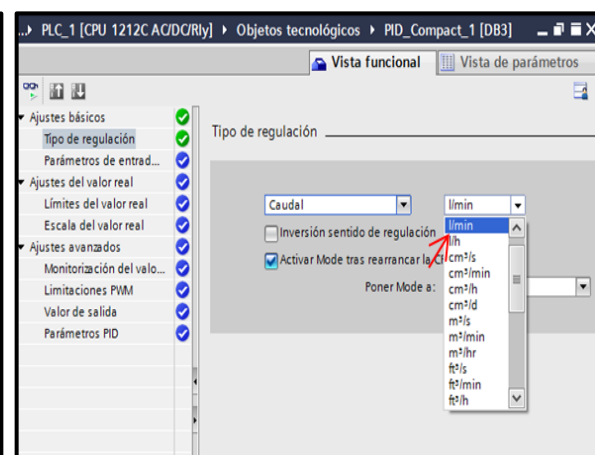
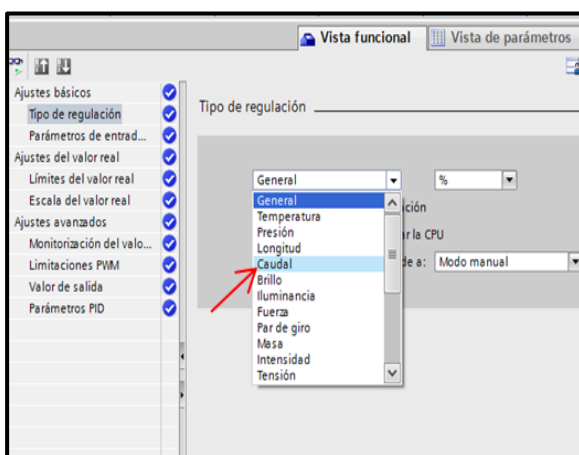
Creado el bloque de función, en la parte inferior derecha se da click en tecnología y click en PID control y elegimos el control de tipo “PID\_compact” y arrastramos hacia la barra. Y para configurar el tipo de control se da click en la parte superior derecha del controlador.



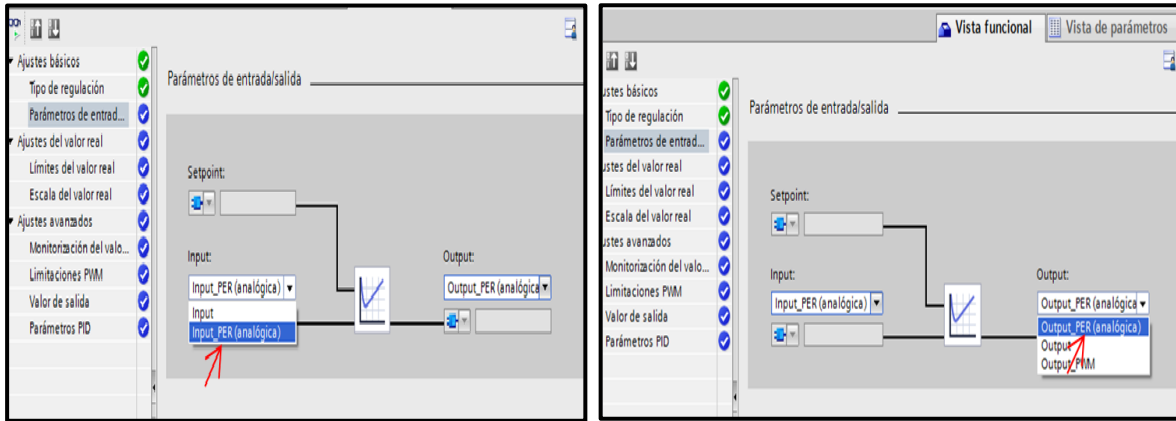
Luego se va a desplazar una ventana donde se va a configurar el control proporcional integral (PI).



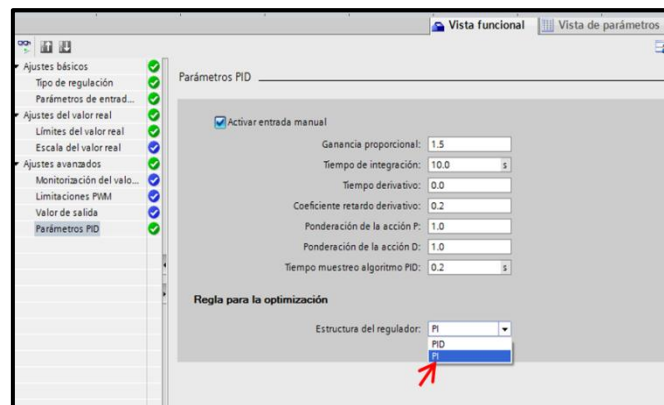
Luego de esto configuramos todos los ajustes que intervienen en el controlador, en el tipo de regulación se escoge “caudal” que se va a controlar y se elige litros por minuto L/min, que es lo que se va dar la lectura el sensor.



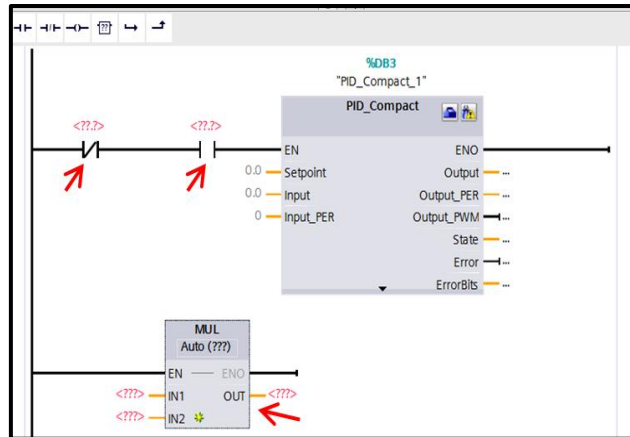
Luego se configura los parámetros de entrada y salida para el PLC, en la entrada se selecciona “Input\_PER (analógica)” y para la salida del PLC se selecciona “Output\_PER (analógica)”



Cabe destacar que los ajustes del valor real ya vienen incorporados por default, en este caso como es analógico, en los ajustes avanzados solo se va a configurar los parámetros PID. Se selecciona el modo PI como lo indica la flecha.

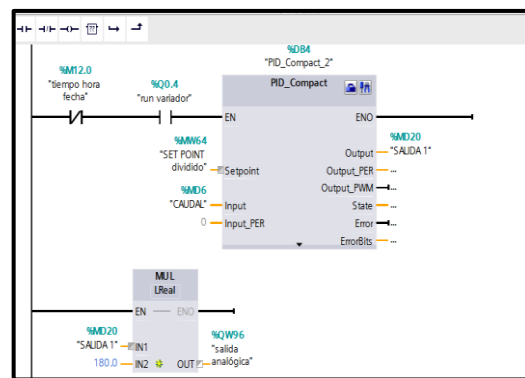


Ya seleccionada la estructura del regulador se puede observar que los datos numéricos se activan automáticamente. Esto se debe a que se realizó una calibración inicial al sensor. Se debe insertar en el segmento un contacto controlador PID un contacto NC que es el tiempo de activado y un contacto NA que es el inicio del variador de frecuencia, y una multiplicación en otra barra para que la salida controlador PID multiplique y se obtenga la salida analógica controlada.

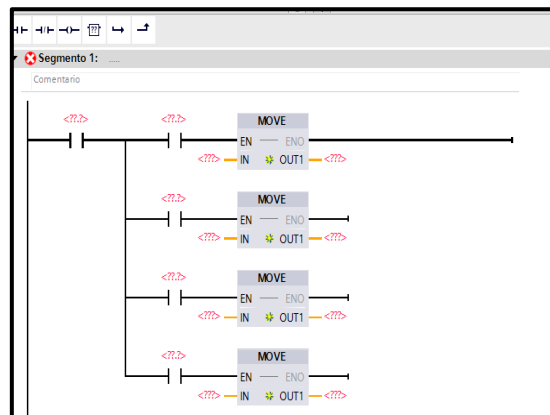
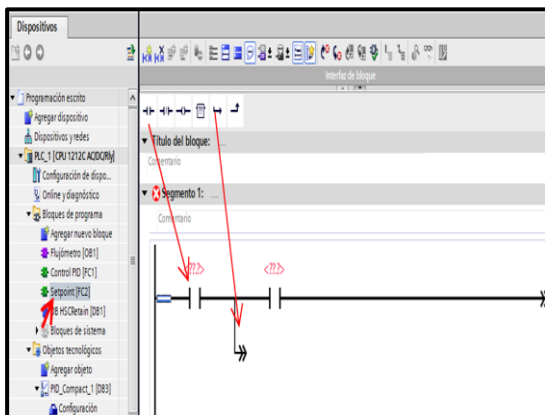


Luego de esto se asigna en la tabla de variables los nuevos elementos incorporados en las barras.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Item	Visib.	Acces.	Comentario
caudal in	UDint	M000				
CO2	Bool	M002				
OV1	Bool	M001				
Status	Word	M004				
Contador on	Bool	M00				
caudal in 3	UDint	M000				
caudal in 1	UDint	M008				
caudal in 2	UDint	M052				
suma	UDint	M056				
caudal	Real	M06				
asul 1	Bool	M005				
Manual	Bool	M002				
Automatico	Bool	M003				
Acti suma 2	Bool	M002				
caudal salidas variables	Real	M006				
Salida 1	Real	M020				
Run variador	Bool	M004				
SETPOINT dividido	Int	M064				
salida analogica	Int	M096				

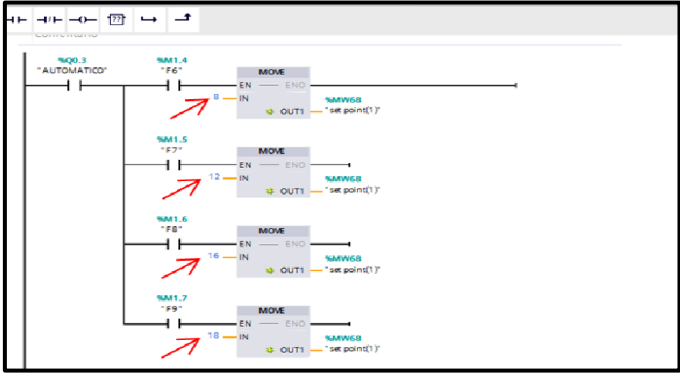


**Paso 10.** Hay que asignar un caudal deseado (SETPOINT) para que el controlador lógico programable de la orden al variador de frecuencia y se realice el riego con el caudal que se asigne. Para ello se debe asignar un nuevo bloque de función en el cual se van asignar cuatro comandos “MOVE” todos con un contacto NA que se la va asignar una variable de automático, y cada uno de los comandos también con un contacto NA.

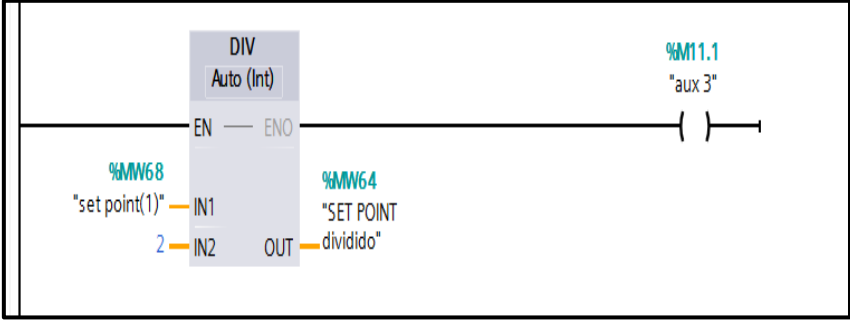


Como se ha estado realizando anteriormente se asigna valores en la tabla de variables para configurar los “MOVE”, y se le asigna en la entrada (IN) el valor del caudal.

Tabla de variables estándar						
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comenta
13 Automático	Bool	%Q0.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14 Acti. suma 2	Bool	%M74.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15 Caudal visualizar en HMI	Real	%MD16		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16 Salida 1	Real	%MD20		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17 Run variador	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18 SETPOINT dividido	Int	%MW64		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19 salida analógica	Int	%QI96		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20 F6	Bool	%M1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21 F7	Bool	%M1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22 F8	Bool	%M1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23 F9	Bool	%M1.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24 setpoint 1	Int	%MW68		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25 <agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

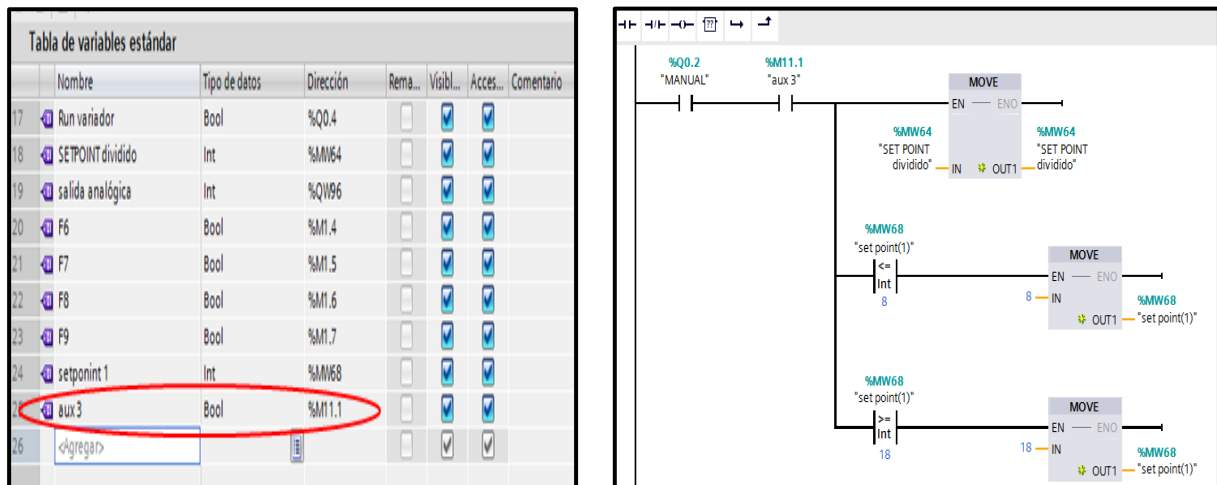


Como se puede observar se le asignó a cada comando “MOVE” una entrada (IN) con valores de (8, 12, 16, 18) l/min, estos valores son van a ser visualizados en la pantalla HMI y si estos sobrepasan o disminuyen, es donde entra actuar el controlador PI. Se puede cambiar los valores que se requiera puede ser 10 o 13 litros por minuto según el caudal requerido. Luego de programados los comandos “MOVE” hay que realizar una división para 2 de los valores para tener un promedio total.



Se puede cambiar los valores que están programados de forma automática, para cambiarlos se debe agregar un contacto NA para programarlo de forma que en la pantalla HMI se los puede cambiar de forma manual. Se asigna tres nuevos comandos “MOVE”, uno que es que se lo dividió para sacar el promedio y los otros dos para programar el valor máximo y mínimo para el manejo manual.

Se debe asignar en la tabla de variables los valores nuevos para el contacto NA manual, y un cuadro vacío al que se le va asignar un comando de mayor o igual que 8 y otro comando de menor o igual que 18. Se asigna estos valores ya que el control manual debe ser entre un caudal mínimo de 8 l/min y un máximo de 18 l/min que son los valores estándar debido a las características de lectura del sensor.



En la figura 51 se muestra la programación total del setpoint del sensor de caudal



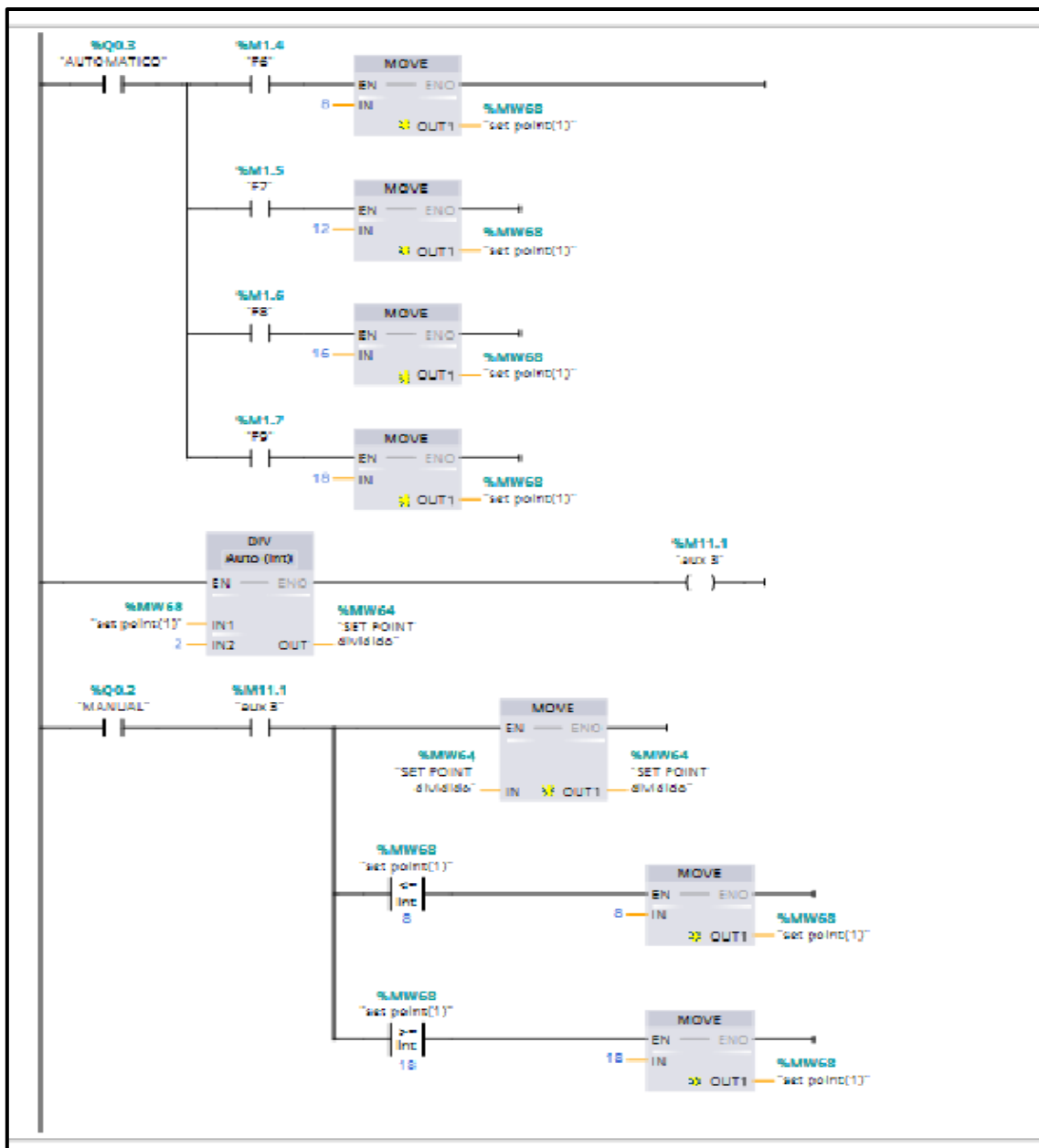


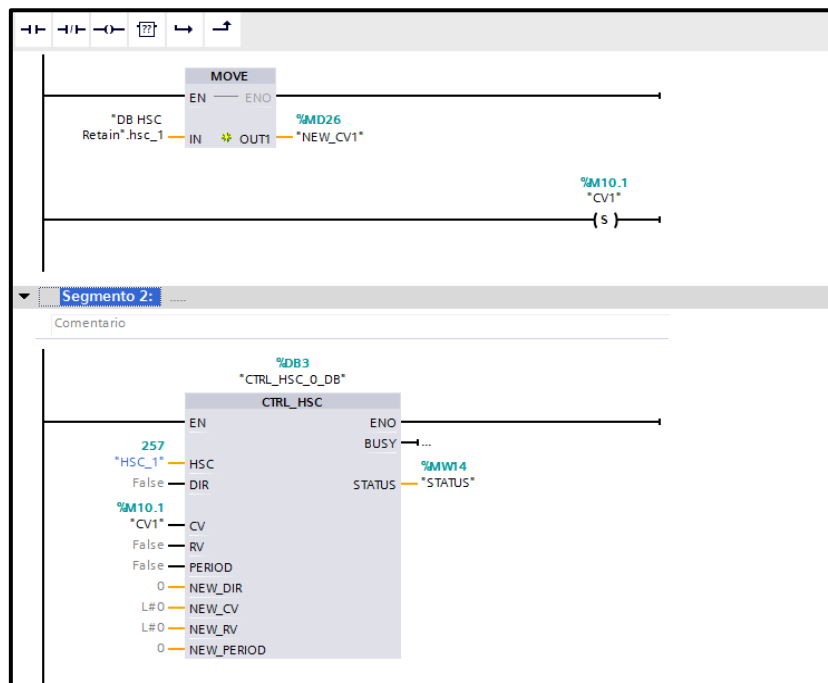
Figura N°. 51 Programación Setpoint del sensor de caudal

### Paso 11. Configuración y programación del sensor de pH

Para configurar y programar el sensor de pH se debe hacer pasos similares al del sensor de caudal, primeramente se asigna un nuevo bloque de datos y luego un comando “MOVE” con una nueva salida que se va a establecer en la tabla de variables y un contador con las mismas características del sensor de caudal.

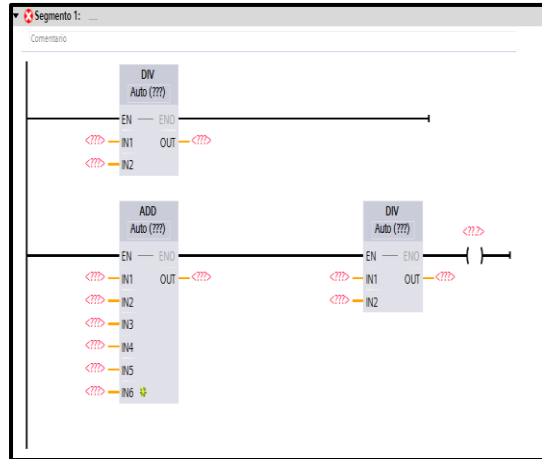
Tabla de variables estándar							
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario	
15	Caudal visualizar en HMI	Real	%MD16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Salida 1	Real	%MD20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Run variador	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	SEPOINT dividido	Int	%MM64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	salida analógica	Int	%QI66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	F6	Bool	%M1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	F7	Bool	%M1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	F8	Bool	%M1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	F9	Bool	%M1.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	sepoint1	Int	%MM68		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	aux3	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	NEW_CV1	UDint	%MD26		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	<Agregar>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Se asigna las respectivas variables al comando “MOVE” y al contador

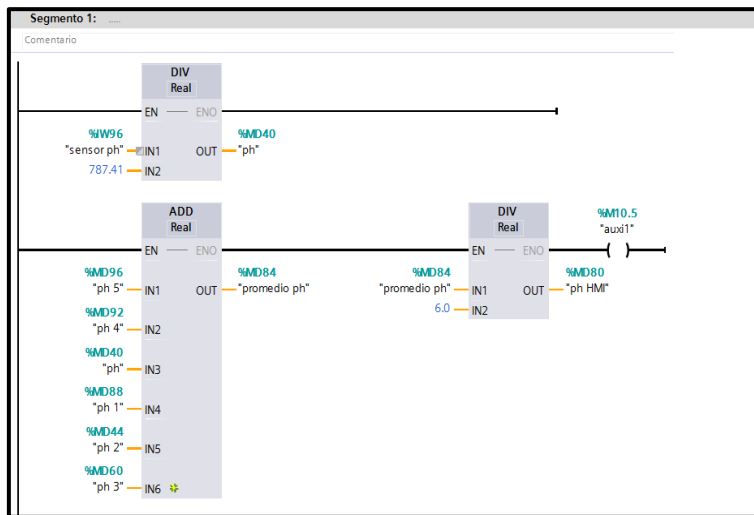


Luego se crea un bloque de función para fijar las variables de los comandos, primeramente se realiza una división en la rama del segmento y luego se agrega una suma que al igual que el sensor de caudal para sacar un promedio de 6 y dividirlo para ese número de valores.

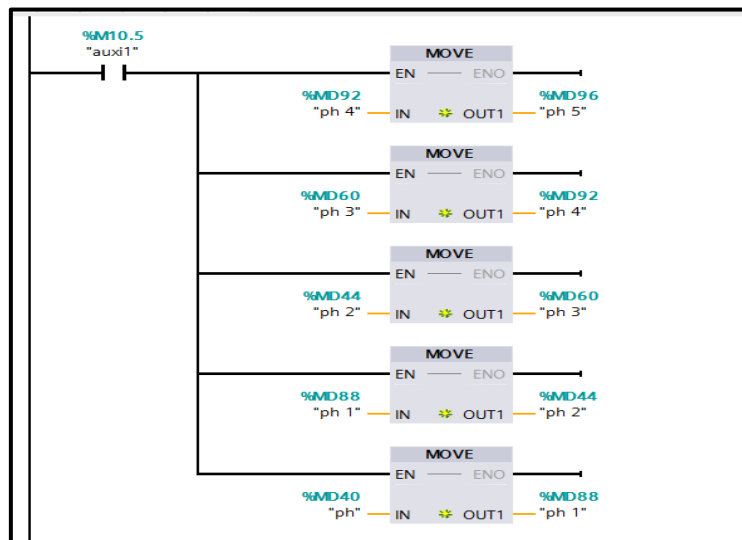
Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
2	F8	Bool	%M1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	F9	Bool	%M1.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	setpoint1	Int	%MW68		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	aux_3	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	NEW_CV1	UDInt	%MD26		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	sensor ph(1)	Int	%IW96		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	ph	Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	ph5	Real	%MD96		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	ph4	Real	%MD92		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	ph1	Real	%MD88		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	ph2	Real	%MD44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	ph3	Real	%MD60		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	promedio ph	Real	%MD84		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	ph HMI	Real	%MD80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	<regresar>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	



Se asigna las variables

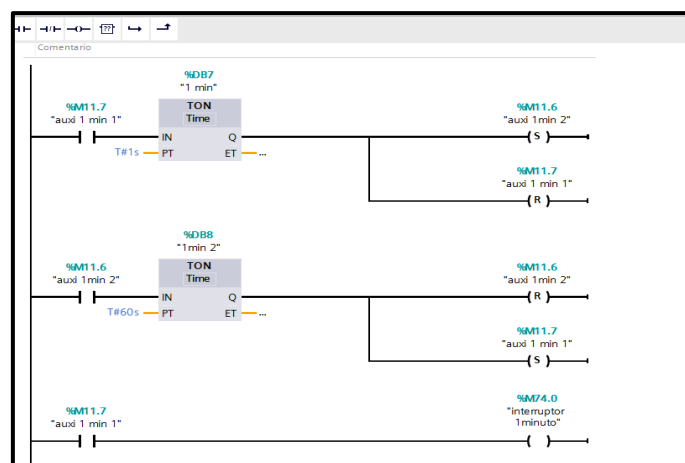
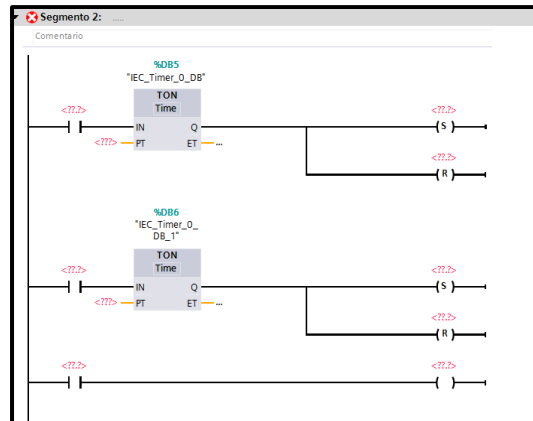


A continuación se inserta seis comandos “MOVE” para mover los valores de 4 a 5 de 2 a y así sucesivamente



A continuación se realiza la programación para el control de pH, así mismo como en los casos anteriores se inserta un contacto NA y un cuadro vacío donde se le va asignar el comando “TON” que es un pequeño retardo para volver a conectar las dos electroválvulas que entregan reductor y elevador de pH donde se le va asignar 1s y 60s esto para dar el tiempo para que se establezca el pH requerido hasta que esté en los valores programados, y dos operaciones lógicas una para seteo y otra para el reseteo.

