	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JESÚS DANIEL APELLIDOS: GAMBOA JAIMES

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CRISTIAN LEONARDO APELLIDOS: TARAZONA CELIS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLA DEL PRODUCTO CLORO DENSO DE LA EMPRESA COSMOGREEN S.A.S. UBICADA EN LA CIUDAD DE CÚCUTA.

El siguiente proyecto busca brindar una mejora a la empresa Cosmogreen S.A.S, en el proceso de mezcla del producto cloro denso, reduciendo el tiempo y el costo de la fabricación de las mismas, ya que es de gran importancia ingresar en el mercado con una mejor oferta frente a sus competidores. Por consiguiente, se realizó un diseño de automatización del proceso de mezcla, que consta un PLC, un Arduino Mega, transductores, sensores de caudal, transmisores de peso, actuadores, con el cual se manipulará toda la producción y permitiendo agrandar el proceso para más de un tanque de mezcla, con interfaz gráfica fácil de operar, sensores, actuadores.

De esta manera, la empresa Cosmogreen S.A.S mejorar su producción automatizando el proceso de mezcla, mejorando la producción y el tiempo de la fabricación de la mismas.

La automatización de este proceso será muy útil para mejorar la postura de la empresa Cosmogreen S.A.S antes sus demás competidores en el mercado.

PALABRAS CLAVES: Automatización, comunicación, maquina, actuadores, sensores.

Características:

PÁGINAS: 134 PLANOS: 0 ILUSTRACION: 79 CD ROOM: 0

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLA DEL PRODUCTO CLORO DENSO DE
LA EMPRESA COSMOGREEN S.A.S, UBICADA EN LA CIUDAD DE CUCUTA

JESÚS DANIEL GAMBOA JAIMES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTA DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSE DE CUCUTA

2021

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLA DEL PRODUCTO CLORO DENSO
DE LA EMPRESA COSMOGREEN S.A.S, UBICADA EN LA CIUDAD DE CUCUTA

Presentado por:

JESÚS DANIEL GAMBOA JAIMES

Proyecto de grado para optar el título de ingeniero electromecánico

Director

MAGISTER ING. CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS

CODIRECTOR

ING. JOSÉ FRANCISCO MÁRQUEZ DE SANTIS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO**

FECHA: 01 de febrero de 2021

HORA: 2:00 PM

LUGAR: Sustentación Virtual

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: "AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLA DEL PRODUCTO CLORO DENSO DE LA EMPRESA COSMOGREEN S.A.S, UBICADA EN LA CIUDAD DE CÚCUTA".

JURADOS Mg: JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS
Mg: JOSÉ RICARDO BERMÚDEZ SANTAELLA

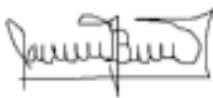
DIRIGIDO: Mg: CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS

CODIRECTOR: Ing. JOSÉ FRANCISCO MÁRQUEZ DE SANTIS

APROBADA

NOMBRES DE LOS ESTUDIANTES:	CÓDIGO	CALIFICACION
JESÚS DANIEL GAMBOA JAIMES	1091208	4.2

FIRMA DE LOS JURADOS:





VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR _____



Wapilán 

Resumen

El siguiente proyecto busca brindar una mejora a la empresa Cosmogreen S.A.S, en el proceso de mezcla del producto cloro denso, reduciendo el tiempo y el costo de la fabricación de las mismas, ya que es de gran importancia ingresar en el mercado con una mejor oferta frente a sus competidores. Por consiguiente, se realizó un diseño de automatización del proceso de mezcla, que consta un PLC, un Arduino Mega, transductores, sensores de caudal, transmisores de peso, actuadores, con el cual se manipulará toda la producción y permitiendo agrandar el proceso para más de un tanque de mezcla, con interfaz gráfica fácil de operar, sensores, actuadores.

De esta manera, la empresa Cosmogreen S.A.S mejorar su producción automatizando el proceso de mezcla, mejorando la producción y el tiempo de la fabricación de la mismas.

La automatización de este proceso será muy útil para mejorar la postura de la empresa Cosmogreen S.A.S antes sus demás competidores en el mercado.

Palabras clave: Automatización, comunicación, maquina, actuadores, sensores.

ABSTRACT

The following project seeks to provide an improvement to the company Cosmogreen SAS, in the process of mixing the dense chlorine product, reducing the time and cost of manufacturing them, since it is of great importance to enter the market with a better offer versus your competitors. Consequently, an automation design for the mixing process was carried out, which consists of a PLC, an Arduino Mega, transducers, flow sensors, weight transmitters, actuators, with which the entire production will be manipulated and allowing the process to be enlarged for more. of a mixing tank, with easy-to-operate graphical interface, sensors, actuators.

In this way, the company Cosmogreen S.A.S improve its production by automating the mixing process, improving production and manufacturing time.

The automation of this process will be very useful to improve the position of the company Cosmogreen S.A.S before its other competitors in the market.

Keywords: Automation, communication, machine, actuators, sensors.

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a Jehová Dios por darme la vida y haberme permitido aprender y culminar mi carrera profesional.

De igual forma quiero darle las gracias a mis padres Israel Gamboa Ramón y Gladys Jaimes Jerez, los cuales fueron muy importantes en mi formación profesional con su apoyo incondicional muchas gracias por tenerme confianza y poder lograr esta etapa tan importante de mi vida, también quiero agradecer a mis hermanos Carmen Rosa Gamboa Jaimes, José Albeiro Gamboa Jaimes y Germán Eduardo Gamboa Jaimes por confiar en mí y darme el apoyo que siempre necesite, a mi novia Diani Lizcano por acompañarme durante mi formación profesional y estar ahí cuando siempre necesite apoyo incondicional.

Quiero agradecer a mi amada Universidad Francisco de Paula Santander por la formación que me brindó durante todo el tiempo que estuve en ella, así también agradecer a los profesores y compañeros que aportaron sus conocimientos a mi aprendizaje, también quiero agradecer al Ing. Cristian Leonardo Tarazona Celis, por aceptar su tutoría a esta propuesta, por compartir sus conocimientos y experiencia para desarrollar el proyecto,

Finalmente, doy gracias a mis compañeros Cristian Yáñez, Vladimir Rodríguez, Brayam Salcedo, Sergio Remolina, Juan Diego Delgado, Luis Paredes, Fabián Carrillo, Mauricio Mayorga, Omaña Millán, Ángel Buitrago. Por sus consejos, amistad y acompañamiento durante toda la carrera y la vida.

¡Gracias!

Jesús Daniel Gamboa Jaimes.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	17
1. Problema	18
1.1. Título	18
1.2. Planteamiento Del Problema	18
1.3. Formulación Del Problema	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.5. Justificación	20
1.6. Alcance Y Limitaciones	21
1.6.1. Alcance.	21
1.6.2. Limitación.	21
1.7. Delimitación	21
1.7.1. Delimitación Temporal.	21
1.7.2. Delimitación Espacial	21
2. Marco Referencial	22
2.1. Antecedentes	22
2.2. Marco Teórico	24

2.2.1. Sensor	24
2.2.1.1. Sensores De Flujo	25
2.2.1.2. Sensores De Presión.	26
2.2.2. Acondicionamiento De Señales.	27
2.2.3. Controladores Lógicos Programables.	27
2.2.3.1. Fuente De Alimentación.	28
2.2.3.2. Unidad De Procesamiento Central (C.P.U)	28
2.2.3.3. Módulos O Interfaces De Entrada Y Salida (C.P.U)	28
2.2.3.4. Módulos De Memorias.	29
2.2.3.5. Unidad De Programación.	29
2.3. Marco Conceptual	30
2.3.1. Efecto hall	30
2.3.2. Analógico.	30
2.3.3. Digital.	31
2.3.4. Autómata.	31
2.3.5. Autómata Programable.	31
2.3.6. Bit.	31
2.3.7. PLC.	31
2.3.8. RAM (Memoria de acceso aleatorio).	31
2.4. Marco Contextual	32

2.5.	Marco Legal	33
3.	Diseño Metodológico	34
3.1.	Tipo De Investigación	34
3.2.	Población	34
3.3.	Muestra	34
3.4.	Actividad Y Metodología	34
4.	Desarrollo Del Proyecto	37
4.1.	Identificación De Las Variables Que Intervienen En El Proceso De Mezcla Del Producto Cloro Denso De La Empresa Cosmogreen S.A.S	37
4.1.1.	Descripción Del Proceso	37
4.1.2.	Etapas Del Proceso	40
4.1.3.	Variables Que Intervienen En El Proceso	41
4.1.3.1.	Peso Del Tanque	41
4.1.3.2.	Caudal Del Proceso	45
4.1.3.3.	Nivel Del Tanque	49
4.1.4.	Entradas Y Salidas	50
4.2.	Proponer Un Sistema De Automatización Mediante Plc Para Mejorar El Proceso De Mezcla Del Producto Cloro Denso De La Empresa Cosmogreen S.A.S.	50
4.2.1.	Tablas De Descripción, Beneficios De Dispositivos	51
4.2.2.	Protocolo Modbus	58

4.2.2.1. Modelos De Datos	63
4.2.3. Rs-485	64
4.2.4. Diagrama De Conexión De Componentes	68
4.2.5. Interfaz Humano-Máquina (HMI)	69
4.2.5.1. Teoría Del Color	69
4.2.5.2. Interfaces Del Proceso	72
4.2.6. Programación Del Plc	80
4.2.7. Programación Del Arduino Mega Como Esclavo	91
4.3. Caracterizar Los Sensores De Caudal Para Diferente Coeficiente De Viscosidades De Los Componentes De Mezcla Del Producto Cloro Denso.	94
4.3.1. Pruebas Realizadas	94
4.3.2. Análisis De Pruebas Realizadas	102
4.4. Crear Una Simulación Previa Del Proceso Ya Automatizado, Que Presente El Funcionamiento Con Todos Los Parámetros y Condiciones Del Proceso.	105
4.4.1. Generalidades De LabVIEW	105
4.4.2. Programación Del Proceso En LabVIEW	109
5. Conclusiones	119
6. Recomendaciones	121
7. Referencias Bibliográficas	122
8. Anexos	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación De La Empresa COSMOGREEN S.A.S, Ubicada En El Patio De La Manzana M Barrio De La Zona Franca De San José de Cúcuta, Norte De Santander Recuperado De Google Maps	32
Figura 2. Tanque De Mezcla Del Cloro Denso	37
Figura 3. Esquema Del Proceso De Mezcla Del Producto Cloro Denso	38
Figura 4. Tablero De Control Del Proceso	39
Figura 5. Etapas Del Proceso	40
Figura 6. Celda De Carga Galoce Gsb205 3000Kg	42
Figura 7. Parámetros De La Celda De Carga Galoce Gsb205	42
Figura 8. Celda De Carga Tipo “S”	44
Figura 9. Indicador De Peso	45
Figura 10. Sensor De flujo Yf-s201	46
Figura 11. Aspas Del Sensor De Flujo Yf-s201	47
Figura 12. Parámetros Del Sensor De Flujo Yf-s201	47
Figura 13. Partes Del Transductor Tipo Clamp-on	48
Figura 14. Diagrama De Cableado	49
Figura 15. Oplc V350-35-B1	53
Figura 16. Arduino Mega 2560	56
Figura 17. Diagrama De Pines Del Arduino Mega 2560	57
Figura 18. Modo Único	59
Figura 19. Modo Difusión	60

Figura 20. Secuencia De Transmisión Con Y Sin Paridad	61
Figura 21. Transmisión De Tramas En Modo Rtu	62
Figura 22. Trama Modbus Ascii	63
Figura 23. Especificaciones Del Estándar Rs-485	64
Figura 24. Transmisión Diferencial	65
Figura 25. Topología De Red Rs-485	65
Figura 26. Módulo Conversor TTL A Rs-485	66
Figura 27. Conexión Del Módulo Rs-486 Como Transmisor	67
Figura 28. Conexión Del Módulo Rs-485 Como Receptor	68
Figura 29. Diagrama De Componentes Del Nuevo Sistema De Automatización	68
Figura 30. Matiz, Luminosidad Y Saturación De Un Color	71
Figura 31. Círculo Cromático	72
Figura 32. Pantalla De Bienvenida	73
Figura 33. Pantalla De Menú Principal	74
Figura 34. Menú Del Tanque De Mezcla	75
Figura 35. Parámetros Y Control De Bomba De Agua	76
Figura 36. Pantalla De Hipoclorito De Sodio	77
Figura 37. Pantalla Del Componente K	78
Figura 38. Pantalla Del Componente D	79
Figura 39. Pantalla De Calibración De Sensores De Caudal	80
Figura 40. Software Visilogic	81
Figura 41. Configuración Modbus Maestro	82
Figura 42. Bloque De Configuración Del Puerto Serial	83

Figura 43. Configuración Del Com Init	83
Figura 44. Bloque De Configuración Modbus Master	84
Figura 45. Configuración Del Modbus Master	85
Figura 46. Fb #3 Holding Registers	86
Figura 47. Configuración Del Fb Modbus #3 Holding Registers	86
Figura 48. Fb # 15 Force Coils	87
Figura 49. Configuración Del Fb Modbus #15 Force Coils	88
Figura 50. Operandos De Estado De La Operación De Protocolo	89
Figura 51. Mensajes De Error Fb Modbus	90
Figura 52. Mensajes De Error Fb Modbus	90
Figura 53. Respuesta Del Sensor Yf-s201 (D Lote 1)	98
Figura 54. Respuesta Del Sensor Yf-s201 (D Lote 2)	98
Figura 55. Respuesta Del Sensor Yf-s201 (K Lote 1)	101
Figura 56. Respuesta Del Sensor Yf-s201 (K Lote 2)	101
Figura 57. Panel Frontal De Una Aplicación Realizada Con LabVIEW	108
Figura 58. Diagrama De Bloques En LabVIEW	109
Figura 59. Interfaz Panel Frontal Del Proceso En LabVIEW	110
Figura 60. Diagrama De Bloques Del Proceso En LabVIEW	111
Figura 61. Bloque Create Master Instance En LabVIEW	112
Figura 62. Parámetros De Configuración Del Puerto Serial	112
Figura 63. Bloque Holding Registers	114
Figura 64. Parámetros De Configuración Del Bloque Holding Registers	114
Figura 65. Bloque Write Single Coil	115

Figura 66. Parámetros De Configuración Del Bloque Write Single Coil	116
Figura 67. Bloque Close.vi	116
Figura 68. Conexión Del Protocolo Modbus Rtu Master	117
Figura 69. Condiciones Del Proceso	118
Figura 70. Caracterización De Sensores De Caudal Yf-s201	125
Figura 71. Socialización Con La Empresa Cosmogreen S.A.S.	125
Figura 72. Manual De Instrucciones	126
Figura 73. Manual De Instrucciones De La Interfaz De Tanque	127
Figura 74. Manual De Instrucciones Para Componente	127
Figura 75. Diagrama De Flujo	128
Figura 76. Diagrama Eléctrico	132
Figura 77. P&id Del Proceso	133

Lista de Tablas

Tablas 1. Entradas	50
Tablas 2. Salidas	50
Tablas 3. Criterio De Selección De Plc	51
Tablas 4. Criterio De Selección De Plc	52
Tablas 5. Características Del Oplc V350-35-B1	53
Tablas 6. Criterio De Selección De Arduino	55
Tablas 7. Criterio De Selección De Arduino	55
Tablas 8. Características Del Arduino Mega 2560	58
Tablas 9. Modelo De Datos Modbus	63
Tablas 10. Parámetros De Configuración Modbus Master	85
Tablas 11. Parámetros De Configuración Del Fb Modbus #3	87
Tablas 12. Parámetros De Configuración Del Fb Modbus #15	88
Tablas 13. Datos Obtenidos Del Componente D	95
Tablas 14. Datos Obtenidos Del Componente K	99
Tablas 15. Parámetros De Configuración Del Puerto	113
Tablas 16. Parámetros De Configuración Del Bloque Holding Registers	115
Tablas 17. Detalles De Materiales	129
Tablas 18. Recursos Humanos	130
Tablas 19. Recursos Materiales	130
Tablas 20. Cuadro De Cargas	131

Anexos

Anexo 1. Caracterización Del Sensor De Caudal Yf-s201 Para Diferentes Viscosidades	125
Anexo 2. Socialización Con La Empresa Cosmogreen S.A.S	125
Anexo 3. Manual De Operación Del Proceso De Mezcla	126
Anexo 4. Diagrama De Flujo	128
Anexo 5. Costos	129
Anexo 6. Cuadro De Cargas, Diagrama Eléctrico Y P&id Del Proceso De Mezcla	131

Introducción

Este proyecto surge de la necesidad de automatizar un proceso de mezcla de la empresa Cosmogreen S.A.S., debido a que las ventas del producto CLORO DENSO ha aumentado su demanda en el mercado, llevando a la empresa a indagar nuevas tecnologías, ideas innovadoras para poder responder de manera eficiente y obtener una postura en el mercado frente a sus competidores.

De esta manera, la empresa Cosmogreen S.A.S mejorar su producción automatizando el proceso de mezcla, mejorando la producción y el tiempo de la fabricación de la mismas. Por consiguiente, se realizó un diseño de automatización del proceso de mezcla, que consta un PLC, un Arduino Mega, transductores, sensores de caudal, transmisores de peso, actuadores.

La automatización de este proceso será muy útil para mejorar la postura de la empresa Cosmogreen S.A.S antes sus demás competidores en el mercado.

1. Problema

1.1. Título

Automatización del proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen ubicada en la ciudad de Cúcuta.

1.2. Planteamiento Del Problema

La empresa Cosmogreen S.A.S en una de sus líneas de producción tiene la elaboración de cloro denso, proceso que consiste en la mezcla de cuatro componentes controlados por medio de un tablero mediante lógica cableada y una serie de controladores de flujo. Los pedidos de la línea de producción de cloro denso han ido incrementando y con un solo tanque no es suficiente para abastecer las cantidades que solicitan los clientes, además de nuevos clientes que han solicitado altas cantidades del producto.

La necesidad de aumentar la línea de producción conlleva a tener que instalar al menos un tanque más y teniendo en cuenta la actual problemática con respecto al sistema de control, que está restringido a un solo tanque, se debe determinar la opción más viable para que el sistema de control se pueda reestructurar para que se controlen los diferentes tanques mediante un solo dispositivo de control debido a los altos costos que ocasiona la implementación de sistemas de control individual por cada tanque.

1.3. Formulación Del Problema

¿La implementación de un sistema automatizado mediante un PLC, permitirá que el proceso de mezcla del producto cloro denso presente un mejor desempeño del sistema y la calidad de su producto final de la empresa Cosmogreen S.A.S?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de automatización mediante PLC que cumpla con los parámetros establecidos del proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las variables que intervienen en el proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S.
- Proponer un sistema de automatización mediante PLC para mejorar el proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S.
- Caracterizar los sensores de caudal para diferentes coeficientes de viscosidad de los componentes de la mezcla del producto de cloro denso.
- Crear una simulación previa del proceso ya automatizado, que presente el funcionamiento con todos sus parámetros y condiciones del proceso.

1.5. Justificación

Este proyecto tiene como finalidad hacer un diseño que optimizará el proceso de producción del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S, por medio de un controlador lógico programable (PLC).

Al automatizar este proceso de mezcla se espera que el llenado del tanque que se realiza a través de cuatro componentes sea de manera automática, permitiendo a su vez que la empresa pueda fabricar el producto de cloro denso en cualquiera momento del día sin una revisión de un operador mientras se esté llenando cada componente en el tanque, además le apuesta al funcionamiento de nuevos tanques y poder alcanzar los niveles de producción acorde a la demanda de los clientes.

Los beneficios de implementar un autómeta programable a un proceso es que brinda grandes ventajas como, mayor eficiencia, seguridad, fiabilidad y reconfiguración más sencilla en el momento de cambiar los porcentajes de mezcla en el proceso de fabricación del cloro denso, asegurando así mismo que las bombas tengan un ciclo de trabajo específicos asignados por el operador.

Se reduce el rango de errores posibles en las medidas o en el control de sus variables en tiempo real, se reemplazará el tablero de control de lógica cableada que funciona únicamente para un tanque de mezcla, con un PLC se podrá ejercer acciones de control y supervisión para más de un tanque y así mismo impulsará a la empresa Cosmogreen S.A.S a aumentar la producción del producto a futuro, motivando a la empresa a ir de la mano con la tecnología en la industria permitiendo ser más competitiva a nivel local, regional y nacional.

1.6. Alcance Y Limitaciones

1.6.1. Alcance.

En este proyecto se presentará un diseño de automatización del proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S, con el fin de mejorar la producción del proceso del producto y hacer una mejora para tener más de un tanque de mezcla a futuro e impulsar el crecimiento de la empresa en su producción.

1.6.2. Limitación.

El proyecto se limita a la realización del diseño de automatización del proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S y que posteriormente la gerencia de la empresa analizará la propuesta del diseño para llevar si se implementa o no.

1.7. Delimitación

1.7.1. Delimitación Temporal.

El presente proyecto se realizará en un tiempo estimado de cuatro meses a partir de ser aprobado por el comité curricular de ingeniería electromecánica.

1.7.2. Delimitación Espacial

El proyecto se realizará en la empresa Cosmogreen S.A.S, ubicada en la manzana M barrio de la zona Franca San José de Cúcuta, Norte de Santander.

2. Marco Referencial

2.1. Antecedentes

García Cavero, J, en Valencia, España 2015 en su proyecto de grado denominado “Proyecto de control de un proceso de pesaje y mezcla industrial de tres componentes mediante un autómatas (Doctoral dissertation)” Este trabajo está dirigido en automatizar las empresas por medio de un PLC, ya que se ha aumentado de una forma muy rápida la implementación de estos dispositivos por sus grandes ventajas como lo es su mayor eficiencia, seguridad y fiabilidad, etc. Esto deja muy claro cuál es el alcance e importancia que tiene implementar proyectos de automatización en este campo.

En el presente proyecto se centra en un proceso de pesaje y mezcla de tres componentes cuya automatización se realizará por medio de un PLC. Debido que el proceso debe ser supervisado y sé que pueda controlar fácilmente, se ha decidido que en esta automatización cuente con el uso de una pantalla de operador. Este instrumento permitirá que casi cualquier operario pueda vigilar y controlar el proceso de una manera rápida y fácil. Debido a esta decisión aumento el gasto en este último recurso (pantalla de telemecanique a color) para poder utilizar un PLC más económico y más sencillo de la marca de Zelio que es suficiente para realizar la supervisión y la acción de control en un proceso.

A parte de ser económico y sencillo la implementación, este proyecto busca dar a conocer los alcances de los PLCs, ya que los autómatas programables son el futuro de la industria.

Campos, A., & Raúl, J, en Villa Del Salvador, Perú 2017, en su proyecto de grado denominado “Automatización De Un Sistema De Mezclado De Pintura Mediante El PLC SIEMENS LOGO

230RC, Como Alternativa Para Reducir Los Tiempos Muertos Originados Por El Actual Proceso Manual.”. La automatización en el área de la industria química se desenvuelve en tres partes. La primera parte es sustituir al operador humano en las tareas que son secuenciales en las que no tiene acción de control o son difíciles de controlar por el mismo, la segunda parte es abaratar los costos del proceso y tener mejor calidad en el producto final.

Ahora en el área de la industria de tintes o pinturas, para el logro del producto final en forma industrial se utiliza materia prima como pasta base y componentes complementarios, debió a la necesidad del tipo de pintura a procesar. La pasta base se consigue mezclado, dentro de un tanque, materias primas tales como solventes y resinas, se depositan en un tanque de almacenamiento por medio de unas bombas y se acumula en el tanque principal mediante tuberías, este proceso debe ser precioso en los sub procesos que interfieren en elaboración del producto generado para garantizar una muy buena calidad.

Álvarez Gómez, R. L., & Calderón Pico, N, en Bucaramanga, Colombia 2014, en su proyecto de grado denominado “Diseño, construcción y pruebas de un prototipo automatizado para dosificación y mezclado de 4 componentes, tres de ellos a granel y uno líquido obteniendo como mezcla hasta 15 Kg/h para el laboratorio de automatización industrial, implementado por la tecnología Rockwell Automation.”. El objetivo de este proyecto de grado es realizar un diseño, implementación para poder realizar pruebas de este prototipo que permite dosificar un proceso de mezcla de 4 componentes, la función es manipular las variables de peso para que los productos sólidos y de volumen para productos de estructura líquida. El medio por el cual se transporta estos productos será por una banda transportada con rodillos y tubería, siendo así una mezclado tipo tambor.

La variable del peso será manipulada por una celda de carga de flexión de viga y el sensor encargado del peso será uno que cuenta litros. Para tener acción de control en sus entradas/salidas se implementó un sistema de control con el dispositivo PACControllogix el cual ejecuta los parámetros establecido del proceso de la maquina en cuento entradas/salidas. Para ejercer el control en este prototipo se creó una programación mediante el software Rslogix 5000, el cual se ejecutó un control On-Off para tener control sobre los actuadores del proceso que son electroválvulas, solenoide y motores.

El proyecto también busca automatizar operación con tecnología Rockwell automation, que ayudara en la realización de prácticas de laboratorio para un enfoque interdisciplinar para los estudiantes de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

2.2. Marco Teórico

A medida que avanza la tecnología el desarrollo de las maquina se hace más complejo y especializado. En los procesos industriales existen diferentes tipos de tareas, dependiendo de las necesidades que el hombre deba atender. (ÁLVAREZ, CALDERÓN, 2011).

2.2.1. Sensor

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externo y responder con consecuencia. Esto aparatos pueden transformas las magnitudes física o químicas en magnitudes eléctricas. (VILLALOBOS, FIGUERA, 2014, p. 2).

2.2.1.1. Sensores De Flujo

Es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas. Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuando está o no circulando un fluido. (VILLALOBOS, FIGUERA, 2014, p. 2).

Sensor ultrasónico

La utilización de ultrasonido es ya clásica en estas aplicaciones, pero sus limitaciones de alcance máximo y mínimo hacen que siempre se deba recurrir a otros tipos de sensores para completar el rango de medición. Debido a que estas limitaciones provienen en gran parte del método empleado para realizar la detección de la señal de eco, se estudió la forma de optimizar la detección para ampliar el alcance del sistema. (FERDEGHINI, BRENGI & LUPI, AGOSTO 1998).

El cálculo de la distancia a un obstáculo se determina midiendo el tiempo de vuelo de las ondas de ultrasonido entre el par receptor-transmisor y el objeto. (FERDEGHINI, BRENGI & LUPI, AGOSTO 1998).

Un sistema de medición tradicional consta de los siguientes elementos: uno o más transductores que cumplen funciones de emisión y recepción de las ondas ultrasónicas; una etapa que amplifica y filtra la señal del receptor; un circuito detector de nivel basado en un comparador de tensión; una etapa que amplifica la señal de disparo y excita al transmisor; y por último una lógica de control y medición que se encarga de generar la señal de disparo y de procesar la información de tiempo de vuelo (Abreu, 1990).

Sensor de flujo de paletas rotativas

El sensor utilizado tiene esta característica debido a que, este modelo es recomendado para medir grandes caudales, de más de 20 LPM, además se compone de una válvula con cuerpo de plástico, un rotor de agua, y un sensor de efecto Hall. Cuando el agua fluye a través de los rodillos del rotor, el rotor gira. Su velocidad cambia con diferente tasa de flujo. El sensor de efecto Hall emite la señal de pulsos correspondiente.

Este sensor presenta una particularidad que es el cumplimiento de la norma RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive) Restricción del uso de Sustancias Peligrosas, en aparatos eléctricos y electrónicos. Esta normativa nace con el fin de minimizar dentro de la Unión Europea (UE) el daño ecológico que pueden causar los desechos de equipos electrónicos, conocidos como e-waste (e-basura). (JÁCOME, LEÓN, MAYO 2014).

2.2.1.2. Sensores de presión.

Existen distintos tipos de sensores, tales como las galgas extensiométricas, sensores piezoeléctricos, galgas capacitivas, entre otros. A continuación, se explica el funcionamiento de alguno de estos sensores, principalmente las celdas de carga por razones que se verán más adelante. (Bellini,2009).

Celdas de carga.

Las celdas de carga son sensores de peso electrónicos cuya finalidad es recibir la excitación eléctrica provocada por un peso determinado aplicado a la plataforma y transmitirlo hacia un indicador de peso en forma de una salida eléctrica. Existe en mercado una muy amplia variedad de celdas de carga, las cuáles varían en forma, tamaño, material, entre otras cosas. Los fabricantes

de celdas de carga para medir la presión se vuelcan preferentemente al uso de las galgas extensiométricas en sus diseños. [2][3]

2.2.2. Acondicionamiento De Señales.

El acondicionamiento de señales son elementos de un sistema, que permiten manipular una señal eléctrica con el objetivo de conseguir rangos de voltaje o corriente adecuados a las características de diseño. Los acondicionadores de señal por lo general son circuitos electrónicos que amplifican, filtran, modulan, demodulan y digitalizan señales. Además de los circuitos electrónicos existe también acondicionadores de señal basados en algoritmos de programación. (JÁCOME, LEÓN, MAYO 2014).

2.2.3. Controladores Lógicos Programables.

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. El controlador Programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de una consola Programable propiamente dicho está constituida por:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
- Modulo de memorias
- Unidad de programación.

En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes. [6]

2.2.3.1. Fuente De Alimentación.

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

- + 5 V para alimentar a todas las tarjetas
- + 5.2 V para alimentar al programador
- + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA.[6]

2.2.3.2. Unidad De Procesamiento Central (C.P.U)

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador. La unidad central está diseñado a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad. [6]

2.2.3.3. Módulos O Interfaces De Entrada Y Salida (C.P.U)

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de máquinas del proceso. [6]

Tipos de módulos de entrada y salida.

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o analógica) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

Módulos de entradas discretas.

Módulos de salidas discretas.

Módulos de entrada analógica.

Módulos de salida analógica. [6]

2.2.3.4. Módulos De Memorias.

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente. Se cuenta con dos tipos de memorias:

Volátiles (RAM)

No volátiles (EPROM y EEPROM). [6]

2.2.3.5. Unidad De Programación.

Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización Existen tres tipos de programadores los manuales (Hand Held) tipo de calculadora, Los de video tipo (PC), y la (computadora). [6]

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Efecto hall

El efecto Hall fue descubierto por Edwin H. Hall en 1879 mientras cursaba el último año en la universidad. [10] Este efecto consiste en la aparición de un campo eléctrico transversal al sentido de la corriente que circula por una muestra conductora cuando ésta se encuentra en un campo magnético. Los experimentos de Hall mostraron que los portadores de cargas eran partículas cargadas negativamente, hecho de gran relevancia en su época ya que los electrones no serían descubiertos hasta más de diez años después. Un experimento Hall sirve hoy en día para determinar el signo de los portadores de cargas de los distintos materiales. Un sensor de efecto Hall se vale del efecto Hall para la medición de campos magnéticos o corrientes. Si por un sensor Hall circula corriente y se lo coloca en un campo magnético, aparece un voltaje proporcional al producto entre la corriente y la intensidad de la componente normal del campo magnético respecto del sensor. Si se conoce el valor de la corriente, se puede calcular la intensidad del campo magnético. A la vez, si se crea un campo magnético por medio de una corriente que circula por una bobina o un conductor, se puede practicar el experimento inverso de la determinación de la corriente mediante la medición del campo magnético con el sensor. (Atorino, J. I., Bortolín, L. P., Rodríguez, E., Farías, R. O., & Eduardo, R. 2009).

2.3.2. Analógico.

Dispositivo, circuito o sistema electrónico que procesa señales eléctricas que toman infinitos valores dentro de un intervalo, y que reciben el nombre de señales analógicas. [8]

2.3.3. Digital.

Área de la electrónica que estudia los sistemas electrónicos que procesar señales eléctricas que toman sólo dos valores asignados a los dígitos 0 y 1, y reciben el nombre de señales digitales.

2.3.4. Autómata.

Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado. [8]

2.3.5. Autómata Programable.

Equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales. [8]

2.3.6. Bit.

Del inglés binary digit. Unidad elemental de información representada por un símbolo con dos valores, generalmente denotados por 0 y 1, asociados a los dos estados posibles de un dispositivo. [8]

2.3.7. PLC.

Equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. [8]

2.3.8. RAM (Memoria de acceso aleatorio).

En informática, memoria basada en semiconductores que puede ser leída y escrita por el microprocesador u otros dispositivos de hardware. [8]

2.4. Marco Contextual

El proyecto será realizado en las instalaciones de la empresa COSMOGREEN S.A,S, ubicada en la ciudad de Cúcuta.

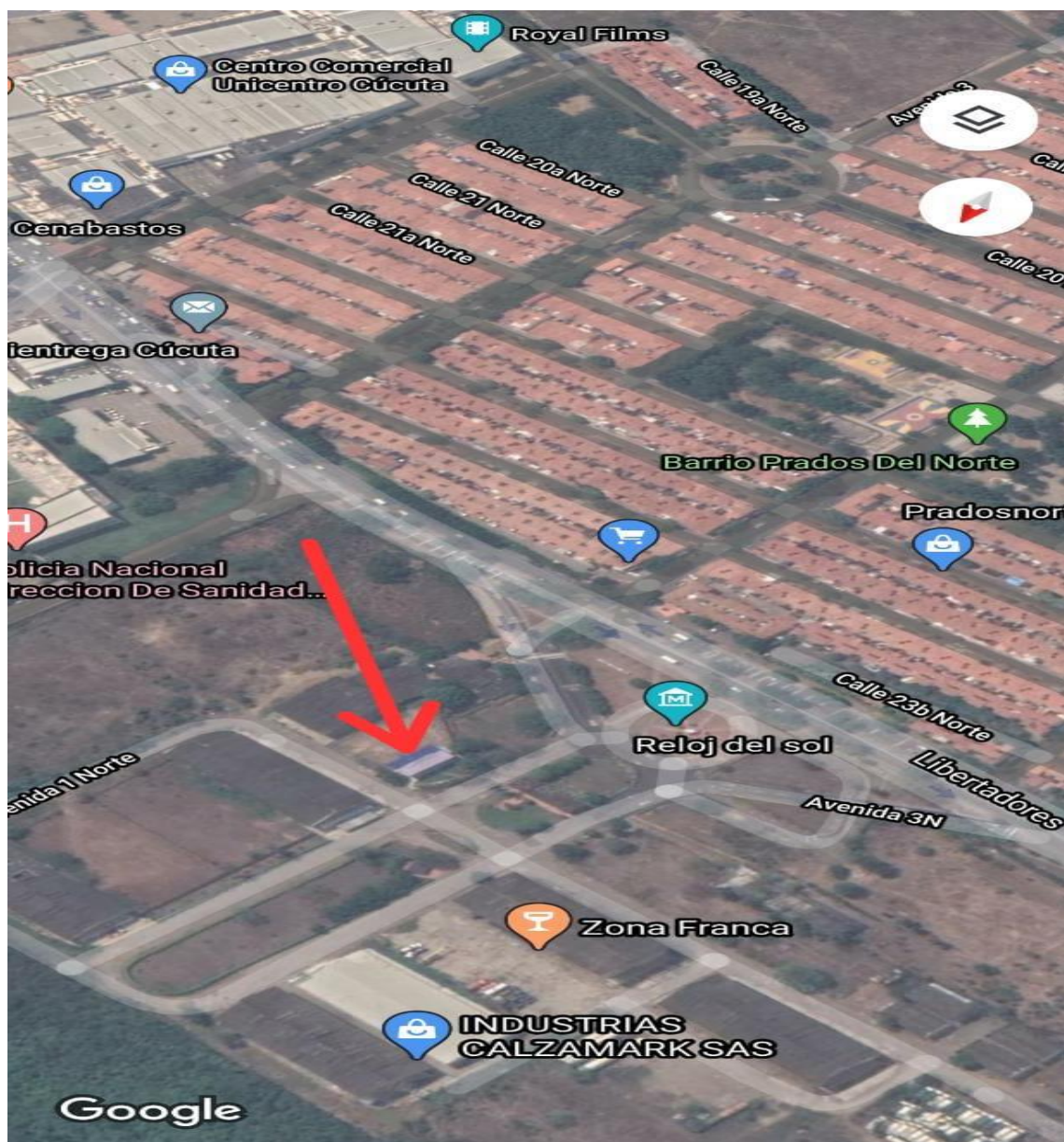


Figura 1. Ubicación De La Empresa COSMOGREEN S.A.S, Ubicada En El Patio De La Manzana M Barrio De La Zona Franca De San José De Cúcuta, Norte De Santander Recuperado De Google Maps

2.5. Marco Legal

- NORMA IEC 61131, define la estandarización de los autómatas programables, esta norma se divide en ocho partes, de los cuales la parte 4 y 8 son informes técnicos:
 - ✓ Parte 1: Información general. Ed. 2.0 (2003).
 - ✓ Parte 2: Especificaciones y ensayos de los equipos. Ed. 3.0 (2007).
 - ✓ Parte 3: Lenguajes de programación. Ed. 2.0 (2003).
 - ✓ Parte 4: Guías de usuarios. Ed. 1.0 (2012).
 - ✓ Parte 5: Comunicaciones. Ed. 1.0 (2000).
 - ✓ Parte 6: Seguridad funcional. Ed. 1.0 (2012).
 - ✓ Parte 7: Fuzzy control. Ed. 1.0 (2000).
 - ✓ Parte 8: Guías de programación. Ed. 2.0 (2003). [12]

- NORMA IEC-60529 Grado de protección IP, especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo. Es utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc. [13]

3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo De Investigación

El presente proyecto es una investigación de tipo aplicada ya que se centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto.

3.2. Población

El proyecto se realizará dentro la empresa Cosmogreen S.A.S, de la ciudad de Cúcuta.

3.3. Muestra

La investigación se aplicará al proceso de mezcla del producto cloro denso.

3.4. Actividad Y Metodología

Actividad

Recopilar información de libros, tesis académicas y proyectos relacionada con la automatización de procesos de mezcla mediante autómatas programables.

Metodología

Se realizará un análisis detallado de toda la información anteriormente recopilada y se llevará a cabo la selección de dicha información que sea valiosa para el proyecto.

Actividad

Identificación de variables que interviene en el proceso

Metodología

Se identificará las variables de entrada y salida del proceso, que permitirá seleccionar un PLC adecuado para cumplir los parámetros del proceso.

Actividad

Cotización del PLC para el diseño

Metodología

Buscar diferentes vendedores de PLCs para poder seleccionar el de mejor precio y calidad

Actividad

Caracterización de los sensores

Metodología

Determinar la respuesta que entregan los sensores de paleta rotativa en la salida para poder ajustarlas al PLC que controlara el proceso, ya que en la mezcla consta de componentes que su coeficiente de viscosidad es diferente al del agua, debido a que inicialmente estos sensores son para caudal de agua.

Actividad

Programación del PLC para el proceso

Metodología

Se realizará una programación que cumpla adecuada los parámetros establecidos del proceso de mezcla teniendo en cuenta la precisión de su dosificación del mismo y a través de la programación se expandirá el proceso a un segundo tanque.

Actividad

Realizar un análisis costo beneficio

Metodología

Se tendrá en cuenta la viabilidad del proyecto en cuanto a costos, para seleccionar el nuevo sistema de control que se diseña y compararlo con el tablero de lógica cableada para así tener claro cuáles son los beneficios de automatizar el proceso por medio de un PLC.

Actividad

Socialización del proyecto con la empresa Cosmogreen S.A.S

Metodología

Se hará una reunión con el gerente y los administrativos de la empresa Cosmogreen S.A.S donde se explicará los beneficios y la eficiencia de automatizar el proceso de mezcla del producto cloro denso.

4. Desarrollo Del Proyecto

4.1. Identificación De Las Variables Que Intervienen En El Proceso De Mezcla Del Producto Cloro Denso De La Empresa Cosmogreen S.A.S

4.1.1. Descripción Del Proceso

El proceso de mezcla del cloro denso consiste en: Llenar un tanque de 2000L con un peso aproximado de 2Ton, con cuatro componentes especialmente dosificados por volumen o por peso.



Figura 2. Tanque De Mezcla Del Cloro Denso

Fuente: Tomada en la empresa Cosmogreen S.A.S

Cada componente tiene un tanque de abastecimiento individual y una bomba centrífuga para subir el fluido hasta el tanque, el tanque reposa sobre una báscula conformada por 4 celdas de carga, las señales de salida de estas celdas van a una caja de empalme de pesaje digital donde convierte sus señales analógicas a señales digital para poder ser visualizadas en el indicador de peso que se encuentra en el tablero de control.

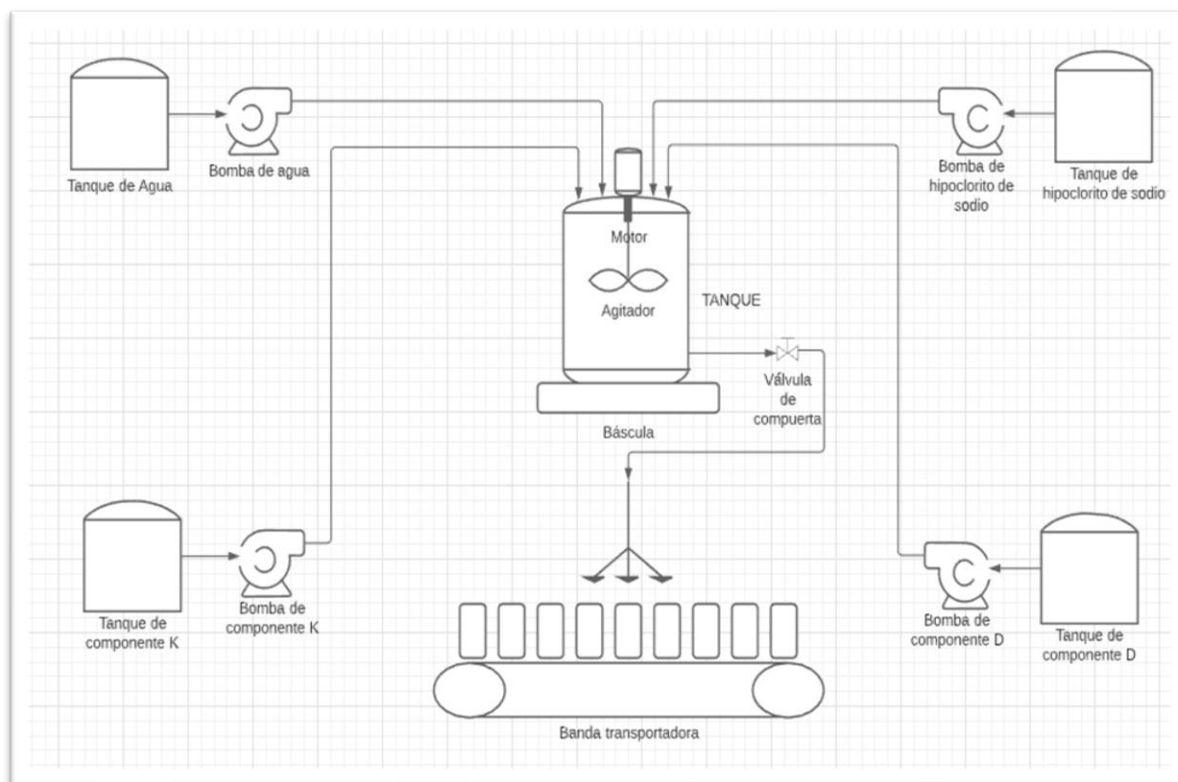


Figura 3. Esquema Del Proceso De Mezcla Del Producto Cloro Denso.

El proceso del cloro denso funciona por medio un tablero de control como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Tablero De Control Del Proceso

Fuente: Tomada en la empresa Cosmogreen S.A.S

Este es maniobrado por un operario, de manera que puede ejercer acción de control de encender o apagar las bombas de cada componente que permiten llevar los fluidos de la mezcla hasta el tanque, una vez el operario comience el proceso de llenado del tanque debe seguir una receta de dosificación de los cuatro componentes mediante los parámetros deseados por la empresa para obtener el producto cloro denso.

El orden de la receta del cloro denso es la siguiente: Primero se agrega Agua al tanque, Segundo hipoclorito de sodio, tercero componente K, cuarto y último componente D.

El operario debe ingresar los datos de cada componente en su diferente controlador de flujo, una vez empiece a llenar el tanque un componente a la vez, él debe supervisar el indicador de peso

del tanque y el caudalímetro del componente, de manera de que si ocurre alguna falla en la medición de peso o de caudal el operario tiene que ejercer una acción de parada del proceso.

Cuando se termina de llenar los kilos o volumen deseados de hipoclorito de sodio, se acciona el agitador durante seis minutos, y se prosigue a llenar el tanque de componte K con las mismas condiciones mencionadas anteriormente, una vez se haya llenado el componente D en el tanque se agita veinte minutos en sentido de las manecillas del reloj y veinte minutos en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Ya con este procedimiento se obtiene el producto de cloro denso, listo para ser drenado accionando la válvula de compuerta manual, que abre paso del cloro denso para ser embotellado.

4.1.2. Etapas Del Proceso

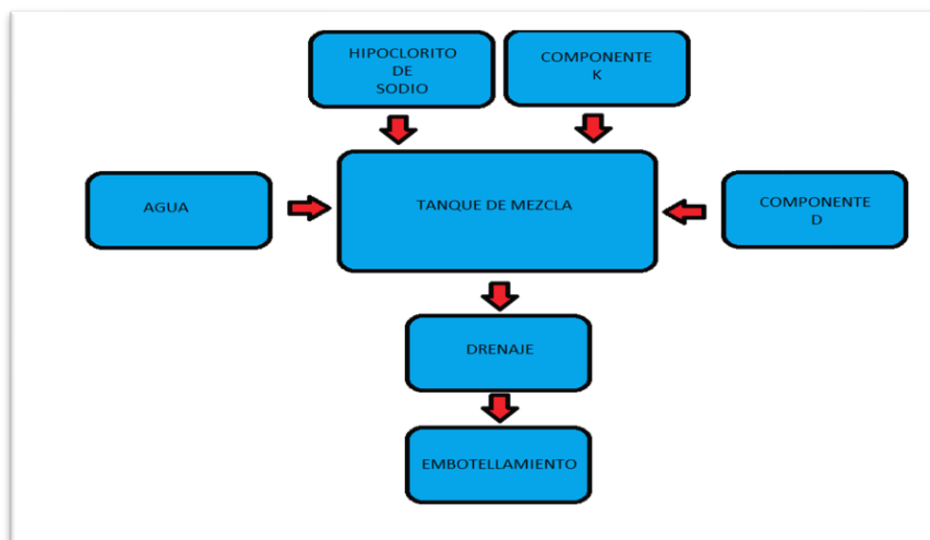


Figura 5. Etapas Del Proceso

4.1.3. Variables Que Intervienen En El Proceso

En el proceso de mezcla del cloro denso intervienen las siguientes variables de forma directa o indirecta: **peso, caudal, y nivel**, las cuales al ser supervisadas por el operario en el tablero se puede ejercer una acción de control del proceso, mediante estas variables el personal de la empresa a establecido tres tipos de control para el llenado del tanque que son: control por peso, control por caudal y control por nivel.

A continuación, se describirán las variables que intervienen en el proceso de mezcla y sus tipos de controles para el llenado del tanque del producto cloro denso.

4.1.3.1. Peso Del Tanque

La variable de peso en el tanque se usa para tener un control preciso de la dosificación de los componentes de la mezcla del cloro denso, el peso total de la mezcla del tanque es 1800kilogramos, la empresa tiene definido la cantidad en kilogramos de cada componente para cumplir con todos los estándares que tienen a la hora de vender su producto de buena calidad a sus consumidores.

El sensor encargado de medir la variable de peso del tanque de mezcla del cloro denso es la celda de carga GALOCE GSB205 de capacidad de 3000kilogramos, esta celda tiene las siguientes características:

- Sellada herméticamente por láser, niquelado, impermeable y anticorrosión, adecuada para entornos múltiples.
- Adecuada para básculas de plataforma electrónica, básculas para camiones, básculas de piso y otros dispositivos electrónicos de pesaje. [14]



Figura 6. Celda De Carga Galoce Gsb205 3000Kg

Fuente: <https://www.galocce.com/Uploads/Download/loadcell/GSBseries/GSB205.pdf>

A continuación, se presenta los parámetros de operación de la celda de carga GALOCE GSB205.

Rated load : 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 3000kg	
Accuracy class : C3	Insulation resistance : $\geq 5000\text{M}\Omega(50\text{VDC})$
Rated output : $2.0 \pm 0.004\text{mV/V}$	Excitation voltage : 5 ~ 12VDC
Comprehensive error : $\leq \pm 0.02\% \text{F.S}$	Compensated temp.range : $-10 \sim +40^\circ\text{C}$
Creep : $0.02\% \text{F.S}/30\text{min}$	Use temp.range : $-35 \sim +80^\circ\text{C}$
Zero balance : $\pm 1.0\% \text{F.S}$	Safe overload : 150%
Temperature effect on sensitivity : $0.016\% \text{F.S}/^\circ\text{C}$	Ultimate overload : 200%
Temperature effect on zero : $0.002\% \text{F.S}/^\circ\text{C}$	Load cell material : Alloy steel
Input resistance : $365 \pm 10\Omega$	Defend grade : IP67
Output resistance : $350 \pm 3\Omega$	Cable : $\Phi 5.7\text{mm} * 2\text{m}$

Figura 7. Parámetros De La Celda De Carga Galoce Gsb205

Fuente: <https://www.galocce.com/Uploads/Download/loadcell/GSBseries/GSB205.pdf>

Una celda de carga funciona de la siguiente manera: La celda de carga se encarga de traducir la fuerza en una señal de voltaje (célula de carga analógica). La célula de carga analógica con galgas extensiométricas es la que se utiliza más comúnmente. Las células de carga consisten en una pieza metálica que sufre una deformación conforme se le aplica una fuerza. Éste metal se calcula para soportar un rango de fuerza (que va desde cero fuerzas hasta la capacidad máxima) ya sea a tensión, compresión o ambos. La deformación se realiza en la parte elástica y proporcional de la curva de deformación, esto es lo que limita la capacidad de una célula de carga. A la pieza, se le adhieren galgas extensiométricas. Las galgas extensiométricas son láminas de un metal que al traccionarse o comprimirse, varían su resistencia. Cuando la deformación provoca que la lámina se alargue, la resistencia se incrementa en una pequeña cantidad; y cuando se comprime, la resistencia disminuye. Una amplia variedad de celdas de carga de diferentes formas y tamaños está disponible en el mercado, según la aplicación. Una celda la típica es en forma de “S” provista de cuatro medidores de deformación como se ilustra en la Figura z (figura 1). Los medidores se montan de manera que dos de ellos se alarguen cuando se coloca una carga sobre ella y los otros dos se compriman. (García, 2016)

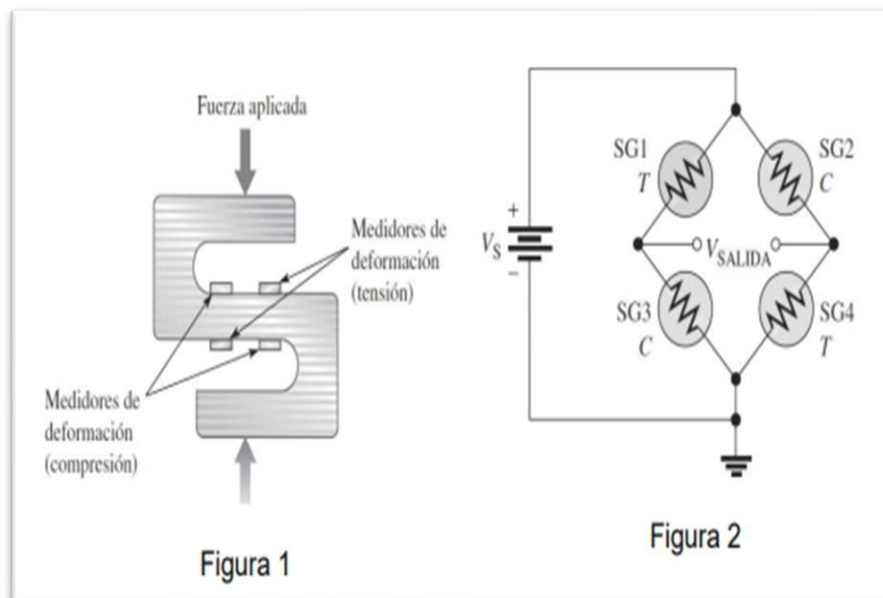


Figura 8. Celda De Carga Tipo “S”

Fuente: (García, 2016)

Las galgas casi siempre se conectan en forma de puente Wheatstone como indica la Figura 8(figura 2) con medidores de deformación (SG, por sus siglas en inglés) a tensión (T) y a compresión (C) en ramas diagonalmente opuestas como se muestra. Las galgas se alimentan y entregan una señal de proporcional (del orden de milivoltios) a la fuerza aplicada y a su signo. La señal de la célula se lleva a un convertidor analógico-digital y es enviada a un microprocesador para su procesamiento. Mediante una recta de calibrado se obtiene un factor, que nos permite interpretar una señal eléctrica como una fuerza. (García, 2016)

Las 4 celdas de carga que sostienen la basa de la báscula están conectadas a una caja de empalme de pesaje digital, esta envía la información de las celdas a un indicador de peso, el cual se puede hacer la tara y calibración de la báscula del tanque a cero kilogramos para supervisar el peso del tanque y tener acción de control sobre él.