Tabla de variables estándar						
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
21	F7	Bool	%M1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	F8	Bool	%M1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	F9	Bool	%M1.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	setponint 1	Int	%MW68		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	aux 3	Bool	%M11.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	NEW_CV1	UDInt	%MD26		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	sensor ph(1)	Int	%IW96		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	ph	Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	ph5	Real	%MD96		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	ph4	Real	%MD92		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	ph1	Real	%MD88		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	ph2	Real	%MD44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	ph3	Real	%MD60		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	promedio ph	Real	%MD84		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	ph HMI	Real	%MD80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36	aux 1 min 1	Bool	%M11.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37	aux 1 min 2	Bool	%M11.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38	interruptor 1 min	Bool	%M74.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
39	<Agregar>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Luego se crea la variable de interrupciones para el pH, con lo dicho en el capítulo 2 un pH adecuado debe tener los valores entre 5,6 y 6,5, para ello se va asignar dos cuadros vacíos donde se va asignar un comando menor o igual y otro mayor o igual, al comando de “<=” se le va asignar un valor de 5,6 que es el mínimo valor de pH que debe medir y al comando “>=” se le va asignar 6,5. Y otros dos cuadros vacíos a los que se le va asignar un “TOF”.

Luego de realizado este paso se asigna tres contactos NA que nos va a permitir iniciar el encendido de las electroválvulas, también una asignación para el elevador de pH y otra para el reductor de pH.

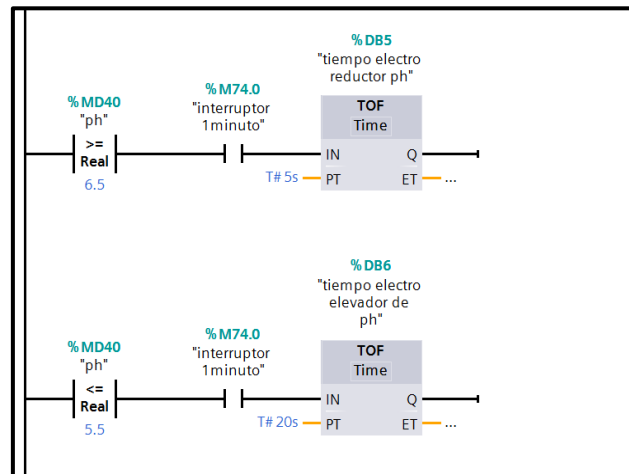
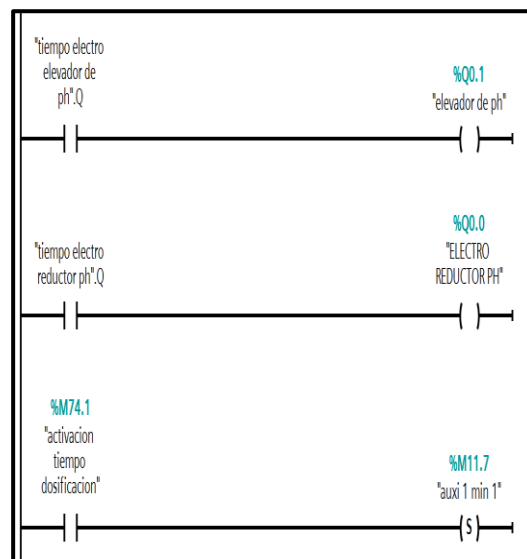


Tabla de variables estándar				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Re
26	NEW_CV1	UDInt	%MD26	
27	sensor ph(1)	Int	%IW96	
28	ph	Real	%MD40	
29	ph5	Real	%MD96	
30	ph4	Real	%MD92	
31	ph1	Real	%MD88	
32	ph2	Real	%MD44	
33	ph3	Real	%MD60	
34	promedio ph	Real	%MD84	
35	ph HMI	Real	%MD80	
36	auxi 1 min 1	Bool	%M11.7	
37	auxi 1 min 2	Bool	%M11.6	
38	interruptor 1 min	Bool	%M74.0	
39	elevador de pH	Bool	%Q0.1	
40	electroreductor de pH	Bool	%Q0.0	
41	activación tiempo dosificación	Bool	%M74.1	
42	<Agregar>			



En la figura 52 se muestra la programación total para realizar los promedios y en la figura 53 se muestra la programación del tiempo de activación de la electroválvula dosificadora de pH y la activación de la electroválvula reductora de pH.

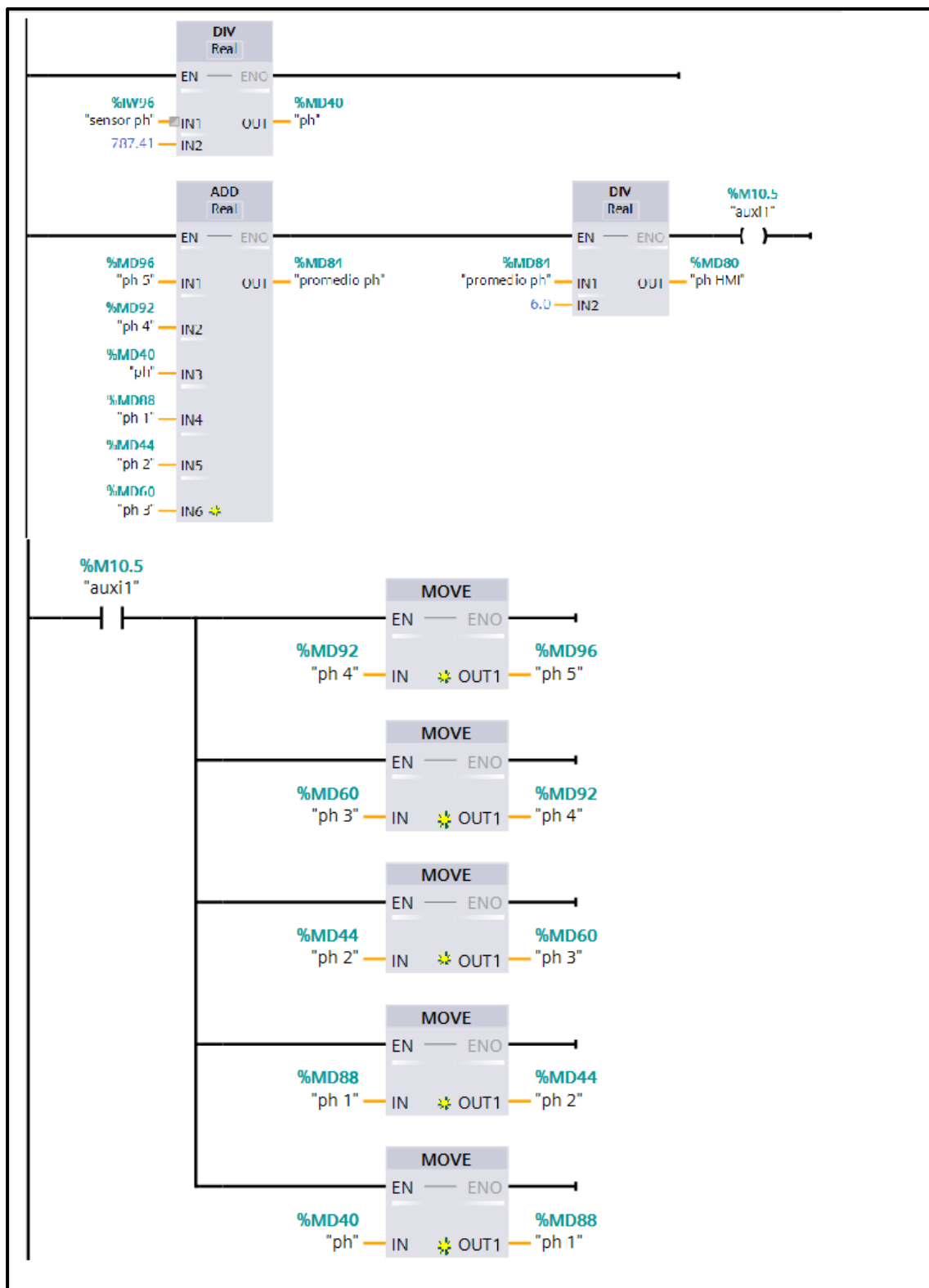


Figura N°.52 Programación del promedio del sensor de pH

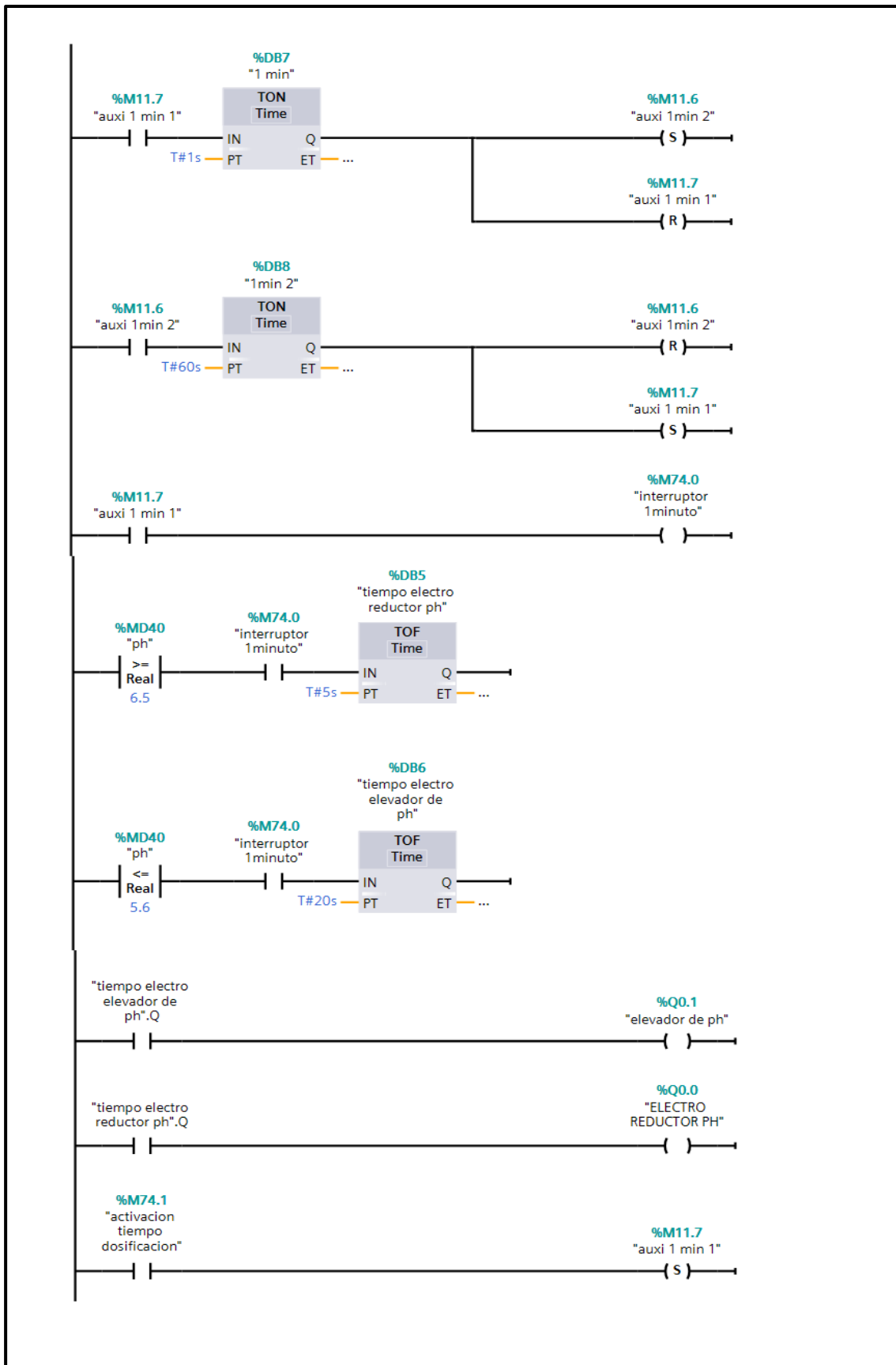
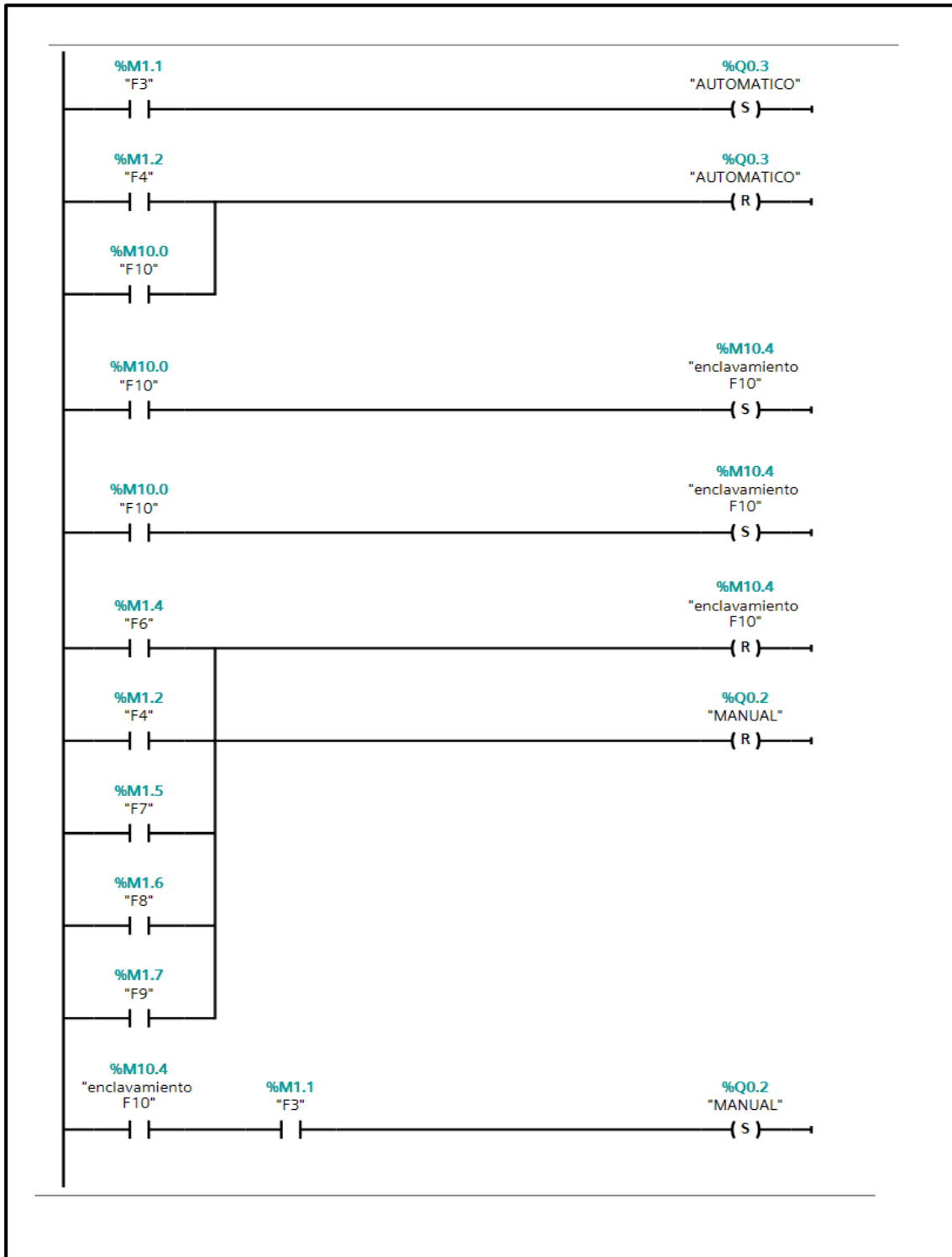


Figura N°. 53 Programación electroválvulas dosificadoras de pH

**Paso 12.** Se debe programar el enclavamiento de los contactos NA y los NC y la programación para dar inicio al variador de frecuencia. En la figura 54 se muestra la programación de los contactos NA Y NC y en la figura 55 el run del variador.



**Figura N°. 54** Programación de enclavamiento



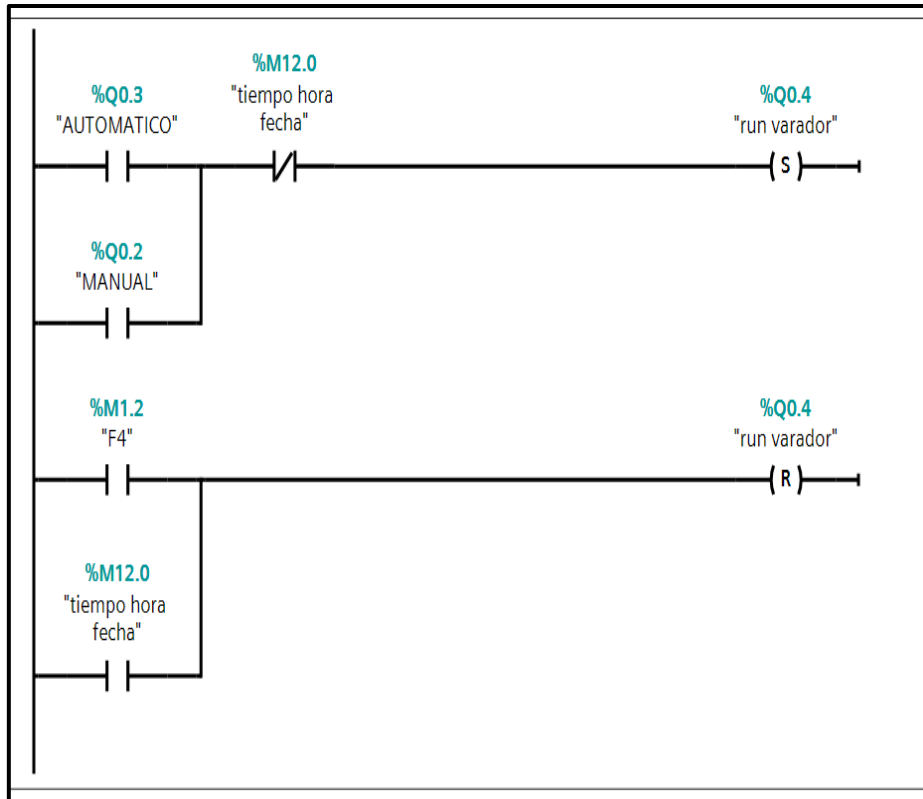
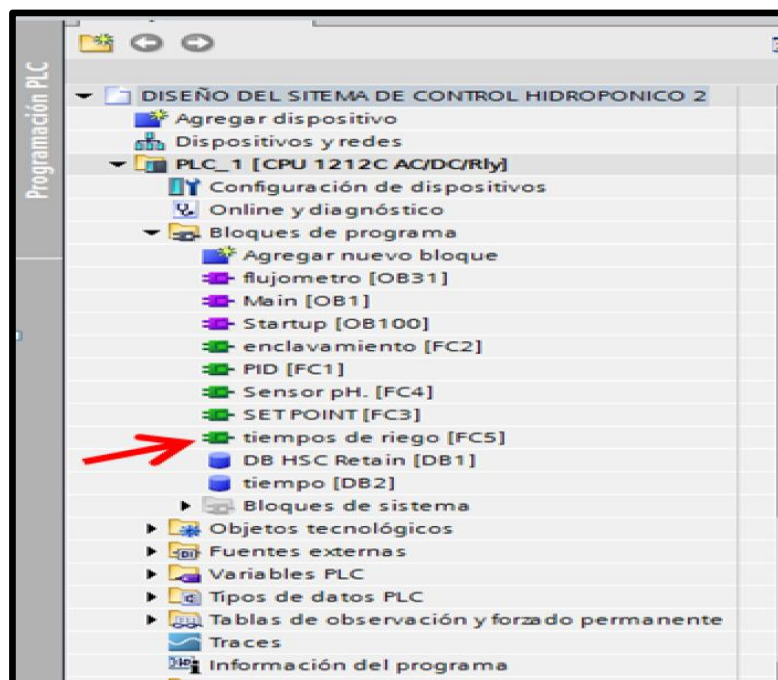
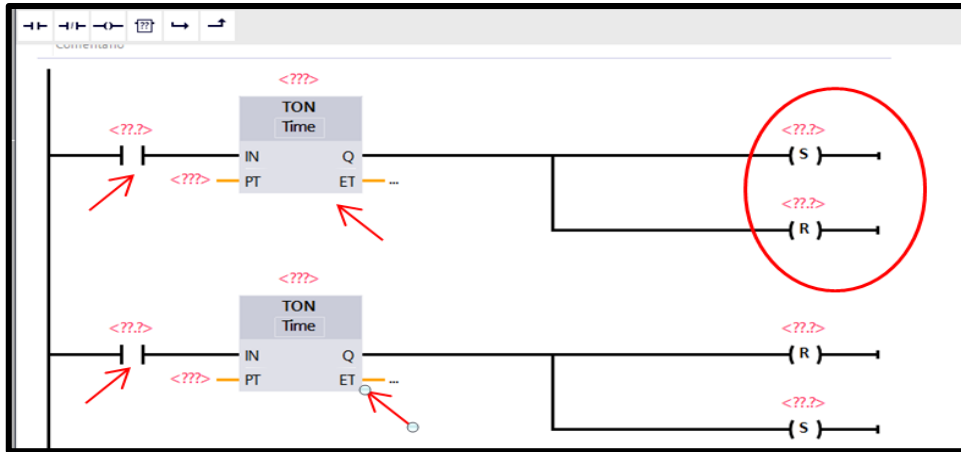


Figura N°. 55 Run del variador

**Paso 14** Se agrega un bloque de función para determinar los tiempos de riego de uno para encendido y otro para apagado, para ello se agrega un TON con un contacto NA un seteo(S) y un reseteo(R) a cada uno.





Luego se agrega un contacto NA y una operación lógica con bits comando “negar asignación”



Ase agrega lo valores de la tabla de variables

Tabla de variables estándar						
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
	auxi4	Bool	%M10.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ph HMI 1	Real	%MD34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	auxi5	Bool	%M38.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	promedio ph	Real	%MD84	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ph 1	Real	%MD88	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	contacto reductor ph S	Bool	%M38.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	contacto reductro ph R	Bool	%M38.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ph 4	Real	%MD92	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ph 5	Real	%MD96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tiempo actual	Time_Of_Day	%MD100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tiempo 2	Time_Of_Day	%MD104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	dif_tiempo	Time	%MD108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	aux on	Bool	%M38.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	aux off	Bool	%M38.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

En la figura 56 se muestra la programación total de los tiempos de riego, como se puede observar se puede asignar cualquier valor de tiempo que esté regando y el tiempo que debe pararse el riego mediante el variador de frecuencia y por ende la bomba centrífuga.

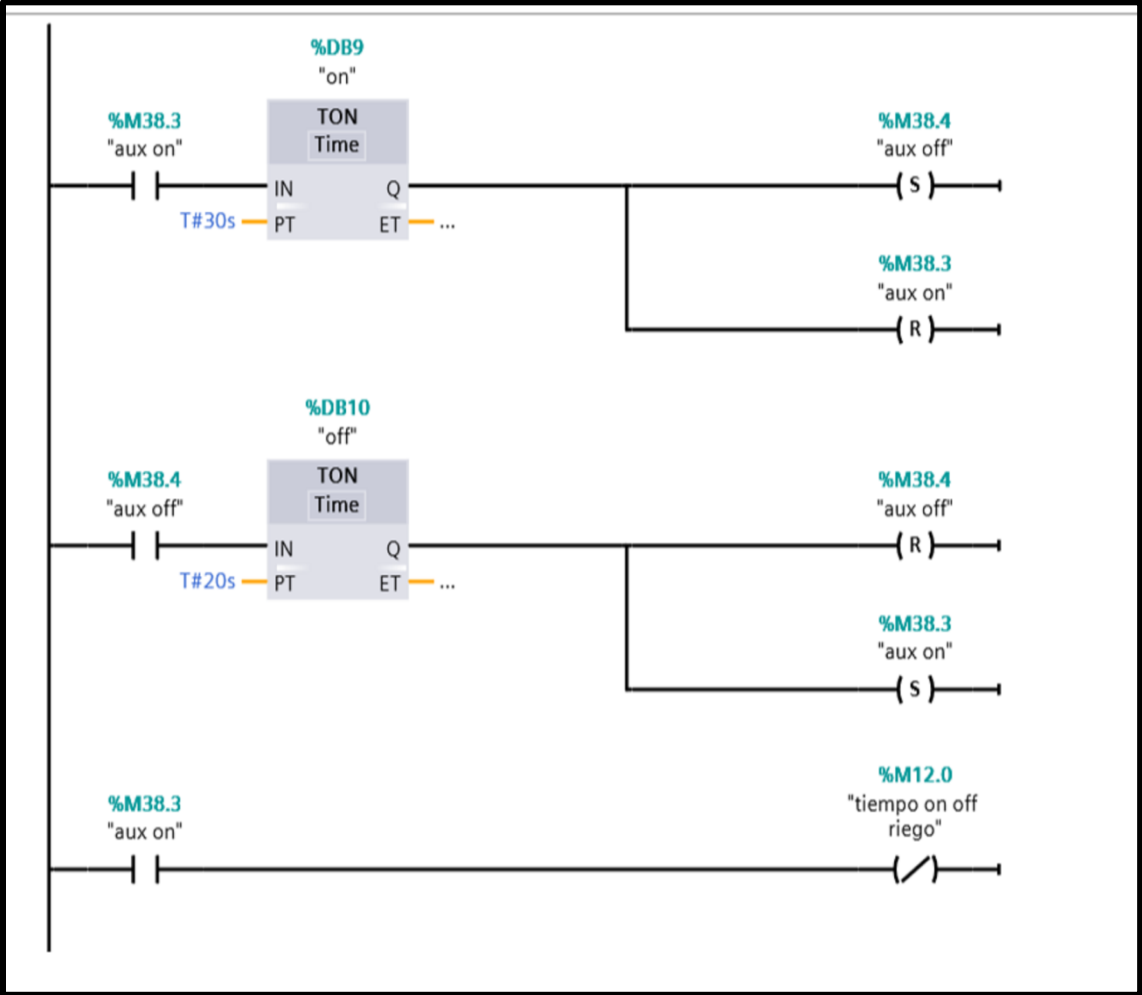
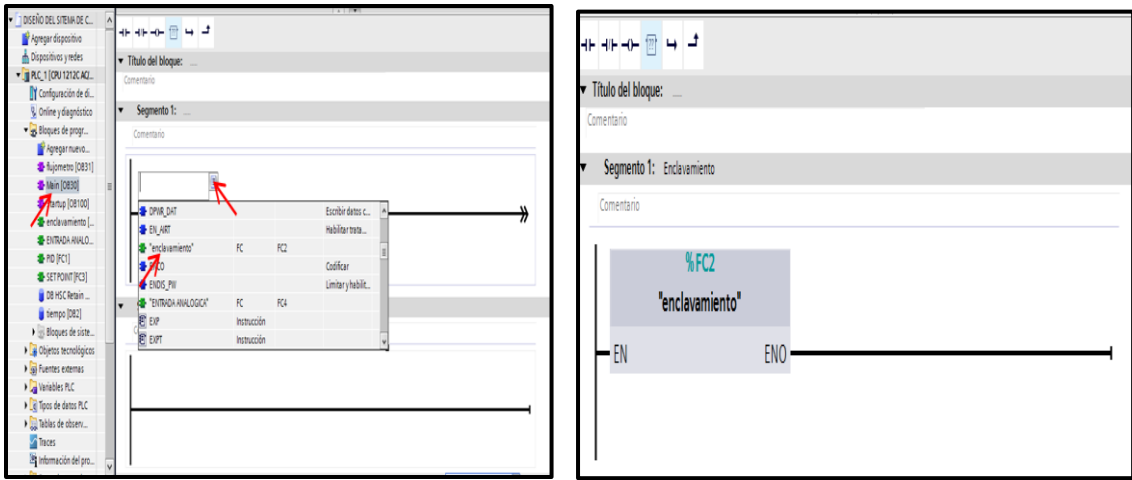
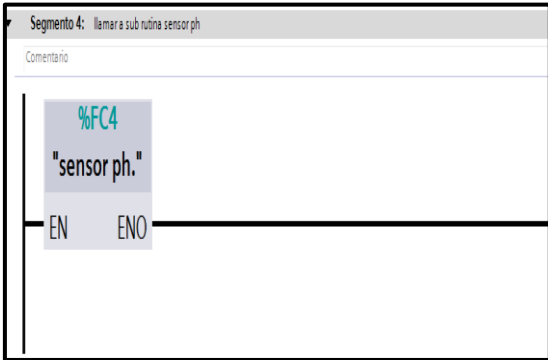
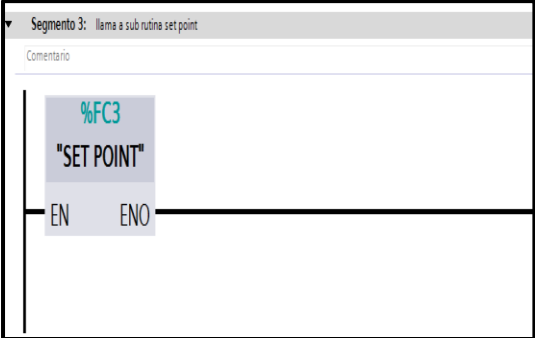
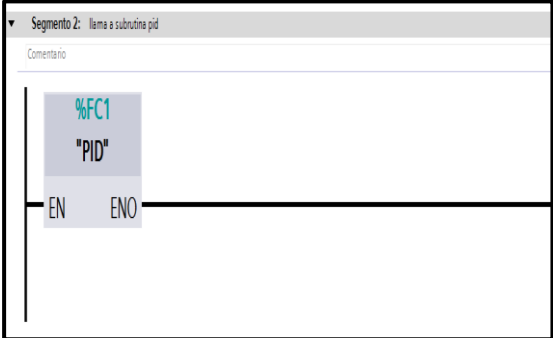


Figura N°. 56 Programación de enclavamiento

**Paso 15.** Se debe crear un nuevo bloque de organización principal para cada uno de los bloques programados en donde va a estar todas las configuraciones, este bloque va a llamar a los otros bloques para su funcionamiento. Creado el bloque de organización se inserta un cuadro vacío y se le asigna la variable de bloque.



Este mismo proceso se debe realizar para llamar a los otros bloques de PID, sensor pH, y al setpoint.



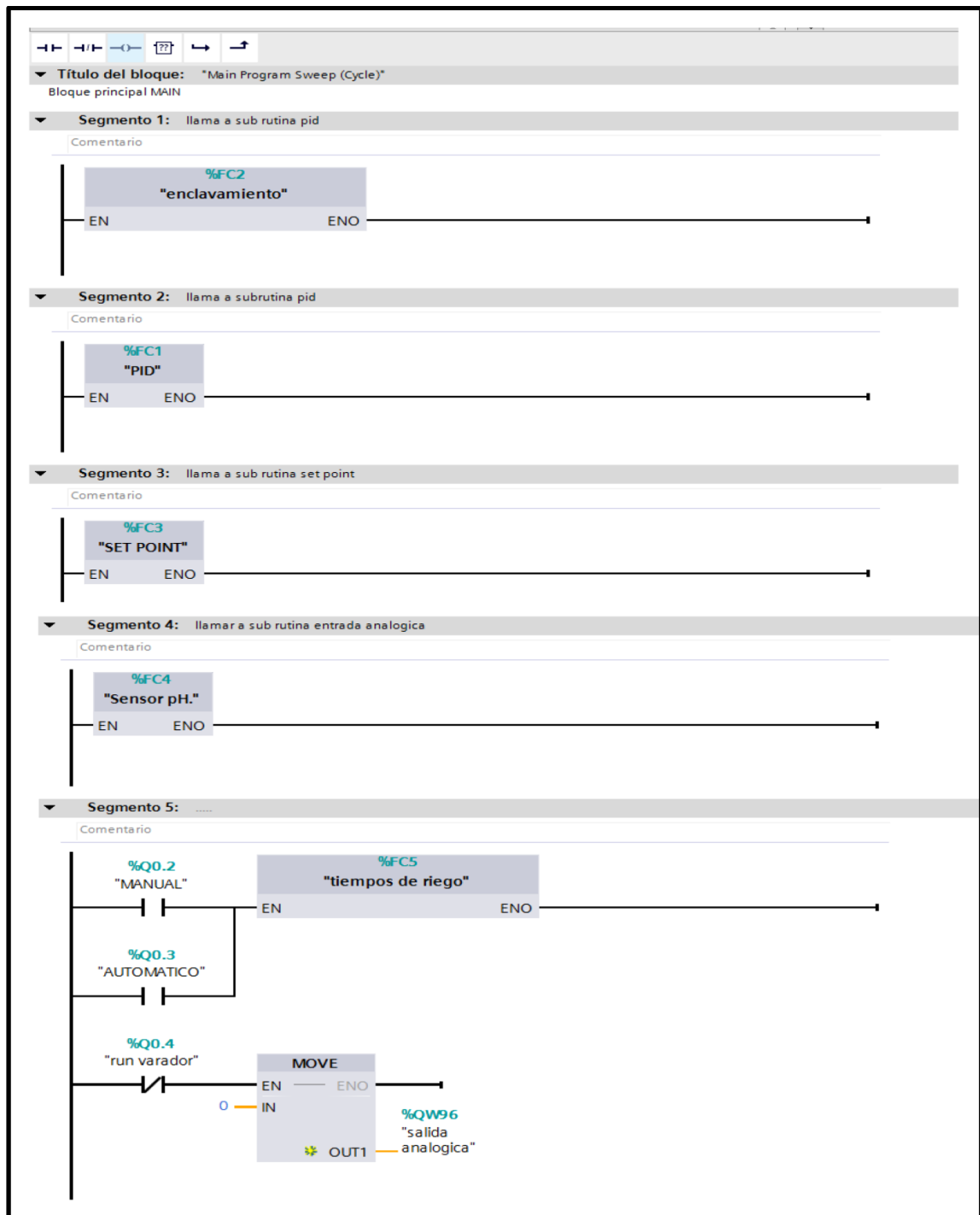
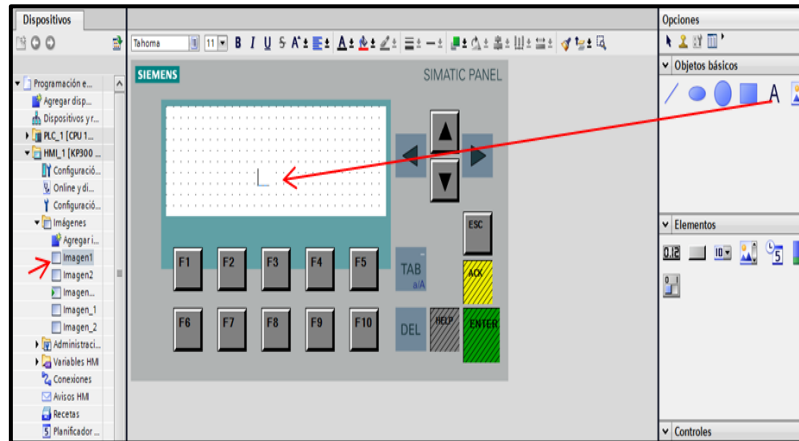


Figura N°. 57 Programación del bloque principal MAIN

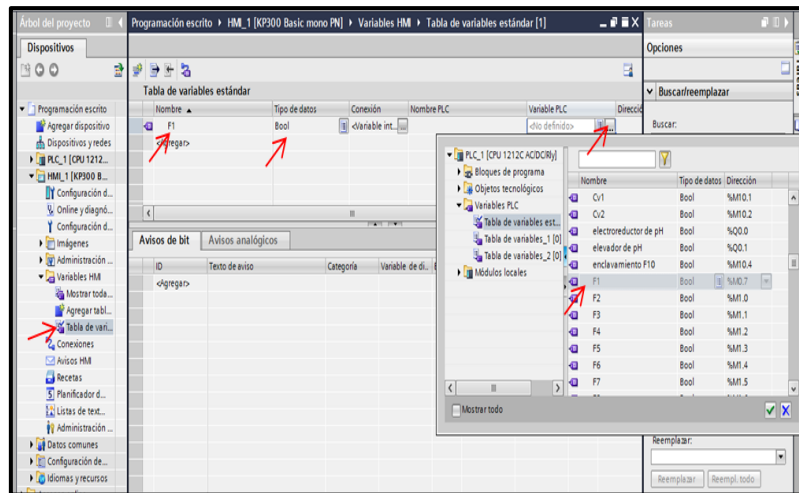
**Paso 13.** Realizado toda la programación de los sensores a continuación se configura y se programa la pantalla HMI. Para iniciar la configuración de la pantalla HMI se debe crear una imagen donde se va a escribir una carátula de inicio.



Para configurar las teclas de función de la pantalla HMI se debe agregar en la tabla de variables del PLC las funciones que faltan.

Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
31	ph1	Real	%MD88	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	ph2	Real	%MD44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	ph3	Real	%MD60	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	promedio ph	Real	%MD84	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	ph HMI	Real	%MD80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36	aux1 min 1	Bool	%M11.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37	aux1 min 2	Bool	%M11.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38	interruptor 1 min	Bool	%M74.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	elevador de pH	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40	electroreductor de pH	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
41	activación tiempo dosificación	Bool	%M74.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
42	F3	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
43	F4	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
44	F10	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
45	enclavamiento F10	Bool	%M10.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
46	tiempo hora fecha	Bool	%M12.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
47	F1	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
48	F2	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
49	F5	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
50					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

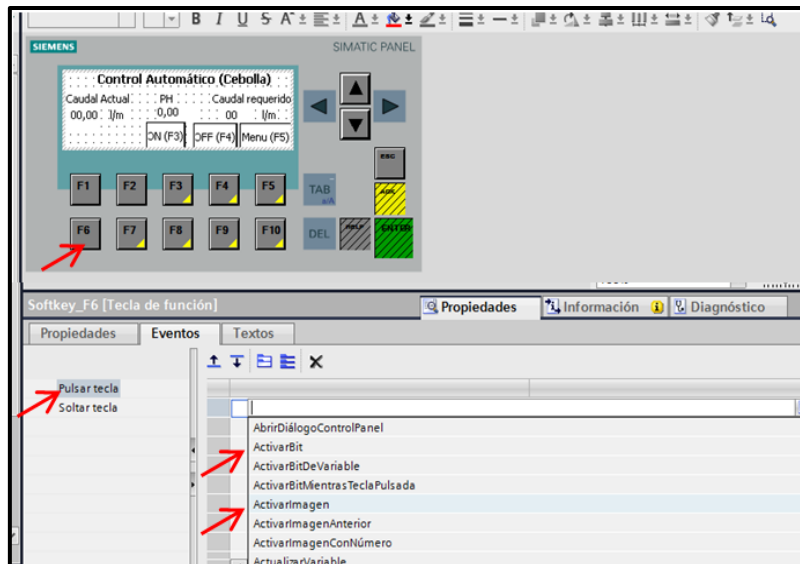
Luego de se crea una tabla de variables para la pantalla HMI, y se realiza la comunicación PLC-Pantalla HMI



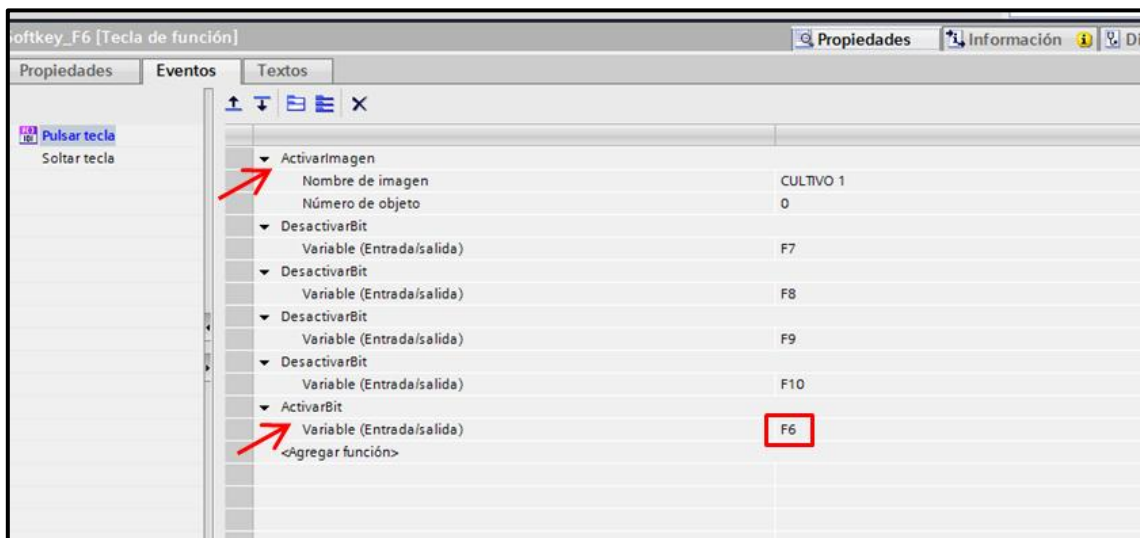
Hay que realizar este paso para todas la funciones que se comunican con la pantalla HMI.

Tabla de variables estándar					
Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre PLC	Variable PLC	Dirección
F1	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F1	
F2	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F2	
F3	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F3	
F4	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F4	
F5	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F5	
F6	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F6	
F7	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F7	
F8	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F8	
F9	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F9	
F10	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	F10	
activación tiempo dosificación	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	*activación tiempo dosifi...	
caudal	Real	HMI_Conexión_1	PLC_1	caudal	
caudal visualizar en HMI	Real	HMI_Conexión_1	PLC_1	*Caudal visualizar en HMI*	
ph	Real	HMI_Conexión_1	PLC_1	ph	
ph HMI	Real	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ph HMI*	
salida analógica	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*salida analógica*	
sensor ph salida	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*sensor ph salida*	
setpoint div	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*SETPOINT dividido*	
setpoint (1)	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*setpoint 1*	

Luego se agrega más imágenes cuatro para cultivos una para menú y otra para manual, y se configura la activación para cada imagen.



Se debe configurar el bit de activado solo para la tecla F6 que es la que va a realizar la función de inicio del setpoint programado y las otras teclas se tiene que desactivar el bit, así sucesivamente para todas las teclas de la pantalla HMI.



#### **Paso 14.** Cargar el programa en el controlador lógico programable

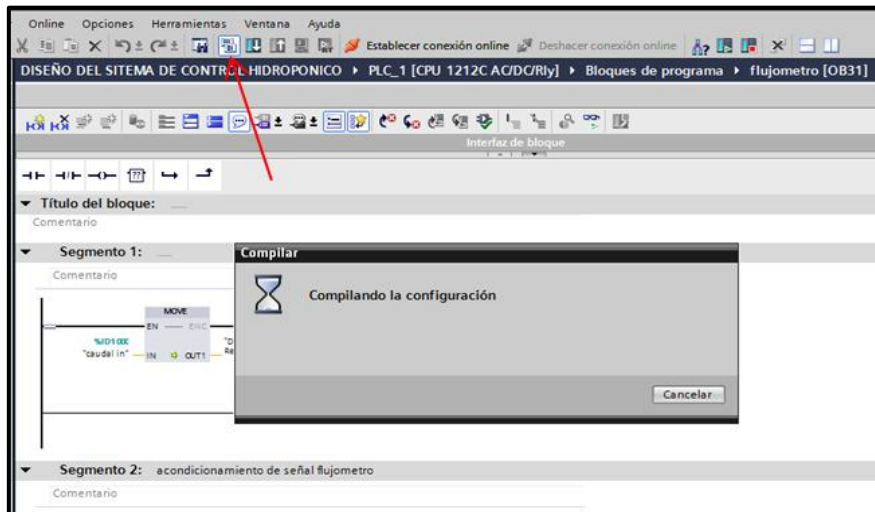
Realizado la programación hay que cargarlo en el PLC para que queden establecidos todos los parámetros programados.



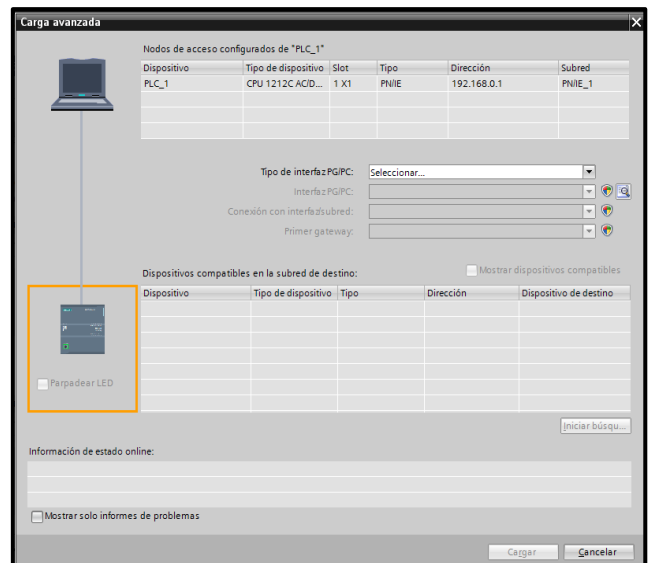
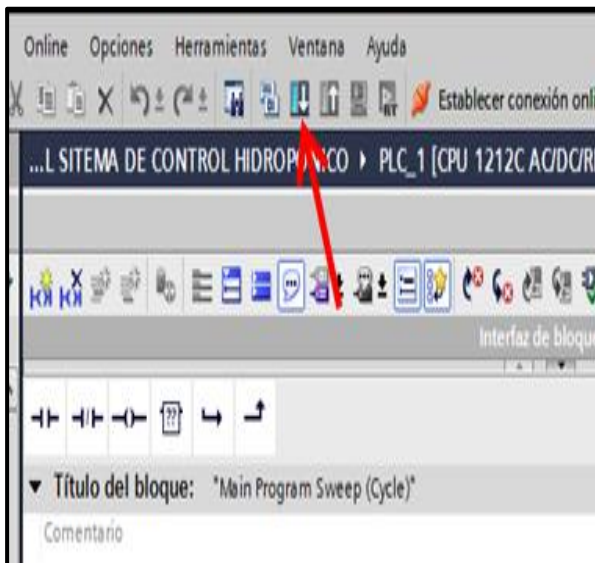
## Paso 15 Comunicar y cargar programa en el controlador lógico programable

Realizado la programación hay que cargar todos los elementos programados en el PLC para guardar los datos y se realiza de la siguiente forma:

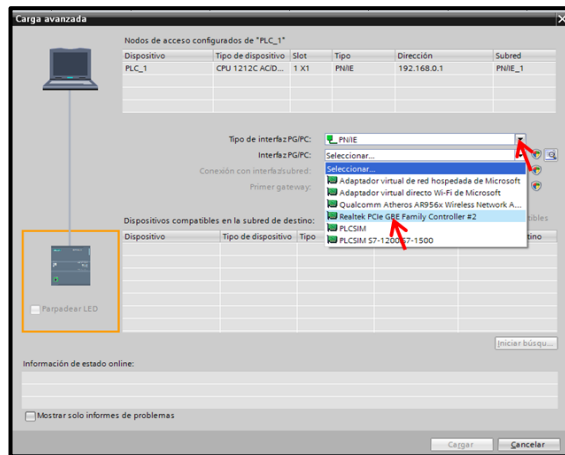
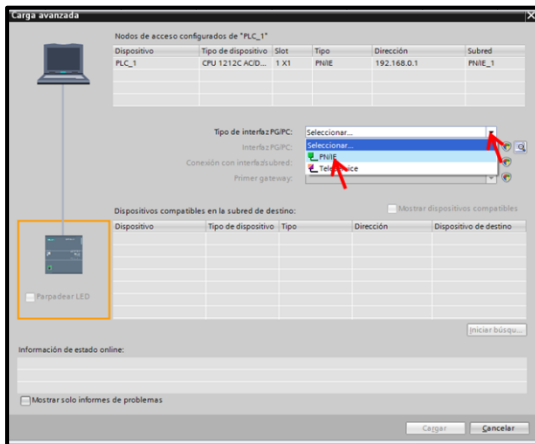
### 1) Compilar el programa



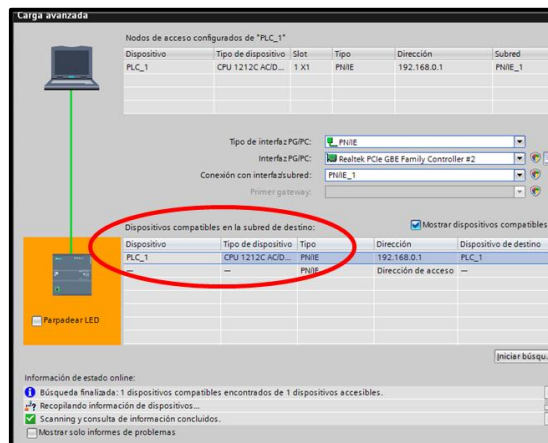
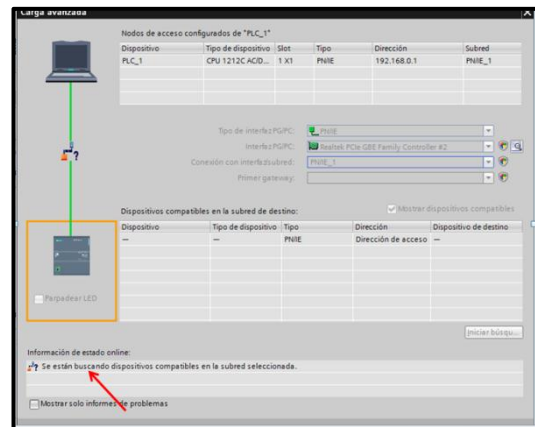
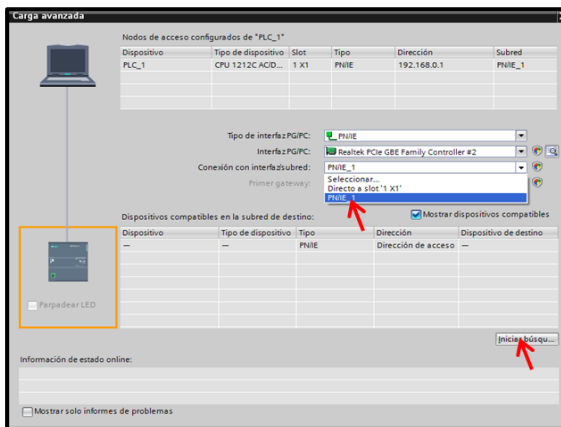
### 2) Cargar en dispositivo (PLC)



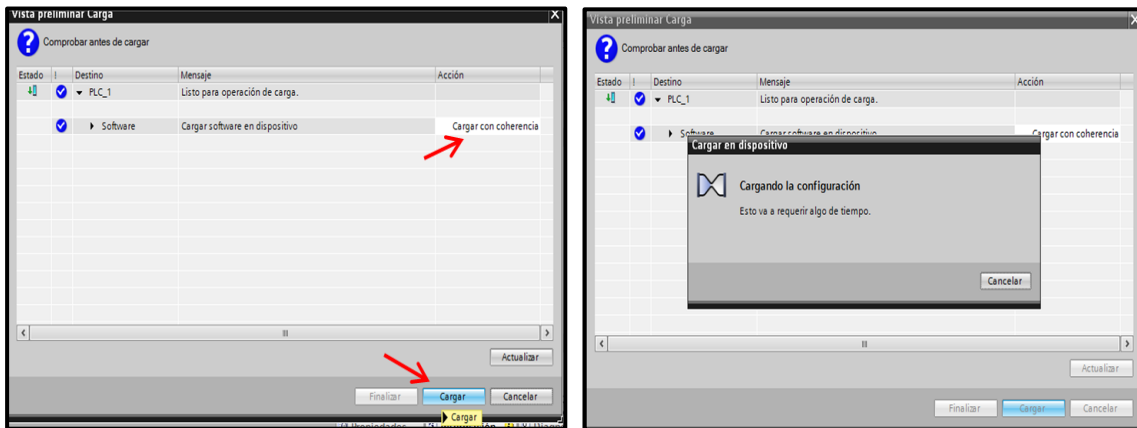
### 3) Seleccionar el tipo de interfaz



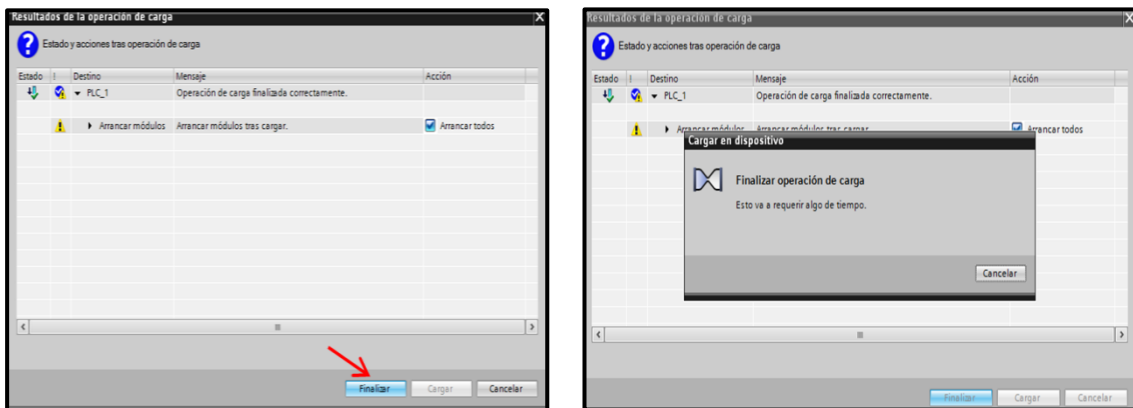
### 4) Seleccionar conexión de interfaz e iniciar búsqueda



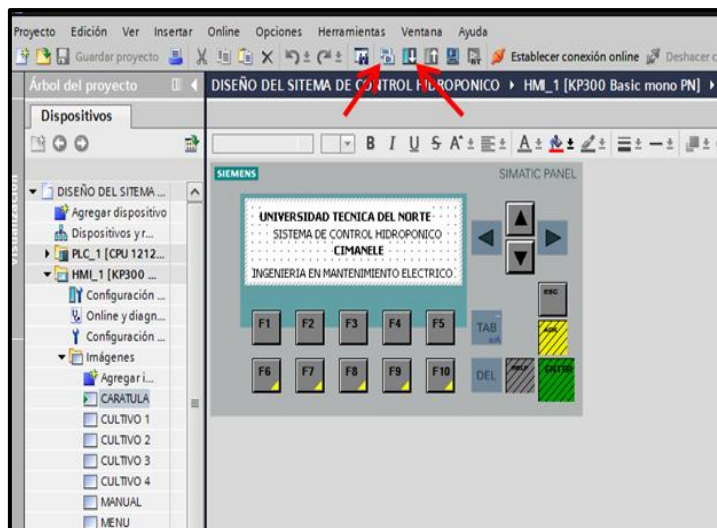
### 5) Seleccionar cargar con coherencia



### 6) Finalizar operación de carga

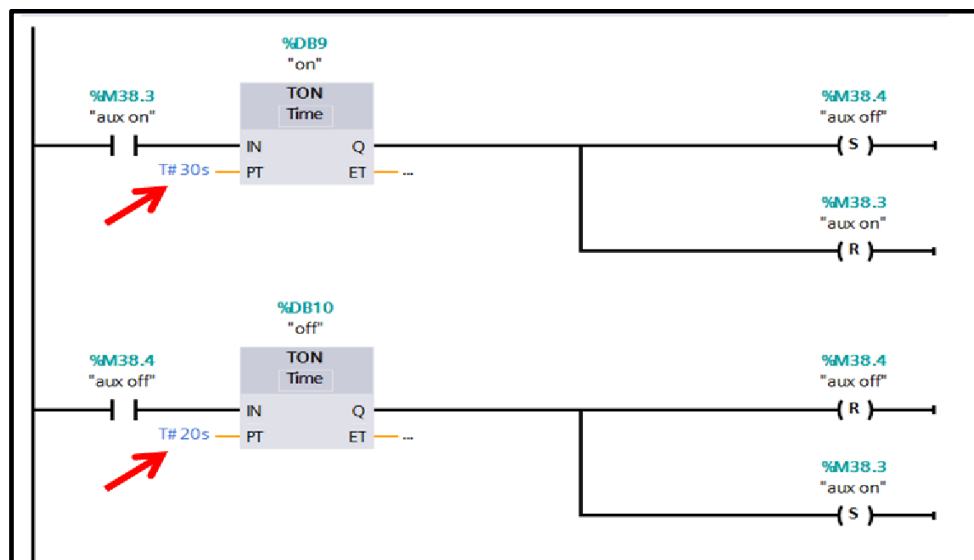


### 7) Compilar y cargar pantalla HMI



**Nota:** Realizado toda la programación y cargado el programa en el PLC se puede cambiar los tiempos de riego de encendido y apagado de la bomba centrífuga. Estos pueden ser en segundos, horas, días, semanas, como se puede observar en la figura 58 se estableció un tiempo para riego de 30s y un tiempo de apagado de 20s, todo esto mencionado por ser un módulo didáctico.