Figura 9. Indicador De Peso

Fuente: Tomada en la empresa Cosmogreen S.A.S

4.1.3.2. Caudal Del Proceso

El caudal es una de las dos variables auxiliares del control por peso que tiene el proceso mezcla en su dosificación, esta es supervisada y medida a través cuatro sensores de caudal, uno para cada componente, los cuales son: el sensor de flujo YF-S201(tres) y el sensor ultrasónico tipo Clamp-on.

El sensor de Flujo YF-S201 sirve para medir el flujo del agua, o por ejemplo de un invernadero, o en su casa como en un proyecto. Es, resulta muy importante conocer el consumo de líquido. Este sensor se instala en la línea del agua, y utiliza un sensor de efecto Hall. Sirve para medir la cantidad de líquido que se ha movido a través de él. El aspa del sensor tiene un pequeño imán atado, y hay un sensor magnético de efecto Hall, en el otro lado del tubo de plástico se puede medir la cantidad de vueltas del aspa de viento que ha hecho a través de la pared de plástico. Este método permite que el sensor permanezca seguro y seco.

El sensor viene con tres cables: rojo (potencia 5-24VDC), negro (a tierra) y amarillo (salida de impulsos de efecto Hall). Al contar los pulsos de la salida del sensor, puede seguir fácilmente el movimiento del fluido: cada pulso es de aproximadamente 2,25 mililitros.

Tenga en cuenta que esto no es un sensor de precisión, y la frecuencia del pulso varía un poco dependiendo de la velocidad de flujo, la presión del fluido y la orientación del sensor. Se necesitará una cuidadosa calibración si se requiere más que un 10% de precisión. Sin embargo, su gran para las tareas básicas de medición. (Marquez,2014)



Figura 10. Sensor De Flujo Yf-s201

Fuente: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/>



Figura 11. Aspas Del Sensor De Flujo Yf-s201

Fuente: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/>

A continuación, se presenta los parámetros de operación del sensor de flujo YF-S201.

- Sensor de Flujo YF-S201.
- Tipo de sensor: Hall effect
- Voltaje de funcionamiento: 5 a 18 V DC
- Max consumo de corriente: 15 mA a 5 V
- Tipo de salida: 5V TTL
- Trabajo Caudal: de 1 a 30 litros / minuto
- Temperatura de funcionamiento: -25 a 80 °C
- Humedad de trabajo Rango: 35% -80% de humedad relativa
- Precisión: ± 2%
- Rango de flujo: 1-30L/min
- Modo de detección: Vertical
- Presión máxima del agua: 2,0 MPa
- Ciclo de trabajo de la salida: 50% + 10%
- Tiempo de subida de la salida: 0.04us
- Tiempo de caída de la salida: 0.18us
- Velocidad de flujo características del pulso: Frecuencia (Hz) = 7,5 * Caudal (L / min)
- Pulsos por litro: 450
- Durabilidad: un mínimo de 300.000 ciclos
- Longitud del cable: 15cm
- 1/2 «conexiones nominales de tubería, 0.78» de diámetro exterior, 1/2 «de la rosca
- Tamaño: 2.5 «x 1.4» x 1.4

Figura 12. Parámetros Del Sensor De Flujo Yf-s201.

Fuente: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/>

Los transductores ultrasónicos de tipo Clamp-on por efecto de “tiempo de tránsito”, consta de un par de transductores ultrasónicos, se instalan en la parte exterior de la tubería, el cual un transductor transmite la señal ultrasónica y el receptor la recibe en un ángulo al eje de la tubería. Debido al ángulo, el flujo en la tubería permite una medición diferencial de tiempos al momento de transmitir las señales ultrasónicas, aquellas señales medidas en dirección aguas arriba disminuirán la velocidad en función de la velocidad del fluido que viene en dirección contraria, aquellas señales medidas aguas abajo se acelerarán en la misma distribución. A mayor caudal, mayor será la medición diferencial de “tiempo de tránsito”. Entonces la variable medida con el flujometro ultrasónico es el tiempo, este dispositivo es una especie de reloj, que debe mantener una precisión en su medición en el orden de los 50 picosegundos.

5.1 Clamp on type transducer

● Introduction

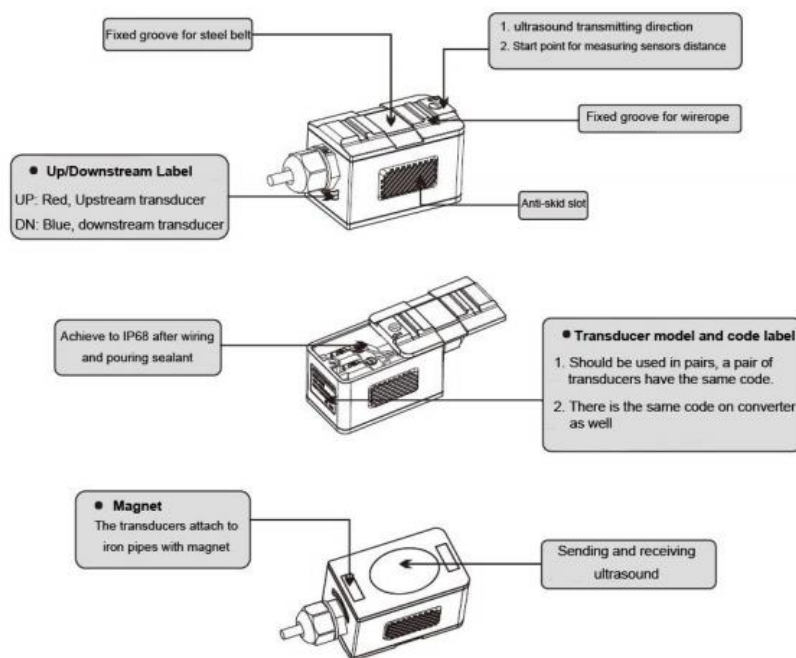


Figura 13. Partes Del Transductor Tipo Clamp-on

Fuente: (ultrasonic flow meter user manual, 2020)

- Wiring Diagram

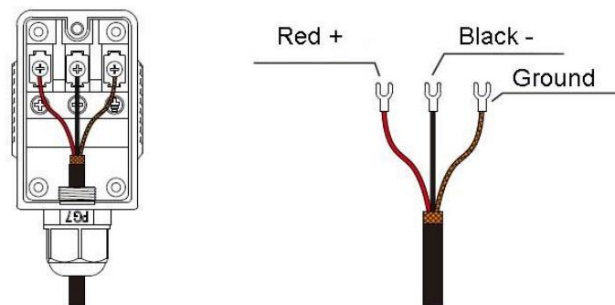


Figura 14. Diagrama De Cableado

Fuente: (ultrasonic flow meter user manual, 2020)

La señal de cada sensor de flujo, está conectada a su respectivo controlador de flujo el cual se encuentran ubicados en el tablero de control del proceso del cloro denso, donde se observa los litros por minuto que pasan por medio de la tubería del componente y la cantidad de litros que ya están dentro del tanque mientras se está llenando.

4.1.3.3. Nivel Del Tanque

La variable de nivel es la segunda auxiliar del control de peso del tanque, ya que la empresa basada en su experiencia de producción del cloro denso, se fijó en la altura que tenía cada componente al momento en que se llenaba el tanque, por esta razón si las celdas de cargas o los sensores sufren alguna alteración o daño, el operario se guía por el nivel tanque y dependiendo del nivel puede ejercer acción de control cerrando manual el paso de los componentes por medio de una llave de paso.

4.1.4. Entradas Y Salidas

Tablas 1. Entradas

<i>Entradas del proceso</i>		
N°	Sensor	Denominación
1	Sensor de agua	SA1
2	Sensor de hipoclorito	SH1
3	Sensor de componente K	SK1
4	Sensor de componente D	SD1
5	Celda de carga	C1

Nota. Fuente: propia.

Tablas 2. Salidas

<i>Salidas del proceso</i>		
N°	Actuador	Denominación
1	Bomba de agua	B1
2	Bomba de hipoclorito	B2
3	Bomba de componente K	B3
4	Bomba de componente D	B4

Nota. Fuente: propia.

4.2. Proponer Un Sistema De Automatización Mediante Plc Para Mejorar El Proceso De Mezcla Del Producto Cloro Denso De La Empresa Cosmogreen S.A.S.

Por medio de la identificación del objetivo anterior sobre las variables que intervienen en el proceso, el número de entradas/salidas que tiene el proceso de mezcla del producto del cloro denso.

Se realizó un diseño de un sistema de automatización por medio de un autómatas programable, debido a los tipos de entradas del proceso y el alto costo de los módulos de entrada/salidas de los dispositivos PLC'S, se planteó usar un microcontrolador de la familia de Arduino con la función de ser el encargado de tomar todas las señales de entradas/salidas del proceso y enviar esta información por medio del protocolo de comunicación industrial Modbus RTU (Maestro-Esclavo), donde el PLC (Maestro) es el encargado de pedir información al Arduino (Esclavo) y darle órdenes al mismo, para el perfecto funcionamiento del proceso, este sistema se propone pensando en el crecimiento de la producción del cloro denso.

4.2.1. Tablas De Descripción, Beneficios De Dispositivos

Tablas 3. Criterio De Selección De Plc

Criterio	Descripción
	Puerto mini USB para programación, puertos
Comunicación	RS232/RS485, puerto serial/ Ethernet/Profibus/CANbus
Voltaje de alimentación	12v DC.
I/O	Módulos de E/S de complemento para un controlador de todo en uno.
HMI	Pantalla táctil a color y alta resolución en la parte delantera.
Software	Software gratuito.
Nota. Fuente: propia.	

Tablas 4. Criterio De Selección De Plc

Criterio	Samba 7”	Visión 570	Visión 350-35-B1	Twido scheinner	Siemens S7-1200
Comunicación	X	X	X	X	X
Voltaje de alimentación			X		
I/O		X	X		X
HMI	X	X	X		
Software	X	X	X	X	
Costo	X	X	X		

Nota. Fuente: propia.

Después de un criterio de selección de PLC que se observa en la matriz, el dispositivo PLC que cumple con todos los criterios es el vision 350-35-B1, el cual tiene características muy importantes, como lo es su pantalla touch a color, software gratuito, puerto de comunicación y precio, ya que esta empresa crece a diario dando la opción de expandir el proceso y la producción del cloro denso.

OPLC

Unitronics es una empresa global de origen israelí que, desde 1989, ha introducido en todo el mundo una idea innovadora dentro del sector de la automatización: Un PLC con panel operador incorporado. Estos equipos compactos integran un potente CPU y un panel de operador HMI que se denomina OPLC; es decir, PLC + HMI = OPLC Unitronics, promoviendo con ello altas posibilidades de prestación de servicios prácticos a nivel de automatización industrial. [19]



Figura 15. Oplc V350-35-B1

Fuente: <https://www.unitronicsplc.com/vision-series-vision350/#1451657921124-e6e0a431-3292>

A continuación, en la tabla 8. características del dispositivo OPLC V350, se evidencia las características más relevantes del dispositivo OPLC.

Tablas 5. Características Del Oplc V350-35-B1

CARACTERIZTICAS	DESCRIPCION GENERAL
PLC	Autoajuste PID, hasta 24 lazos independientes, Programas de recetas y registro de datos mediante tablas de datos, Tarjeta micro SD – registro, copia de seguridad, clonación y más, bloques de funciones.

HMI	Pantalla táctil de alta calidad, pantalla en varios idiomas, pantallas de alarma incorporadas.
Comunicación	Mini USB para programación. RS485/RS232. Se puede agregar 2 puertos: 1 serial/Ethernet/Profibus y 1 CANbus. Protocolos: MODBUS TCP, SNMP, CANopen, CANlayer2, UniCAN. BACnet, KNX and M-Bus via Gateway. Protocolo FB: para cualquier protocolo de terceros. Servidor web, correo electrónico y SMS, compatibilidad con módem 3G, utilidades de acceso remoto.
I/O	Expanda hasta 512 Entradas/Salidas. Las opciones de entradas/salidas incluyen medición digital, analógica, de alta velocidad, de temperatura y peso.
Software	Software gratuito

Tablas 6. Criterio De Selección De Arduino

Criterio	Descripción
Comunicación	Puerto de programación USB, puerto serial, protocolo modbus.
Voltaje de alimentación	7V-12V
Voltaje de operación.	5V
I/O	Entradas digitales (6 de interrupciones), entradas analógicas.
Software	Software gratuito.

Nota. Fuente: Propia

Tablas 7. Criterio De Selección De Arduino

Criterio	Arduino Uno	Arduino Mega	Arduino Nano	Arduino Micro
Comunicación	X	X	X	X
Voltaje de Alimentación	X	X	X	
Voltaje de Operación	X	X	X	
I/O		X		X
Software	X	X	X	X

Nota. Fuente: <https://store.arduino.cc/usa/>

Después de un criterio de selección del Arduino que se observa en la matriz, el dispositivo Arduino que cumple con los criterios es el Arduino Mega, el cual tiene características muy

importantes para el proyecto, como lo es sus entradas digitales de interrupciones de alta velocidad, comunicación serial, precio y software gratuito. Pensando en el crecimiento que la empresa que crece a diario da la opción de expandir el proceso y la producción del denso.

ARDUINO MEGA

Es una tarjeta electrónica basada en el microcontrolador ATmega2560, posee 54 pines que puede ser usados como entradas/salidas digitales (15 de ellos pueden ser usados como salidas de señales PWM) de 0 a 5V, tiene 16 entradas analógicas de 0 a 5V, cuenta con 4 puertos de comunicación serial, posee una frecuencia de reloj de 16MHz, programación mediante puerto USB, botón de reset, un conector de alimentación. En la tabla 12 se evidencia algunas características de la placa de Arduino Mega.

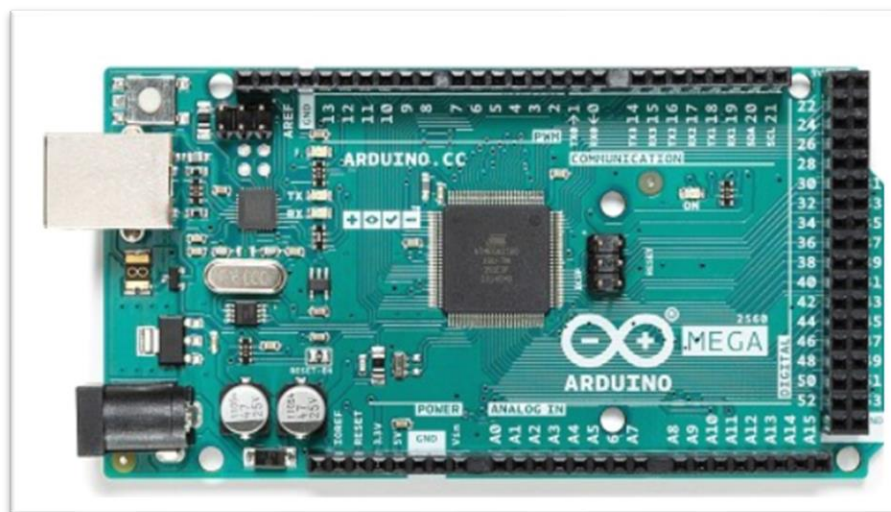
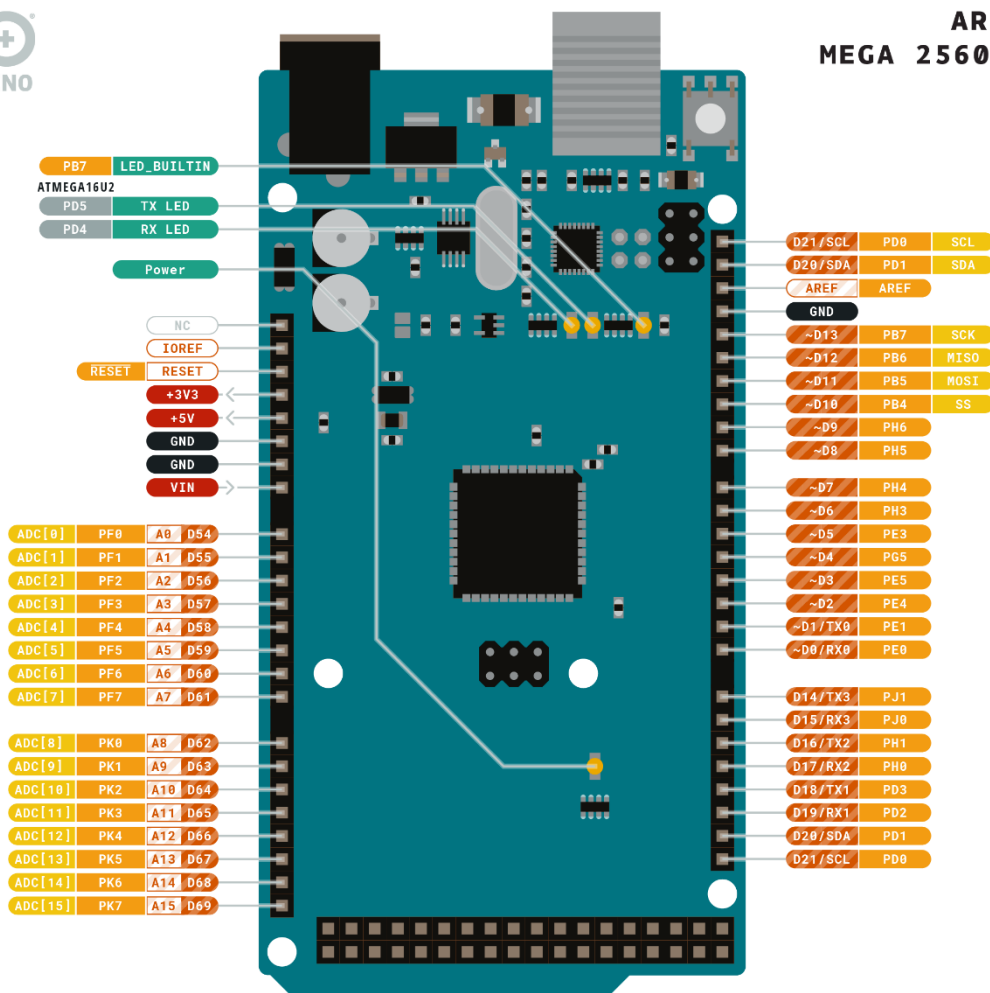


Figura 16. Arduino Mega 2560

Fuente: (Arduino store, 2020)



ARDUINO MEGA 2560 REV3



Ground	Internal Pin	Digital Pin	Microcontroller's Port
Power	SWD Pin	Analog Pin	
LED	Other Pin	Default	

ARDUINO . CC

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Figura 17. Diagrama De Pines Del Arduino Mega 2560

Fuente: (Arduino store, 2020)

Tablas 8. Características Del Arduino Mega 2560

Microcontrolador	ATMEGA2560
Voltaje de operación	5V
Entrada de voltaje recomendada	7V-12V
Limite de entrada de voltaje	6V-20V
Pines digitales entradas/salidas	54(15 pines para señal PWM a la salida)
Pines analógicos de entrada	16
Corriente de salida DC Total entradas/salidas	40mA
Corriente DC por el pin de 3.3V	50mA
Memoria Flash	258KB (8KB para el arranque)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Frecuencia de reloj	16MHz

Nota. Fuente: Vistronica, 2020

4.2.2. Protocolo Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación, conformado por una topología maestro/esclavo o cliente/servidor, que fue creada por MODICON en 1979 para su línea de controladores lógicos programables (PLCs). “El protocolo MODBUS es una especificación que define un protocolo de nivel de aplicación que, aunque no cumple todo el modelo OSI, se podría enmarcar en los niveles 2 y 7 para MODBUS serie y MODBUS TCP/IP respectivamente.” (Rabadan, 2017). El intervalo de velocidad de transmisión de este protocolo de comunicación industrial es desde los 75 a los 19200 baudios que son recomendados por el estándar, pero en condiciones apropiadas la transmisión de datos se puede configurar para velocidades mayores.

Dentro del protocolo de comunicación Modbus, puede existir varios dispositivos esclavos que respondes a cualquier solicitud o petición del maestro, ya que el mismo es el encargado de iniciar la comunicación.

En la capa física de conexión del protocolo Modbus, se utiliza interfaces físicas distintas que se permite configurar el bus de comunicación semidúplex (half dúplex) (RS- 485 o fibra óptica) con par trenzado o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica).

Acceso al medio

el protocolo de comunicación Modbus tiene un acceso al medio mediante la arquitectura maestro/esclavo (Master/Slave), en donde solo existe un maestro en el bus de comunicación, y uno o diversos esclavos conectado al mismo bus, en una comunicación Modbus siempre la empieza el nodo maestro, ninguno de sus esclavos transmitir un dato sin petición del maestro, los esclavos no se pueden comunicar entre ellos mismo. El maestro emite peticiones Modbus a sus esclavos en dos modos de comunicación:

Modo único: el maestro solicita información a uno de sus esclavos, el esclavo una vez recibe y procesa la petición, le responde al maestro con un mensaje o respuesta. Como se observa en la figura 18.

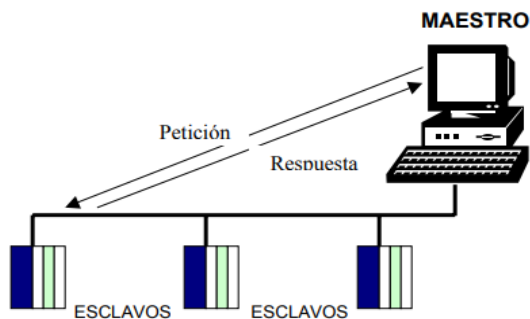


Figura 18. Modo Único

Fuente: (Hernández & Gutiérrez, 2020)

Modo Difusión: el maestro envía una petición a sus esclavos y estos no responden. Estos mensajes son comandos de escritura y todos los esclavos deben obligatoriamente aceptar la difusión para la función de escritura. Ver figura 19.

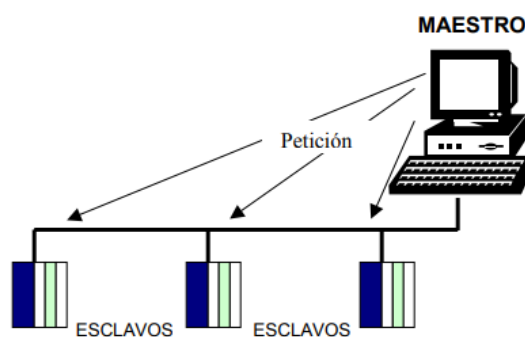


Figura 19. Modo Difusión

Fuente: (Hernández & Gutiérrez, 2020)

Modos de transmisión serie

El protocolo Modbus debe permitirle al usuario la configuración de los dos modos de transmisión de datos serial ASCII y RTU, unido con los parámetros de configuración del puerto serial. El modo y los parámetros series deben ser lo mismo en ambos dispositivos que se encuentren conectado a la red Modbus (Master/Slave).

Modo RTU: cuando los dispositivos que se comunican en una red Modbus son configurados usando el modo RTU (Unidad de Transmisión Remota), cada byte de 8 bits es una trama que se envía que contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits.

La ventaja de este método es una mayor densidad de carácter permitiéndole un mejor rendimiento para la misma velocidad que el modo ASCII, los mensajes son transmitidos en un flujo continuo.

- Bits por Byte:
 - 1 bit de arranque
 - 8 bits de datos (el menos significativo se envía primero)
 - 1 bit de paridad
 - 1 bit de parada

Cuando la comunicación se configura sin paridad, se requieren 2 bits de parada. Ver figura 20.

Con paridad										
Start	1	2	3	4	5	6	7	8	Par	Stop
	LSB							MSB		
Sin paridad										
Start	1	2	3	4	5	6	7	8	Stop	Stop
	LSB							MSB		

Figura 20. Secuencia De Transmisión Con Y Sin Paridad

Fuente: (Hernández & Gutiérrez, 2020)

Modo ASCII

Cuando un dispositivo en la red Modbus se configura en modo ASCII (Código Estándar Americano para Intercambio de Información), cada paquete de información de 8 bits (byte) en una trama se envía como dos caracteres ASCII. La ventaja principal de este modo es que permite enviar caracteres en intervalos de tiempo hasta de un segundo sin errores.

El formato de cada byte en ASCII es:

- Codificación: hexadecimal, caracteres ASCII 0...,9,A,..F
- Bits por byte:
 - 1 bit de arranque
 - 7 bits de datos (el menos significativo se envía primero).

- 1 bit de paridad
- 1 bit de parada o 2 si no hay paridad.

Formato de trama Modbus

Trama RTU: en el modo de la trama RTU, existe un tiempo de silencio entre tramas, al menos mayor o igual que 3.5 veces el tiempo de duración de un carácter. [29]. Ver figura 21.