Para el diseño del sistema de control hidropónico de la granja Yuyucocha, se debe establecer un tiempo de encendido de 10 minutos y un tiempo de apagado de 2 horas, tiempo recomendado para que la sustancia nutritiva entregue los nutrientes necesarios a las raíces de las plantas.



**Figura N°. 58** Cambio de tiempo de riego

También se puede cambiar los datos de pH si se desea realizar el estudio con otros valores como se observa en la figura 59. Cabe destacar que estos valores solo deben ser cambiados en el módulo didáctico, para el caso de la granja Yuyucocha estos valores no deben ser cambiados ya que si se realiza esto el pH de la solución nutritiva puede variar de forma que puede dañar el proceso de crecimiento de las plantas.

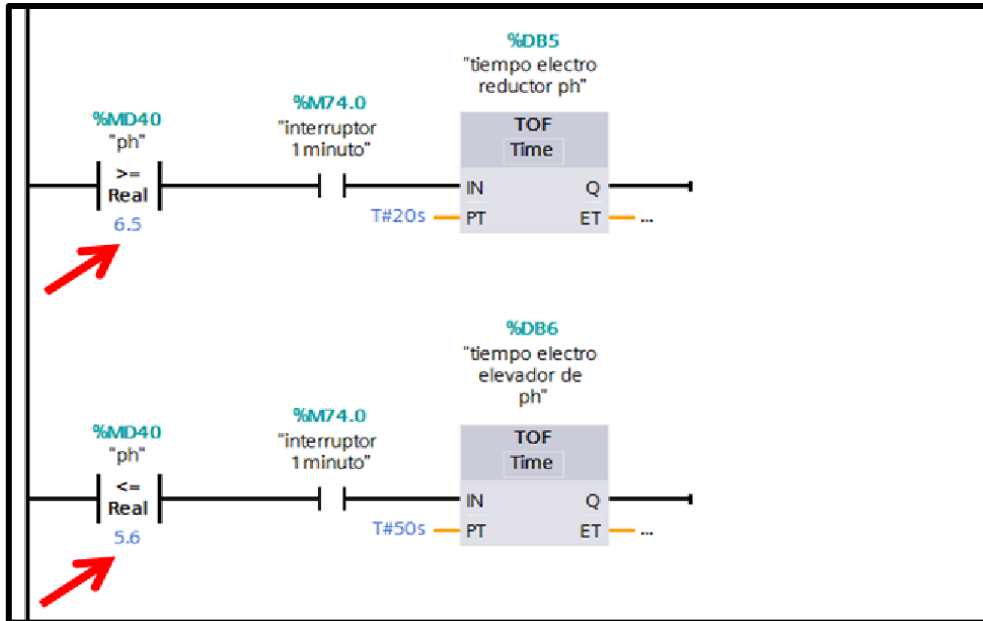


Figura N°. 59 Cambio de valor de pH

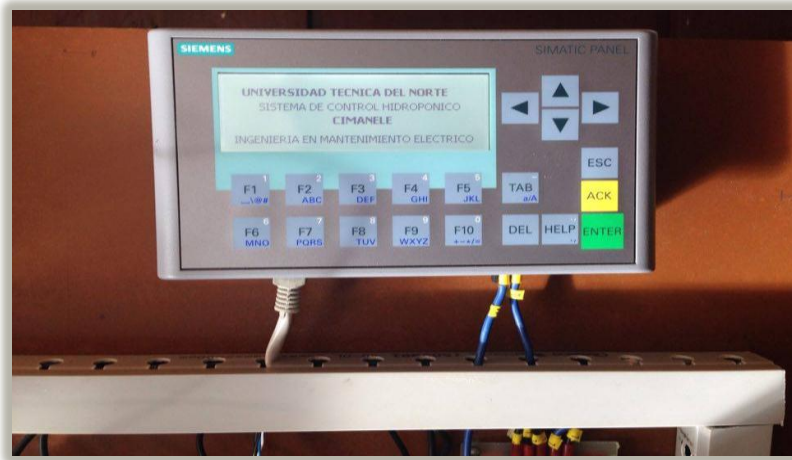
#### 4.9. Funcionamiento y adquisición de datos

En la figura 60 se muestra el módulo culminado, este cuenta con un interruptor trifásico que energiza al sistema y un interruptor manual para dar inicio al sistema.



Figura N°. 60 Módulo terminado

Para iniciar el funcionamiento del módulo luego de ser energizado, es la pantalla HMI la que va a realizar todo el proceso como se observa en la 61.



**Figura N°. 61** Inicio de proceso de pantalla HMI

La pantalla cuenta con 10 teclas de función, cada una de estas tiene su respectivo funcionamiento para visualización de las variables:

- F3: Iniciar el sistema
- F6: Control y visualización del cultivo de cebolla
- F7: Control y visualización del cultivo de tomate
- F8: Control y visualización del cultivo de lechuga
- F9: Control y visualización del cultivo de rábano
- F10: Con esta tecla se puede seleccionar una variable manualmente, según el valor que se le quiera designar, con F1 va a disminuir el valor del setpoint deseado, y con F2 va a incrementar.
- F5: Esta tecla de función es un menú y permite visualizar el control actual que está en funcionamiento.
- F4: Con esta tecla todo se apaga todo el sistema

Por ser un módulo donde los estudiantes puedan visualizar y aprender el sistema de control de caudal y pH, se estableció un cambio de riego cada 30 segundos. Pero los datos reales de riego en cualquier tipo de cultivo hidropónico son cada 2 horas de 3 a 5 minutos. Para que un sistema de cultivo hidropónico sea eficiente el pH requerido de la sustancia nutritiva debe estar en los rangos entre 5,5 y 6,5, en esta escala el cultivo va a crecer de una buena manera.

En las siguientes ilustraciones se muestra los datos obtenidos para cada tipo de variable según su función.

#### 4.9.1. Control del proceso de la variable de la cebolla

Las figura 62 indica los datos obtenidos con la variable de la cebolla para iniciar este tipo de riego con sustancia nutritiva se inicia presionando la tecla F6, como se puede observar en la programación se estableció un setpoint o caudal requerido de 8 litros por minuto, dando una resultante de 8,1 litros por minuto que es el caudal adecuado con el setpoint.

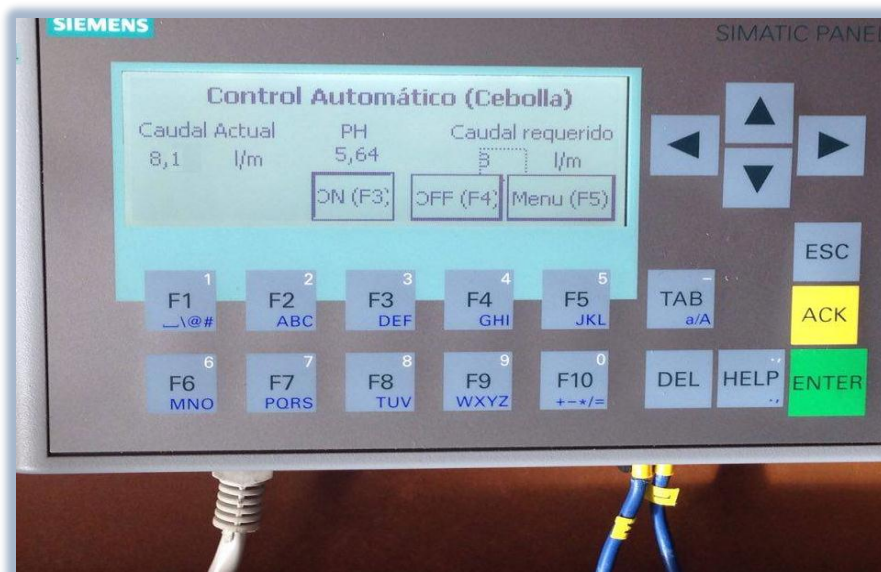


Figura N°. 62 Control automático (cebolla)

En la pantalla se puede observar un pH de 5,64, como se mencionó anteriormente para que el cultivo crezca de una manera adecuada el pH de la sustancia nutritiva debe estar en los rangos de 5,5 hasta 6,5, entonces el pH medido es el adecuado para este cultivo.

#### 4.9.2. Control del proceso de la variable del tomate

Al presionar la tecla F7 en la pantalla HMI va a cambiar el setpoint a 12 litros por minuto como se observa en la figura 63, lo cual el controlador lógico programable dará la orden para que el variador de frecuencia aumente la velocidad de la bomba centrífuga, y se establezca el caudal requerido que se ha programado, que en este caso es de 12 litros por minuto

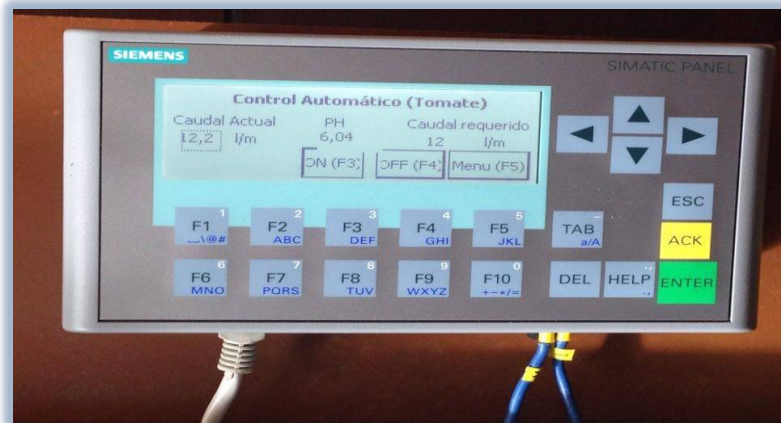


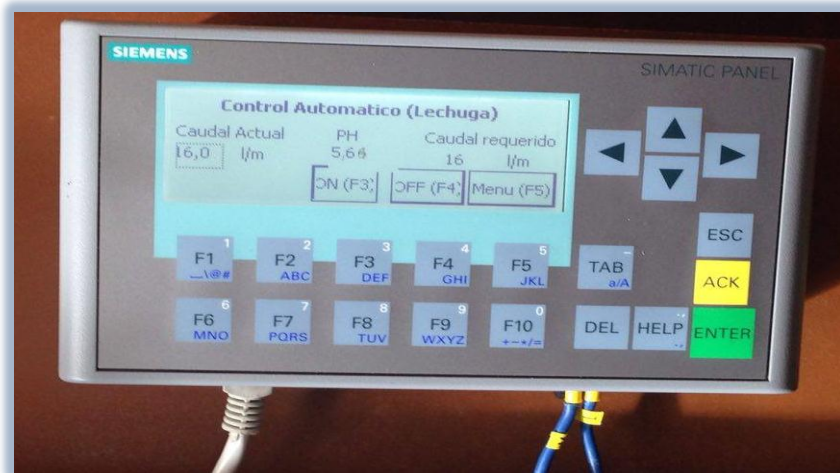
Figura N°.63 Control automático (Tomate)

Se puede observar un pH de 6,04, que es el adecuado para este tipo de cultivo. El módulo de control tiene una sola sustancia nutritiva para los 4 tipos de cultivo, pero comparando el pH de la cebolla con el de tomate se nota una pequeña diferencia en el valor. Esto se debe a que al momento de cambio de cultivo en la pantalla, la bomba centrífuga va a succionar agua de una manera más rápida y con el movimiento del agua el sensor de pH va a cambiar sus valores, pero este cambio es despreciable, y además está en la escala requerida para estos tipos de cultivo y no afecta a los valores requeridos.

#### 4.9.3. Control del proceso de la variable de la lechuga

Para realizar el control y visualización de la lechuga se presiona la tecla F8, y como ya se indicó va a cambiar el setpoint que en el caso de la lechuga se lo estableció en 16 litros por minuto, en la figura 64 se puede observar el caudal requerido que se controló, dando el resultado de los 16 litros por minuto.



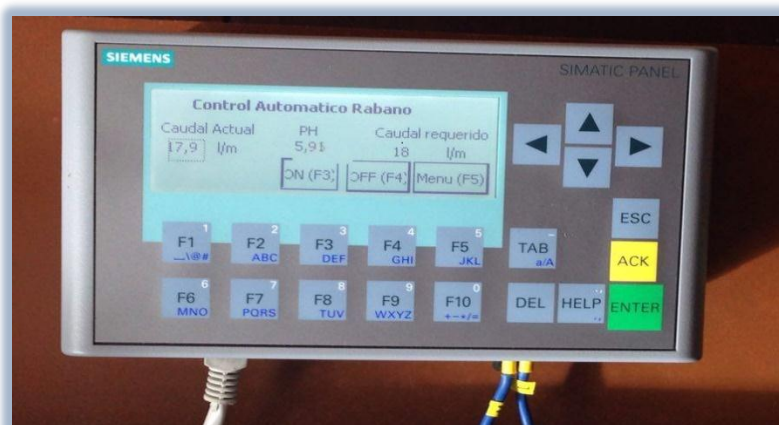


**Figura N°. 64** Control automático (Lechuga)

En la figura se muestra un pH de 5.66, que con lo mencionado sobre la escala de pH para estos tipos de cultivo es el óptimo para este control.

#### 4.9.4. Control del proceso de la variable del rábano

Presionando la tecla F9 la bomba centrífuga para realizar una succión de 17,9 litros por segundo como se puede observar en la figura 65, en esta variable se estableció setpoint de 18 litros por minuto. El sensor de pH mide un valor de 5,91 para este tipo de cultivo, muy adecuado para el proceso de crecimiento.



**Figura N°.65** Control automático (Rábano)

#### 4.9.5. Control del proceso manual

El control de proceso manual (véase figura 66) se lo va a realizar presionando la tecla F10, donde el usuario puede elegir el valor que requiera, en este caso se le asignó un caudal requerido de 13 litros por minuto.

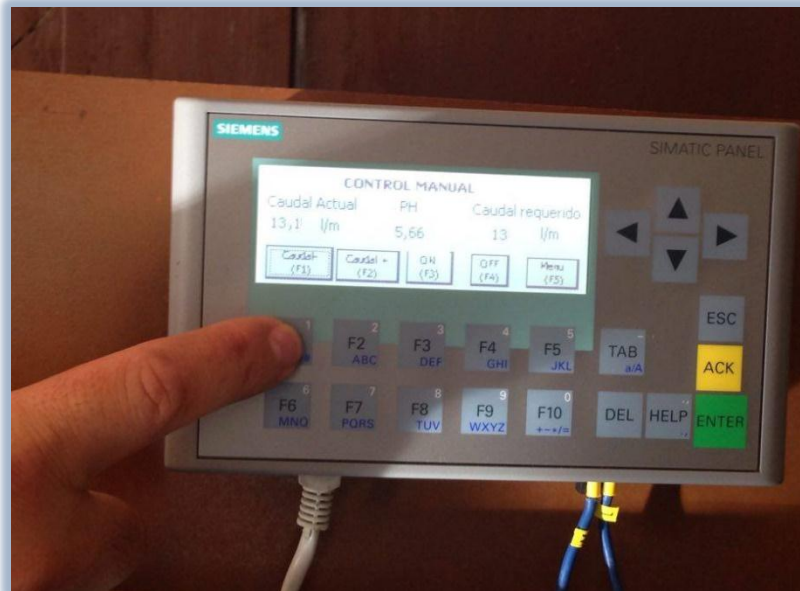


Figura N°. 66 Control manual

Al asignar este setpoint como ya se mencionó el PLC da la señal al variador de velocidad para que la bomba centrífuga succione el caudal establecido, finalizando con un valor de 13, 1 litros por minuto. Para asignar el caudal que se requiera manualmente se debe presionar la tecla F1 para disminuir el setpoint y F2 para aumentarlo. Y como se observa con un caudal de 13,1 se obtiene un pH de 5,66 en vista de que la sustancia nutritiva es la misma para todos los cultivos se asemeja a otros anteriormente mencionados.

#### 4.9.6. Adquisición de datos del pH de la sustancia nutritiva

Como ya se enunció el pH adecuado para los cultivos hidropónicos debe estar en una escala de 5.6 a 6.5, fuera de estos valores afecta a los nutrientes que son requeridos por la planta. En la figura 67 se indica los dos elementos necesarios para establecer el control adecuado de pH: El reductor de pH y el elevador de pH.



**Figura N°.67** Electroválvulas dosificadoras

Para hacer esta prueba es necesario realizar una perturbación manual en el sistema de control poniendo un líquido extra en la sustancia nutritiva que nos reduzca el PH, al realizar esto, como se muestra en la figura 68 el pH baja a 5.50, y en la programación se puso que el valor mínimo es de 5.6 que es el adecuado, la electroválvula que contiene el elevador de pH se activa y regula hasta mantener el dato adecuado que es de 5,6 a 6,5, que en este caso eleva el pH a 5.70.



**Figura N°. 68** Visualización de cambio de pH

Las electroválvulas se instalaron en el módulo con el objetivo de controlar el pH, en el caso que hubiese perturbaciones como por ejemplo, un líquido extra que lo altere y se salga de los rangos adecuados. Al momento de realizar la mezcla de la sustancia nutritiva se debe

establecer la escala de pH adecuada antes mencionada, que servirá para todo el proceso de crecimiento de la planta.

## **Capítulo V**

### **5. Conclusiones y recomendaciones**

#### **5.1. Conclusiones**

- Los elementos eléctricos y electrónicos se encuentran fácilmente en el mercado ecuatoriano y su precio es asequible a excepción del módulo de expansión, el PLC, el variador de frecuencia y la pantalla HMI, cuyos precios bordean un valor de 350 USD, equipos indispensables para la construcción del módulo didáctico del sistema de control hidropónico.
- El manual de lenguaje de programación, ayudará a los estudiantes a configurar y programar el controlador lógico programable S71200, los sensores de caudal y de pH, y la pantalla HMI donde se visualizaran todos los elementos programados.
- La implementación del módulo de control de procesos hidropónicos en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, ayudará a los estudiantes a realizar prácticas de la materia de sistemas de control automático.
- Los sensores de caudal y pH son fáciles de calibrar y programar, son los que ayudan a que los cultivos tengan un correcto abastecimiento de nutrientes y mantener un nivel de pH adecuado en su proceso de crecimiento.
- El software STEP 7 es de gran ayuda en los procesos industriales, estos ayudan mediante la utilización de tres lenguajes de programación amigables, al control de procesos industriales.
- La implementación de sistemas de control en la industria, en el campo tecnológico y científico, son de mucha importancia ya que nos ayudan a aumentar la eficiencia y eficacia en los procesos ahorrando tiempo y materia prima disminuyendo en lo posible los desperdicios.

## 5.2 Recomendaciones

- Incentivar a los estudiantes el manejo del software TiaPortal ya que es muy utilizado en los procesos industriales para que estos sean competentes en el ámbito profesional.
- La válvula de pie de la bomba centrífuga debe estar bien sumergida en el tanque de agua para realizar la correcta extracción de agua, ya que si no lo está la bomba puede extraer aire y puede dañarse.
- Además de las variables programadas en el controlador lógico programable se pueden realizar otras como la humedad relativa y conductividad eléctrica del agua con la debida programación y conexiones necesarias.
- En el estudio de las variables a censar en el módulo de control hidropónico, se pueden cambiar los valores para dar otro tipo de visualización en la pantalla HMI, todo esto con una correcta programación, compilación y almacenamiento de datos en el controlador lógico programable.
- Se deben utilizar los elementos químicos descritos en la información del módulo, ya que son los adecuados para el control automático del pH del líquido circulante en un medio de prueba, debido a sus características de actuar rápidamente al momento de la mezcla con la sustancia nutritiva de acuerdo al monitoreo control y adquisición de datos del sensor de pH.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS, RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA Y TESIS

- Alvarez, B. (2004). Sistemas de control . Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>
- Benjamin , C. K. (1996). Sistemas de control automático. Estado de México : Naomi Goldan .
- Beltrano , J., & Jimenez , D. O. (2015). Sistemas hidropónicos . Buenos Aires: Universidad de la Plata. Primera edición
- Cortez, A. (2015). (Diseño de un sistema para control y monitoreo de un invernadero hidropónico) Instituto Politécnico Nacional.
- Gilzanz, J. c. (Septiembre de 2007). hidroponía. Montevideo , Uruguay.
- Gútiéz, I. (4 de Septiembre de 2013). Introducción a la programación en Step7. Obtenido de <http://programacion Siemens.com/1-introduccion-la-programacion-en-step-7/>
- Navarro, P. F. (2010). Fertirrigación e hidroponía. Valencia
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna. Madrid. Quinta edición
- Zambrano Cortés, N. H. (2014). Automatización de un cultivo hidropónico. S.E.