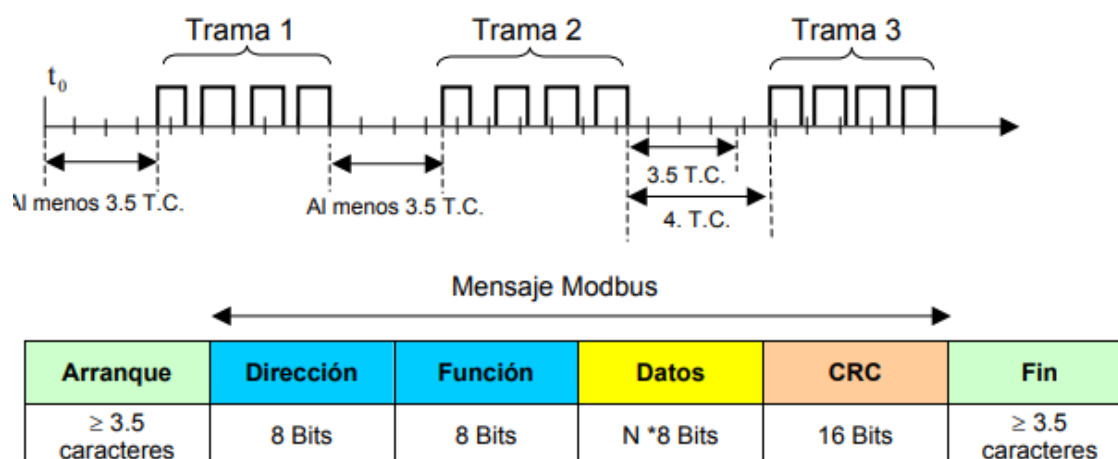


Figura 21. Transmisión De Tramas En Modo Rtu

Fuente: (Modbus, 2020)

Trama ASCII: “La diferencia con la trama RTU es que en la trama ASCII se incluye un carácter de encabezamiento, los dos puntos («:»=3AH) y los caracteres CR y LF(Retorno de Carro y Salto de Línea) (ASCII 0DH y 0AH) al final del mensaje como se muestra en la figura 8. Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, ya que en ASCII se utiliza el algoritmo LRC (Chequeo de Redundancia Longitudinal).” (Hernández & Gutiérrez)

Arranque	Dirección	Función	Datos	LRC	Fin
1 carácter («:»=3A _H)	2 caracteres	2 caracteres	0 a 2*256 caracteres	2 caracteres	2 caracteres CR y LF

Figura 22. Trama Modbus Ascii

Fuente: (Modbus, 2020)

4.2.2.1. Modelos De Datos

Dependiendo del tipo de tamaño de datos, se pueden clasificar en 2 tipos que usa el protocolo: tipo de bits individuales y los tipos de registros de 2 Bytes. Los tipos de bits individuales son para las entradas y salidas digitales, mientras que los tipos de registro de 2 Bytes para las variables que tiene un tamaño mayor.

Tablas 9. Modelo De Datos Modbus

Tipo de objeto	Acceso	Tamaño
Discrete input	Solo leer	1 bit
Coil	Leer/escribir	1 bit
Input register	Solo leer	16 bits
Holding register	Leer/escribir	16 bits

Nota. Fuente: (Radaban, 2017)

4.2.3. Rs-485

El RS-485 es un estándar de comunicación basado en la norma TIA/EIA-485 de 1983, es un bus para la capa física del modelo OSI y declara las características eléctricas de los transmisores y receptores, cuando se necesita transmitir datos a largas distancias y con velocidades elevadas el RS-485 es la solución, ya que no tiene limitación de conectar solamente dos dispositivos. La transmisión de datos es serial y de tipo asíncrona, esto significa que los bits se transmiten uno seguido del otro y sin una señal que sincronice el transmisor y receptor.

El medio físico de transmisión de datos es por un par trenzado (A, B) y se admite hasta 256 estaciones. El tipo de comunicación es semidúplex y cubre una distancia hasta 1200 metros con el mismo bus sin que se extravié la información debido a la transmisión diferencial que reduce el ruido electromagnético en una cantidad muy grande, la velocidad de transmisión de datos está en el intervalo de 300 a 19200 bit/s (Baudio).

Las especificaciones del estándar RS-485 se resumen en la figura 23. Especificación del estándar RS-485.

RS-485	
Estándar	TIA/EIA-485-A
Medio físico	Par trenzado
Topología de red	Punto a punto, punto a multipunto, multi-drop
Modo de comunicación	Semiduplex, dúplex
Máximo de dispositivos	Originalmente 32, actualmente 256 e incluso más usando repetidores
Modo de operación	Diferencial
Niveles de tensión	-7V / +12V
“1” Lógico	Tensión positiva (B-A > +200mV)
“0” Lógico	Tensión negativa (B-A < -200mV)

Figura 23. Especificaciones Del Estándar Rs-485

Fuente: Radaban, 2017

El estándar de comunicación RS-485, consigue transmitir sus datos de forma diferencial en cada cable (A, B), las señales son las mismas pero desfasadas 180 grados respectivamente, de esta forma el ruido perjudica de igual manera ambos cables, invirtiendo una de las señales se logra anular el ruido al sumarlas (“Radaban,2017”). cómo se observa en la figura 24.

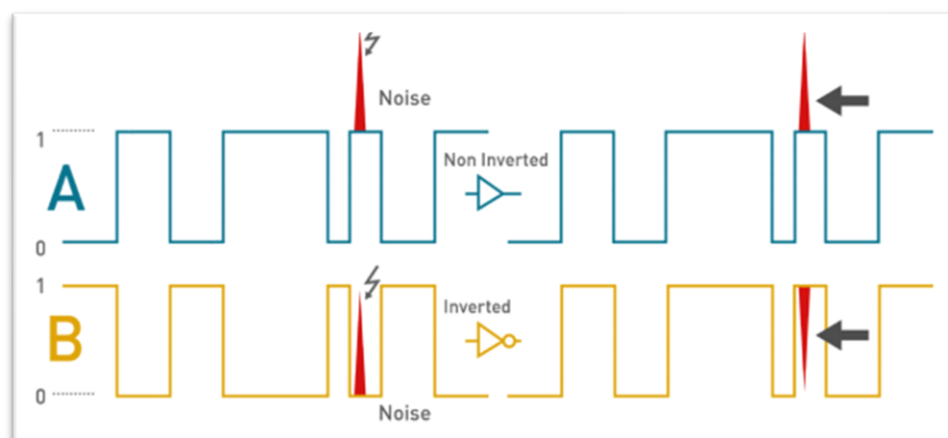


Figura 24. Transmisión Diferencial

Fuente: Radaban, 2017

En la figura 25, se observa cómo es posible utilizar la comunicación RS-485 físicamente mediante un cable de par trenzado, el esquema de la topología maestro/esclavo de red con varios nodos, originalmente se pueden conectar 32 dispositivos, pero usando repetidores de señal se puede conectar a la red 256 dispositivos e incluso más.

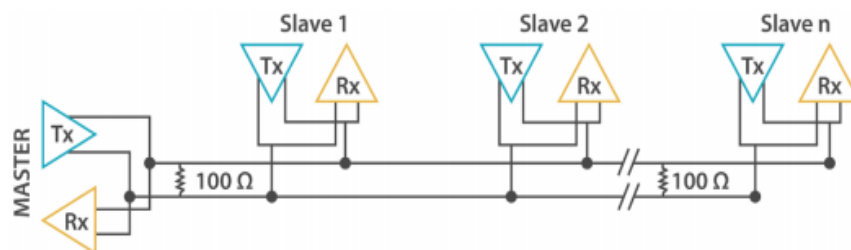


Figura 25. Topología De Red Rs-485

Fuente: Radaban, 2017

Modulo conversor TTL a RS-485 (MAX485)

El módulo MAX 485 es un transceptor de baja potencia diseñado para las comunicaciones RS-485, es un bus de la capa física del modelo OSI, no existe ninguna restricción respecto al contenido, forma, o codificación de los mensajes enviados. “Por medio de la comunicación RS485 se puede implementar una comunicación MODBUS industrial para ejercer comunicaciones en un bus diferencial multipunto con diferentes equipos. Su velocidad de respuesta es limitada, lo que permite transmitir hasta 2.5Mbps, Estos transceptores consumen una corriente de suministro de 120 μ A y 500 μ A.” (Galvis, O)

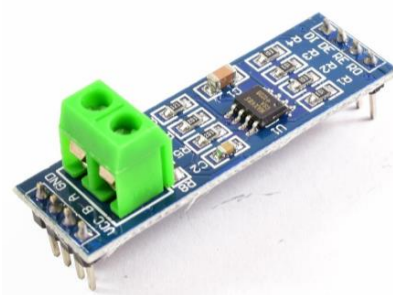


Figura 26. Módulo Conversor TTL A Rs-485

Fuente: <https://drive.google.com/file/d/18IEPcRiOFySNRttdMJnwRzYHh6s7iDO8/view>

En la industria el módulo MAX485 es muy utilizado, tiene acceso a todos los pines del chip MAX485, además posee los componentes adicionales necesarios para un buen funcionamiento. Los terminales “A” y “B” se pueden conectar también desde la bornera.

Los pines A y B son los terminales el cuales se envían y recibe los datos, el pin B es la negación en voltaje del pin A, esto quiere decir que se envían los mismos datos, pero están desfasados una línea de la otra, de esta forma al ser restadas las dos señales se elimina el ruido y se queda con la señal de daños. Esta transmisión de datos diferencial se logra por medio del chip MAX485. La

comunicación desde el punto de vista del microcontrolador o Arduino se trabaja como una comunicación serial, usando los pines TX y RX, dependiendo el tipo de aplicación de transmisión de datos se puede usar un pin de más para recibir o enviar datos.

Modulo RS-485 como transmisor

El módulo para ser configurado como transmisor de datos y que sepa que las salidas A y B se comportan como salidas de datos, se tiene que conectar 5V a los pines RE y DE del módulo. Desde el Arduino se envían los datos hacia el pin DI (Data Input) del módulo y este transmitirá los datos por los pines AB, ver figura 27.

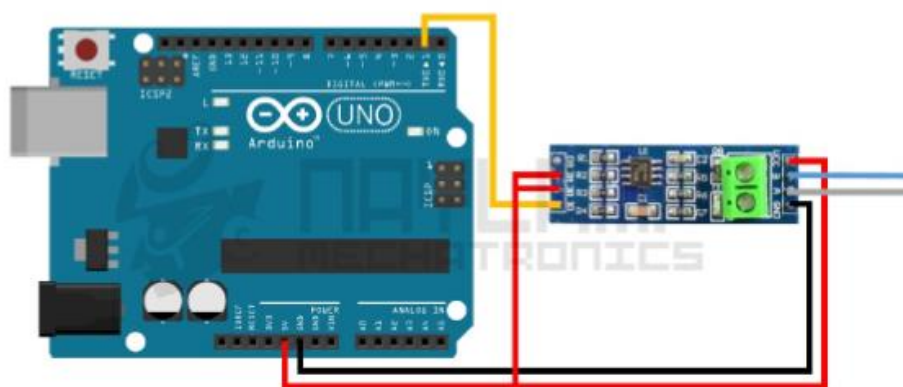


Figura 27. Conexión Del Módulo Rs-486 Como Transmisor

Fuente: <https://drive.google.com/file/d/18IEPcRiOFySNRttdMJnwRzYHh6s7iDO8/view>

Modulo RS-485 como receptor

El módulo para ser configurado como receptor de datos y que sepa que las salidas AB se deben comportar como entradas de datos, se tiene que conectar 0V a los pines RE y DE del módulo. Los datos que se reciben por AB estarán presentes en el pin RO (Receiver Output), conectado el pin

RO del módulo al pin RX del Arduino para poder leer los datos que recibe el mismo. [32]. ver figura 28.

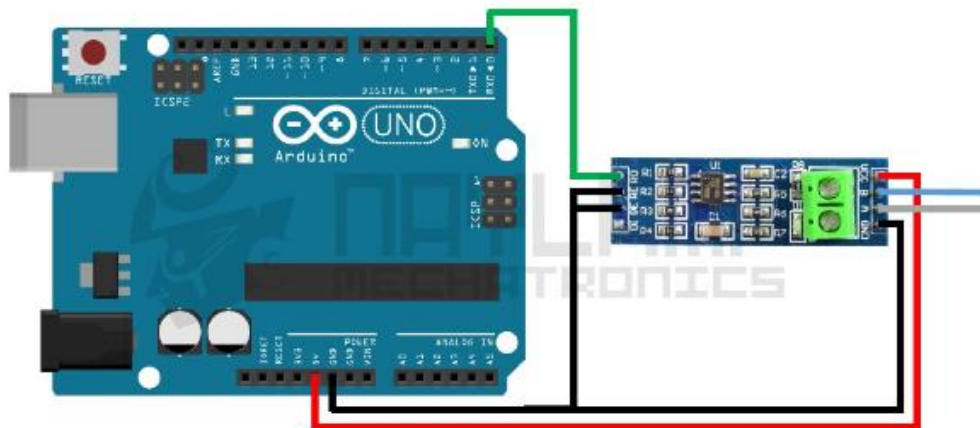


Figura 28. Conexión Del Módulo Rs-485 Como Receptor

Fuente: <https://drive.google.com/file/d/18IEPcRiOFySNRttdMJnwRzYHh6s7iDO8/view>

4.2.4. Diagrama De Conexión De Componentes

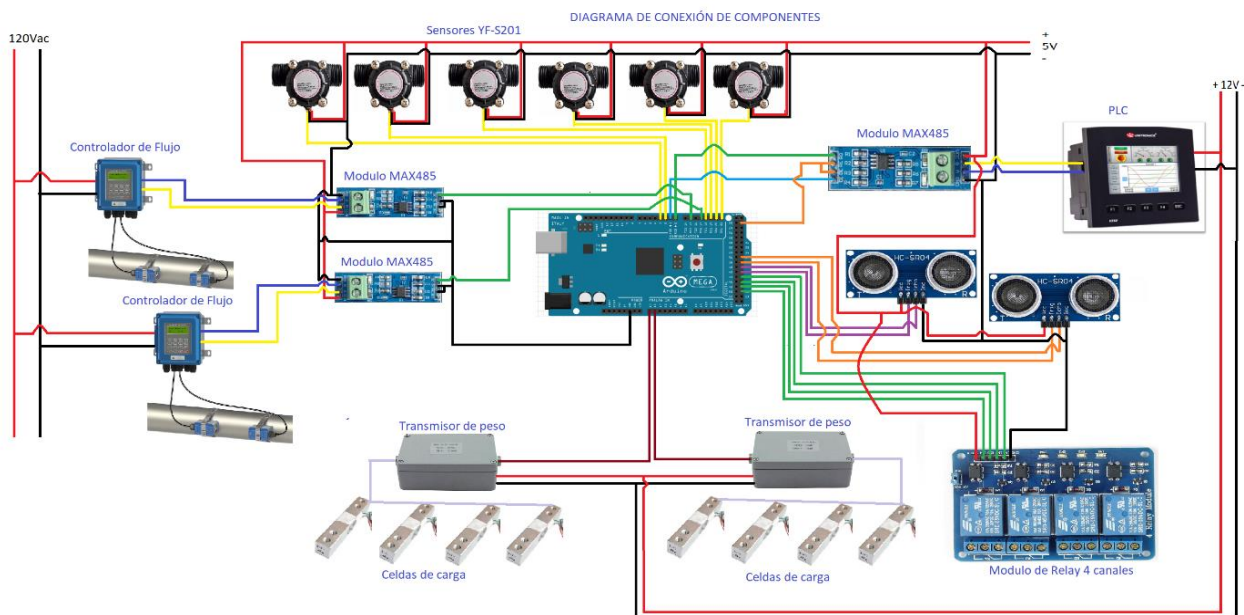


Figura 29. Diagrama De Componentes Del Nuevo Sistema De Automatización

4.2.5. Interfaz Humano-Máquina (HMI)

Para el diseño que se realizó del HMI a la empresa Cosmogreen S.A.S, se diseñó basada en la norma ISA 101 HMI, la norma dice que la interfaz humano-maquina (HMI), es la herramienta principal entre el operador y el sistema automatizado, ya que proporciona información y control sobre el proceso físico. Una HMI bien diseñada con interfaces fáciles de entender, con opciones claras, disminuye los errores por parte del operador del proceso y evita pérdidas significativas para la empresa.

El propósito del estándar ANSI/ISA-101.01.2015 es abordar el diseño, la implementación, la operación y mantenimiento de las hmi para los sistemas procesos de automatización, durante su ciclo de vida, proporcionando orientación para diseñar, construir, operar y mantener la hmi, para obtener un sistema de control del proceso más seguro, más eficaz para cualquier condición de operación del proceso automatizado. Al tener una hmi bien diseñada mejorar la capacidad del operador para detectar fallos, hacer diagnósticos y tomar acción de control adecuadamente en situaciones anormales del proceso en tiempo real. (Moya & Morales, 2019).

4.2.5.1. Teoría Del Color

El momento que se diseña las hmi del proceso, se tuvo en cuenta la teoría del color para que fueran amigables para el operario encargado del proceso. En el arte de la pintura, el diseño gráfico, el diseño visual, la fotografía, la imprenta y en la televisión, la teoría del color son un grupo de reglas básicas al momento de mezclar colores para obtener el efecto deseado al combinar colores de luz o pigmentos, la luz blanca se puede obtener combinando el rojo, verde y azul, mientras combinando los pigmentos cian, magenta y amarillo se obtiene el color negro.

En nuestro ojo poseemos tres tipos de conos que nos determinan los llamados colores primarios de luz. Son el rojo, el verde y el azul (Modelo RGB) sus respectivas siglas en inglés. La combinación de todos estos colores nos da la gama cromática completa y, si los mezclamos los tres, el resultado es el blanco y la ausencia de los tres nos genera el negro.

Atributos del color

Los colores que nos rodean tienen características para analizar, cada color se puede asignar tres atributos básicos, que son los siguientes:

- **El matiz:** es una característica de los colores que nos permite definir un color particular, el matiz se refiere al color mismo tal como el color azul o rojo.
- **La luminosidad:** esta característica hace referencia a la claridad u oscuridad del color. Es decir, la intensidad lumínica que tiene el color. Los colores claros tienen hacia el color blanco y los colores oscuros tienen hacia el color negro.
- **La saturación:** esta característica que se trata de la pureza de un color de un matiz específico, un color muy saturado tiene un color vivo e intenso, en cambio un color con menos saturado tiene aspecto decolorido y gris.



Figura 30. Matiz, Luminosidad Y Saturación De Un Color.

Fuente: (Pinterest, 2020)

Círculo cromático

Al momento de combinar colores, el círculo cromático es una herramienta esencial, este círculo es una representación gráfica muy clara de distintas paletas de colores, color primarios, secundarios y terciarios. El círculo cromático es una representación y organizada de los colores basado en el matiz de cada uno.

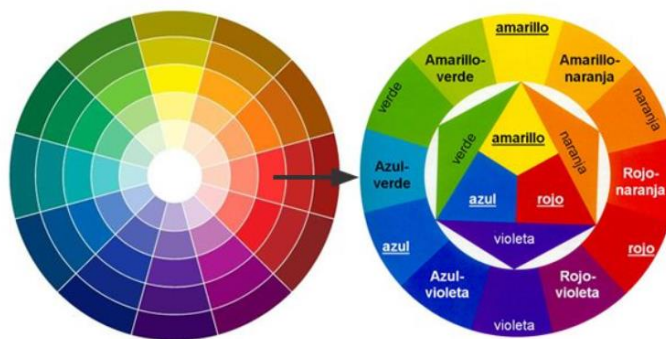


Figura 31. Círculo Cromático

Fuente: (Decofilia, 2020).

Basado en la norma ISA 101 y la teoría del color en el siguiente ítem, se muestra el diseño de las pantallas hmi, para el proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S.

4.2.5.2. Interfaces Del Proceso

Pantalla de bienvenida

En este apartado se diseñó una hmi de bienvenida como se muestra en la figura 32, mostrando el logo de la empresa Cosmogreen S.A.S., durante 5seg después de energizar el todo el sistema de automatización, dando sentido de pertenencia y compromiso, con la elaboración de su producto.



Figura 32. Pantalla De Bienvenida

Pantalla de menú principal

Después de visualizar la hmi de bienvenida durante 5 segundos, tenemos acceso directamente a la pantalla del menú principal como la muestra la figura 32, en esta pantalla visualizamos la selección de los dos tanques disponibles en la empresa para llenar, cada uno de 2Ton, de igual manera se muestra en la parte inferior de la hmi, el estado de la comunicación del PLC (maestro) y el Arduino (esclavo), los intentos de comunicación del PLC con el Arduino y el número de aciertos que tuvo la comunicación entre los dos dispositivos.

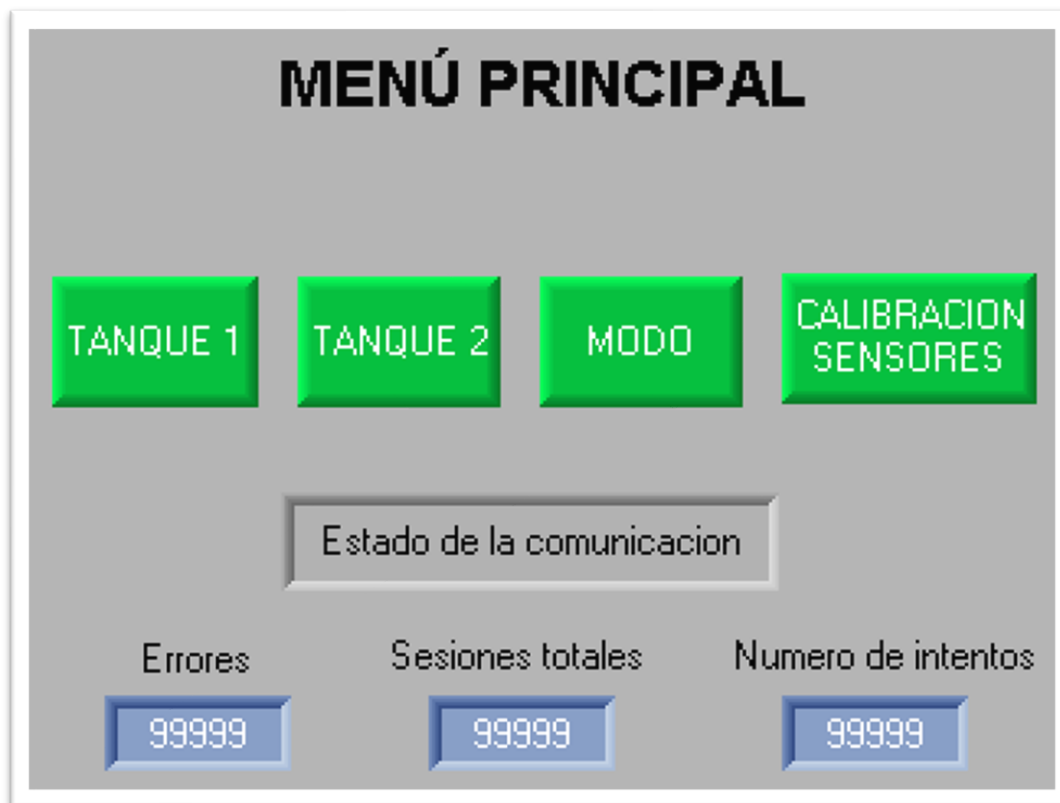


Figura 33. Pantalla De Menú Principal

Una vez se selecciona el tanque que se requiere mezclar, se salta a la pantalla de menú del tanque uno, como se observa en la figura 34.

Pantalla de menú del tanque

En el momento que se selecciona el tanque, se despliega la pantalla del menú de dicho tanque como se muestra en la figura 34, donde se puede tener acceso a los tipos de fluidos e introducir los parámetros deseados para llenar el tanque, se supervisan las variables del proceso como el nivel del tanque, el peso y los litros que se han ingresado al tanque de cada fluido, cuenta con la opción de regresar al menú principal accionando el botón de “REGRESAR”, una vez lleno el tanque con los parámetros indicados por el operario, se procese a encender el agitador para

mezclar los cuatros componentes durante un tiempo determinado y obtener el producto cloro denso.

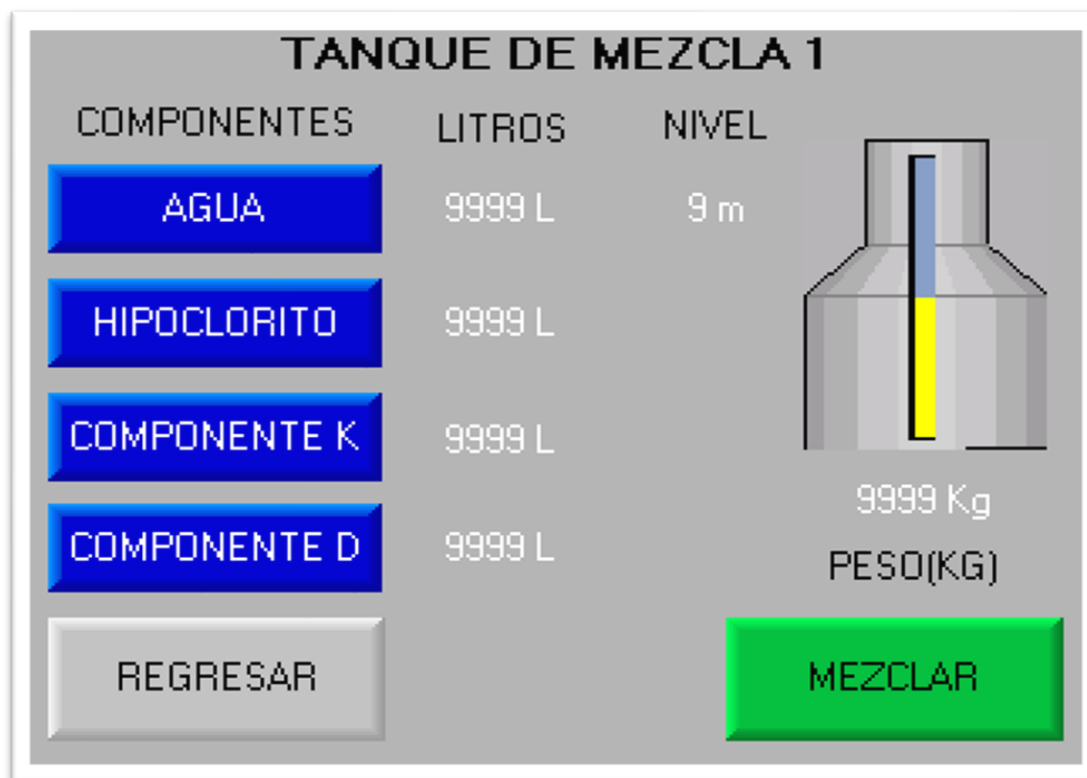


Figura 34. Menú Del Tanque De Mezcla

Una vez en la pantalla de menú del tanque de mezcla, se procede a llenar el tanque, el orden de llenado de sus fluidos es: agua, hipoclorito de sodio, componente K, componente D. estos dos últimos se desconoce qué tipo de fluidos son.

Pantalla del agua

Una vez seleccionado la hmi del agua como componente a llenar, accede a una pantalla de fácil operación, esta a su vez contiene el control de encendido de la bomba de agua, supervisión de tiempo real del caudal, peso y nivel del tanque, tiene una sección de parámetros en el que el operario debe indicar la cantidad de peso requerida del fluido, los litros necesarios, el número de pulsaciones por litro que se obtiene de la calibración de los sensores de caudal de efecto hall y el factor k del sensor necesario para determinar el valor de la velocidad de flujo, como se muestra en la figura 35.