### LINCOGRAFÍAS

- Barragán, L. (23-24 de junio de 2011). El riego por goteo. Obtenido de [http://www.misti.com.pe/web/images/stories/eventos/El\\_Riego\\_por\\_Goteo.pdf](http://www.misti.com.pe/web/images/stories/eventos/El_Riego_por_Goteo.pdf)
- Hidroenviroment. (2015). Obtenido de Que es la solución nutritiva: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=33](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=33)
- Hidroponíarosario. (2015). Obtenido de [http://www.hidroponiarosario.com/?page\\_id=2537](http://www.hidroponiarosario.com/?page_id=2537)
- Iersel, V. (2014). Obtenido de <https://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=https://myelms.umd.edu/courses/1110349/files/35734241/download&prev=search>

Ing. Norberto Molinari pdf. Curso sobre Controladores Lógicos Programables (PLC), recuperado de:  
[http://www.edudevices.com.ar/download/articulos/PLC/CURSO\\_PLC\\_018.pdf](http://www.edudevices.com.ar/download/articulos/PLC/CURSO_PLC_018.pdf)

Ivarez, B. (2004). Sistemas de control . Obtenido de  
<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>

Jensen. (2010). History of Hydroponics. Obtenido de  
<http://ag.arizona.edu/hydroponictomatoes/history.htm>

Navarro, P. F. (20 de abril de 2010). Fertirriación e hidroponía . Obtenido de Horticultura global : [http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhg290/12\\_19.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhg290/12_19.pdf)

Ojeda. (2008). Introducción a la instrumentación industrial. Obtenido de  
[http://www.ancap.com.uy/docs\\_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINALIZADOS/2013/REF%2040\\_2013%20%20%20T%C3%89CNICO%20AYUDANTE%20MANTENIMIENTO%20E%20INGENIER%C3%8DA%20\(ELECTROELECTR%C3%93NICO\)/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/CONOCIMIENTOS%20ESPEC%C3%8DFICOS/INTROD](http://www.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINALIZADOS/2013/REF%2040_2013%20%20%20T%C3%89CNICO%20AYUDANTE%20MANTENIMIENTO%20E%20INGENIER%C3%8DA%20(ELECTROELECTR%C3%93NICO)/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/CONOCIMIENTOS%20ESPEC%C3%8DFICOS/INTROD)

Senati Canal Perú, H. m. (28 de Agosto de 2012). Autómata Programable S7 1200.  
<https://www.youtube.com/watch?v=hrg583HLZeM>

Siemens. (24 de noviembre de 2014). Infopl . Obtenido de  
<http://www.infopl.net/descargas/173-schneider-electric/pantallas-hmi/2407-fecha-hora-pantalla-hmis5t>

Siemens. (24 de Noviembre de 2014). Ifolc. Obtenido de  
<http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/2401-introduccion-programacion-s7-1200>

# ANEXO 1

## Programación en Step7 con lenguaje KOP

Totally Integrated Automation Portal					
<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO</b>					
<b>PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly]</b>					
<b>PLC_1</b>					
<b>General/Información del proyecto</b>					
Nombre	PLC_1	Autor	Jorge Herrera	Comentario	
Slot	1				
<b>General/Información de catálogo</b>					
Descripción abreviada	CPU 1212C AC/DC/Rly	Descripción	Memoria de trabajo 50KB; fuente de alimentación 120/240V AC con DI8 x 24V DC SINK/SOURCE, DO6 x relé y AI2 integradas; 4 contadores rápidos (ampliables con Signal Board digital) y 4 salidas de impulso integradas; Signal Board amplia E/S integradas; hasta 3 módulos de comunicaciones para comunicación serie; hasta 2 módulos de señales para amplificación E/S; 0,04ms/1000 instrucciones; interfaz PROFINET para programación, HMI y comunicación PLC-PLC	Referencia	6ES7 212-1BE40-0XB0
<b>Versión de firmware</b> V4.0					
<b>General/Identification &amp; Maintenance</b>					
ID de la instalación		ID de situación		Fecha de instalación	2015-10-20 14:48:32.123
<b>Interfaz PROFINET/General/Información del proyecto</b>					
Nombre	Interfaz PROFINET_1	Comentario		Nombre	DI8/DO6_1
Comentario		Nombre	AI2_1	Comentario	
<b>Interfaz PROFINET/Avanzado/Anchor (ParameterNode_E1_Menu)</b>					
The TreeNode ParameterNode_E1_Menu was not filled by some ACF					
<b>Interfaz PROFINET/Avanzado/Anchor (ParameterInterfaceOptionsMenu)</b>					
The TreeNode ParameterInterfaceOptionsMenu was not filled by some ACF					
<b>Interfaz PROFINET/Avanzado/Anchor (ParameterRealtimeSettingsMenu)</b>					
The TreeNode ParameterRealtimeSettingsMenu was not filled by some ACF					
<b>Interfaz PROFINET/Avanzado/Puerto (X1) (P1)/General/Información del proyecto</b>					
Nombre	Puerto_1	Comentario			
<b>Interfaz PROFINET/Avanzado/Puerto (X1) (P1)/Anchor (PortInterconnectionMenu)</b>					
The TreeNode PortInterconnectionMenu was not filled by some ACF					
<b>Interfaz PROFINET/Avanzado/Puerto (X1) (P1)/Anchor (PortOptionsMenu)</b>					
The TreeNode PortOptionsMenu was not filled by some ACF					
<b>Interfaz PROFINET/Avanzado/Puerto (X1) (P1)/ID de hardware/ID de hardware</b>					
ID de hardware	65				
<b>Interfaz PROFINET/Entradas digitales/Filtros de entrada</b>					
IO.0 - IO.3	6.40ms	IO.4 - IO.7	6.40ms		
<b>Interfaz PROFINET/Entradas digitales/Canal0</b>					
Dirección de canal	IO.0	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINET/Entradas digitales/Canal1</b>					
Dirección de canal	IO.1	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINET/Entradas digitales/Canal2</b>					
Dirección de canal	IO.2	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINET/Entradas digitales/Canal3</b>					
Dirección de canal	IO.3	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINET/Entradas digitales/Canal4</b>					
Dirección de canal	IO.4	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				



Totally Integrated Automation Portal					
<b>Interfaz PROFINETEntradas digitalesCanal5</b>					
Dirección de canal	I0.5	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINETEntradas digitalesCanal6</b>					
Dirección de canal	I0.6	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINETEntradas digitalesCanal7</b>					
Dirección de canal	I0.7	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINETEntradas analógicasReducción de ruido</b>					
Tiempo de integración	50 Hz (20 ms)				
<b>Interfaz PROFINETEntradas analógicasCanal0</b>					
Dirección de canal	IW64	Tipo de medición	Tensión	Rango de tensión	de 0 a 10 V
Filtrado	Débil (4 ciclos)			Activar diagnóstico de rebase por exceso	1
<b>Interfaz PROFINETEntradas analógicasCanal1</b>					
Dirección de canal	IW66	Tipo de medición	Tensión	Rango de tensión	de 0 a 10 V
Filtrado	Débil (4 ciclos)			Activar diagnóstico de rebase por exceso	1
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales</b>					
Reacción a STOP de la CPU	Aplicar valor sustitutivo				
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitalesCanal0</b>					
Dirección de canal	Q0.0	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitalesCanal1</b>					
Dirección de canal	Q0.1	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitalesCanal2</b>					
Dirección de canal	Q0.2	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitalesCanal3</b>					
Dirección de canal	Q0.3	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitalesCanal4</b>					
Dirección de canal	Q0.4	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitalesCanal5</b>					
Dirección de canal	Q0.5	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSincronización horaria</b>					
Activar sincronización horaria vía servidor NTP	Activar sincronización horaria vía servidor NTP		Direcciones IP	Servidor de hora de la red 1	0.0.0.0
Servidor de hora de la red 2	0.0.0.0	Servidor de hora de la red 3	0.0.0.0	Servidor de hora de la red 4	0.0.0.0
Intervalo de actualización	10sec				
<b>Interfaz PROFINETID de hardwareID de hardware</b>					
ID de hardware	64	ID de hardware	264		
<b>Interfaz PROFINETDirecciones E/SIDirecciones de entrada</b>					
Dirección inicial	0	Dirección final	0	Bloque de organización	0
Memoria imagen de proceso	0				
<b>Interfaz PROFINETDirecciones E/SIDirecciones de salida</b>					
Dirección inicial	0	Dirección final	0	Bloque de organización	0
Memoria imagen de proceso	0				
<b>Sinóptico de direcciones</b>					
Entradas	True	Salidas	True	Huecos direcciones	False
Slot	True				

## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO 2 / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### Main [OB1]

Main Propiedades					
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Numeración	automática	Idioma	KOP		
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizada		Familia	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

#### Segmento 1: llama a sub rutina pid



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
---------	-----------	------	------------

#### Segmento 2: llama a subrutina pid



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
---------	-----------	------	------------

#### Segmento 3: llama a sub rutina set point



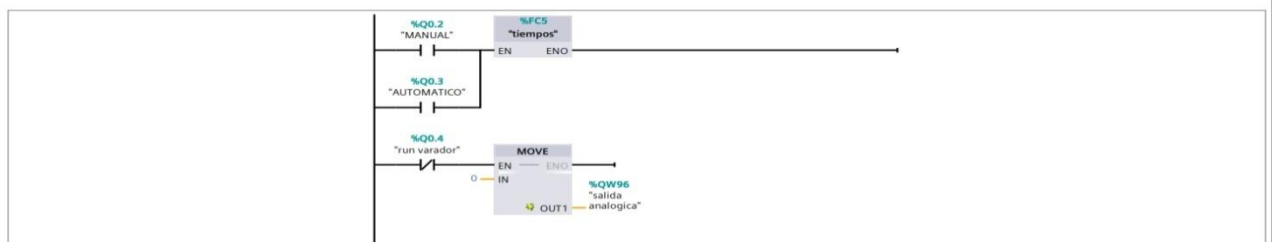
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
---------	-----------	------	------------

#### Segmento 4: llamar a sub rutina entrada analogica



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
---------	-----------	------	------------

#### Segmento 5:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AUTOMATICO"	%Q0.3	Bool	
"MANUAL"	%Q0.2	Bool	
"run varador"	%Q0.4	Bool	
"salida analogica"	%QW96	Int	

Totally Integrated Automation Portal			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AUTOMATICO"	%Q0.3	Bool	
"MANUAL"	%Q0.2	Bool	
"run varador"	%Q0.4	Bool	
"salida analogica"	%QW96	Int	
"Tag_6"	%MW12	Int	
"tiempo hora fecha"	%M12.0	Bool	
"tiempo"."hora fecha"		DTL	
"tiempo"."hora fecha".SECOND		USInt	

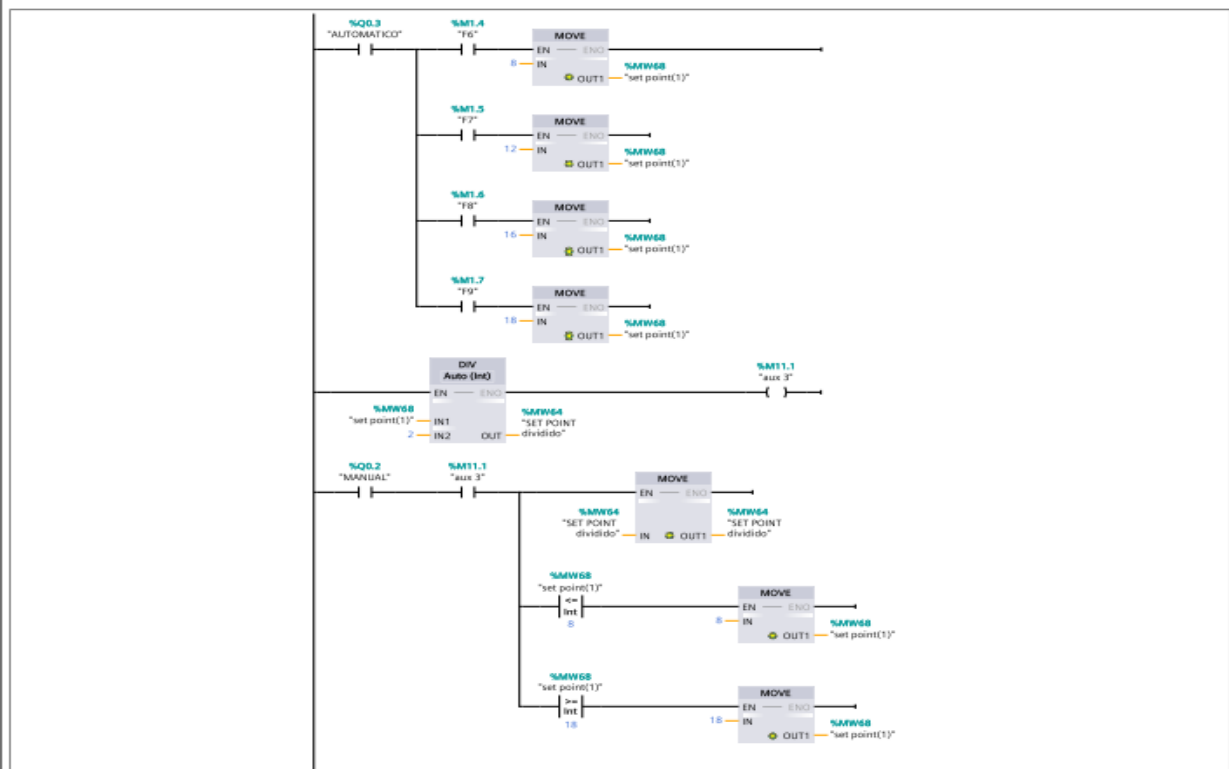
## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### SET POINT [FC3]

#### SET POINT Propiedades

General							
Nombre	SET POINT	Número	3	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	automática						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario				
Input							
Output							
InOut							
Temp							
Constant							
Return							
SET POINT	Void						

#### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AUTOMATICO"	%Q0.3	Bool	
"aux 3"	%M1.1	Bool	
"F6"	%M1.4	Bool	
"F7"	%M1.5	Bool	
"F8"	%M1.6	Bool	
"F9"	%M1.7	Bool	
"MANUAL"	%Q0.2	Bool	
"SET POINT dividido"	%MW64	Int	
"set point(1)"	%MW68	Int	

## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

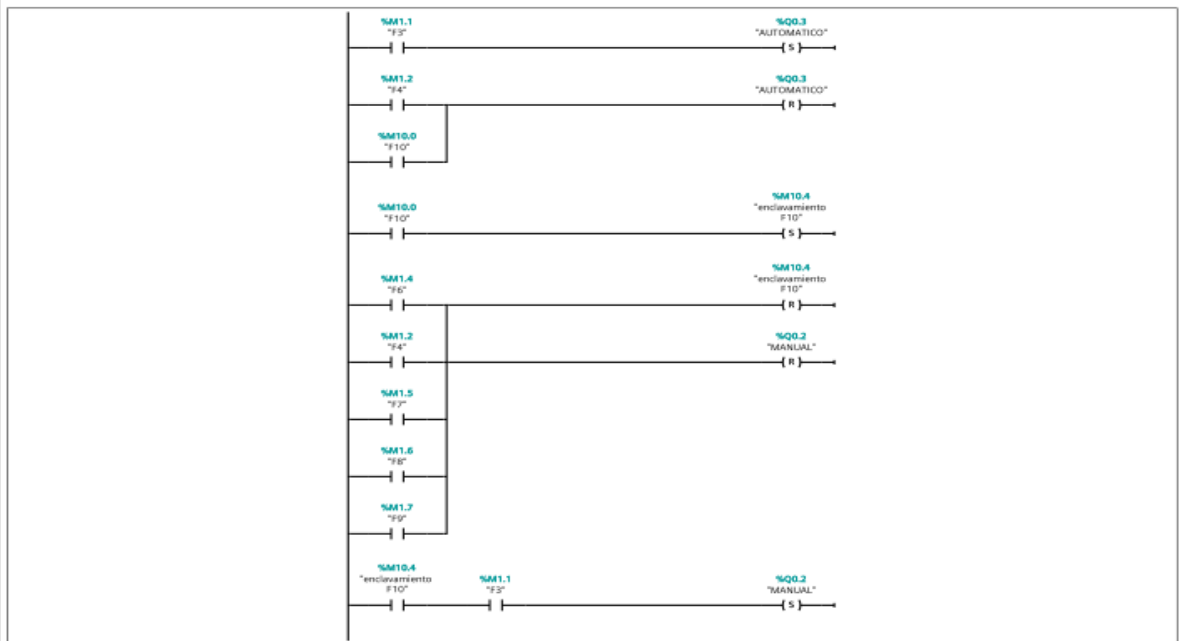
### enclavamiento [FC2]

#### enclavamiento Propiedades

General							
Nombre	enclavamiento	Número	2	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración		automática					
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

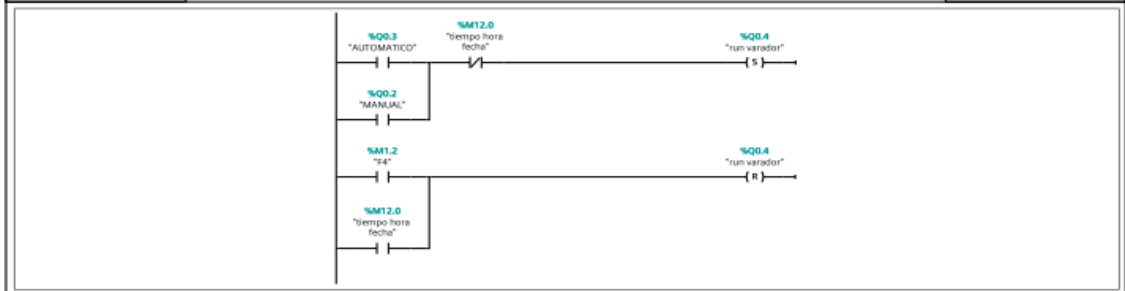
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
enclavamiento	Void		

#### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AUTOMATICO"	%Q0.3	Bool	
"enclavamiento F10"	%M10.4	Bool	
"F3"	%M1.1	Bool	
"F4"	%M1.2	Bool	
"F6"	%M1.4	Bool	
"F7"	%M1.5	Bool	
"F8"	%M1.6	Bool	
"F9"	%M1.7	Bool	
"F10"	%M10.0	Bool	
"MANUAL"	%Q0.2	Bool	

#### Segmento 2: RUN VARIADOR



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AUTOMATICO"	%Q0.3	Bool	
"F4"	%M1.2	Bool	
"MANUAL"	%Q0.2	Bool	
"run varador"	%Q0.4	Bool	
"tiempo hora fecha"	%M12.0	Bool	

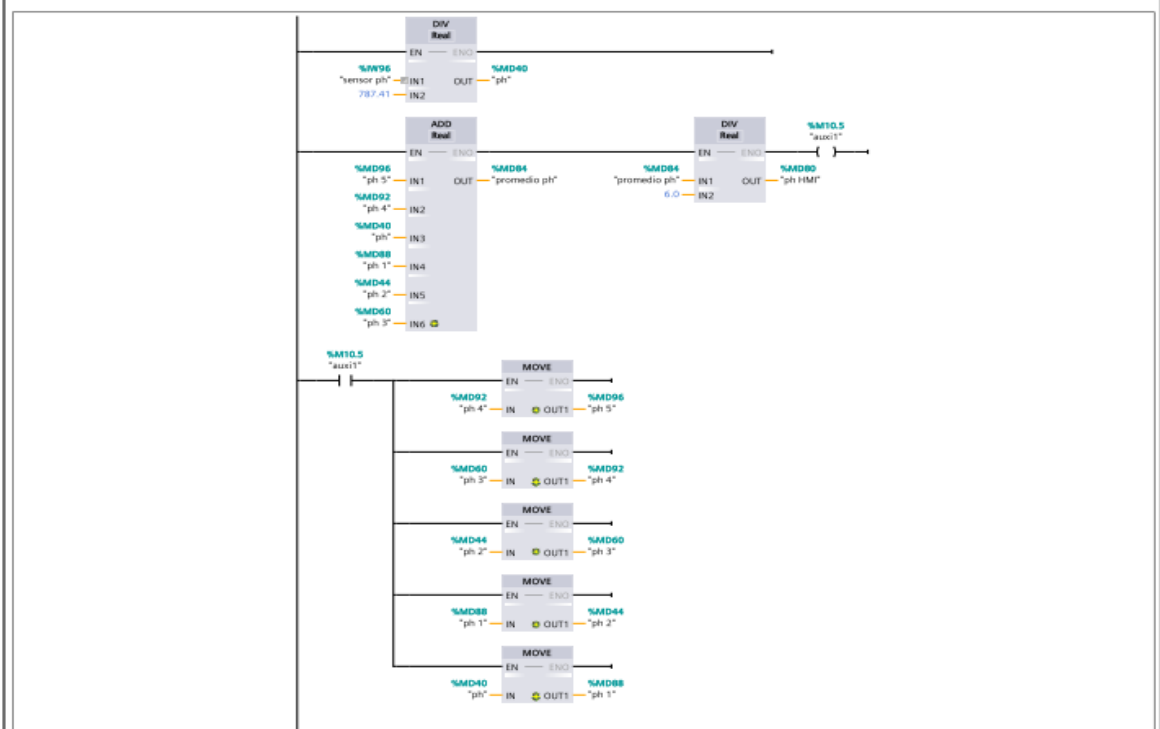
**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa**

**Sensor pH. [FC4]**

Sensor pH. Propiedades							
General							
Nombre	Sensor pH.	Número	4	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	automática						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

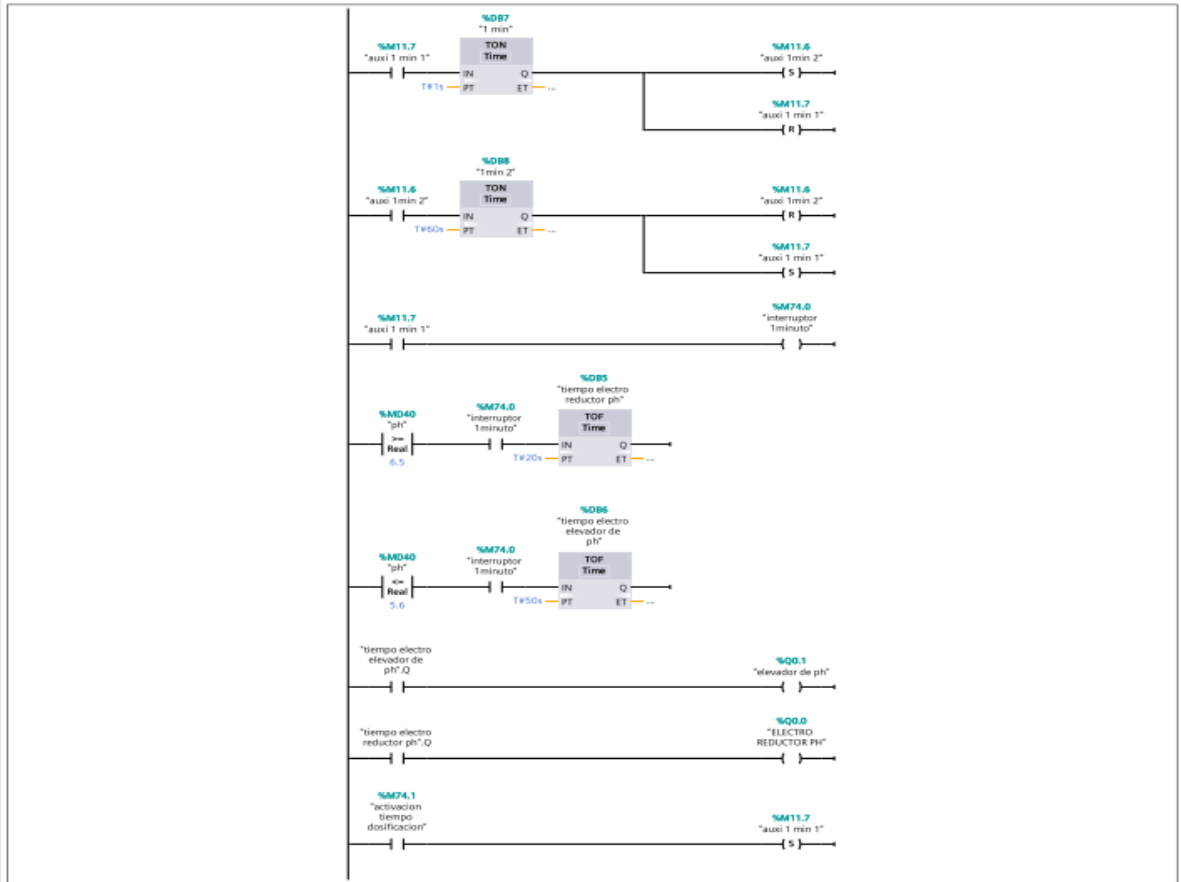
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Sensor pH.	Void		

**Segmento 1:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"aux11"	%M10.5	Bool	
"ph 1"	%MD88	Real	
"ph 2"	%MD44	Real	
"ph 3"	%MD60	Real	
"ph 4"	%MD92	Real	
"ph 5"	%MD96	Real	
"ph HMI"	%MD80	Real	
"ph"	%MD40	Real	
"promedio ph"	%MD84	Real	
"sensor ph"	%IW96	Int	

**Segmento 2: activacion dosificacio reductor de ph**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"activacion tiempo dosificacion"	%M74.1	Bool	
"auxil 1 min 1"	%M11.7	Bool	
"auxil 1 min 2"	%M11.6	Bool	
"ELECTRO REDUCTOR PH"	%Q0.0	Bool	
"elevador de ph"	%Q0.1	Bool	
"interruptor 1 minuto"	%M74.0	Bool	
"ph"	%MD40	Real	
"tiempo electro elevador de ph".Q		Bool	
"tiempo electro reductor ph".Q		Bool	



## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### Startup [OB100]

#### Startup Propiedades

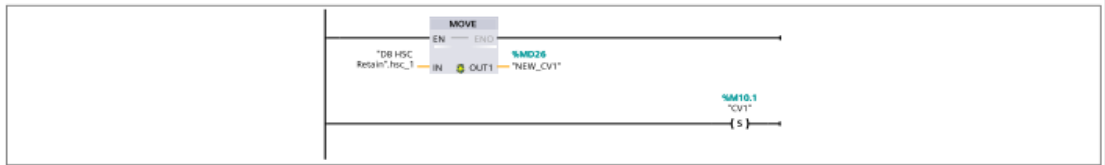
General			
Nombre	Startup	Número	100
Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	automática		

#### Información

Título	"Complete Restart"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

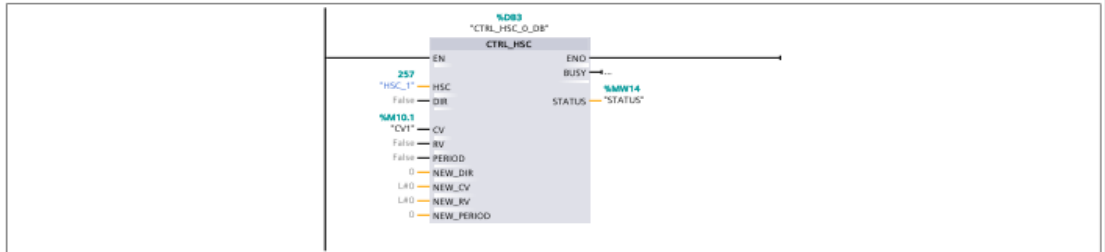
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
LostRetentive	Bool		True if retentive data are lost
LostRTC	Bool		True if date and time are lost
Temp			
Constant			

#### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CV1"	%M10.1	Bool	
"DB HSC Retain".hsc_1		UDInt	
"NEW_CV1"	%MD26	UDInt	

#### Segmento 2:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CV1"	%M10.1	Bool	
"HSC_1"	257	HW_HSC	
"STATUS"	%MW14	Word	

#### Segmento 3: inicializacion variables cero



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
---------	-----------	------	------------

## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### flujometro [OB31]

#### flujometro Propiedades

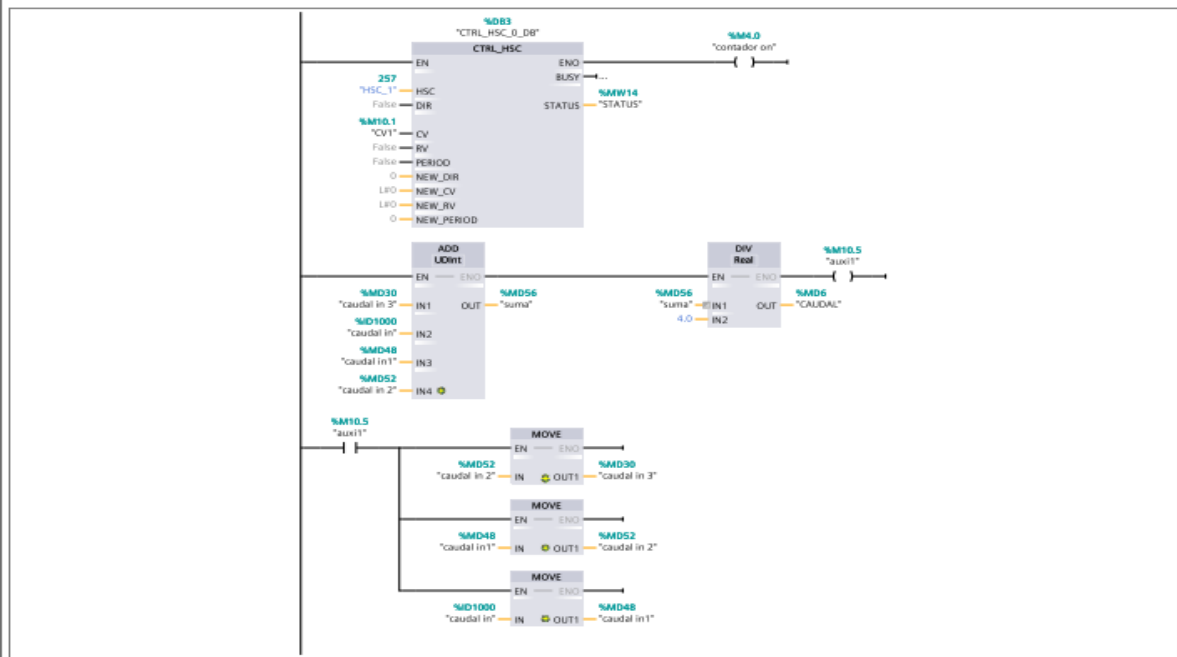
General							
Nombre	flujometro	Número	31	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	automática						
Información							
Título			Autor			Comentario	Familia
Versión	0,1	ID personalizada					
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario				
▼ Input							
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB				
Event_Count	Int		Events discarded				
Temp							
Constant							

#### Segmento 1:



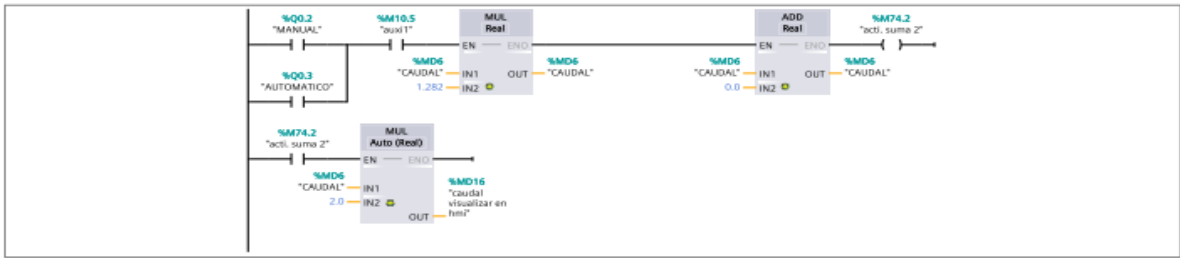
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"caudal in"	%M1000	UDInt	
"DB HSC Retain".hsc_1		UDInt	

#### Segmento 2: acondicionamiento de señal flujometro



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"auxi1"	%M10.5	Bool	
"caudal in1"	%MD48	UDInt	
"caudal in 2"	%MD52	UDInt	
"caudal in 3"	%MD30	UDInt	
"caudal in"	%M1000	UDInt	
"CAUDAL"	%MD6	Real	
"contador on"	%M4.0	Bool	
"CV1"	%M10.1	Bool	
"HSC_1"	257	HW_HSC	
"STATUS"	%MW14	Word	
"suma"	%MD56	UDInt	

Segmento 3:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"acti. suma 2"	%M74.2	Bool	
"AUTOMATICO"	%Q0.3	Bool	
"auxi1"	%M10.5	Bool	
"caudal visualizar en hmi"	%MD16	Real	
"CAUDAL"	%MD6	Real	
"MANUAL"	%Q0.2	Bool	

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] /  
Bloques de programa**

**DB HSC Retain [DB1]**

**DB HSC Retain Propiedades**

**General**

Nombre	DB HSC Retain	Número	1	Tipo	DB	Idioma	DB
Numeración	automática						

**Información**

Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Static							
hsc_1	UDInt	0	True	True	True	False	

Totally Integrated Automation Portal							
<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa</b> <b>tiempo [DB2]</b>							
<b>tiempo Propiedades</b>							
<b>General</b>							
Nombre	tiempo	Número	2	Tipo	DB		
Numeración	automática			Idioma	DB		
<b>Información</b>							
Título		Autor		Comentario			
Versión	0,1	ID personalizada		Familia			
<b>Nombre</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Valor de arranque</b>	<b>Remanencia</b>	<b>Accesible desde HMI</b>	<b>Visible en HMI</b>	<b>Valor de ajuste</b>	<b>Comentario</b>
▼ Static							
▼ hora fecha	DTL	DTL#1970-01-01-00:00:00	True	True	True	False	
YEAR	UInt	1970	True	True	True	False	
MONTH	USInt	1	True	True	True	False	
DAY	USInt	1	True	True	True	False	
WEEKDAY	USInt	5	True	True	True	False	
HOUR	USInt	0	True	True	True	False	
MINUTE	USInt	0	True	True	True	False	
SECOND	USInt	0	True	True	True	False	
NANOSECOND	UDInt	0	True	True	True	False	

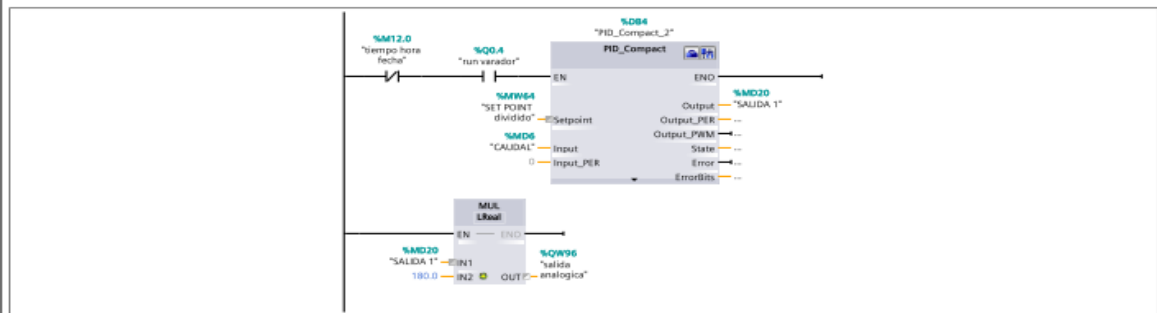
## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### PID [FC1]

#### PID Propiedades

General					
Nombre	PID	Número	1	Tipo	FC
Numeración	automática			Idioma	KOP
Información					
Título		Autor		Comentario	
Versión	0,1	ID personalizada		Familia	
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario		
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Constant					
Return					
PID	Void				

#### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CAUDAL"	%MD6	Real	
"run varador"	%Q0.4	Bool	
"SALIDA 1"	%MD20	Real	
"salida analogica"	%QW96	Int	
"SET POINT dividido"	%MW64	Int	
"tiempo hora fecha"	%M12.0	Bool	

Totally Integrated Automation Portal							
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Visible en HMI	Accesible desde HMI	Comentario	
ph 3	Real	%MD60	False	True	True		
suma ph	Real	%MD76	False	True	True		
ph HMI	Real	%MD80	False	True	True		
auxi4	Bool	%M10.6	False	True	True		
ph HMI 1	Real	%MD34	False	True	True		
auxi5	Bool	%M38.0	False	True	True		
promedio ph	Real	%MD84	False	True	True		
ph 1	Real	%MD88	False	True	True		
contacto reductor ph S	Bool	%M38.1	False	True	True		
contacto reductro ph R	Bool	%M38.2	False	True	True		
ph 4	Real	%MD92	False	True	True		
ph 5	Real	%MD96	False	True	True		

## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Tipos de datos PLC PID\_CompactConfig

### PID\_CompactConfig Propiedades

General							
Nombre	PID_CompactConfig	Número	1134	Tipo	UDT	Idioma	
Numeración							
Información							
Título	configuration data set	Autor		Comentario		Familia	
Versión		ID personalizada					
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario	
InputPerOn	Bool	TRUE	True	True	True	activate peripheral input	
InvertControl	Bool	FALSE	True	True	True	invert control direction	
InputUpperLimit	Real	120.0	True	True	True	input (Process Value) upper limit	
InputLowerLimit	Real	0.0	True	True	True	input (Process Value) lower limit	
InputUpperWarning	Real	3.402822e+38	True	True	True	input (Process Value) upper level warning	
InputLowerWarning	Real	-3.402822e+38	True	True	True	input (Process Value) lower level warning	
OutputUpperLimit	Real	100.0	True	True	True	output value upper limit	
OutputLowerLimit	Real	0.0	True	True	True	output value lower limit	
SetpointUpperLimit	Real	3.402822e+38	True	True	True	setpoint upper limit value	
SetpointLowerLimit	Real	-3.402822e+38	True	True	True	setpoint lower limit value	
MinimumOnTime	Real	0.0	True	True	True	PWM minimum on time	
MinimumOffTime	Real	0.0	True	True	True	PWM minimum off time	
▼ InputScaling	PID_Scaling		True	True	False	input scaling	
UpperPointIn	Real	27648.0	True	True	True	high value (input range of scaling)	
LowerPointIn	Real	0.0	True	True	True	low value (input range of scaling)	
UpperPointOut	Real	100.0	True	True	True	high value (output range of scaling)	
LowerPointOut	Real	0.0	True	True	True	low value (output range of scaling)	



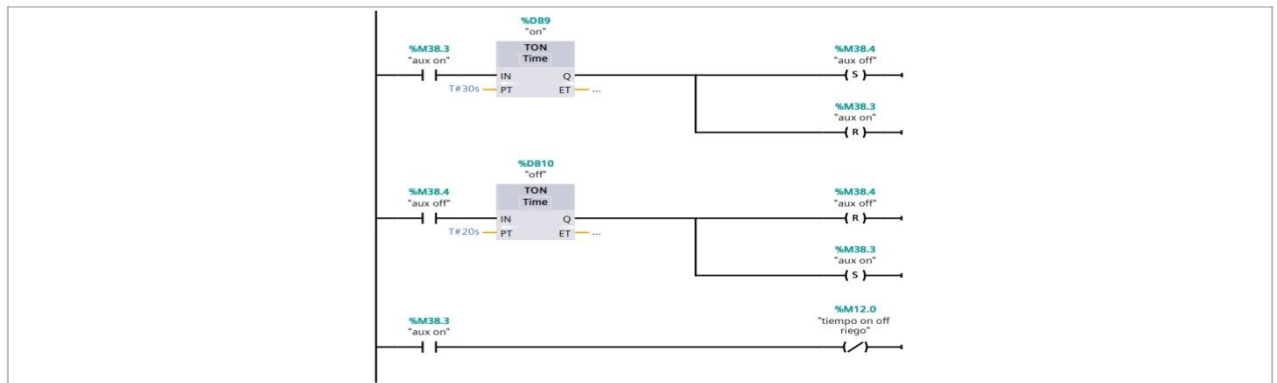
## DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO 2 / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### tiempos de riego [FC5]

#### tiempos de riego Propiedades

General							
Nombre	tiempos de riego	Número	5	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	automática						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario				
Input							
Output							
InOut							
Temp							
Constant							
Return							
tiempos de riego	Void						

#### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"aux off"	%M38.4	Bool	
"aux on"	%M38.3	Bool	
"tiempo on off riego"	%M12.0	Bool	

Totally Integrated Automation Portal					
<b>Interfaz PROFINETEntradas digitales\Canal5</b>					
Dirección de canal	I0.5	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINETEntradas digitales\Canal6</b>					
Dirección de canal	I0.6	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINETEntradas digitales\Canal7</b>					
Dirección de canal	I0.7	Activar detección del flanco ascendente	0	Activar detección de flanco descendente	0
Activar toma de impulso	0				
<b>Interfaz PROFINETEntradas analógicas\Reducción de ruido</b>					
Tiempo de integración	50 Hz (20 ms)				
<b>Interfaz PROFINETEntradas analógicas\Canal0</b>					
Dirección de canal	IW64	Tipo de medición	Tensión	Rango de tensión	de 0 a 10 V
Filtrado	Débil (4 ciclos)			Activar diagnóstico de rebase por exceso	1
<b>Interfaz PROFINETEntradas analógicas\Canal1</b>					
Dirección de canal	IW66	Tipo de medición	Tensión	Rango de tensión	de 0 a 10 V
Filtrado	Débil (4 ciclos)			Activar diagnóstico de rebase por exceso	1
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales</b>					
Reacción a STOP de la CPU	Aplicar valor sustitutivo				
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales\Canal0</b>					
Dirección de canal	Q0.0	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales\Canal1</b>					
Dirección de canal	Q0.1	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales\Canal2</b>					
Dirección de canal	Q0.2	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales\Canal3</b>					
Dirección de canal	Q0.3	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales\Canal4</b>					
Dirección de canal	Q0.4	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSalidas digitales\Canal5</b>					
Dirección de canal	Q0.5	Aplicar valor 1 en caso de transición de RUN a STOP.	0		
<b>Interfaz PROFINETSincronización horaria</b>					
Activar sincronización horaria vía servidor NTP	Activar sincronización horaria vía servidor NTP		Direcciones IP	Servidor de hora de la red 1	0.0.0.0
Servidor de hora de la red 2	0.0.0.0	Servidor de hora de la red 3	0.0.0.0	Servidor de hora de la red 4	0.0.0.0
Intervalo de actualización	10sec				
<b>Interfaz PROFINETID de hardwareID de hardware</b>					
ID de hardware	64	ID de hardware	264		
<b>Interfaz PROFINETDirecciones E/SIDirecciones de entrada</b>					
Dirección inicial	0	Dirección final	0	Bloque de organización	0
Memoria imagen de proceso	0				
<b>Interfaz PROFINETDirecciones E/SIDirecciones de salida</b>					
Dirección inicial	0	Dirección final	0	Bloque de organización	0
Memoria imagen de proceso	0				
<b>Sinóptico de direcciones</b>					
Entradas	True	Salidas	True	Huecos direcciones	False
Slot	True				

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO 2 / PLC\_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Variables PLC /  
Tabla de variables estándar [104]**

**Variables PLC**

Variables PLC							
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Visible en HMI	Accesible desde HMI	Comentario	
caudal in	UDInt	%D1000	False	True	True		
VALOR DE FLUJO	DInt	%MD2	False	True	True		
CAUDAL	Real	%MD6	False	True	True		
salida analogica	Int	%QW96	False	True	True		
ELECTRO REDUCTOR PH	Bool	%Q0.0	False	True	True		
F1	Bool	%M0.7	False	True	True		
F2	Bool	%M1.0	False	True	True		
F3	Bool	%M1.1	False	True	True		
F4	Bool	%M1.2	False	True	True		
F5	Bool	%M1.3	False	True	True		
F6	Bool	%M1.4	False	True	True		
F7	Bool	%M1.5	False	True	True		
F8	Bool	%M1.6	False	True	True		
F9	Bool	%M1.7	False	True	True		
F10	Bool	%M10.0	False	True	True		
tiempo on off riego	Bool	%M12.0	False	True	True		
AUTOMATICO	Bool	%Q0.3	False	True	True		
MANUAL	Bool	%Q0.2	False	True	True		
set point(1)	Int	%MW68	False	True	True		
NEW_CV1	UDInt	%MD26	False	True	True		
CV1	Bool	%M10.1	False	True	True		
CV2	Bool	%M10.2	False	True	True		
contador on	Bool	%M4.0	False	True	True		
MARCA AUTOMATICO	Bool	%M4.6	False	True	True		
run varador	Bool	%Q0.4	False	True	True		
sensor ph	Int	%IW96	False	True	True		
SENSOR PH SALIDA	Int	%MW24	False	True	True		
ph	Real	%MD40	False	True	True		
System_Byte	Byte	%MB1	False	True	True		
Clock_Byte	Byte	%MB0	False	True	True		
ON ELECTROVALVULA	Bool	%M10.3	False	True	True		
caudal in1	UDInt	%MD48	False	True	True		
caudal in 2	UDInt	%MD52	False	True	True		
suma	UDInt	%MD56	False	True	True		
auxi1	Bool	%M10.5	False	True	True		
SET POINT dividido	Int	%MW64	False	True	True		
activavizualizacion	Bool	%M10.7	False	True	True		
mirar sensor ph	Int	%MW66	False	True	True		
auxi2	Bool	%M11.0	False	True	True		
aux 3	Bool	%M11.1	False	True	True		
elevador de ph	Bool	%Q0.1	False	True	True		
activo reductor ph	Bool	%M11.2	False	True	True		
1 minuto	Bool	%M11.3	False	True	True		
auxi3	Bool	%M11.4	False	True	True		
auxi7	Time	%MD70	False	True	True		
2minutos	Bool	%M11.5	False	True	True		
auxi 1min 2	Bool	%M11.6	False	True	True		
auxi 1 min 1	Bool	%M11.7	False	True	True		
interruptor 1minuto	Bool	%M74.0	False	True	True		
activacion tiempo dosificacion	Bool	%M74.1	False	True	True		
acti. suma 2	Bool	%M74.2	False	True	True		
enclavamiento F10	Bool	%M10.4	False	True	True		
Tag_6	Int	%MW12	False	True	True		
STATUS	Word	%MW14	False	True	True		
caudal visualizar en hmi	Real	%MD16	False	True	True		
SALIDA 1	Real	%MD20	False	True	True		
caudal in 3	UDInt	%MD30	False	True	True		
ph 2	Real	%MD44	False	True	True		

Totally Integrated Automation Portal							
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Visible en HMI	Accesible desde HMI	Comentario	
ph 3	Real	%MD60	False	True	True		
suma ph	Real	%MD76	False	True	True		
ph HMI	Real	%MD80	False	True	True		
auxi4	Bool	%M10.6	False	True	True		
ph HMI 1	Real	%MD34	False	True	True		
auxi5	Bool	%M38.0	False	True	True		
promedio ph	Real	%MD84	False	True	True		
ph 1	Real	%MD88	False	True	True		
contacto reductor ph S	Bool	%M38.1	False	True	True		
contacto reductor ph R	Bool	%M38.2	False	True	True		
ph 4	Real	%MD92	False	True	True		
ph 5	Real	%MD96	False	True	True		
tiempo actual	Time_Of_Day	%MD100	False	True	True		
tiempo 2	Time_Of_Day	%MD104	False	True	True		
dif_tiempo	Time	%MD108	False	True	True		
aux on	Bool	%M38.3	False	True	True		
aux off	Bool	%M38.4	False	True	True		

Totally Integrated Automation Portal					
<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO 2 / HMI_1 [KP300 Basic mono PN] / Imágenes</b>					
<b>CARATULA</b>					
Copia impresa de CARATULA					
<b>UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE</b> SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO <b>CIMANELE</b> INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELECTRICO					
<b>General</b>					
Nombre	CARATULA	Color de fondo	255; 255; 255	Color Cuadrícula	0; 0; 0
Número	2	Plantilla		Tooltip	
<b>Niveles</b>					
Nivel activo	0				
Nivel_0				Verificado	
Nivel_1				Verificado	
Nivel_2				Verificado	
Nivel_3				Verificado	
Nivel_4				Verificado	
Nivel_5				Verificado	
Nivel_6				Verificado	
Nivel_7				Verificado	
Nivel_8				Verificado	
Nivel_9				Verificado	
Nivel_10				Verificado	
Nivel_11				Verificado	
Nivel_12				Verificado	
Nivel_13				Verificado	
Nivel_14				Verificado	
Nivel_15				Verificado	
Nivel_16				Verificado	
Nivel_17				Verificado	
Nivel_18				Verificado	
Nivel_19				Verificado	
Nivel_20				Verificado	
Nivel_21				Verificado	
Nivel_22				Verificado	
Nivel_23				Verificado	
Nivel_24				Verificado	
Nivel_25				Verificado	
Nivel_26				Verificado	
Nivel_27				Verificado	
Nivel_28				Verificado	
Nivel_29				Verificado	
Nivel_30				Verificado	
Nivel_31				Verificado	
<b>Softkey_F6</b>					
Tipo	Tecla de función				
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global	Sin verificar	KeyCode	225
Variable LED		Bit de la variable LED	0	Gráfico	
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento	Pulsar tecla				
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>					
Nombre de imagen	CULTIVO 1	Número de objeto	0		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable	F7				
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable	F8				
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable	F9				
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable	F10				
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>					
Variable	F6				
<b>Softkey_F7</b>					
Tipo	Tecla de función				
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global	Sin verificar	KeyCode	226
Variable LED		Bit de la variable LED	0	Gráfico	

Totally Integrated Automation Portal					
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Pulsar tecla			
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>					
Nombre de imagen		CULTIVO 2	Número de objeto		0
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F6			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F8			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F9			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F10			
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>					
Variable		F7			
<b>Softkey_F8</b>					
Tipo		Tecla de función			
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global		Sin verificar	
Variable LED		Bit de la variable LED		KeyCode Gráfico	
		0		227	
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Pulsar tecla			
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>					
Nombre de imagen		CULTIVO 3	Número de objeto		0
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F6			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F7			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F9			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F10			
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>					
Variable		F8			
<b>Softkey_F9</b>					
Tipo		Tecla de función			
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global		Sin verificar	
Variable LED		Bit de la variable LED		KeyCode Gráfico	
		0		228	
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Pulsar tecla			
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>					
Nombre de imagen		CULTIVO 4	Número de objeto		0
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F6			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F7			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F8			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F10			
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>					
Variable		F9			

Totally Integrated Automation Portal					
<b>Softkey_F10</b>					
Tipo	Tecla de función				
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global	Sin verificar	KeyCode	229
Variable LED		Bit de la variable LED	0	Gráfico	
<b>DinamizacionesEvento</b>					
Nombre de evento	Pulsar tecla				
<b>Lista de funcionesActivarImagen</b>					
Nombre de imagen	MANUAL	Número de objeto	0		
<b>Lista de funcionesDesactivarBit</b>					
Variable	F6				
<b>Lista de funcionesDesactivarBit</b>					
Variable	F7				
<b>Lista de funcionesDesactivarBit</b>					
Variable	F8				
<b>Lista de funcionesDesactivarBit</b>					
Variable	F9				
<b>Lista de funcionesActivarBit</b>					
Variable	F10				
<b>Campo de texto_1</b>					
Tipo	Campo de texto				
<b>General</b>					
Texto	UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE				
<b>Apariencia</b>					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color Borde	0; 0; 0
Estilo borde 3D	Sin verificar	Ancho Borde	1	Estilo de línea	Ninguno
Color de primer plano	0; 0; 0				
<b>Representación</b>					
Margen inferior	0	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	15
Posición X	17	Margen izquierdo	0	Margen derecho	2
Posición Y	8	Margen superior	2	Ancho	191
<b>Texto</b>					
Fuente	Tahoma, 11px, style=Bold	Alineación horizontal	Izquierda	Alineación vertical	Arriba
<b>Parpadeo</b>					
Parpadeo	Ninguno				
<b>Misceláneo</b>					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_1		
<b>Campo de texto_3</b>					
Tipo	Campo de texto				
<b>General</b>					
Texto	SISTEMA DE CONTROL HIDROPONICO				
<b>Apariencia</b>					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Color Borde	0; 0; 0
Estilo borde 3D	Sin verificar	Ancho Borde	1	Estilo de línea	Ninguno
Color de primer plano	0; 0; 0				
<b>Representación</b>					
Margen inferior	0	Adaptar tamaño	Verificado	Altura	15
Posición X	32	Margen izquierdo	0	Margen derecho	2
Posición Y	24	Margen superior	2	Ancho	188
<b>Texto</b>					
Fuente	Tahoma, 11px	Alineación horizontal	Izquierda	Alineación vertical	Arriba
<b>Parpadeo</b>					
Parpadeo	Ninguno				
<b>Misceláneo</b>					
Nivel	0 - Nivel_0	Nombre	Campo de texto_3		
<b>Softkey_F3</b>					
Tipo	Tecla de función				
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global	Sin verificar	KeyCode	222
Variable LED		Bit de la variable LED	0	Gráfico	
<b>Softkey_F2</b>					
Tipo	Tecla de función				
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global	Sin verificar	KeyCode	221

Totally Integrated Automation Portal			
<b>Softkey_F7</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
KeyCode Gráfico	226		
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento	Pulsar tecla		
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>			
Variable	F7		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F6		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F8		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F9		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F10		
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>			
Nombre de imagen	CULTIVO 2	Número de objeto	0
<b>Softkey_F8</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
KeyCode Gráfico	227		
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento	Pulsar tecla		
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>			
Nombre de imagen	CULTIVO 3	Número de objeto	0
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>			
Variable	F8		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F6		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F7		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F9		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F10		
<b>Softkey_F9</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
KeyCode Gráfico	228		
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento	Pulsar tecla		
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>			
Nombre de imagen	CULTIVO 4	Número de objeto	0
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>			
Variable	F9		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F6		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F7		



Totally Integrated Automation Portal					
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F8			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F10			
<b>Softkey_F10</b>					
Tipo		Tecla de función			
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global		Sin verificar	
Variable LED		Bit de la variable LED		0	
				KeyCode Gráfico	
				229	
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Pulsar tecla			
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>					
Nombre de imagen		MANUAL		Número de objeto	
				0	
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>					
Variable		F10			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F6			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F7			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F8			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F9			
<b>Softkey_F5</b>					
Tipo		Tecla de función			
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global		Sin verificar	
Variable LED		Bit de la variable LED		0	
				KeyCode Gráfico	
				224	
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Pulsar tecla			
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>					
Nombre de imagen		MENU		Número de objeto	
				0	
<b>Softkey_F3</b>					
Tipo		Tecla de función			
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global		Sin verificar	
Variable LED		Bit de la variable LED		0	
				KeyCode Gráfico	
				222	
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Pulsar tecla			
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>					
Variable		F3			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		F4			
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>					
Variable		activacion tiempo dosificacion			
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Soltar tecla			
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>					
Variable		activacion tiempo dosificacion			
<b>Softkey_F4</b>					
Tipo		Tecla de función			
<b>General</b>					
Permiso		Asignación global		Sin verificar	
Variable LED		Bit de la variable LED		0	
				KeyCode Gráfico	
				223	
<b>Dinamizaciones\Evento</b>					
Nombre de evento		Pulsar tecla			

Totally Integrated Automation Portal			
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento		Pulsar tecla	
<b>Lista de funciones\DecrementarVariable</b>			
Variable	set point(1)	Valor	1
<b>Softkey_F2</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
			Gráfico
			221
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento		Pulsar tecla	
<b>Lista de funciones\IncrementarVariable</b>			
Variable	set point(1)	Valor	1
<b>Softkey_F5</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
			Gráfico
			224
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento		Pulsar tecla	
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>			
Nombre de imagen	MENU	Número de objeto	0
<b>Softkey_CursorUp</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
			Gráfico
			164
<b>Softkey_F3</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
			Gráfico
			222
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento		Pulsar tecla	
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>			
Variable	F3		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F4		
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>			
Variable	activacion tiempo dosificacion		
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento		Soltar tecla	
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	activacion tiempo dosificacion		
<b>Softkey_F6</b>			
Tipo	Tecla de función		
<b>General</b>			
Permiso		Asignación global	Sin verificar
Variable LED		Bit de la variable LED	0
			Gráfico
			225
<b>Dinamizaciones\Evento</b>			
Nombre de evento		Pulsar tecla	
<b>Lista de funciones\ActivarImagen</b>			
Nombre de imagen	CULTIVO 1	Número de objeto	0
<b>Lista de funciones\ActivarBit</b>			
Variable	F6		
<b>Lista de funciones\DesactivarBit</b>			
Variable	F7		

## Anexo 2

### Controlador lógico programable S7 1200

#### Datos técnicos

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1211C AC/DC/relé	CPU 1211C DC/DC/relé	CPU 1211C DC/DC/DC
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
<b>Comunicación</b>			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 para HMI</li> <li>• 1 para la programadora</li> <li>• 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario</li> <li>• 3 para CPU a CPU</li> </ul>		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC		
Tipo de cable	CAT5e apantallado		
<b>Fuente de alimentación</b>			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	60 mA a 120 V AC 30 mA a 240 V AC	300 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	180 mA a 120 V AC 90 mA a 240 V AC	900 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta		
<b>Alimentación de sensores</b>			
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.	
Intensidad de salida nominal (máx.)	300 mA (protegido contra cortocircuito)		
Ruido de rizado máx. (<10 MHz)	< 1 V de pico a pico	Igual a la línea de entrada	
Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)	Sin aislamiento		
<b>Entradas digitales</b>			
Número de entradas	6		
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)		
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal		
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.		
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.		
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA		

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria de trabajo</li> <li>• Memoria de carga</li> <li>• Memoria remanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 KB</li> <li>• 1 MB</li> <li>• 2 KB</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 KB</li> <li>• 2 MB</li> <li>• 2 KB</li> </ul>
E/S integradas locales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitales</li> <li>• Analógicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 entradas/4 salidas</li> <li>• 2 entradas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 entradas/6 salidas</li> <li>• 2 entradas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 entradas/10 salidas</li> <li>• 2 entradas</li> </ul>
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase simple</li> <li>• Fase en cuadratura</li> </ul>	3 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 a 100 kHz</li> <li>• 3 a 80 kHz</li> </ul>	4 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 a 100 kHz</li> <li>• 1 a 30 kHz</li> <li>• 3 a 80 kHz</li> <li>• 1 a 20 kHz</li> </ul>	6 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 a 100 kHz</li> <li>• 3 a 30 kHz</li> <li>• 3 a 80 kHz</li> <li>• 3 a 20 kHz</li> </ul>
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

## STEP 7 Basic

El software STEP 7 Basic ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI. STEP 7 Basic ofrece dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten desarrollar el programa de control de la aplicación de forma fácil y eficiente. Asimismo, incluye las herramientas para crear y configurar los dispositivos HMI en el proyecto.

Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 Basic ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla.

Para instalar STEP 7 Basic, inserte el CD en la unidad de CDROM del equipo. El asistente de instalación arranca automáticamente y le guía por el proceso de instalación. Encontrará más información en el archivo Léame.

---

### Nota

Para instalar el software STEP 7 Basic en un equipo con el sistema operativo Windows 2000, Windows XP o Windows Vista, es preciso iniciar la sesión con derechos de administrador.

---

### **Directrices de puesta a tierra del S7-1200**

La mejor forma de poner a tierra la aplicación es garantizar que todos los conductores neutros y de masa del S7-1200 y de los equipos conectados se pongan a tierra en un mismo punto. Este punto debería conectarse directamente a la toma de tierra del sistema.

Todos los cables de puesta a tierra deberían tener la menor longitud posible y una sección grande, p. ej. 2 mm<sup>2</sup> (14 AWG).

Al definir físicamente las tierras es necesario considerar los requisitos de puesta a tierra de protección y el funcionamiento correcto de los dispositivos protectores.

### **Directrices de cableado del S7-1200**

Al diseñar el cableado del S7-1200, prevea un interruptor unipolar para cortar simultáneamente la alimentación de la CPU S7-1200, de todos los circuitos de entrada y de todos los circuitos de salida. Prevea dispositivos de protección contra sobrecorriente (p. ej. fusibles o cortacircuitos) para limitar las corrientes de fallo en el cableado de alimentación. Para mayor protección es posible disponer un fusible u otro limitador de sobrecorriente en todos los circuitos de salida.

Utilice dispositivos de supresión de sobretensiones apropiados en el cableado sujeto a perturbaciones por descargas atmosféricas.

Evite colocar las líneas de señales de baja tensión y los cables de comunicación en una misma canalización junto con los cables AC y los cables DC de alta energía y conmutación rápida. El cableado deberá efectuarse por pares; con el cable de neutro o común combinado con el hilo caliente o de señal.

Utilice el cable más corto posible y vigile que tenga una sección suficiente para conducir la corriente necesaria. El conector acepta cables con una sección de 2 mm<sup>2</sup> a 0,3 mm<sup>2</sup> (14 AWG a 22 AWG). Utilice cables apantallados para obtener una protección óptima contra interferencias. Por lo general, los mejores resultados se obtienen poniendo a tierra la pantalla del S7-1200.

Al cablear circuitos de entrada alimentados por una fuente externa, prevea dispositivos protectores contra sobrecorriente en estos circuitos. La protección externa no se requiere en los circuitos alimentados por la alimentación de sensores de 24 V DC del S7-1200, puesto que la alimentación de sensores ya está protegida contra sobrecorriente.

Todos los módulos S7-1200 incorporan conectores extraíbles para el cableado de usuario. Para evitar conexiones flojas, asegúrese que el conector está encajado correctamente y que el cable está insertado de forma segura en el conector. No apriete excesivamente los tornillos para impedir que se deteriore el conector. El par máximo de apriete de los tornillos del conector es de 0,56 Nm (5 pulgadas-libra).

Para impedir flujos de corriente indeseados en la instalación, el S7-1200 provee límites de aislamiento galvánico en ciertos puntos. Tenga en cuenta estos límites de aislamiento al planificar el cableado del sistema. En los datos técnicos encontrará más información acerca de la ubicación de los puntos de aislamiento galvánico y la capacidad que ofrecen. Los aislamientos con valores nominales inferiores a 1500 V AC no deben tomarse para definir barreras de seguridad.

### Prioridades y colas de espera para la ejecución de eventos

El número de eventos pendientes (en cola de espera) de una sola fuente se limita utilizando una cola diferente para cada tipo de evento. Al alcanzar el límite de eventos pendientes de un determinado tipo, se pierde el evento siguiente. Para más información sobre el desbordamiento de colas de espera, consulte el apartado "Eventos de error de tiempo".

Todo evento de la CPU tiene una prioridad asociada y las prioridades de eventos se clasifican en clases de prioridad. La tabla siguiente ofrece una sinopsis de la profundidad de las colas de espera, las clases de prioridad y las prioridades de los eventos de CPU soportados.

#### Nota

No es posible modificar la prioridad, ni la asignación a las clases de prioridad, ni tampoco la profundidad de las colas de espera.

Generalmente, los eventos se procesan según su prioridad (primero los de mayor prioridad). Los eventos de igual prioridad se procesan según su orden de aparición.

Tipo de evento (OB)	Cantidad	Números de OB válidos	Profundidad de la cola de espera	Clase de prioridad	Prioridad
Ciclo	1 evento de ciclo Se permiten varios OBs	1 (estándar) 200 o superior	1	1	1
Arranque	1 evento de arranque <sup>1</sup> Se permiten varios OBs	100 (estándar) 200 o superior	1		1
Retardo	4 eventos de retardo 1 OB por evento	200 o superior	8	2	3
Cíclico	4 eventos cíclicos 1 OB por evento	200 o superior	8		4
Flancos	16 eventos de flanco ascendente 16 eventos de flanco descendente 1 OB por evento	200 o superior	32		5
HSC	6 eventos CV = PV 6 eventos de cambio de sentido 6 eventos de reset externo 1 OB por evento	200 o superior	16		6
Error de diagnóstico	1 evento	Sólo 82	8	3	9
Evento de error de tiempo/evento de tiempo MaxCycle	1 evento de error de tiempo 1 evento de tiempo MaxCycle	Sólo 80	8		26

## Búfer de diagnóstico

La CPU soporta un búfer de diagnóstico que contiene una entrada para cada evento de diagnóstico. Toda entrada incluye la fecha y hora del evento, así como su categoría y descripción. Las entradas se visualizan en orden cronológico. El evento más reciente aparece en primer lugar. Estando conectada la alimentación de la CPU, los 50 eventos más recientes están disponibles en este búfer. Cuando se llena el búfer, un evento nuevo reemplaza al evento más antiguo. Cuando se corta la alimentación, se almacenan los diez eventos más recientes.

Los siguientes tipos de eventos se registran en el búfer de diagnóstico:

- Todo evento de diagnóstico del sistema, p. ej. errores de la CPU y de los módulos
- Todo cambio de estado de la CPU (todo arranque, toda transición a STOP, toda transición a RUN)

Para acceder al búfer de diagnóstico es preciso estar online. El búfer se encuentra en "Online y diagnóstico / Diagnóstico / Búfer de diagnóstico". Encontrará más información acerca de la búsqueda y eliminación de errores en el capítulo "Online y diagnóstico".

## Reloj en tiempo real

La CPU soporta un reloj en tiempo real. Un condensador de alto rendimiento suministra la energía necesaria para que el reloj pueda seguir funcionando mientras está desconectada la alimentación de la CPU. El condensador de alto rendimiento se carga mientras está conectada la alimentación de la CPU. Tras haber estado conectada la alimentación de la CPU como mínimo 2 horas, la carga del condensador de alto rendimiento alcanzará para que el reloj pueda funcionar 10 días por lo general.

El reloj en tiempo real sirve para ajustar la hora del sistema que es el tiempo universal coordinado (UTC). STEP 7 Basic ajusta el reloj en tiempo real a la hora del sistema. Se dispone de instrucciones que permiten leer la hora del sistema (RD\_SYS\_T) o la hora local (RD\_LOC\_T). La hora local se calcula según la diferencia con respecto a la zona horaria y al horario de verano que se han ajustado en la "Configuración de dispositivos" del reloj de la CPU.

El reloj en tiempo real de la CPU se configura en la propiedad "Hora". También es posible habilitar el horario de verano y determinar su fecha y hora de inicio y fin. Para ajustar el reloj en tiempo real es preciso estar online y en la vista "Online y diagnóstico" de la CPU. Utilice la función "Ajustar hora".

## Tipos de datos

Los tipos de datos se utilizan para determinar el tamaño de un elemento de datos y cómo deben interpretarse los datos. Todo parámetro de instrucción soporta como mínimo un tipo de datos. Algunos parámetros soportan varios tipos de datos. Sitúe el cursor sobre el campo de parámetro de una instrucción para ver qué tipos de datos soporta el parámetro en cuestión.

Un parámetro formal es el identificador en una instrucción que indica la ubicación de los datos que deben utilizarse (ejemplo: la entrada IN1 de una instrucción ADD). Un parámetro actual es la posición de memoria o constante que contiene los datos que debe utilizar la instrucción (ejemplo: %MD400 "Número\_de\_widgets"). El tipo de datos del parámetro actual definido por el usuario debe concordar con uno de los tipos de datos que soporta el parámetro formal especificado por la instrucción.

Al definir un parámetro actual es preciso indicar una variable (símbolo) o una dirección absoluta. Las variables asocian un nombre simbólico (nombre de variable) con un tipo de datos, área de memoria, offset y comentario. Se pueden crear bien sea en el editor de variables PLC, o bien en la interfaz del bloque (OB, FC, FB o DB). Si se introduce una dirección absoluta que no tenga una variable asociada, es preciso utilizar un tamaño apropiado que coincida con el tipo de datos soportado. Al realizar la entrada se creará una variable predeterminada.

También es posible introducir un valor de constante para numerosos parámetros de entrada. La tabla siguiente muestra los tipos de datos simples soportados, incluyendo ejemplos de entrada de constantes. Todos los tipos de datos, excepto String, están disponibles en el editor de variables PLC y en la interfaz del bloque. String sólo está disponible en la interfaz del bloque. La tabla siguiente muestra los tipos de datos simples.

Tipo de datos	Tamaño (bits)	Rango	Ejemplos de entrada de constantes
Bool	1	0 a 1	TRUE, FALSE, 0, 1
Byte	8	16#00 a 16#FF	16#12, 16#AB
Word	16	16#0000 a 16#FFFF	16#ABCD, 16#0001
DWord	32	16#00000000 a 16#FFFFFFFF	16#02468ACE
Char	8	16#00 a 16#FF	'A', '!', '@'
Sint	8	128 a 127	123, -123
Int	16	32.768 a 32.767	123, -123
Dint	32	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	123, -123
USInt	8	0 a 255	123
UInt	16	0 a 65.535	123
UDInt	32	0 a 4.294.967.295	123
Real	32	+/-1,18 x 10 <sup>-38</sup> a +/-3,40 x 10 <sup>38</sup>	123,456, -3,4, -1,2E+12, 3,4E-3
LReal	64	+/-2,23 x 10 <sup>-308</sup> a +/-1,79 x 10 <sup>308</sup>	12345.123456789 -1,2E+40
Time	32	T#-24d_20h_31m_23s_648ms a T#24d_20h_31m_23s_647ms Almacenado como: -2,147,483,648 ms a +2,147,483,647 ms	T#5m_30s 5#-2d T#1d_2h_15m_30x_45ms
String	Variable	0 a 254 caracteres en tamaño de byte	'ABC'

Aunque no están disponibles como tipos de datos, las instrucciones de conversión soportan el siguiente formato numérico BCD.

Formato	Tamaño (bits)	Rango numérico	Ejemplos de entrada de constantes
BCD16	16	-999 a 999	123, -123
BCD32	32	-9999999 a 9999999	1234567, -1234567



### Tipo de datos DTL (Data and Time Long)

El tipo de datos DTL es una estructura de 12 bytes que almacena información de fecha y hora en una estructura predefinida. Un DTL se puede definir en la memoria temporal del bloque o en un DB.

Longitud (bytes)	Formato	Rango de valores	Ejemplo de un valor de entrada
12	Reloj y calendario (año-mes día:hora:minuto:segundo.na nosegundos)	Min.: DTL#1970-01-01- 00:00:00.0 Max.: DTL#2554-12-31- 23:59:59.999 999 999	DTL#2008-12-16- 20:30:20.250

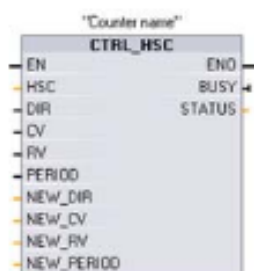
Todo componente de DTL contiene un diferente tipo de datos y rango de valores. El tipo de datos de un valor especificado debe concordar con el tipo de datos de los componentes correspondientes.

Byte	Componente	Tipo de datos	Rango de valores
0	Año	UINT	1970 a 2554
1			
2	Mes	USINT	1 a 12
3	Día	USINT	1 a 31
4	Día de la semana	USINT	1(domingo) a 7(sábado) El día de la semana no se considera en la entrada del valor.
5	Hora	USINT	0 a 23
6	Minuto	USINT	0 a 59
7	Segundo	USINT	0 a 59
8	Nanosegundos	UDINT	0 a 999 999 999
9			
10			
11			

## Instrucción CTRL\_HSC

La instrucción CTRL\_HSC permite controlar los contadores rápidos utilizados para contar eventos que ocurren más rápidamente que la frecuencia de ejecución del OB. La frecuencia de conteo de las instrucciones CTU, CTD y CTUD está limitada por la frecuencia de ejecución del OB en el que están contenidas. Encontrará más información sobre las frecuencias de entrada de reloj máximas del HSC en los datos técnicos (Página 325) de la CPU.

Una aplicación típica de los contadores rápidos es el conteo de impulsos generados por un encoder rotativo de control de movimiento.



Toda instrucción CTRL\_HSC utiliza una estructura almacenada en un bloque de datos para conservar los datos. El bloque de datos se asigna al disponer la instrucción CTRL\_HSC en el editor.

Cree un "Nombre de contador" propio para designar el bloque de datos contador y describir el objetivo de este contador en el proceso.

Parámetro	Tipo de parámetro	Tipo de datos	Descripción
HSC	IN	HW_HSC	Identificador del HSC
DIR	IN	Bool	1 = solicitar nuevo sentido de conteo
CV	IN	Bool	1 = solicitar activación del nuevo valor del contador
RV	IN	Bool	1 = solicitar activación del nuevo valor de referencia
PERIOD	IN	Bool	1 = solicitar activación del nuevo periodo (sólo para el modo de medición de frecuencia)
NEW_DIR	IN	Int	Nuevo sentido: 1= hacia delante -1= hacia atrás
NEW_DIR	IN	Dint	Nuevo valor del contador
NEW_DIR	IN	Dint	Nuevo valor de referencia
NEW_DIR	IN	Int	Nuevo periodo en segundos: 0,01, 0,1 ó 1 (sólo para el modo de medición de frecuencia)
BUSY	OUT	Bool	Función ocupada
STATUS	OUT	Word	Código de condición de ejecución

## Funciones matemáticas

### Instrucciones "Sumar", "Restar", "Multiplicar" y "Dividir"



Las instrucciones matemáticas con cuadros se utilizan para programar las operaciones matemáticas básicas:

- ADD: Sumar ( $IN1 + IN2 = OUT$ )
- SUB: Restar ( $IN1 - IN2 = OUT$ )
- MUL: Multiplicar ( $IN1 * IN2 = OUT$ )
- DIV: Dividir ( $IN1 / IN2 = OUT$ )

Una operación de división de enteros trunca la parte fraccionaria del cociente y produce un valor de salida entero.

Haga clic debajo del nombre del cuadro y seleccione un tipo de datos en la lista desplegable.

#### Nota

Los parámetros IN1, IN2 y OUT de las instrucciones matemáticas básicas deben tener un mismo tipo de datos.

Parámetro	Tipo de datos	Descripción
IN1, IN2	Sint, Int, DInt, USInt, UInt, UDIInt, Real, LReal, constante	Entradas de la operación matemática
OUT	Sint, Int, DInt, USInt, UInt, UDIInt, Real, LReal	Salida de la operación matemática

Si está habilitada (EN = 1), la instrucción matemática realiza la operación indicada en los valores de entrada (IN1 e IN2) y almacena el resultado en la dirección de memoria que indica el parámetro de salida (OUT). Una vez finalizada correctamente la operación, la instrucción pone ENO a 1.

Estado de ENO	Descripción
1	Sin error
0	El resultado de la operación matemática quedaría fuera del rango numérico válido del tipo de datos seleccionado. Se devuelve la parte menos significativa del resultado que quepa en el tamaño de destino.
0	División por 0 (IN2 = 0): El resultado es indefinido y se devuelve cero.
0	Real/LReal: Si uno de los valores de entrada es NaN (no es un número), se devuelve NaN.
0	ADD Real/LReal: Si ambos valores IN son INF con signos diferentes, la operación no está permitida y se devuelve NaN.
0	SUB Real/LReal: Si ambos valores IN son INF con signos iguales, la operación no está permitida y se devuelve NaN.

## Desplazamiento

### Instrucciones "Copiar valor" y "Copiar área"



Las instrucciones de desplazamiento permiten copiar elementos de datos a otra dirección de memoria y convertir un tipo de datos en otro. El proceso de desplazamiento no modifica los datos de origen.

- MOVE: Copia un elemento de datos almacenado en una dirección indicada a una dirección diferente
- MOVE\_BLK: Desplazamiento interruptible que copia un área de elementos de datos a otra dirección
- UMOVE\_BLK: Desplazamiento no interruptible que copia un área de elementos de datos a otra dirección

MOVE		
Parámetro	Tipo de datos	Descripción
IN	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDIInt, Real, LReal, Byte, Word, DWord, Char, Array, Struct, DTL, Time	Dirección de origen
OUT	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDIInt, Real, LReal, Byte, Word, DWord, Char, Array, Struct, DTL, Time	Dirección de destino

MOVE_BLK, UMOVE_BLK		
Parámetro	Tipo de datos	Descripción
IN	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDIInt, Real, Byte, Word, DWord	Dirección de origen inicial
COUNT	UInt	Número de elementos de datos que deben copiarse
OUT	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDIInt, Real, Byte, Word, DWord	Dirección de destino inicial

## Comunicación entre dispositivos HMI y el PLC



La CPU soporta conexiones PROFINET con dispositivos HMI. Los siguientes requisitos deben considerarse al configurar la comunicación entre CPUs y HMIs:

### Configuración/instalación:

- El puerto PROFINET de la CPU debe configurarse para poder establecer una conexión con el HMI.
- El HMI se debe instalar y configurar.
- La información de configuración del HMI forma parte del proyecto de la CPU y se puede configurar y cargar desde el proyecto.
- Para la comunicación entre dos interlocutores no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere sólo si la red comprende más de dos dispositivos.

---

### Nota

El switch Ethernet de 4 puertos CSM1277 de Siemens montado en un rack puede utilizarse para conectar las CPUs y los dispositivos HMI. El puerto PROFINET de la CPU no contiene un dispositivo de conmutación Ethernet.

---

### Funciones soportadas:

- El HMI puede leer/escribir datos en la CPU.
- Es posible disparar mensajes, según la información consultada de la CPU.
- Diagnóstico del sistema

---

### Nota

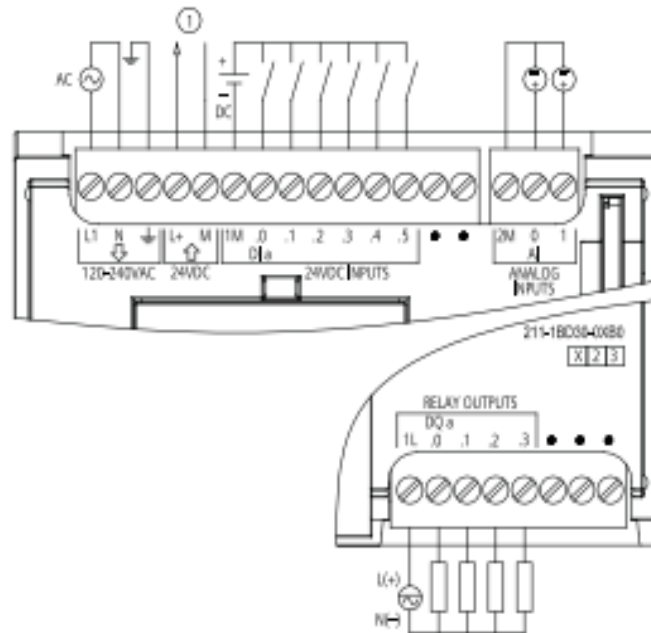
WinCC Basic y STEP 7 Basic son componentes del TIA Portal. Para más información sobre cómo configurar el HMI, consulte la documentación de WinCC Basic.

---

### Pasos necesarios para configurar la comunicación entre un dispositivo HMI y una CPU

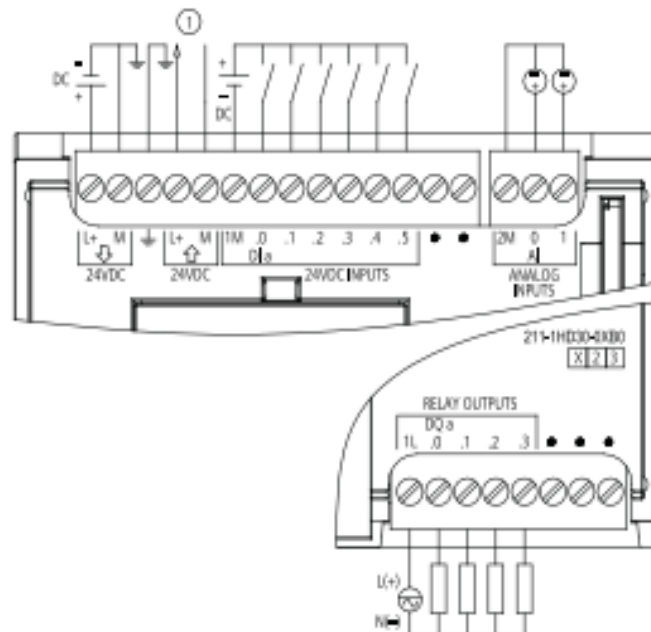
Paso	Tarea
1	<p>Establecer la conexión de hardware</p> <p>Una interfaz PROFINET establece la conexión física entre un dispositivo HMI y una CPU. Puesto que la función "auto-crossover" está integrada en la CPU, es posible utilizar un cable Ethernet estándar o cruzado ("crossover") para la interfaz. Para conectar un HMI a una CPU no se requiere un switch Ethernet.</p> <p>Encontrará más información en "Comunicación con una programadora: Establecer la conexión de hardware" (Página 243).</p>
2	<p>Configurar los dispositivos</p> <p>Encontrará más información en "Comunicación con una programadora: Configurar los dispositivos" (Página 243).</p>
3	<p>Configurar las conexiones de red lógicas entre un dispositivo HMI y una CPU</p> <p>Encontrará más información en "Comunicación entre el HMI y el PLC: Configurar las conexiones de red lógicas entre un dispositivo HMI y una CPU" (Página 255).</p>
4	<p>Configurar una dirección IP en el proyecto</p> <p>Utilice el mismo proceso de configuración. No obstante, es preciso configurar direcciones IP para el HMI y la CPU.</p> <p>Encontrará más información en "Comunicación con una programadora: Configurar una dirección IP en el proyecto" (Página 249).</p>
5	<p>Comprobar la red PROFINET</p> <p>La configuración debe cargarse en cada una de las CPUs.</p> <p>Encontrará más información en "Comunicación con una programadora: Comprobar la red PROFINET" (Página 251).</p>

## Diagramas de cableado



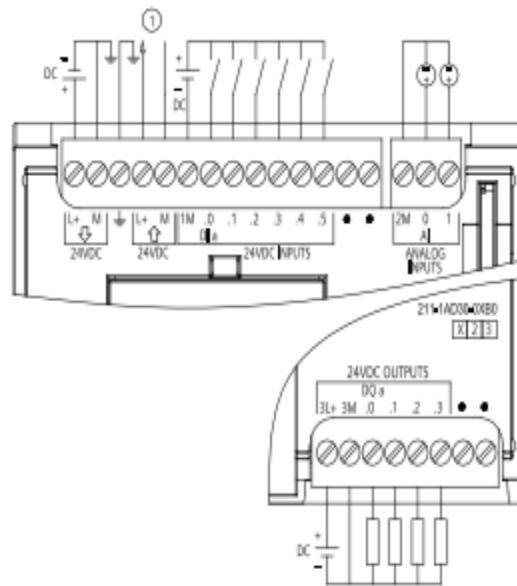
① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-1 CPU 1211C AC/DC/relé (6ES7 211-1BD30-0XB0)



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-2 CPU 1211C DC/DC/relé (6ES7 211-1HD30-0XB0)



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-3 CPU 1211C DC/DC/DC (6ES7 211-1AD30-0XB0)


### Datos técnicos de la CPU 1212C

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 212-1BD30-0XB0	6ES7 212-1HD30-0XB0	6ES7 212-1AD30-0XB0
<b>General</b>			
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75		
Peso	425 gramos	385 gramos	370 gramos
Disipación de potencia	11 W	9 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
<b>Características de la CPU</b>			
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo / 1 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	8 entradas/6 salidas		
E/S analógicas integradas	2 entradas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		
Ampliación con módulos de señales	2 SMs máx.		