Una vez terminado de llenar el tanque con la cantidad de volumen de agua necesaria, el operario tiene el botón de “REGRESAR” el cual le permite volver al menú del tanque y accionar la opción del siguiente fluido a llenar, siguiendo el orden de llenado que tiene la empresa para la realización de la mezcla del cloro denso.

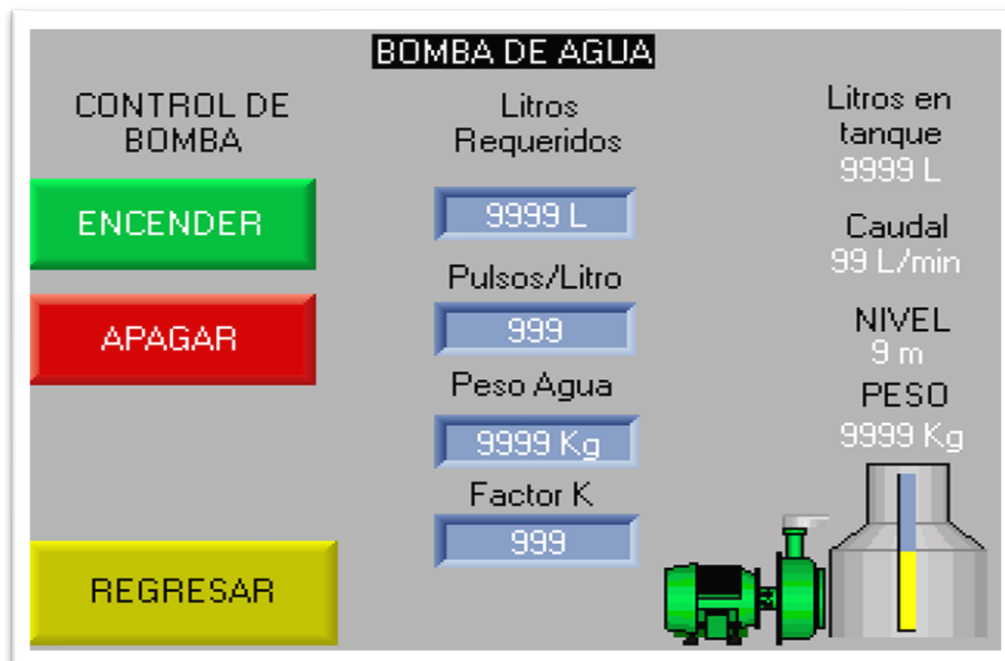


Figura 35. Parámetros Y Control De Bomba De Agua

Pantalla del hipoclorito de sodio

Cuando se accede a la hmi del hipoclorito de sodio, como fluido a llenar, se visualiza una pantalla práctica, sencilla de entender y de fácil de operar, cuanta con el control de encendido de la bomba del hipoclorito de sodio, supervisión en tiempo real de las variables de caudal, peso y nivel del tanque, como se muestra en la figura 36.

Terminado de llenar la cantidad necesaria del hipoclorito de sodio, se procede en accionar el botón “REGRESAR”, para acceder a la hmi de menú del tanque de mezcla en la cual sigue el proceso de llenado con su respectivo orden.



Figura 36. Pantalla De Hipoclorito De Sodio

Pantalla de componente k y componente D

Las hmi del componente K y componente D, son idénticas que la interfaz del agua, debido a que la entrada de estos tres fluidos utiliza el mismo tipo de sensor, como se muestra en la figura 37 y figura 38, supervisando sus variables, tiene una sección en la interfaz hombre - Máquina de parámetros necesarios que establece el operario para dar una acción de control sobre las bombas de dichos fluidos, y de esta forma disminuyendo los errores del operador y evitar pérdidas significativas para la empresa Cosmogreen S.A.S.

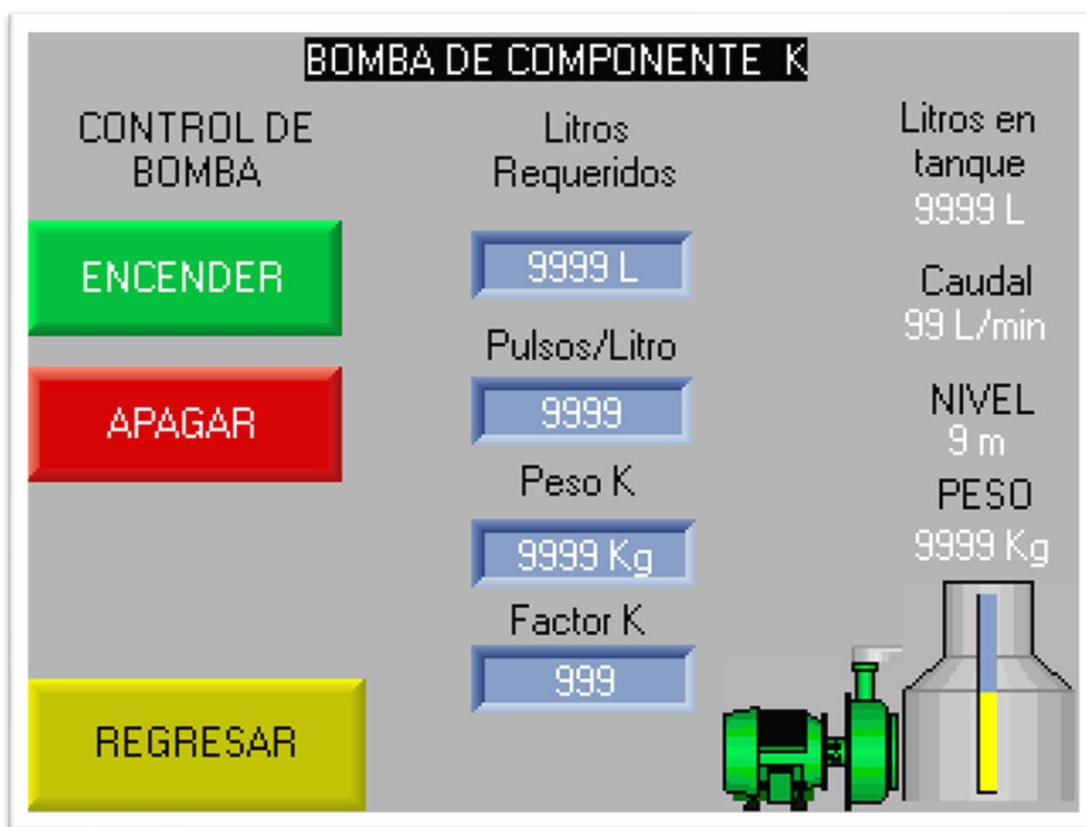


Figura 37. Pantalla Del Componente K

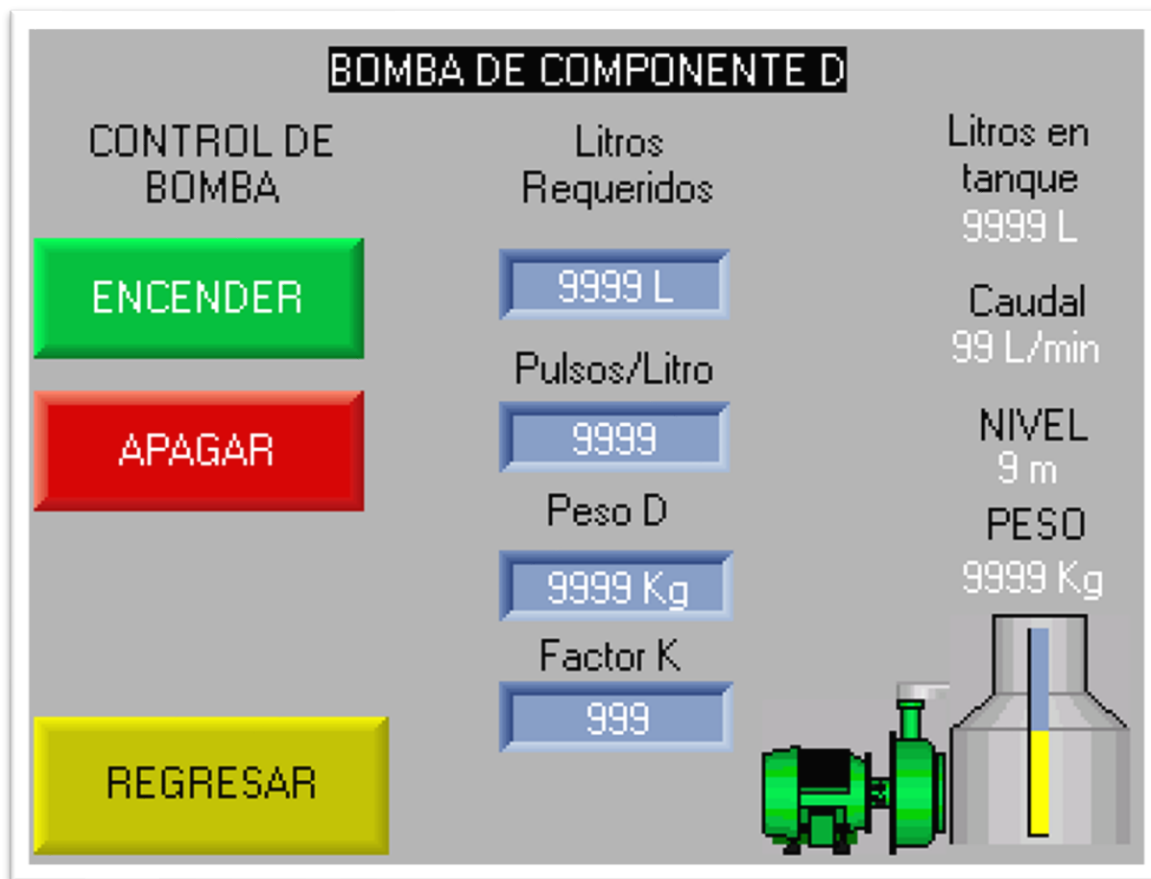


Figura 38. Pantalla Del Componente D

Pantalla de calibración de sensores de caudal

La interfaz de calibración para los sensores de caudal, se diseñó debido a que los componentes K y D varían su viscosidad en cada lote nuevo que llega procedente de los proveedores de la empresa, produciendo cambios en la medida de su caudal y la cantidad de litros en el tanque y su factor K. Cuenta con el botón de “REGRESAR” a la pantalla de menú principal y el botón de “DETENER” este detiene la calibración si ocurre cualquier evento anormal mientras se calibra los sensores de caudal.

El entorno de interfaz Hombre – Máquina, se diseñó de manera muy práctica y sencilla de entender para cualquier operario encargado de la producción del producto cloro denso y así permitiendo calibrar los sensores de caudal para cada lote nuevo que llegue a la empresa Cosmogreen S.A.S., como se observa en la figura 39.

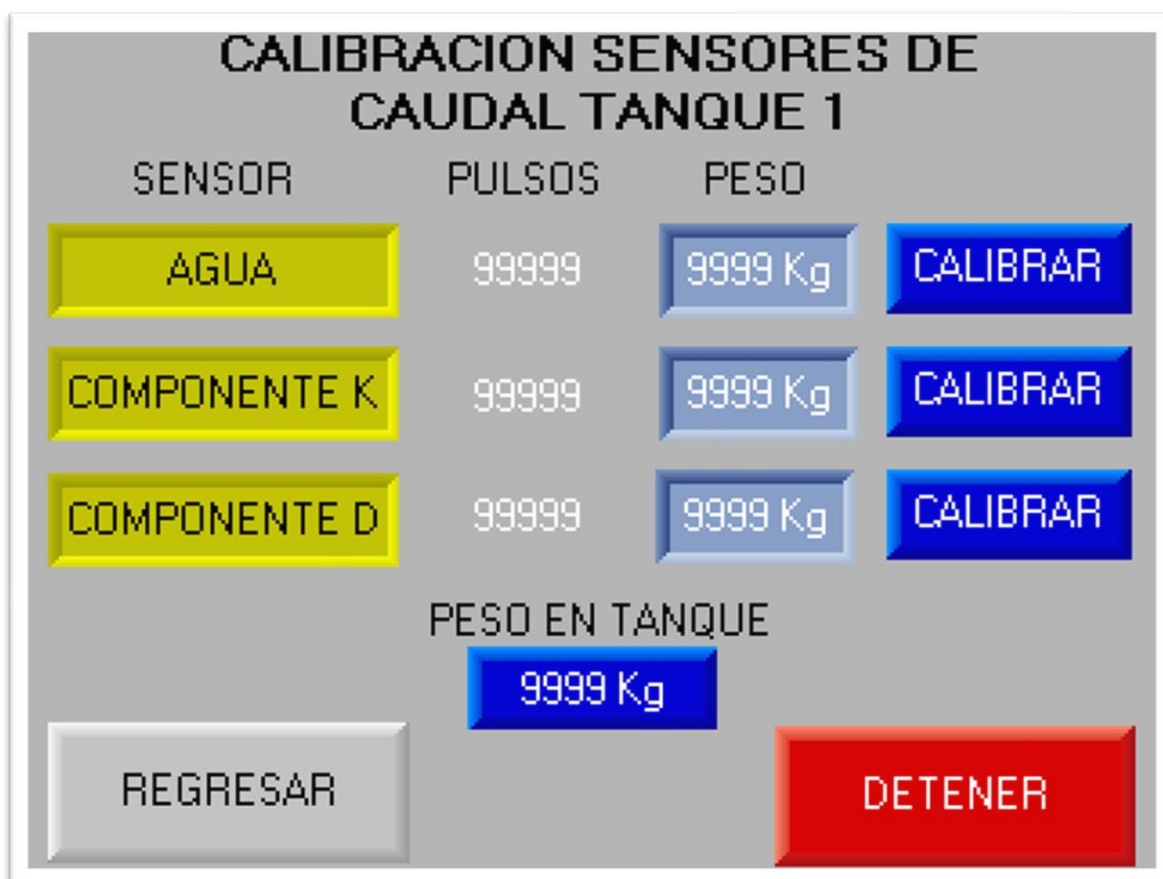


Figura 39. Pantalla De Calibración De Sensores De Caudal

4.2.6. Programación del Plc

En este ítem, se describe como se programó el puerto de comunicación del OPLC V350-35-B1, para comunicarse con el Arduino (esclavo) por medio del protocolo de comunicación

industrial Modbus RTU, los parámetros de operación del proceso, en el software de programación del OPLC V350-35-B1 de la marca de UNITRONICS.

Los OPLC de Unitronics permite realizar la programación en su software gratuito “Visilogic”, el cual se encuentra en la página web oficial de UNITRONICS, Visilogic es un entorno de programación el cual permite programar todo en uno, el PLC y su pantalla táctil incorporada, como se muestra en la figura 40.

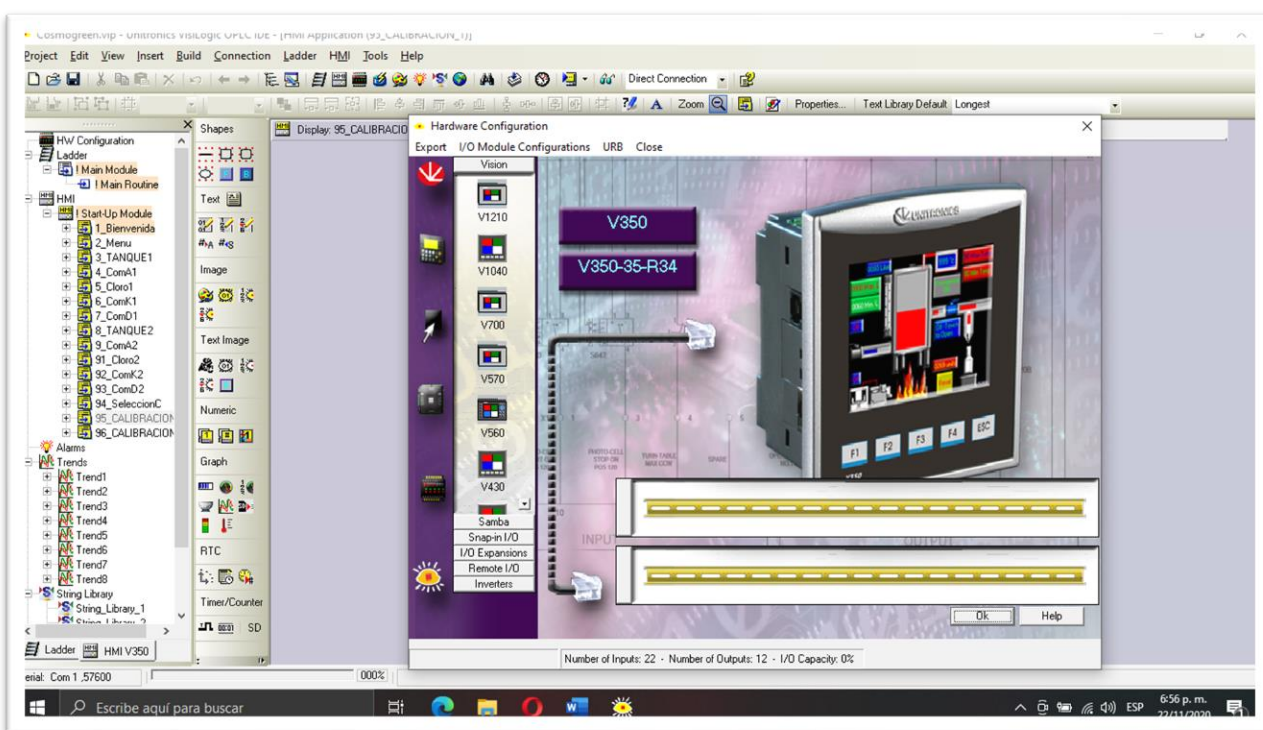


Figura 40. Software Visilogic

Fuente: (Visilogic, 2020)

Una vez seleccionado el OPLC V350, se accede a programar el protocolo MODBUS, la configuración de su puerto serial, configuración del MODBUS maestro, como se muestra en la figura 41. Esto se realizó por medio de la programación en lenguaje Ladder, en la configuración del protocolo MODBUS debe tener al menos una línea de configuración de maestro y de esclavo,

el protocolo MODBUS permite tener comunicación con cualquier dispositivo que sea programado como MODBUS.

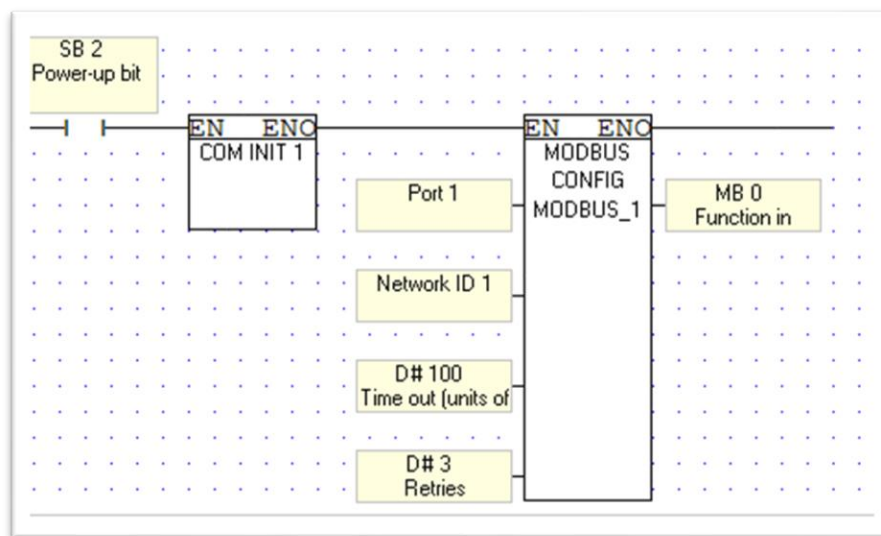


Figura 41. Configuración Modbus Maestro

Fuente: (Departamento postventa / Departamento ingeniería, 2020).

Para usar el protocolo MODBUS, primero se necesita configurar el puerto serial del OPLC que es el comando COM INIT 1 se encuentra en menú COM – COM PORT - INIT, este bloque de función permite comunicar el PLC por su puerto de forma serial o RS-485, la velocidad de transmisión de datos (Baud Rate), paridad, time out, stop bits, con sus esclavos, como se muestra en la figura 43.



Figura 42. Bloque De Configuración Del Puerto Serial

Fuente: (Departamento postventa/ departamentos ingeniería, 2020)

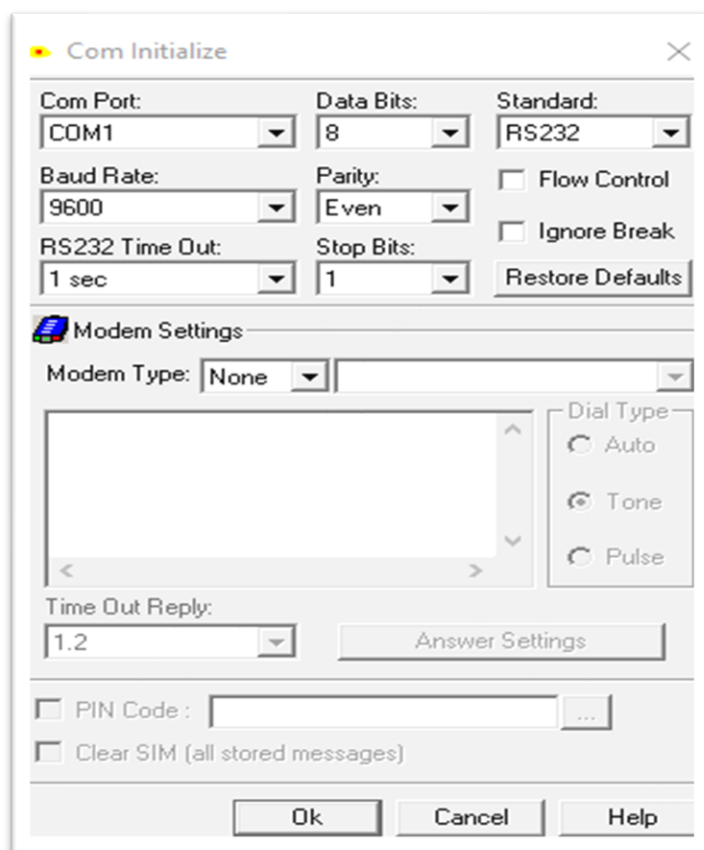


Figura 43. Configuración Del Com Init

Fuente: (Departamento postventa / departamento ingeniería, 2020)

Después de configurar el puerto serial del OPLC, procedemos a configurar la comunicación MODBUS, nos vamos a bloques de función, damos click en MODBUS, después seleccionamos CONFIGURATION, esta a su vez aparece el bloque de configuración MODBUS, donde pondremos el puerto por donde haremos la comunicación, la velocidad, numero de estación, el time out y los reintentos.

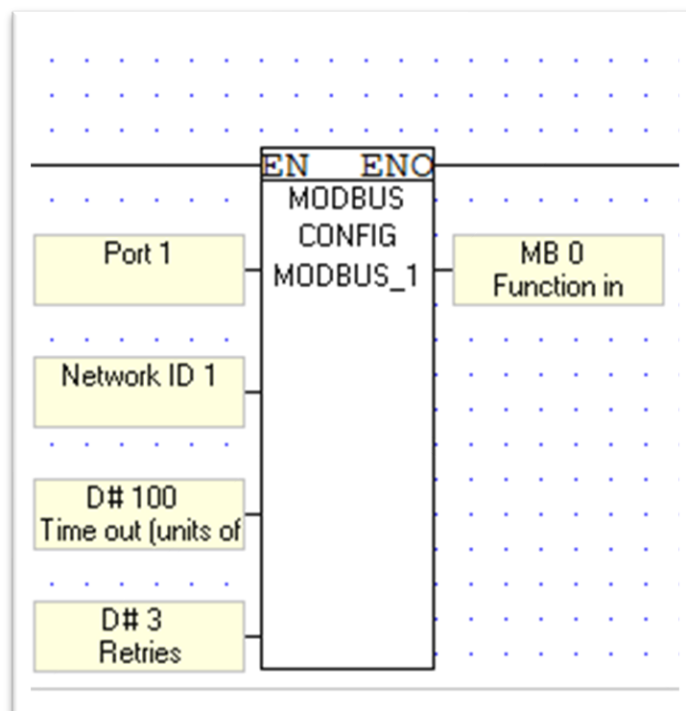


Figura 44. Bloque De Configuración Modbus Master.

Fuente: (Departamento postventa / departamento ingeniería, 2020)

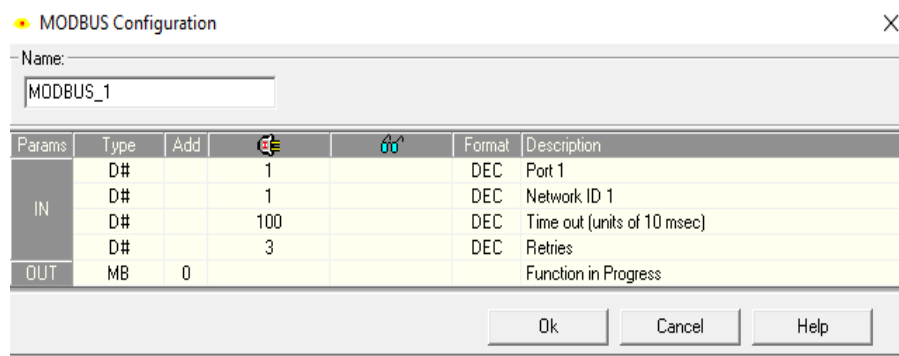


Figura 45. Configuración Del Modbus Master.

Fuente: (Departamento postventa / departamento ingeniería, 2020)

Tablas 10. Parámetros De Configuración Modbus Master.

Parámetro	Tipo	Función
Port Number	Constant	Selección del puerto que deseo utilizar para la comunicación
Network ID	Constant	es el número que con el que se identifica el maestro en la red.
Time out	Constant o MI	Es la cantidad de tiempo que espera el PLC maestro en espera de una respuesta de un esclavo. (el mismo tiempo que se configuro en el puerto COM INIT)
Retries	Constant o MI	Número de intentos para saber si ay comunicación o no, se recomienda 3 intentos en cualquier comunicación serial.
Function in progress	MB	Este es el número de veces que un dispositivo intentará enviar un mensaje.

Nota. Fuente: <http://support.elmark.com.pl/unitronics/PDF/MODBUS.pdf>

Al terminar de configurar el bloque de función MODBUS, nuestro equipo ya se identifica como un maestro en una red, el maestro es el que da órdenes, pregunta, pide información y es el que manda actividades para ser realizadas por el esclavo.

Se procede a seleccionar el FB de la función #3 holding register y FB de la función #15 force coils.

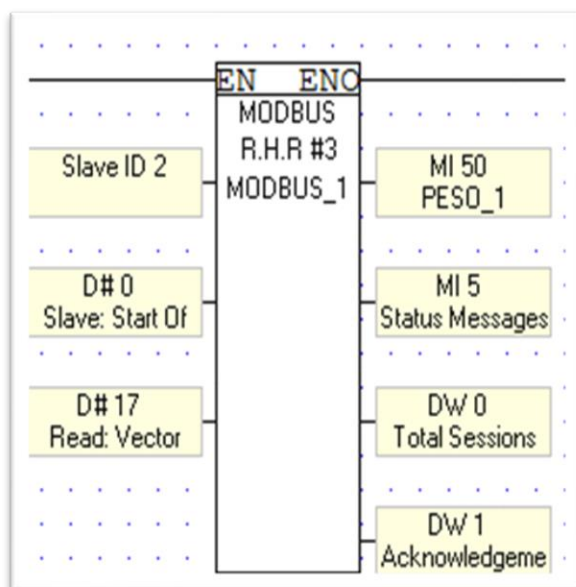


Figura 46. Fb #3 Holding Registers

Fuente: Visilogic, 2020

MODBUS Read holding registers (3)

Select Name: MODBUS_1

Params	Type	Add	EN	ENO	Format	Description
IN	D#	2			DEC	Slave ID 2
	D#	0			DEC	Slave: Start Of Vector
	D#	17			DEC	Read: Vector Length
OUT	MI	50			DEC	PESQ_1
	MI	5			DEC	Status Messages
	DW	0			DEC	Total Sessions
	DW	1			DEC	Acknowledgements

Ok Cancel Help

Figura 47. Configuración Del Fb Modbus #3 Holding Registers

Fuente: Visilogic, 2020

Tablas 11. Parámetros De Configuración Del Fb Modbus #3

Parámetro	Tipo	Función
Slave ID	Constante	Es la dirección del esclavo que se va a obtener la información
Slave: Start of	Constante	Indico desde que registro empiezo a leer
Read: Vector	Constante	La magnitud del vector, cuantos registro leo a partir del que empecé
Master: Start of	MI	Donde vamos a guardar los registros que vamos a leer
Status Messages	MI	Variable donde guardamos el estado de la comunicación
Total sessions	DW	Es el número de intentos que el PLC intenta establecer comunicación con el esclavo
Acknowledgements	DW	Es el número de intentos acertados en la comunicación entre el maestro y el esclavo

Nota. Fuente: Propia.

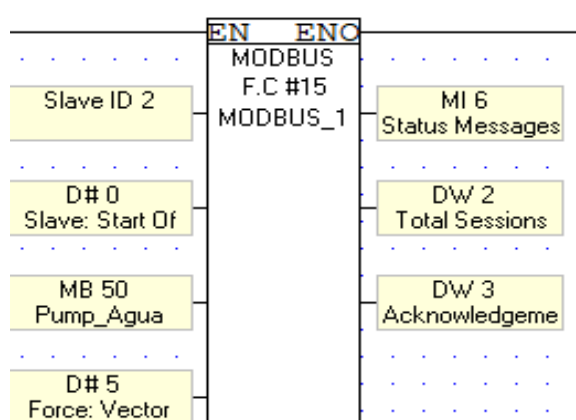


Figura 48. Fb # 15 Force Coils

Fuente: Visilogic, 2020

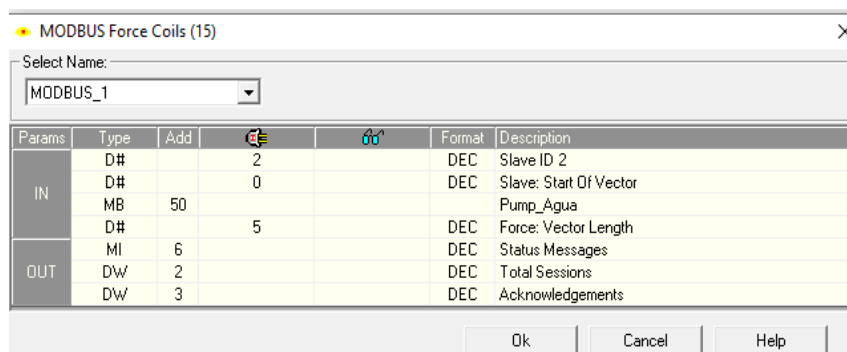


Figura 49. Configuración Del Fb Modbus #15 Force Coils

Fuente: Visilogic, 2020

Tablas 12. Parámetros De Configuración Del Fb Modbus #15

Parámetro	Tipo	Función
Slave ID	Constante	Identificación del esclavo el cual se va a comunicar
Slave: Start of	Constante	En qué dirección arranco a leer el esclavo
Master: Start of	MB	desde que coil comienzo a forzar
Force: Vector	Constante	Numero de coils que voy a forzar
Status Messages	MI	Variable donde guarda el estado de la comunicación
Total sessions	DW	Es el número de intentos que el PLC intenta establecer comunicación con el esclavo
Acknowledgements	DW	Es el número de intentos acertados en la comunicación entre el maestro y el esclavo

Nota. Fuente: propia,

Estados de la comunicación MODBUS

Todos los operandos de estado vinculados a los FB MODBUS deben recibir valores de encendido; los bits deben reiniciarse y los registros inicializarse a 0. Para saber cómo se conecta los operandos los puertos COM.

Operandos de Estado de la operación de Protocolo		
<p>Cuando se coloca una Configuración de Protocolo en la aplicación, los operandos vinculados indican el estado de las operaciones de Protocolo.</p>		
<p>Función en progreso Indica el estado de la Configuración del protocolo</p>	<p>MB</p>	<p>Se activa (ON) cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comienza la Configuración • Cuando comienza Enviar o Explorar <p>Nota: No pueden enviarse mensajes cuando este MB está activado (ON). Utilice un contacto indirecto para este MB como condición de activación para las operaciones Enviar.</p>
		<p>Se desactiva (OFF) cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Protocolo: Configuración ha terminado. • Cuando se completa Explorar, el PLC recibe el STX y el terminador del mensaje. • La indicación Mensaje de estado cambia
<p>Mensajes de estado</p>	<p>MI</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicializa automáticamente a 0 cuando se activa una operación Protocolo. • Se actualiza al final de cada intento de comunicarse a través de la Configuración del Protocolo. • Indica el estado de las comunicaciones del Protocolo de acuerdo con la tabla que sigue. Tenga en cuenta que el valor actual siempre muestra el estado más reciente.

Figura 50. Operandos De Estado De La Operación De Protocolo

Fuente: Zumba, V. 2020

Valor	Mensaje de error	Indicación
0	Sin error	Operaciones exitosas
1	Enviar: Error general	Indica un error de sistema desconocido.

Figura 51. Mensajes De Error Fb Modbus

Fuente: Zumbana, V. 2020

2	Enviar: Puerto COM ocupado	El puerto COM seleccionado en la configuración de Protocolo activa no es accesible en estos momentos.	
3	Enviar: Índice de mensaje inválido	El mensaje mencionado en la operación no existe.	Enviar
4	Enviar: Tipo de operando inválido	El mensaje se refiere a un tipo de operando que no existe en el sistema.	
5	Enviar: Dirección de operando inválida	El mensaje se refiere a una dirección de operando que no existe en el sistema.	
6	Enviar: Desbordamiento de datos	Los datos del mensaje superan los 512 bytes.	
7	Enviar: Error de formato	El mensaje contiene campos de variables que no son suficientemente largos para los datos de variables adjuntos.	
257	Recibir: Error general	Indica un error de sistema desconocido.	
258	Recibir: Mensaje inválido	El mensaje recibido no existe en el sistema.	
259	Recibir: Error de checksum	El mensaje puede haberse corrompido durante la transmisión.	

Figura 52. Mensajes De Error Fb Modbus

Fuente: Zumbana, V. 2020

4.2.7. Programación Del Arduino Mega Como Esclavo

En este apartado se muestra cómo se realizó la programación del Arduino Mega como un dispositivo Slave en una red Modbus, la función del Arduino es recibir las señales de todos los sensores de caudal, transmisores de peso, sensores de nivel, controladores de flujo, etc. El cual se envía al OPLC Master para tener visualizar las variables y ejercer acción de control sobre ellas, el Arduino mega tiene cuatro UART para TTL (5V) lo cual permite comunicación con ordenadores y otros microcontroladores a continuación, se observa el código realizado en el IDE de Arduino:

// se incluyen las librerías para configurar el Arduino como slave Modbus

```
#include <modbus.h>
```

```
#include <modbusDevice.h>
```

```
#include <modbusRegBank.h>
```

```
#include <modbusSlave.h>
```

```
modbusDevice regBank;
```

```
modbusSlave slave;
```

// se define la comunicación RS485

// El pin 4 del Arduino es el encargado de conmutar los pines re y de del módulo max485

```
#define RS485TxEnablePin 4
```

// la velocidad de la comunicación

```
#define RS485Baud 9600
```

// Formato de la trama

```
#define RS485Format SERIAL_8E1
```

```
Void setup () {  
  
// Se Asigna el número de identificación al slave en la red Modbus  
  
regBank.setId(2);  
  
// Se agregan las direcciones de los holdings registers  
  
regBank.add (40001);  
  
regBank.add (40010);  
  
// Se agrega la dirección de las bobinas que se van a forzar  
  
regBank.add (00001); //write coil or active a output  
regBank.add (00002); //write coil or active a output  
regBank.add (00003); //write coil or active a output  
regBank.add (00004); //write coil or active a output  
regBank.add (00005); //write coil or active a output  
  
//Comando de asignación del banco de registros al dispositivo Slave  
  
slave._device = &regBank;  
  
//Comando de asignación de la rata de baudios  
  
slave.setBaud (&Serial,RS485Baud,RS485Format,RS485TxEnablePin);  
  
}  
  
Void loop () {  
  
//Leer las entradas analógicas A0 y A1  
  
int signal_0 = analogRead (0);  
  
int signal_1 = analogRead (1);
```

// Linealizar las variables analógicas leídas por las entradas A0 y A1 y guardarlas en una variable de tipo palabra

```
word cov_signal_0 = map (signal_0, 0, 1023, 0, 2000);
```

```
word cov_signal_1 = map (signal_1, 0, 1023, 0, 2000);
```

// Control de las bombas y el agitador

```
digitalWrite (LED1, !regBank.get (00001)); // Bomba de agua
```

```
digitalWrite (LED2, !regBank.get (00002)); // Bomba de cloro
```

```
digitalWrite (LED3, !regBank.get (00003)); // Bomba de componente K
```

```
digitalWrite (LED4, !regBank.get (00004)); // Bomba de componente D
```

```
digitalWrite (LED5, !regBank.get (00005)); // Agitador
```

// Asignarle el valor linealizado a la dirección del holding registers asignado

```
regBank.set (40001, cov_signal_0); // LoadCell 1
```

```
regBank.set (40010, cov_signal_1); // LoadCell 2
```

// Arranque el Slave

```
slave.run ();
```

```
}
```

4.3. Caracterizar Los Sensores De Caudal Para Diferente Coeficiente De Viscosidades De Los Componentes De Mezcla Del Producto Cloro Denso.

Para el desarrollo de este objetivo se realizó pruebas a dos diferentes lotes de materia prima de cada componente, para analizar la respuesta del sensor YF-S201 con fluidos diferentes al agua, ya que por lote varia la viscosidad del fluido, presentando diferentes mediciones del caudal y el conteo de litros que ingresan al tanque para la mezcla. Por medio de la caracterización del sensor genera medición con un buen nivel de exactitud, determinando el factor “K” del sensor y la cantidad de pulsaciones por litro.

4.3.1. Pruebas Realizadas

Se realizó dos pruebas a dos lotes diferentes de los componentes K y D, el cual se obtuvo una serie de datos, los cuales representan el número de pulsaciones por segundo que recibía el microcontrolador Arduino Mega de la señal de la salida del sensor YF-S201, se realizó dos pruebas con un peso de 140Kg del componente y un volumen de 139.8022L, 136.6022L.

Con los datos obtenidos en la prueba del lote 1 y el lote 2 del componente D, se graficó las pulsaciones vs tiempo, y observando el comportamiento lineal del sensor, siendo el fluido que le atraviesa uno diferente al agua.

Tablas 13. Datos Obtenidos Del Componente D

Lote 1		Lote 2	
Tiempo (Seg)	Pulsaciones	Tiempo (Seg)	Pulsaciones
0	0	0	0
1	128	1	119
2	261	2	242
3	395	3	365
4	529	4	488
5	663	5	611
6	797	6	734
7	931	7	857
8	1065	8	980
9	1199	9	1103
10	1333	10	1226
11	1467	11	1349
12	1602	12	1472
13	1736	13	1595
14	1870	14	1718
15	2004	15	1841
16	2138	16	1964
17	2272	17	2087
18	2406	18	2210
19	2540	19	2333
20	2674	20	2456

21	2808	21	2579
22	2942	22	2702
23	3076	23	2825
24	3210	24	2948
25	3344	25	3071
26	3478	26	3194
27	3612	27	3317
28	3746	28	3440
-	-	-	-
460	58147	430	52701
461	58148	431	52796
462	58148	432	52891
463	58148	433	52986
464	58148	434	53081
465	58149	435	53176
466	58149	436	53271
467	58156	437	53366
468	58172	438	53461
469	58172	439	53556
470	58176	440	53651
471	58178	441	53746
472	58182	442	53786
473	58183	443	53826
474	58186	444	53866

475	58186	445	53906
476	58186	446	53946
477	58186	447	53986
478	58188	448	54026
479	58200	449	54066
480	58245	450	54106
481	58383		
482	58525		
483	58659		
484	58769		
485	58812		
486	58832		

Nota. Fuente: Propia

Por medio de los datos obtenidos de las pulsaciones totales del volumen conocido, se graficó la respuesta del sensor contra el tiempo, observando una respuesta lineal del sensor de Caudal para el componente D. cómo se observa en la figura 53 y figura 54.

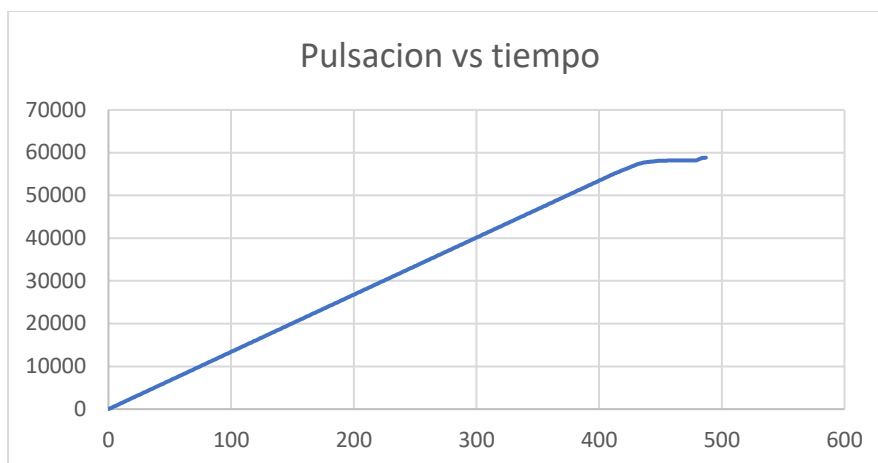


Figura 53. Respuesta Del Sensor Yf-s201 (D Lote 1)

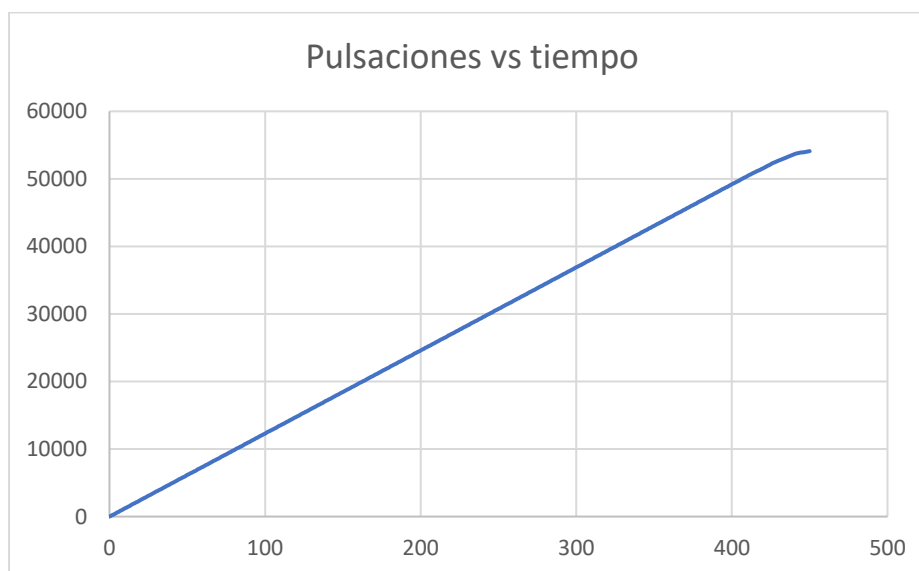


Figura 54. Respuesta De Sensor Yf-s201 (D Lote 2)

Las otras dos pruebas que se realizaron fue al componente K, con una masa de 140kg y un volumen de 138.45L y 137.23L. al igual que el componente D, con el componente K se obtuvo una serie de datos de las pulsaciones por segundo, permitiendo observar el funcionamiento lineal

del sensor y el cual se pudo obtener los parámetros correctos para la medición del caudal y de la cantidad de litros que ingresan al tanque.

Tablas 14. Datos Obtenidos Del Componente K

LOTE 1		LOTE 2	
Tiempo (Seg)	Pulsaciones	Tiempo (Seg)	Pulsaciones
0	0	0	0
1	105	1	105
2	215	2	223
3	325	3	341
4	435	4	459
5	545	5	577
6	655	6	695
7	765	7	813
8	875	8	931
9	985	9	1049
10	1095	10	1167
11	1205	11	1285
12	1315	12	1403
13	1425	13	1521
14	1535	14	1639
15	1645	15	1757
16	1755	16	1875
17	1865	17	1993

18	1975	18	2111
19	2085	19	2229
20	2195	20	2347
-	-	-	-
450	47229	450	50839
451	47233	451	50843
452	47237	452	50847
453	47241	453	50851
454	47245	454	50855
455	47249	455	50859
456	47253	456	50863
457	47257	457	50867
458	47261	458	50871
459	47265	459	50875
460	47269	460	50879
461	47273	461	50883
462	47277	462	50887
		463	50891
		464	50895
		465	50899
		466	50903
		467	50907

Nota. Fuente: propia.

Respectivamente se grafican los datos de las pulsaciones del sensor vs el tiempo transcurrido en llenarse la masa indicada, observando un comportamiento lineal del sensor, como se observa en la figura 55 y figura 56.

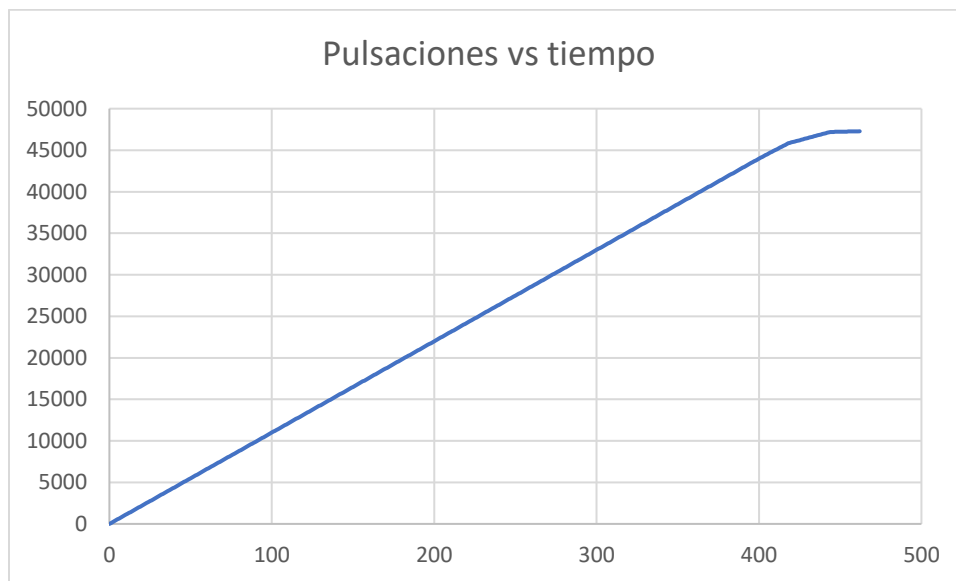


Figura 55. Respuesta Del Sensor Yf-s201 (K Lote 1)

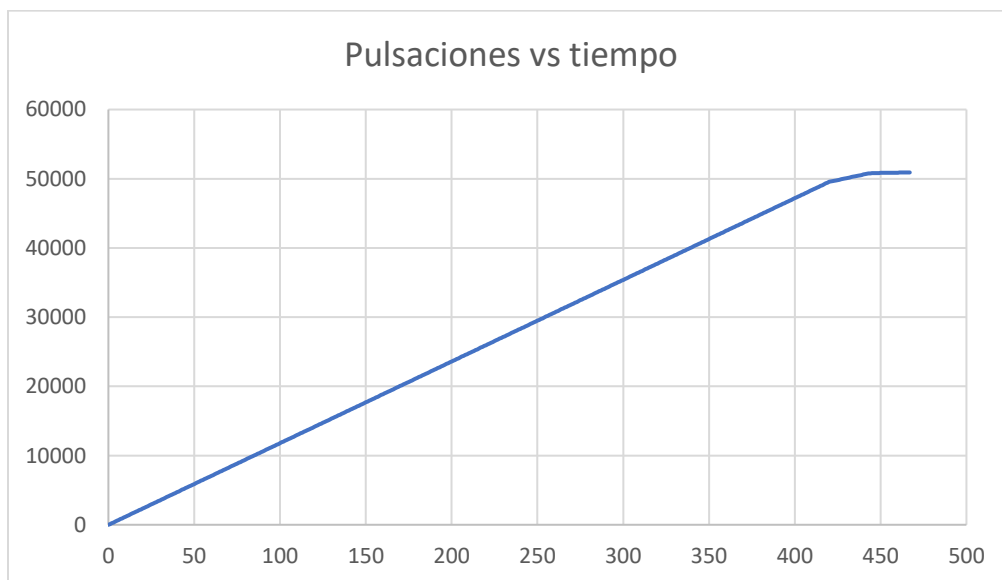


Figura 56. Respuesta Del Sensor Yf-s201 (K Lote 2)

4.3.2. Análisis De Pruebas Realizadas

Mediante los datos obtenidos en la caracterización del sensor YF-S201 y con el datasheet del fabricante y los resultados, se logró determinar el factor “K”, el cual es un valor importante para la medición del caudal del componente, también se obtuvo el número de pulsaciones por litro el cual permite llevar un conteo de los litros que ingresan al tanque de mezcla.

Para tener una medición más exacta es necesario calcular el valor del factor de conversión (“factor K”), el cual nos permite pasar de frecuencia de pulsos a caudal. La variable que podemos medir es la cantidad de pulsos que cuenta nuestro microcontrolador de Arduino y conociendo el volumen del fluido. Basado en el datasheet del sensor YF-S201 la ecuación característica de pulsos siguiente:

$$(Frecuencia\ de\ pulsos)F = K(factor\ de\ conversi3n)Q(Caudal) \quad (1)$$

Fuente: <https://www.hobbytronics.co.uk/datasheets/sensors/YF-S201.pdf>

$$K = \frac{Pulsaciones\ Totales}{Volumen * 60} \quad (2)$$

A continuación, se muestra el procedimiento que se realizó para determinar el factor de conversión “K” y la cantidad de pulsaciones por litro de cada lote:

Componente D (Lote 1)

Con la información obtenida se logra caracterizar el sensor para la viscosidad del lote 1.

Masa = 140Kg

$$Volumen = 139.8022L$$

$$Pulsaciones\ totales = 58832$$

Para calcular el número de pulsaciones por litro se obtuve de la siguiente manera:

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{Pulsaciones\ Totales}{Volumen} \quad (3)$$

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{58832}{139.8022} = 420.82 \frac{Pulsaciones}{L} \quad (3)$$

$$K = \frac{58832}{139.8022 * 60} = 7.0137 \quad (2)$$

Componente D (Lote 2)

Con la información obtenida se logra caracterizar el sensor para la viscosidad del lote 2.

$$Masa = 140Kg$$

$$Volumen = 136.6022L$$

$$Pulsaciones\ totales = 54106$$

Para calcular el número de pulsaciones por litro se obtuve de la siguiente manera:

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{Pulsaciones\ Totales}{Volumen} \quad (3)$$

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{54106}{136.6022} = 396.08 \frac{Pulsaciones}{L} \quad (3)$$

$$K = \frac{54106}{136.6022 * 60} = 6.601 \quad (2)$$

Componente K (Lote 1)

Con la información obtenida se logra caracterizar el sensor para la viscosidad del lote 1.

$$Masa = 140Kg$$

$$Volumen = 138.358L$$

$$Pulsaciones\ totales = 47277$$

Para calcular el número de pulsaciones por litro se obtuvo de la siguiente manera:

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{Pulsaciones\ Totales}{Volumen} \quad (3)$$

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{47277}{138.358} = 341.7 \frac{Pulsaciones}{L} \quad (3)$$

$$K = \frac{47277}{1368.358 * 60} = 5.695 \quad (2)$$

Componente K (Lote 2)

Con la información obtenida se logra caracterizar el sensor para la viscosidad del lote 2.

$$Masa = 140Kg$$

$$Volumen = 137.1317L$$

$$Pulsaciones\ totales = 50907$$

Para calcular el número de pulsaciones por litro se obtuvo de la siguiente manera:

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{Pulsaciones\ Totales}{Volumen} \quad (3)$$

$$Pulsaciones\ por\ litro = \frac{50907}{137.1317} = 371.22 \frac{Pulsaciones}{L} \quad (3)$$

$$K = \frac{50907}{137.1317 * 60} = 6.188 \quad (2)$$

Mediante los resultados obtenidos de los parámetros necesarios para el funcionamiento del proceso de mezcla, se diseñó una hmi para calibración de los sensores YF-S201 basada en peso del componente, el cual conociendo el peso del componente se puede conocer su volumen y siguen el análisis que se realizó se halla el factor “K” y las pulsaciones por litro, estos valores se introducen en la hmi del OPLC V350-35-B1, como se muestra en la figura 39.