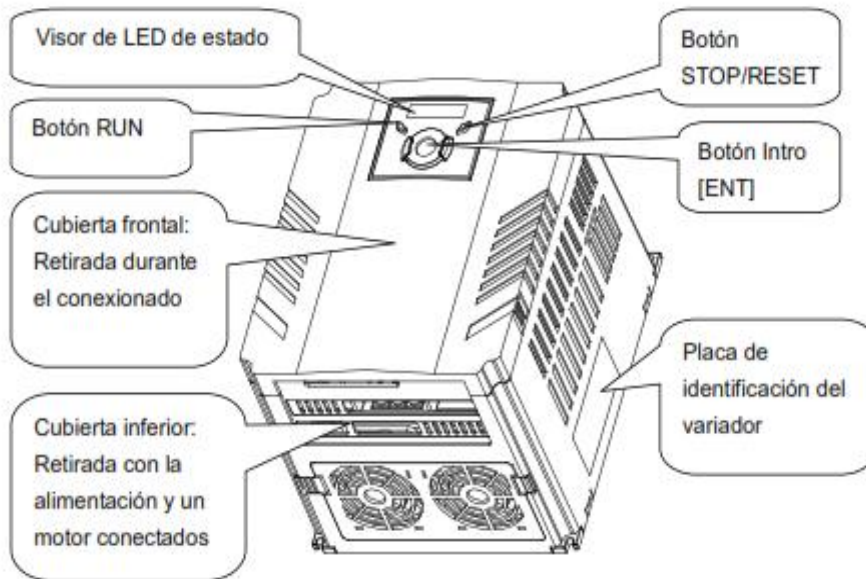


## Anexo 3

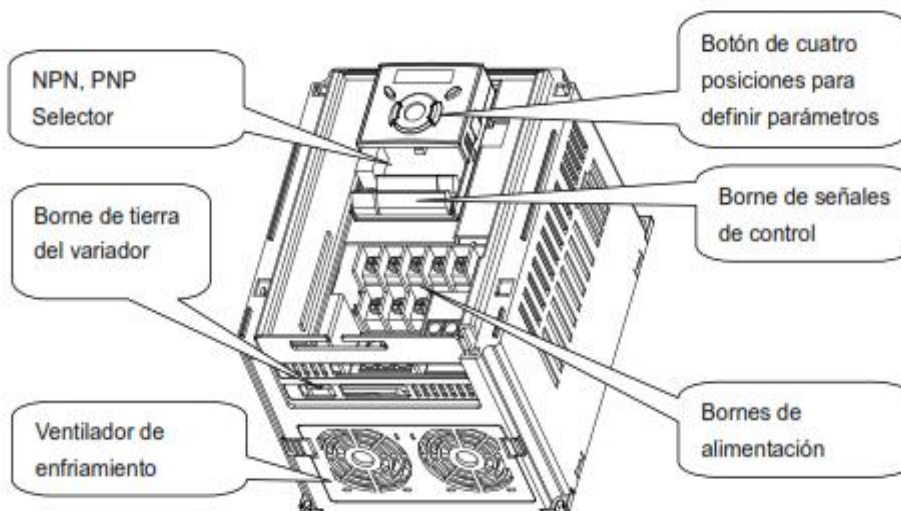
### Variador de frecuencia iG5A

Desembalaje e inspección	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeccione el variador para comprobar si sufrió algún daño durante el transporte. Para verificar que la unidad sea la correcta para la aplicación deseada compruebe el tipo de variador, el régimen de salida en la placa de identificación y que el variador esté intacto.</li> </ul>																																																		
	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p><b>SV008iG5A-2</b></p> <p>INPUT 200-230V 3 Phase 6.6A 50/60Hz</p> <p>OUTPUT 0-Input V 3 Phase 5.0A 0.1-400Hz 1.9KVA (D)</p>  <p>05050300557</p> <p><b>LS</b> Industrial Systems Made in KOREA</p> </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> <li>..... Modelo de variador</li> <li>..... Potencia nominal de entrada</li> <li>..... Potencia nominal de salida</li> <li>..... Corriente nominal de salida, frecuencia</li> <li>..... Capacidad del variador (kVA)</li> <li>..... Código de barras y número de serie</li> </ul> </div> </div>																																																		
<b>SV 075 iG5A - 2 (N)</b>																																																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Potencia nominal del motor</th> <th rowspan="2">Nombre de serie</th> <th colspan="2">Tensión de entrada</th> <th rowspan="2">Teclado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="12" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); text-align: center;">Variador LS</td> <td>004</td> <td>0,4[kW]</td> <td rowspan="12" style="text-align: center;">iG5A</td> <td rowspan="6" style="text-align: center;">1</td> <td rowspan="6" style="text-align: center;">Monofásico 200~230[V]</td> <td rowspan="12" style="text-align: center;">Productos de entrada/salida sin programador</td> </tr> <tr><td>008</td><td>0,75[kW]</td></tr> <tr><td>015</td><td>1,5[kW]</td></tr> <tr><td>022</td><td>2,2[kW]</td></tr> <tr><td>037</td><td>3,7[kW]</td></tr> <tr><td>040</td><td>4,0[kW]</td></tr> <tr> <td>055</td> <td>5,5[kW]</td> <td rowspan="6" style="text-align: center;">2</td> <td rowspan="6" style="text-align: center;">Trifásico 200~230[V]</td> </tr> <tr><td>075</td><td>7,5[kW]</td></tr> <tr><td>110</td><td>11,0[kW]</td></tr> <tr><td>150</td><td>15,0[kW]</td></tr> <tr><td>185</td><td>18,5[kW]</td></tr> <tr><td>220</td><td>22,0[kW]</td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">4</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Trifásico 380~480[V]</td> </tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Potencia nominal del motor		Nombre de serie	Tensión de entrada		Teclado					Variador LS	004	0,4[kW]	iG5A	1	Monofásico 200~230[V]	Productos de entrada/salida sin programador	008	0,75[kW]	015	1,5[kW]	022	2,2[kW]	037	3,7[kW]	040	4,0[kW]	055	5,5[kW]	2	Trifásico 200~230[V]	075	7,5[kW]	110	11,0[kW]	150	15,0[kW]	185	18,5[kW]	220	22,0[kW]			4	Trifásico 380~480[V]				
	Potencia nominal del motor		Nombre de serie	Tensión de entrada		Teclado																																													
Variador LS	004	0,4[kW]	iG5A	1	Monofásico 200~230[V]	Productos de entrada/salida sin programador																																													
	008	0,75[kW]																																																	
	015	1,5[kW]																																																	
	022	2,2[kW]																																																	
	037	3,7[kW]																																																	
	040	4,0[kW]																																																	
	055	5,5[kW]		2	Trifásico 200~230[V]																																														
	075	7,5[kW]																																																	
	110	11,0[kW]																																																	
	150	15,0[kW]																																																	
	185	18,5[kW]																																																	
	220	22,0[kW]																																																	
		4	Trifásico 380~480[V]																																																
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accesorios</li> </ul> <p>Si encontró alguna discrepancia, daño, etc., contacte a su representante de ventas.</p>																																																		
Preparación de instrumentos y piezas para la operación	Los instrumentos y las piezas a preparar dependen del modo en que se operará el variador. Prepare el equipo y las piezas según resulte necesario.																																																		
Instalación	Para operar el variador con elevado desempeño durante mucho tiempo instálelo en un lugar apropiado, en la dirección correcta y con el despeje adecuado.																																																		
Conexión	Conecte la fuente de alimentación, el motor y las señales de operación (señales de control) a la bornera. Tenga en cuenta que una conexión incorrecta puede dañar el variador y los dispositivos periféricos.																																																		

- Apariencia

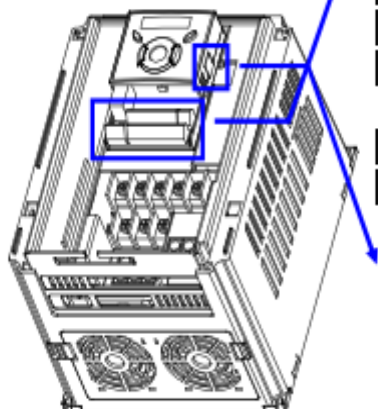


- Vista del interior después de retirar la cubierta frontal  
Ver detalles en "1.3 Remoción de la cubierta frontal".



## Conexión de los bornes (entrada/salida de control)

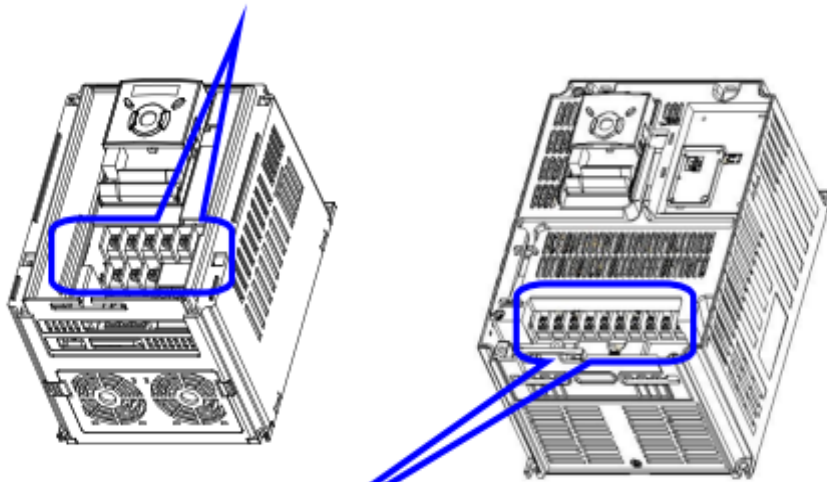
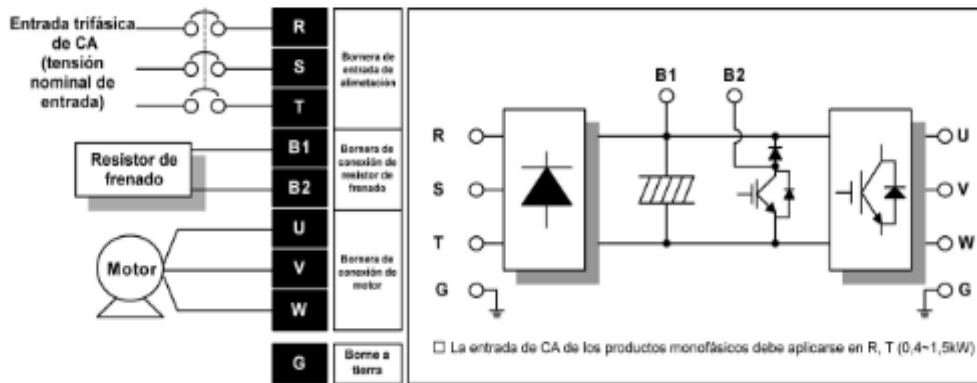
Borne	Descripción
MO	Salida de colector abierto multifunción
MG	Común para MO
24	Salida de 24V
P1	Borne de entrada
P2	MF (ajuste fábrica)
CM	Común para señales de entrada
P3	Borne de entrada
P4	MF (ajuste de fábrica)
P5	MF (ajuste de fábrica)
CM	Común para señales de entrada
P6	Borne de entrada
P7	MF (ajuste de fábrica)
P8	MF (ajuste de fábrica)
VR	Fuente alimentación 10V para potenciómetro
V1	Entrada de señal tensión ajuste frec.: -10~10V
I	Entrada señal corriente ajuste frec.: 0~20mA
AM	Señal salida analógica multifunción: 0~10V



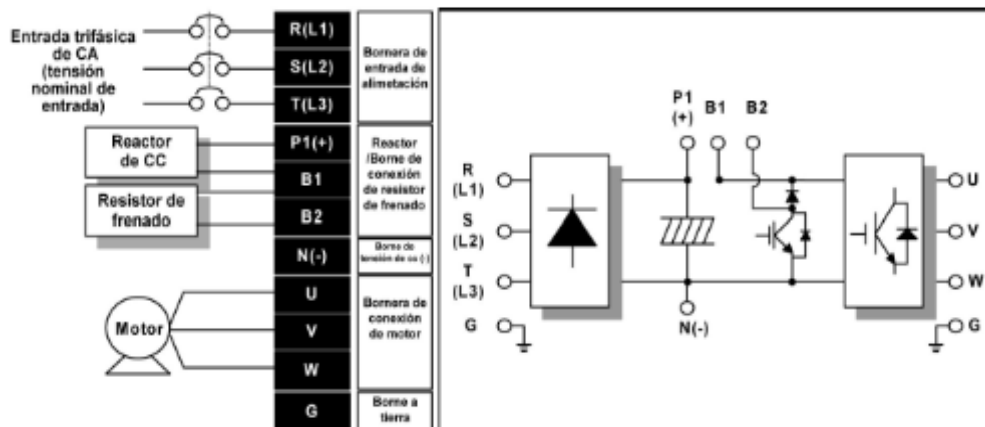
3A	Borne de salida de relé multifunción	Salida contacto A
3B		Salida contacto B
3C		Contacto común A/B
S+	Borne de comunicaciones RS485	
S-		

≠ Para conexión de Opción Remota o copiado de parámetros

\*Conexión de los bornes de alimentación (0,4~7,5kW)



\*Conexión de los bornes de alimentación (11,0~22,0kW)



## Especificación de los bornes de control

MO	MG	24	P1	P2	CM	P3	P4	S-	S+
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

3A	3B	3C	P5	CM	P6	P7	P8	VR	V1	I	AM
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----

Borne	Descripción del borne	Tamaño del cable [mm <sup>2</sup> ]		Tamaño del borne	Par [Nm]	Especificación
		Unifilar	Trenzado			
P1~P8	Bornes de entrada multifunción 1-8	1,0	1,5	M2.6	0,4	
CM	Borne común	1,0	1,5	M2.6	0,4	
VR	Fuente de alimentación para potenciómetro externo	1,0	1,5	M2.6	0,4	Tensión de salida: 12V Corriente máxima de salida: 10mA Potenciómetro :1~5 kohmios
V1	Borne de entrada para operación de tensión	1,0	1,5	M2.6	0,4	Tensión máxima de entrada: -12V~+12V de entrada
I	Borne de entrada para operación de corriente	1,0	1,5	M2.6	0,4	0~20mA de entrada Resistencia interna: 250 ohmios
AM	Borne de salida analógica multifunción	1,0	1,5	M2.6	0,4	Tensión máxima de salida: 11[V] Corriente máxima de salida: 10mA
MO	Borne multifunción para colector abierto	1,0	1,5	M2.6	0,4	Menos de 26VCC, 100mA
MG	Borne de tierra para fuente de alimentación externa	1,0	1,5	M2.6	0,4	
24	Fuente de alimentación externa de 24V	1,0	1,5	M2.6	0,4	Corriente máxima de salida: 100mA
3A	Contacto A de salida de relé multifunción	1,0	1,5	M2.6	0,4	Menos de 250VCA, 1A
3B	Contacto B de salida de relé multifunción	1,0	1,5	M2.6	0,4	Menos de 30VCC, 1A
3C	Común para relés multifunción	1,0	1,5	M2.6	0,4	

Nota 1) Una los cables de control a más de 15 cm de distancia de los bornes de control. De lo contrario puede interferir con la reinstalación de la cubierta frontal.

Nota 2) Use cables de cobre para 600V, 75°C y superiores.

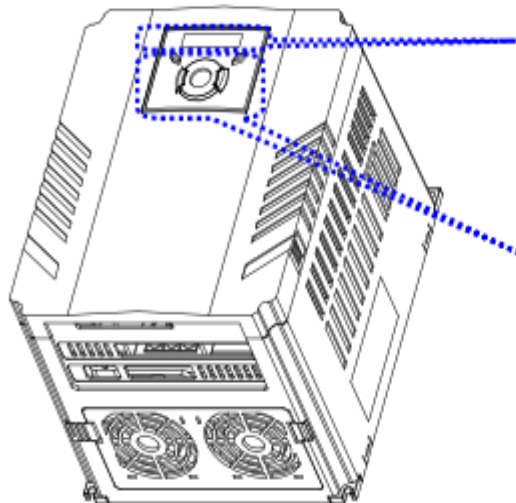
Nota 3) Use el par de apriete recomendado cuando ajuste los tornillos de los bornes.

**Nota**

Al usarse la fuente de alimentación externa (24V) para los bornes de entrada multifunción (P1~P8), los bornes estarán activos arriba de 12V. Tenga cuidado de que no baje este nivel.

## TECLADO DE PROGRAMACIÓN Y OPERACIÓN

### Características del teclado



#### Visor

- LED SET/RUN
- LED FWD/REV
- LED de 7 segmentos

#### Teclas

- RUN
- STOP/RESET
- Subir/Bajar
- Izquierda/Derecha
- Intro [ENT]

#### Visor

FWD	Encendido durante el avance	Parpadea cuando ocurre un fallo
REV	Encendido durante el retroceso	
RUN	Encendido durante el funcionamiento	
SET	Encendido durante la definición de parámetros	
7 segmentos	Muestran el estado de funcionamiento e información de los parámetros	

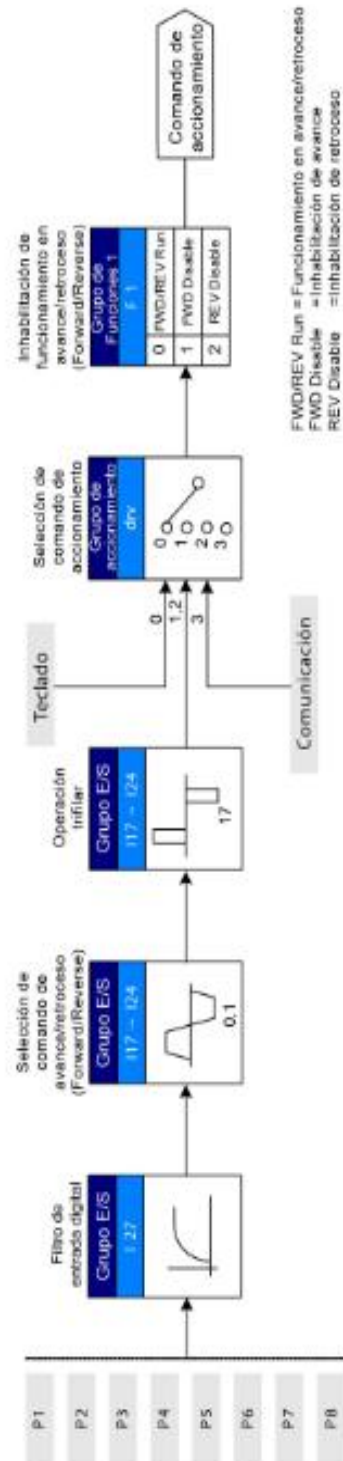
#### Teclas

RUN	Comando de funcionamiento	
STOP/RESET	STOP: Comando para detener el funcionamiento RESET: Comando para reposición cuando se produce un fallo	
▲	Subir	Permite desplazarse por los códigos o aumentar el valor de un parámetro
▼	Bajar	Permite desplazarse por los códigos o reducir el valor de un parámetro
◀	Izquierda	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la izquierda para cambiar el valor de un parámetro
▶	Derecha	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la derecha para cambiar el valor de un parámetro
●	Intro	Permite definir el valor de un parámetro o guardar el valor modificado del parámetro

Visualización alfanumérica en el teclado de LED

0	0	A	A	K	K	U	U
1	1	B	b	L	L	V	V
2	2	C	C	M	M	W	W
3	3	D	d	N	n	X	X
4	4	E	E	O	O	Y	Y
5	5	F	F	P	P	Z	Z
6	6	G	G	Q	Q		
7	7	H	H	R	r		
8	8	I	I	S	S		
9	9	J	J	T	t		

## Definición del comando de accionamiento





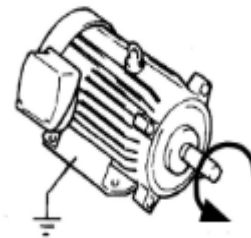
## Método de definición del comando de operación

- Operación con las teclas RUN y STOP/RST del teclado

Grupo	Código	Nombre del parámetro	Definición	Rango	Valor predeterminado	Unidad
Grupo de accionamiento	<b>drv</b>	<b>[Modo de accionamiento]</b>	<b>0</b>	0~3	1	
	drC	[Selección de la dirección de giro del motor]	-	F, r	F	

- Defina **drv** – [Modo de accionamiento] en 0.
- La aceleración comienza al pulsar la tecla RUN mientras se define la frecuencia de operación. El motor desacelera hasta parar al pulsar la tecla STOP/RST.
- Se puede seleccionar la dirección de giro con drC - [Selección de la dirección de giro del motor] cuando se emite el comando de operación desde el teclado.

drC	[Selección de la dirección de giro del motor]	F	Avance
		r	Retroceso



- Cuando el teclado remoto está conectado, el teclado incorporado a la carcasa se desactiva.

**IMPORTANTE**

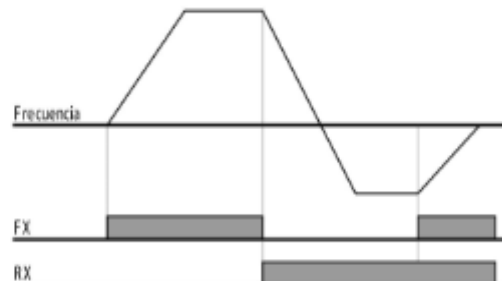
Avance:  
En el sentido contrario al de las agujas del reloj

- Comando de operación 1 desde los bornes FX y RX

Grupo	Código	Nombre del parámetro	Definición	Rango	Valor predeterminado	Unidad
Grupo de accionamiento	<b>drv</b>	<b>[Modo de accionamiento]</b>	<b>1</b>	0~3	1	
Grupo E/S	I17	[Definición de borne P1 de entrada multifunción]	0	0~27	0	
	I18	[Definición de borne P2 de entrada multifunción]	1	0~27	1	

- Defina **drv** – [Modo de accionamiento] en 1.
- Defina I17 e I18 en 0 y 1 para usar P1 y P2 como bornes FX y RX.
- "FX" es el comando de Avance y "RX" de Retroceso.

- El motor está parado cuando los bornes FX/RX están en ON/OFF al mismo tiempo.



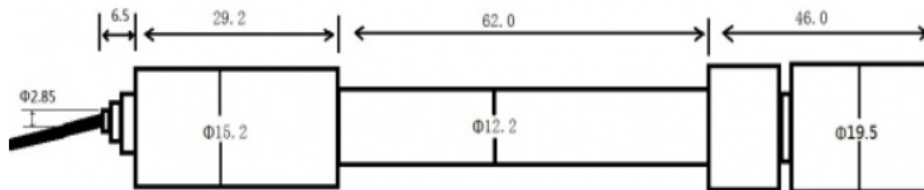
## Anexo 4

### Sensor de pH

#### Especificación

- Power Module: 5.00V
- Módulo Tamaño: 43mm × 32mm
- Rango de medición: 0-14PH
- Temperatura de medición: 0-60 °C
- Precisión: ± 0.1 pH (25 °C)
- Tiempo de respuesta: ≤ 1 min
- Sensor de pH con conector BNC
- PH 2,0 Interface (parche de 3 pies)
- Ajuste de ganancia del potenciómetro
- Indicador LED de alimentación
- Longitud de cable del sensor al conector BNC: 660mm

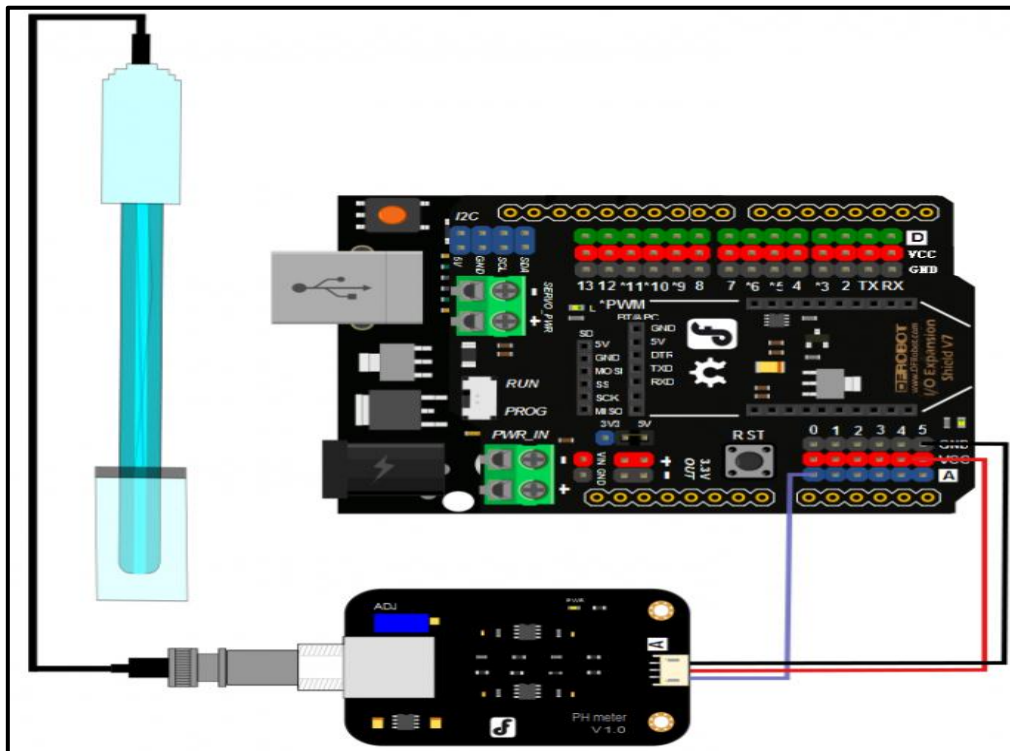
#### Electrodo pH Tamaño



#### Características del electrodo de pH

La salida del electrodo de pH es milivoltios, y el valor pH de la relación se muestra a continuación (25 °C):

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00



## Paso de usar el medidor de pH

### Precauciones:

- Utilice una fuente de alimentación conmutada externa, y la tensión lo más cerca posible a la + 5.00V. Más precisa el voltaje más alto es el exactitud!
- Antes de que el electrodo en uso continuo cada vez, es necesario calibrar la solución estándar, con el fin de obtener la temperatura results. The mejor ambiente más exacta es de 25 °C, y el valor de pH es conocido y confiable, cercana al valor medido . Si se mide la muestra ácida, el pH de la solución estándar debería ser 4.00. If se mide la muestra alcalina, el valor del pH de la solución estándar debería ser 9.18. Subsection calibración, simplemente con el fin de obtener una mejor precisión.
- Antes de que el electrodo de pH mide diferentes soluciones, tenemos que utilizar agua para lavarlo. Se recomienda utilizar agua desionizada.

(1) conectar los equipos de acuerdo con el gráfico, es decir, el electrodo de pH está conectado al conector BNC en el tablero medidor de pH, y luego usar las líneas de conexión, la junta metro pH está conectado al puerto ananlong 0 del controlador Arduino . Cuando el controlador Arduino obtiene el poder, verá el LED azul a bordo está encendido. (2) Cargar el código de ejemplo al controlador Arduino. (3) Coloque el electrodo de pH en la solución estándar cuyo valor pH es 7,00, o directamente en corto la entrada del BNC Connector. open el monitor de serie de la Arduino IDE, se puede ver el valor de pH impreso en ella, y el error no sea superior a 0,3. Graba el valor del pH impreso, a continuación, en comparación con 7,00, y la diferencia se debe cambiar en el "Desplazamiento" en el código de ejemplo. Por ejemplo, el valor de pH impresa es de 6.88, lo que la diferencia es 0.12. You debe cambiar los "#define Offset 0.00" en "# define Offset 0.12" en su programa. (4) Coloque el electrodo de pH en la solución estándar de pH cuya valor es 4.00. Then esperar aproximadamente un minuto, ajuste el dispositivo de potencial de ganancia, que el valor se establezca en torno 4.00. At este tiempo, la calibración ácida se ha completado y se puede medir el valor de pH de una solución ácida. **Nota: Si querer medir el valor de pH de otra solución, se debe lavar el electrodo de pH primero!** (5) De acuerdo con las características lineales de sí mismo electrodo de pH, después de la calibración anterior, se puede medir directamente el valor del pH de la solución alcalina, pero si desea obtener una mayor precisión, se puede recalibrar ella. Calibración alcalina utilizar la solución estándar cuyo valor pH es 9.18. Also ajustar el dispositivo de potencial de ganancia, dejar que el valor se establezca en torno a 9,18. Después de esta calibración, se puede medir el valor de pH de la solución alcalina.

## Anexo 5 Sensor de caudal YF-S201

### YF-S201 Water Flow Sensor



This sensor sit in line with your water line, and uses a pinwheel sensor to measure how much liquid has moved through it.

Measure liquid/water flow for your solar, water conservation systems, storage tanks, water recycling home applications, irrigation systems and much more. The sensors are solidly constructed and provide a digital pulse each time an amount of water passes through the pipe. The output can easily be connected to a microcontroller for monitoring water usage and calculating the amount of water remaining in a tank etc.

#### Features:

- Model: YF-S201
- Working Voltage: 5 to 18V DC (min tested working voltage 4.5V)
- Max current draw: 15mA @ 5V
- Output Type: 5V TTL
- Working Flow Rate: 1 to 30 Liters/Minute
- Working Temperature range: -25 to +80?
- Working Humidity Range: 35%-80% RH
- Accuracy:  $\pm 10\%$
- Maximum water pressure: 2.0 MPa
- Output duty cycle: 50%  $\pm 10\%$
- Output rise time: 0.04us
- Output fall time: 0.18us
- Flow rate pulse characteristics: Frequency (Hz) =  $7.5 * \text{Flow rate (L/min)}$
- Pulses per Liter: 450
- Durability: minimum 300,000 cycles
- Cable length: 15cm
- 1/2" nominal pipe connections, 0.78" outer diameter, 1/2" of thread
- Size: 2.5" x 1.4" x 1.4"

#### ITEM INCLUDED:

1 x YF-S201 Water Flow Sensor

#### Reviews

There are yet no reviews for this product.

## Anexo 6

### Diagrama eléctrico