4.4. Crear Una Simulación Previa Del Proceso Ya Automatizado, Que Presente El Funcionamiento Con Todos Los Parámetros Y Condiciones Del Proceso.

A partir de los objetivos anteriores y con el fin de demostrar el protocolo de comunicación industrial Modbus RTU(Master-Slave) y el funcionamiento correcto de los parámetros del proceso de mezcla del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S., se realizó una simulación por medio del software LABVIEW siendo el master, permitiendo simular la comunicación del master OPLC V350-35-B1 de Unitronics con el Slave Arduino mega, visualizar en tiempo real las variables del proceso en el panel frontal y ejercer acción de control sobre las salidas del proceso.

4.4.1. Generalidades De LabVIEW

El software LabVIEW es una herramienta gráfica de prueba, control y diseño, la cual se realiza mediante un lenguaje de programación llamado lenguaje G. Este software fue creado por la empresa National Instruments en 1976 para funcionar en sistemas operativos MAC, pero salió a la venta por primera vez en 1986.

Hoy en día está disponible para los sistemas operativo Windows, UNIC, MAC y Linux, los programas desarrollados con LabVIEW reciben el nombre de VI (Instrumentos virtuales), lo que resalta la idea de que uno de sus principales usos es el control de instrumentos, debido a que copia la apariencia y funcionamiento de un instrumento real. Sin embargo, son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs poseen una parte que interactúa con el usuario y la otra con el código fuente, además pueden recibir parámetros procedentes de otros VIs, todos los VIs tiene un panel frontal (interfaz gráfica) y un diagrama de bloques(programación).

La principal característica es facilitar su uso a personas con escasos conocimientos de programación llegando a realizar programas complejos, caso contrario con los lenguajes comunes de programación, LabVIEW presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones:
 - Puerto serie
 - Puerto paralelo
 - GPIB
 - PXI
 - VXI
 - TCP/IP, UDP, DataSocket
 - Irda
 - Bluetooth
 - USB
 - OPC
- Capacidad de interactuar con otras aplicaciones:

- DLL
 - ActiveX
 - Matlab
 - Simulink
- Herramientas para el procesado digital de señales
 - Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos
 - Adquisición y tratamiento de imágenes
 - Control de movimiento
 - Tiempo real estrictamente hablando
 - Programación de FPGAs
 - Sincronización

Panel frontal

Es la interfaz gráfica del VI con el usuario, donde se recoge las entradas procedes por el usuario y muestra las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal de LabVIEW está conformado por una serie de botones, potenciómetros, gráficos, pulsadores, etc.

Cada uno de estas opciones se define como un control o un indicador, el primero sirve para introducir parámetros de operación a un VI, mientras que el segundo se basa en mostrar o visualizar datos o resultados producidos, sean datos adquiridos o resultados, como se muestra en la figura 57.

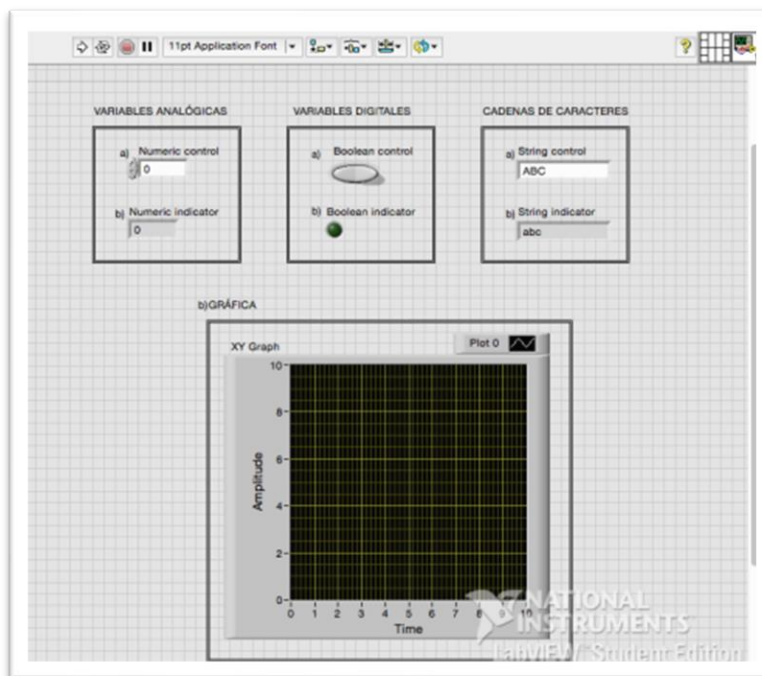


Figura 57. Panel Frontal De Una Aplicación Realizada Con LabVIEW

Fuente: (Mercedes,2020)

Diagrama de bloques

El diagrama de bloque contiene el código fuente gráfico. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloque. Adicionalmente, el diagrama de bloque contiene funciones y estructuras incorporadas en las bibliotecas de LabVIEW VI. Los cables conectan cada uno de los nodos en el diagrama de bloques, incluyendo controles e indicadores de terminal, funciones y estructuras.

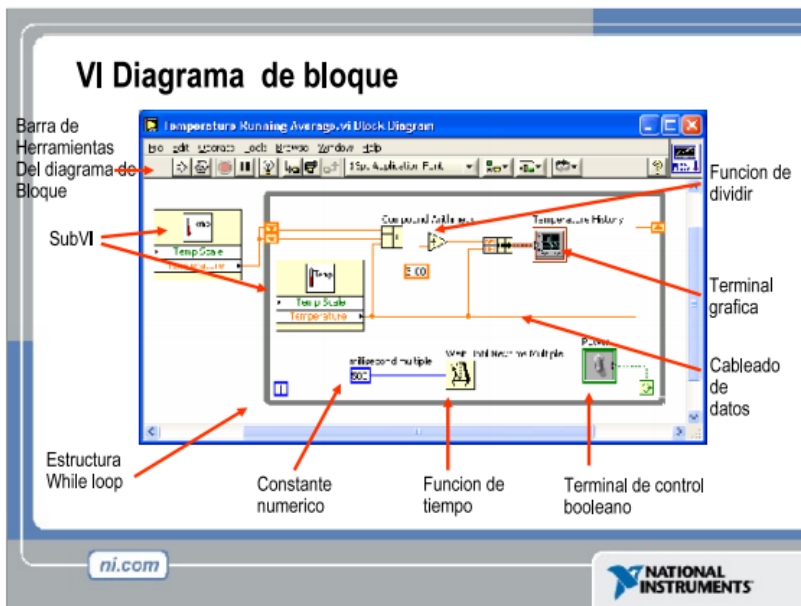


Figura 58. Diagrama De Bloques En LabVIEW

Fuente: ni.com

4.4.2. Programación Del Proceso En LabVIEW

Para la realización del protocolo Modbus en LabVIEW, se usó los VIs de la función “data communication”, la cual proporciona un desarrollo rápido y parcialmente sencillo de la aplicación. Estos instrumentos virtuales tienen una serie de entradas y salidas, que al ser enlazadas unas con otras y adicionar una programación previa, se obtiene la comunicación entre LabVIEW- Arduino por medio del protocolo Modbus.

Se desarrolló una aplicación específica donde se puede visualizar valores de registros y modificar estados lógicos de las salidas del proceso, a continuación, se muestra la configuración y programación del protocolo de comunicación industrial Modbus RTU.

Panel frontal

Esta interfaz se diseñó con los instrumentos virtuales que brinda LabVIEW, para la visualización gráfica de las variables que intervienen en el proceso de mezcla del cloro denso, el cual son: peso, caudal, nivel. El estado lógico de las salidas (Bombas), ingresar parámetros de los componentes tales como el peso y los litros deseado de los componentes, ingresar el factor K de los sensores de caudal de efecto hall para calibrar el sensor y tener medición exacta de su caudal, como se muestra en la figura 59.

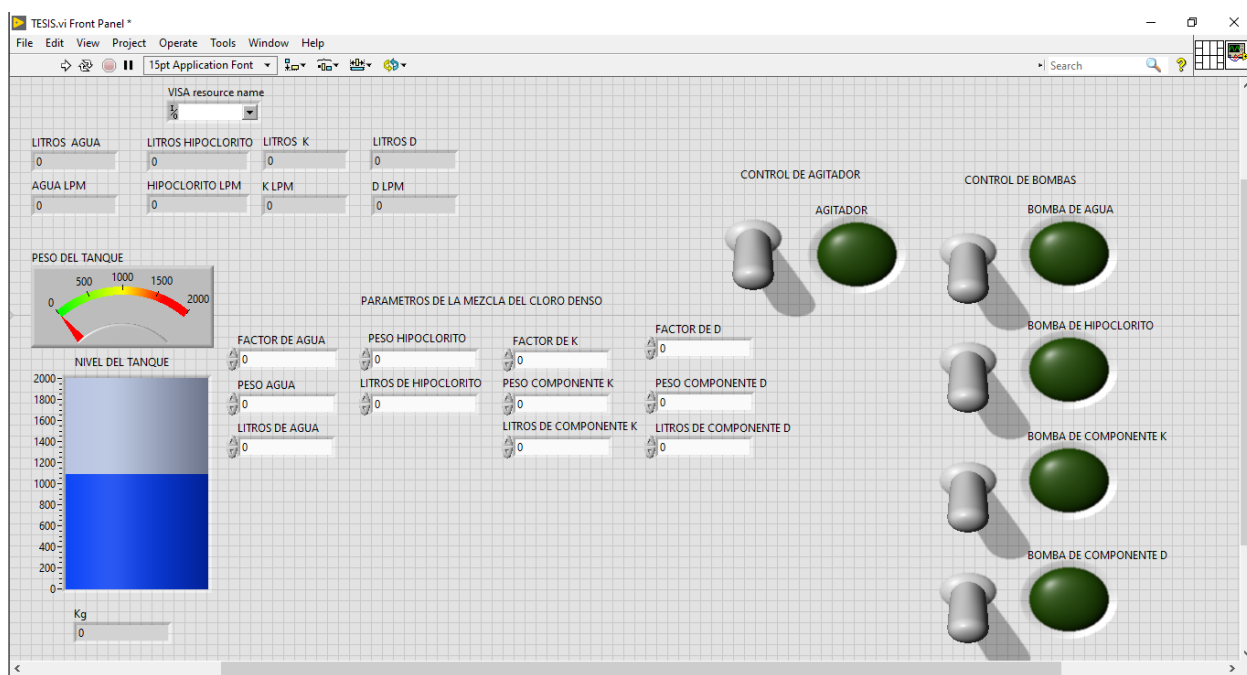


Figura 59. Interfaz Panel Frontal Del Proceso En LabVIEW

Fuete: LabVIEW

Se visualiza una interfaz gráfica, la cual es fácil de supervisar y controlar el proceso, contiene luces piloto el cual indican el estado de las bombas (ON/OFF), también cuenta con una visualización de nivel del tanque.

Diagrama de bloques

En la sección de diagrama de bloques, mediante la función “data communication- Modbus- Modbus Slave, se realizó la configuración del LabVIEW como Modbus Master, inicio de la comunicación, final de la comunicación, el puerto serial, baud rate, el ID del Slave el cual va a leer, la paridad, el control de flujo de transmisión, el bloque de la función 03 holding registers, los bloques de forzar las bobinas de la función 01, las condiciones del proceso para el estado lógico de las salidas. En este diagrama se observa la conexión de todos los bloques desde la comunicación con el Arduino, la conexión con el panel frontal y visualización del valor de los registros que son recibidos del Arduino por protocolo Modbus.

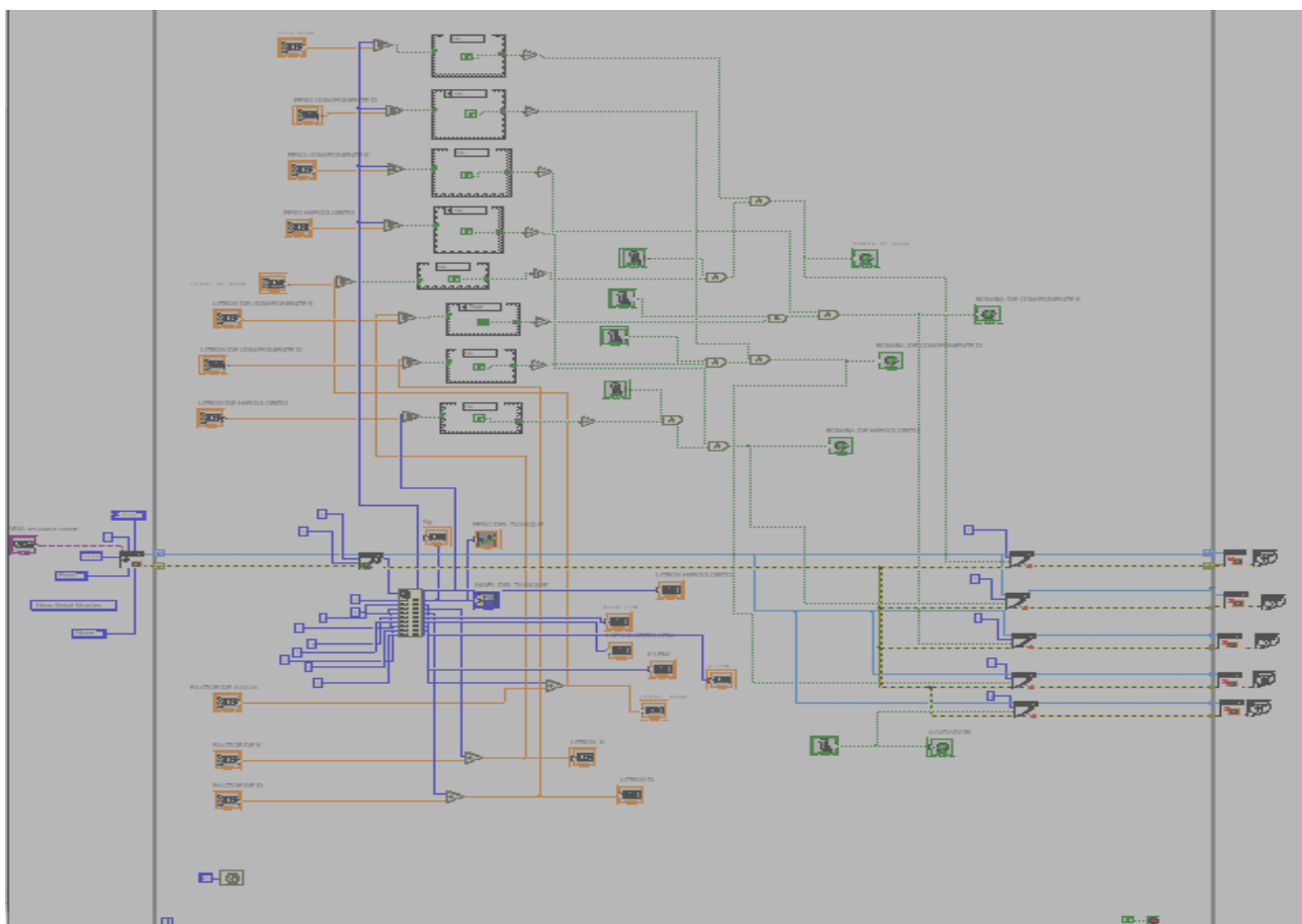


Figura 60. Diagrama De Bloques Del Proceso En LabVIEW

Fuente: LabVIEW

Configuración del Puerto serial

Para la configuración del puerto en LabVIEW el protocolo Modbus establece los siguientes parámetros del puerto de comunicación que debe ser configurado en el bloque “Create Master Instance”, los cuales se observan en la figura 61.

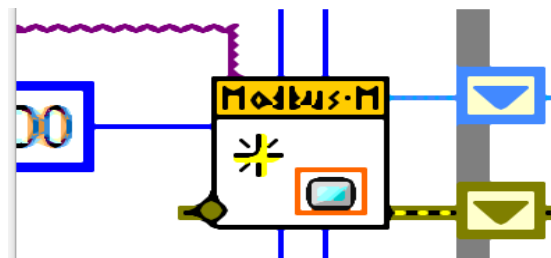


Figura 61. Bloque Create Master Instance En LabVIEW

Fuente: LabVIEW

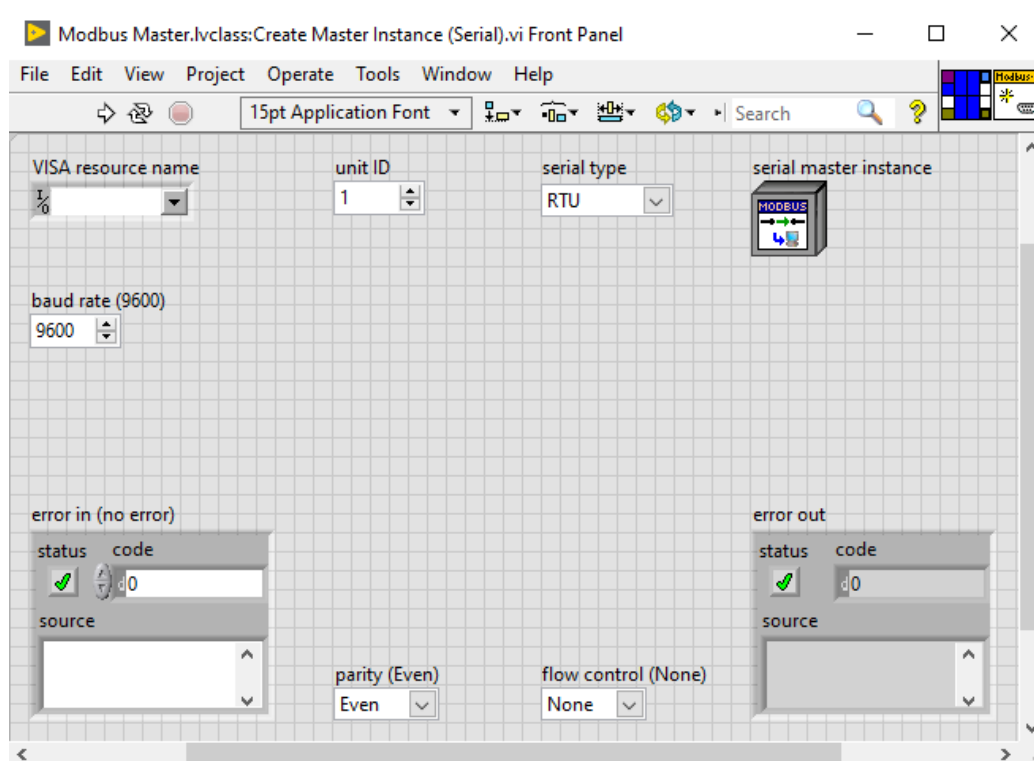


Figura 62. Parámetros De Configuración Del Puerto Serial

Fuente: LabVIEW

Tablas 15. Parámetros De Configuración Del Puerto

Parámetro	Función
Visa resource name	Seleccionar el puerto COM en el cual está conectado el Slave.
Unit ID	Dirección del Slave.
Baud rate	Velocidad de transmisión de datos
Serial type	Selección del tipo de datos para transmitir si es RTU o ASCII
Parity	Es un dígito binario que indica si el número de bits con un valor de 1 en un conjunto de bits es par o impar
Flow control	Es el proceso de gestionar la tasa de transmisión de datos entre nodos, para prevenir que un transmisor rápido exceda a un receptor lento.

Nota. Fuente: propia.

Configuración Read holding registers

Este bloque es el encargado de leer los holdings registers enviados por el Slave al Master, para poder supervisar su valor en el panel frontal y ser comparados con las condiciones de los parámetros establecidos para el buen funcionamiento del proceso, los parámetros de configuración del bloque se pueden observar en la figura 64.

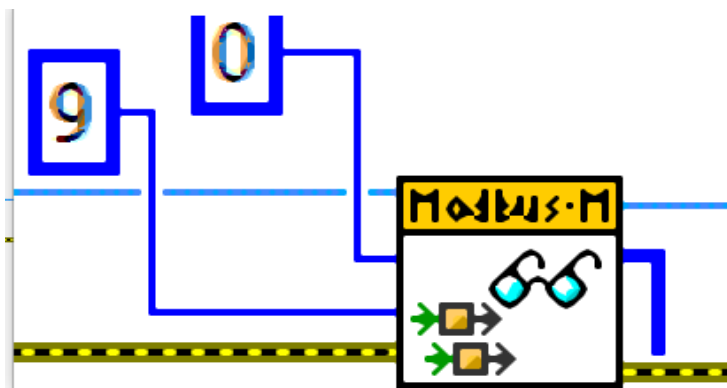


Figura 63. Bloque Holding Registers

Fuente: LabVIEW

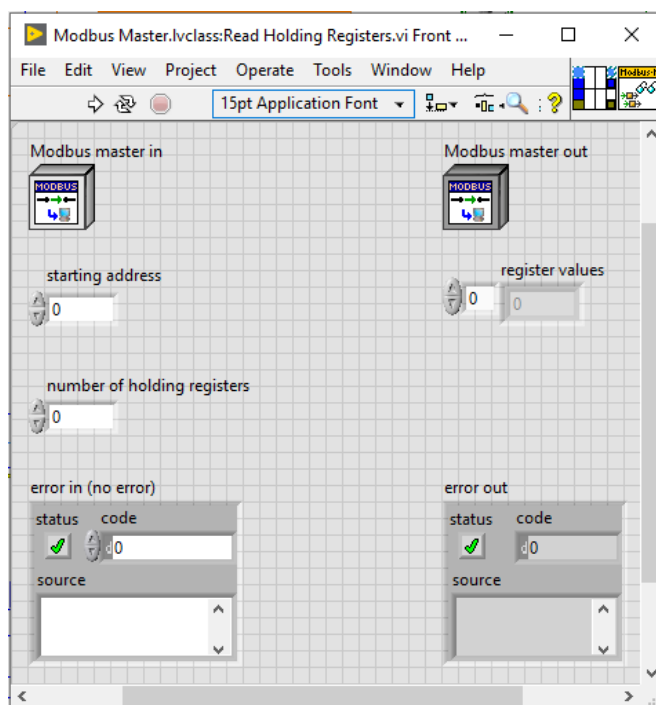


Figura 64. Parámetros De Configuración Del Bloque Holding Registers

Fuente: LabVIEW

Tablas 16. Parámetros De Configuración Del Bloque Holding Registers

Parámetro	Función
Starting address	Dirección desde que registro se va a empezar a leer
Number of holding registers	Numero de cuantos registros lee el bloque a partir del que empezó
Register values	Valor de los registros de salida (se obtiene una matriz)

Nota. Fuente: propia.

Configuración write single coil

El bloque de write single coil tiene como función modificar el estado lógico que tienen las bombas en el proceso, esto se da porque el Master le envía una orden al esclavo para forzar la bobina que esta enlazada con esa dirección para encender o apagar su salida, la configuración de este bloque se puede observar en la figura 66.

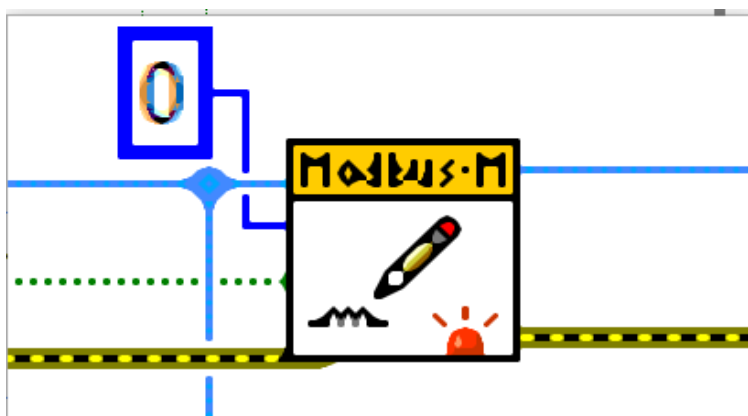


Figura 65. Bloque Write Single Coil

Fuente: LabVIEW

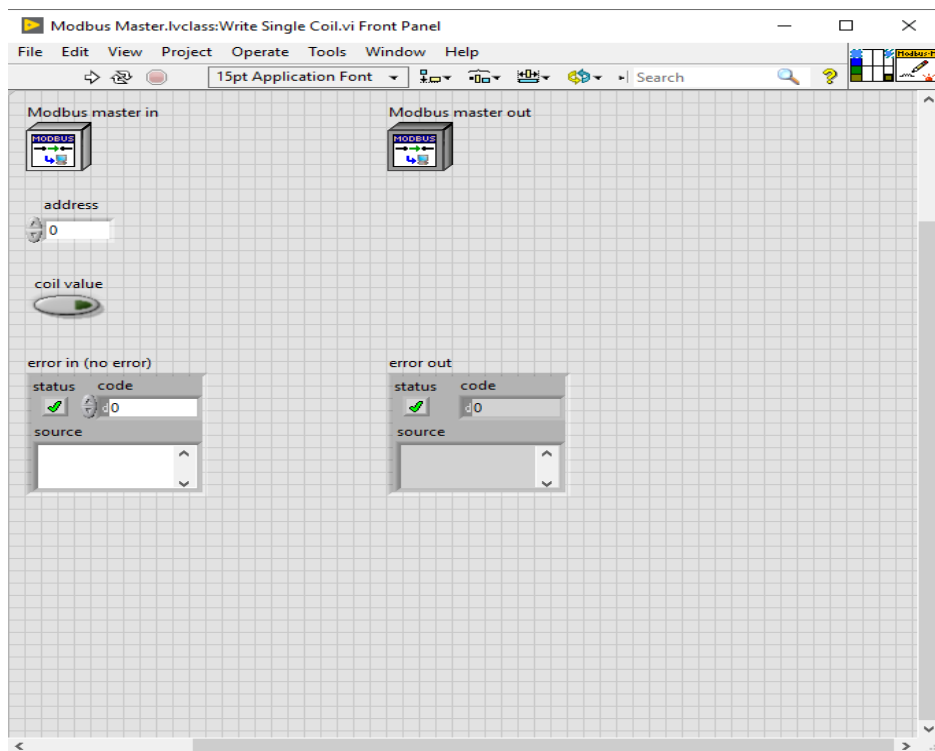


Figura 66. Parámetros De Configuración Del Bloque Write Single Coil

Fuente: LabVIEW

El parámetro de configuración de write single coil es address el cual es la dirección de la bobina que se quiere forzar. Por último, para terminar con la configuración de la red Modbus Master RTU en LabVIEW se cierra la comunicación con el bloque “Close.vi” que se muestra en la figura 67.



Figura 67. Bloque Close.vi

Fuente: LabVIEW

Una vez terminado la configuración de los bloques necesarios para la comunicación Modbus RTU Master, se realizó la conexión de los bloques en LabVIEW, como se puede observar en la figura 68.

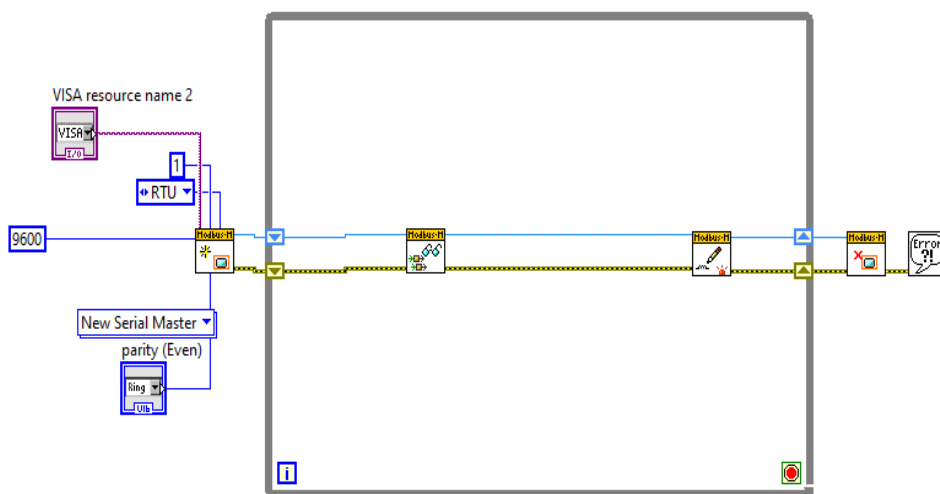


Figura 68. Conexión Del Protocolo Modbus Rtu Master

Fuente: LabVIEW

Condiciones del proceso en LabVIEW

En LabVIEW las condiciones para un buen funcionamiento del proceso simulado de la mezcla del cloro denso para todos los componentes, se conforma con dos estructura case , las cuales están enlazadas con dos compuertas lógicas AND, permitiendo que cuando una de las dos estructuras case se cumplan modifique el estado lógico de la bomba del componente que se está llenando en ese momento, los datos que se comparan son el peso del componente y los litros que entran al tranque del mismo, como se muestra en la figura 69.

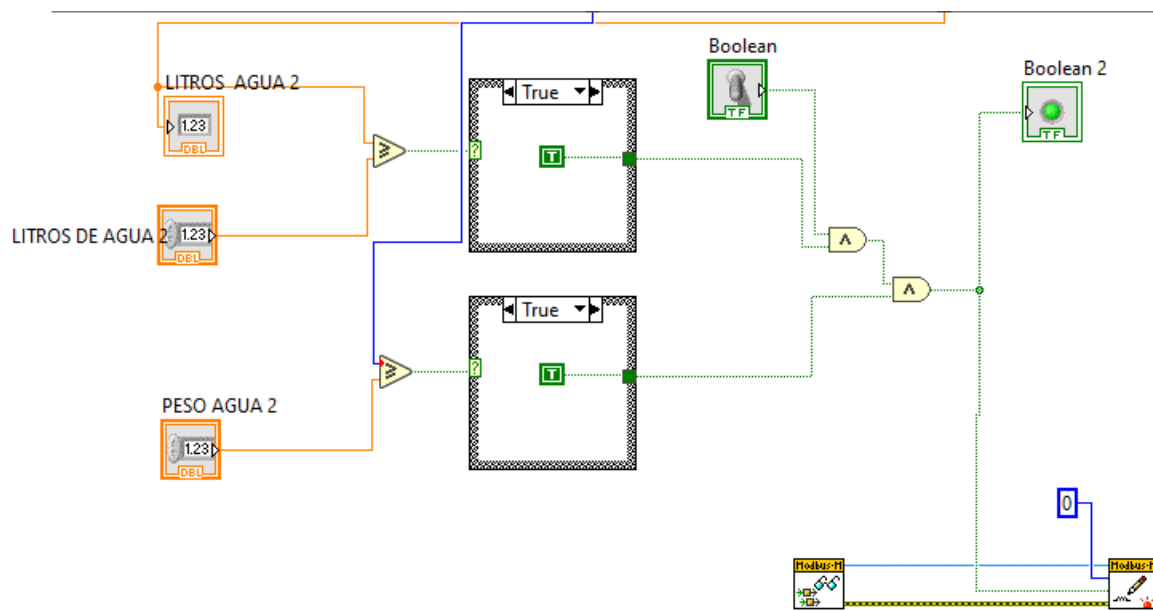


Figura 69. Condiciones Del Proceso

Fuente: LabVIEW

5. Conclusiones

Las siguientes conclusiones obtenidas en la ejecución del proyecto son en función de los objetivos formulados en el mismo:

- Al momento de identificar las variables que intervienen en el proceso de mezcla del cloro denso, el número de entradas/ salidas, el tipo de sensor relacionado con cada variable, se logró obtener una idea clara y concisa de cómo funciona el proceso, con su respectiva dosificación por componente y a su vez permitió determinar las características necesarias de los dispositivos para automatizar el mismo, como lo era el autómatas programable, que brindaran un buen funcionamiento del proceso para obtener un producto final de calidad. También se concluyó que, a partir de la identificación de variables y el número de entradas que tendrá el nuevo diseño de automatización, el tipo de sensores que se intervienen en el proceso, usando la tarjeta de Arduino Mega como módulo de entradas/salidas, permite reducir el costo del proyecto y aumentar la producción del producto pensando en el crecimiento diario de la empresa.
- En el diseño de las pantallas hmi del proceso por medio de la norma ISA-101, se logró diseñar unas interfaces que proporcionan información y control del proceso, de fácil acceso por cualquier operario encargado del proceso, reducir los errores y aumentando la productividad de la empresa.
- En una comunicación Modbus RTU, es importante supervisar el estado de la comunicación entre el Master y el Slave, ya que permite saber cuál es la posible falla que ocurre en la comunicación ya sea de hardware o software.
- Al caracterizar los sensores de caudal que son diseñados específicamente para agua con diferente fluido, brindó la posibilidad de diseñar una hmi con la única función de poder

obtener los parámetros de funcionamiento del sensor y adaptarlos al tipo de fluido por el cual está pasando por él, para tener una medición precisa de su dosificación.

- Mediante la ayuda del software LabVIEW, que permitió simular la comunicación siendo Master y el Arduino Mega Slave, se logró crear una simulación a corte al nuevo diseño de automatización con todos los parámetros que debe ingresar el operario y condiciones del proceso, así mismo profundizar los conocimientos del protocolo de comunicación Modbus RTU adquiridos en la formación de ingeniería electromecánica y dando numerosas posibilidades de realizar diferentes aplicaciones de ingeniería.

6. Recomendaciones

Se recomienda al momento de implementar este diseño de automatización, usar el Arduino Mega 2560 original, ya que es menos propenso a verse afectado por el ruido electromagnético que puede generar en el entorno donde esté ubicado.

Se recomienda implementar el sistema de automatización para la mezcla del producto cloro denso, ya que permite incrementar la producción del producto ya que se pueden instalar más tanque de mezcla y siendo supervisados y controlados por un solo autómeta programable.

Una vez implementado el sistema se recomienda revisar previamente las conexiones de los dispositivos de control y la instrumentación para asegurar que no haya ningún daño o corrosión de los dispositivos debido al trabajo constante de operación. Ya que un mal contacto o falla de cualquier dispositivo produciría fallas en el proceso y pérdidas económicas en la empresa al detener la producción.

Se recomiendo cuando se realice cualquier mantenimiento o verificación del estado de cualquier dispositivo, no tener energizado el sistema ya que esto podría provocar un daño o riesgos al operario encargado del mantenimiento.

7. Referencias Bibliográficas

- [1] Galgas extensiométricas - <http://www.forosdeelectronica.com/about35.html> visto en junio del 2009.
- [2] Celdas de carga - <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga.html> visto en junio del 2009.
- [3] Tecnología- Celdas de carga - http://camiones.fralib.com/documentospdf/tecnologias_celdas_de_carga.pdf visto en junio del 2009
- [4] Ferdeghini, F., Brengi, D., & Lupi, D. (1998, August). Sistema de detección combinado para sensores ultrasónicos. In *XVI Congreso Argentino de Control Automático, AADECA* (Vol. 2, pp. 514-519).
- [5] JAQUELINE, J. R. O., & GABRIEL, L. A. J. DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.
- [6] Villarreal, C. R. (2017). Controladores Lógicos Programables. *Mailxmail. com*, 23.
- [7] Álvarez Gómez, R. L., & Calderón Pico, N. (2014). Diseño, construcción y pruebas de un prototipo automatizado para dosificación y mezclado de 4 componentes, tres de ellos a granel y uno líquido obteniendo como mezcla hasta 15 Kg/h para el laboratorio de automatización industrial, implementado por la tecnología Rockwell Automation.
- [8] Campos, A., & Raúl, J. (2017). Automatización De Un Sistema De Mezclado De Pintura Mediante El PLC SIEMENS LOGO 230RC, Como Alternativa Para Reducir Los Tiempos Muertos Originados Por El Actual Proceso Manual.
- [9] García Cavero, J. (2015). *Proyecto de control de un proceso de pesaje y mezcla industrial de tres componentes mediante un autómeta* (Doctoral dissertation).

[10] Hall, E. H., On a new action of the magnet on electric currents, American Journal of Mathematics 2, 287 (1879). El trabajo puede leerse en el sitio de Internet

<http://www.stenomuseet.dk/skoletj/elmag/kilde9.html>. Consultado el 15 de junio de 2009.

[11] Atorino, J. I., Bortolín, L. P., Rodríguez, E., Farías, R. O., & Eduardo, R. (2009). Experimentos con un sensor de efecto Hall. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(3), 17.

[12] Martin, F.M. (2006). *Autómatas programables: Introducción al estándar IEC-61131*.

Disponible en:

<http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Pres%20IEC%2061131.pdf>. [visitada 7 de mayo del 2016].

[13] Galizia, C.A. (s.f.). *Los grados de protección IP en los equipos e instalaciones y su interpretación según IEC y NEMA*. Disponible en: http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102_Interpretaci%C3%B3n%20de%20los%20Grados%20de%20Protecci%C3%B3n%20seg%C3%BAn%20IEC%20y%20NEMA.pdf. [visitada 7 de mayo del 2016].

[14] GALOCE- <https://www.galoce.com/Uploads/Download/loadcell/GSBseries/GSB205.pdf> visto en septiembre del 2020

[15] García Gonzales, J. (2016). *Diseño y construcción de un sistema de medidor de fuerzas y su aplicación en el diseño de montajes didácticos*.

[16] Unitronics - <https://www.unitronicsplc.com> visto en septiembre del 2020.

[17] Sensor de flujo YF-S201 - <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/> visto en septiembre del 2020.

[18] Vistronica – www.vistronica.com visto en octubre del 2020

[19] CIPISA - <https://www.cipisaautomatizacionindustrial.com/que-es-unitronics> visto en octubre del 2020

- [20] Rabadán, J. (2017). Diseño y desarrollo de una red MODBUS basada en Arduino.
- [21] Moya, S., Morales Sánchez, A. (2017). Resista In Tech México Automatización.
- [22] Pinterest - <https://www.pinterest.com.mx/pin/704250460449768161/> visto en octubre del 2020
- [23] Decofilia - <https://decofilia.com/color-y-decoracion-el-circulo-cromatico-i/> visto en noviembre del 2020
- [24] Departamento Postventa, Departamento ingeniería. (2010). Comunicación Modbus con Unitronics tutorial.
- [25] <http://support.elmark.com.pl/unitronics/PDF/MODBUS.pdf>
- [26] Zumbana, V. (2010). Diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de medición y posicionamiento, de la cuchilla de una cizalla seybold, para la imprenta “CADALI”.
- [27] Mercedes, M. (2016). Emulador de PLC mediante LabVIEW
- [28] National Instrument – ni.com
- [29] Hernández, J. Gutierrez, A. (2006). Implementación de una red Modbus con LabVIEW
- [30] Modbus - <https://modbus.org> visto en noviembre del 2020
- [31] Galvis, O. (2020). Monitoreo de gases en tiempo real para la mina de carbón villanueva ubicada en el municipio de Arboledas, norte de Santander.
- [32] <https://drive.google.com/file/d/18IEPcRiOFySNRttdMJnwRzYHh6s7iDO8/view>

8. Anexos

Anexo 1. Caracterización Del Sensor De Caudal YF-S201 Para Diferentes Viscosidades



Figura 70. Caracterización De Sensores De Caudal Yf-s201

Anexo 2. Socialización Con La Empresa Cosmogreen S.A.S



Figura 71. Socialización Con La Empresa Cosmogreen S.A.S.

Anexo 3. Manual De Operación Del Proceso De Mezcla

Para obtener un correcto funcionamiento del proceso de mezcla, es necesario una serie de pasos que permitan entender el funcionamiento del sistema automatizado.

Una vez se energiza el sistema aparece la HMI de bienvenida con el logro de la empresa Cosmogreen S.A.S, la cual dura aproximadamente 5 segundos, después se muestra la interfaz de menú principal el cual contiene 4 opciones para seleccionar y se puede supervisar el estado de comunicación modbus con el Slave, como se muestra en la figura.

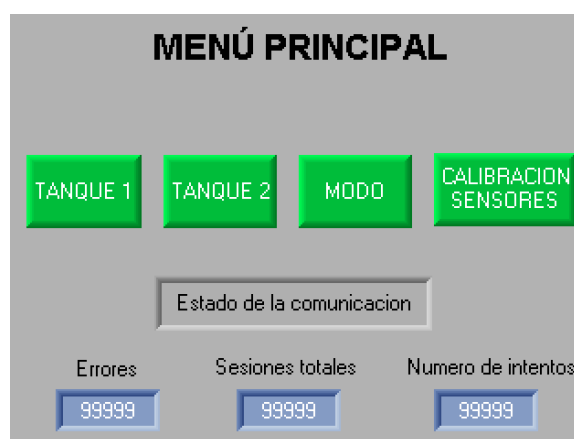


Figura 72. Manual De Instrucciones

Tiene cuatro opciones las cuales son seleccionar el tanque de mezcla número uno o el tanque de mezcla número dos, también tiene la opción de “MODO” la cual al seleccionarla se despliega una interfaz donde se puede seleccionar el modo del proceso, si lo quiere automático o semiautomático. La opción de “CALIBRACION SENSORES” es para irse a una pantalla la cual permite calibrar los sensores de caudal para una medición precisa de su caudal y los contar los litros que ingresan al tanque de los sensores YF-S201.

Una vez seleccionado uno de los dos tanques aparece la pantalla de tanque, la cual se puede observar el peso, los litros y el nivel del tanque, también cuenta con las opciones de regresar a

menú principal, mezclar (cuando ya este lleno el tanque en modo semiautomático se procede a mezclar durante 30 minutos), las opciones de los cuatro componentes a llenar como son el agua, hipoclorito, componente k y componente d.

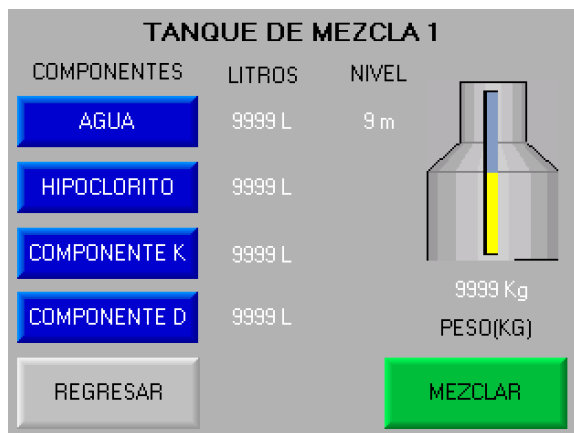


Figura 73. Manual De Instrucciones De La Interfaz De Tanque

Una vez se seleccione el componente que va a llenar se despliega una pantalla la cual se tiene un control de bomba del componente, la opción de regresar al menú de tanque también se puede supervisar el caudal del componente, el peso del tanque, los litros que van ingresando al tanque de ese componente y el nivel del tanque, también podemos ingresar los litros que necesitamos en el tanque, el peso del componente necesario, el factor “K” de los sensores de caudal YF-S201 y también el numero de pulsaciones que representan un litro del componente.

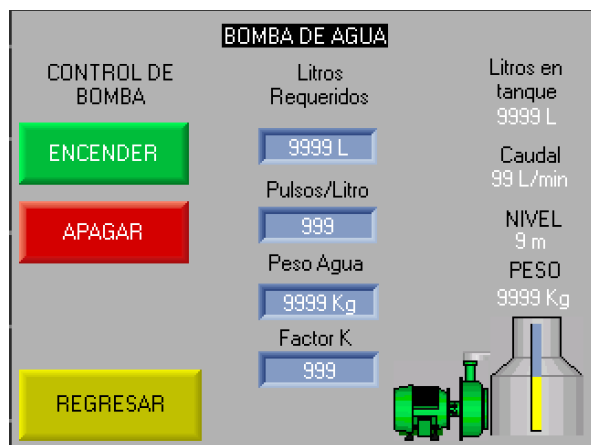


Figura 74. Manual De Instrucciones Para Componente

Anexo 4. Diagrama De Flujo

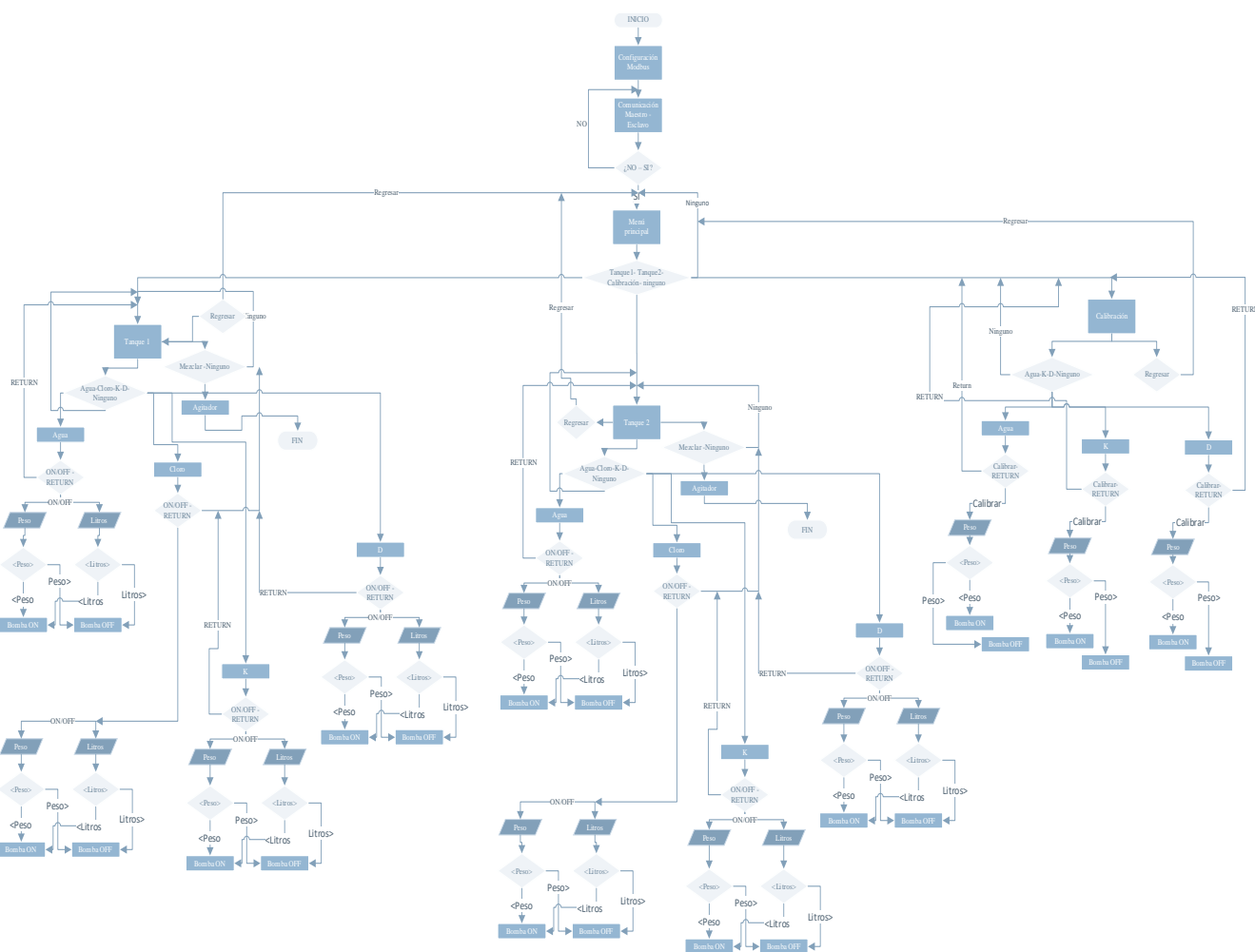


Figura 75. Diagrama De Flujo

Anexo 5. Costos

Tablas 17. Detalles De Materiales

Detalles de materiales			
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total
YF-S201	6	\$ 16.927,25	\$ 101.563,5
OPLC	1	\$ 1'757.251,703	\$ 1'757.251,703
Módulo MAX485	3	\$ 3.332	\$ 9.996
Transmisor de peso	2	\$ 294.607,24	\$ 589.214,48
Modulo relay 8 ch	1	\$ 28.000	\$ 28.000
TUF-2000B	2	\$ 1'417.594	\$ 2'835.188
Hr-SC04	2	\$ 5.188,40	\$ 10.376,8
Fuente DC	1	\$ 1'696.188	\$ 1'696.188
Celdas de carga	8	\$ 69.319,35	\$ 554.554,8
Total	-	-	\$ 7'582.333,283

Nota. Fuente: propia.

La cotización del nuevo sistema de automatización del producto cloro denso de la empresa Cosmogreen S.A.S, tiene un precio de \$7'582.333,283.

Tablas 18. Recursos Humanos

Recursos Humanos	Cargo	Institución A La Que Pertenece	Horas Destinadas Al Proyecto	Costos Por Unidad De Hora	Total
Magister Ing. Cristian Leonardo Tarazona Celis	Docente	Universidad Francisco de Paula Santander	240	25000	6000000
Jesús Daniel Gamboa Jaimes	Investigador	Universidad Francisco de Paula Santander	240	15000	3600000

Fuente. Propia.

Tablas 19. Recursos Materiales

Recursos Materiales Y Otros Recursos	Costos	Fuente De Financiación
Computador	2000000	Propio
Internet	240000	Alquiler
Transporte	280000	Alquiler

Fuente: Propia.

Anexo 6. Cuadro De Cargas, Diagrama Eléctrico Y P&id Del Proceso De Mezcla

Tablas 20. Cuadro De Cargas

Elementos	Cantidad	Fuentes de alimentación					
		5V		12V		120Vac	
		Corriente(mA)	Potencia(W)	Corriente(mA)	Potencia(W)	Corriente(mA)	Potencia(W)
Yf-S201	6	90	0,45				
Hc-sr04	2	4	0,02				
MAX485	3	1,5	0,83				
Modulo relay 4 canales	1	80	0,4				
Arduino mega 2560	1	93	0,465				
PLC	1			40	0,48		
Transmisor de peso	2			70	0,84		
Controlador de flujo	2					50	6
Total	18	268,5	2,165	110	1,32	50	6

CUADRO DE CARGAS					
CIRCUITOS	Potencia(W)	Voltaje(V)	Corriente(A)	Protección	Calibre del conductor
C1	2,165	5	0,433	1x1A	Calibre 20AWG
C2	1,32	12	0,11	1x0.5A	Calibre 20AWG
C3	6	120	0,05	1x0.25A	Calibre 20AWG
TOTAL	9,485	120	0,079	1x0.25A	Calibre 20AWG

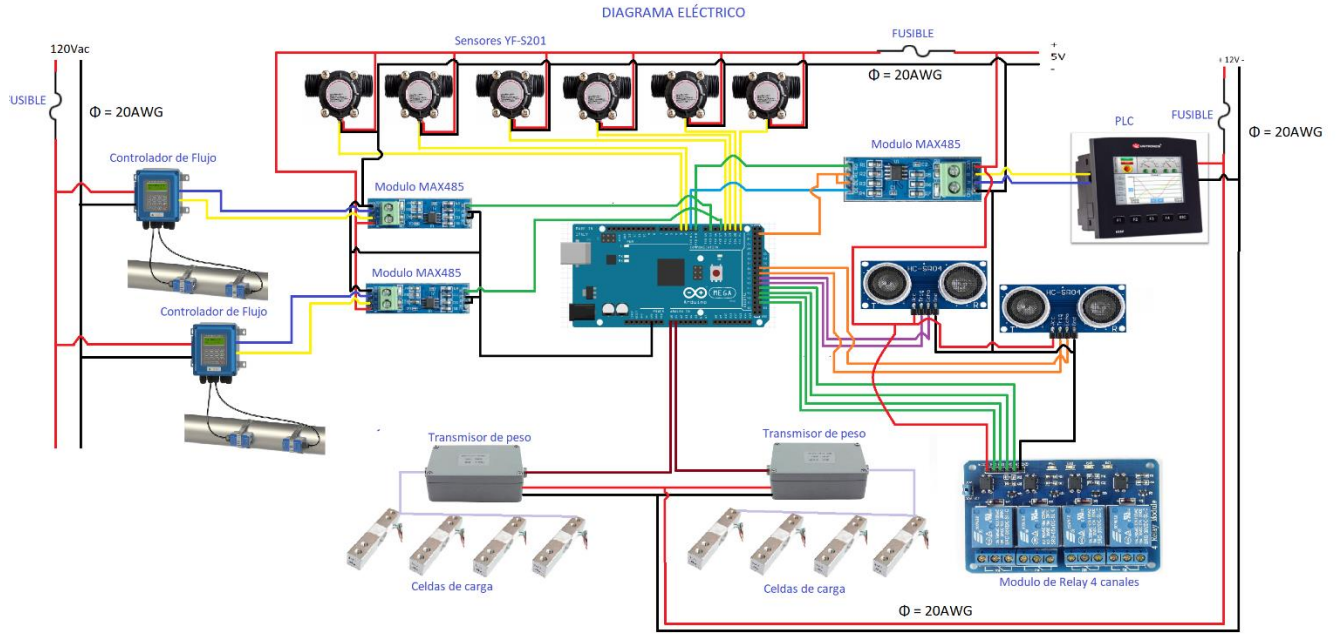


Figura 76. Diagrama Eléctrico

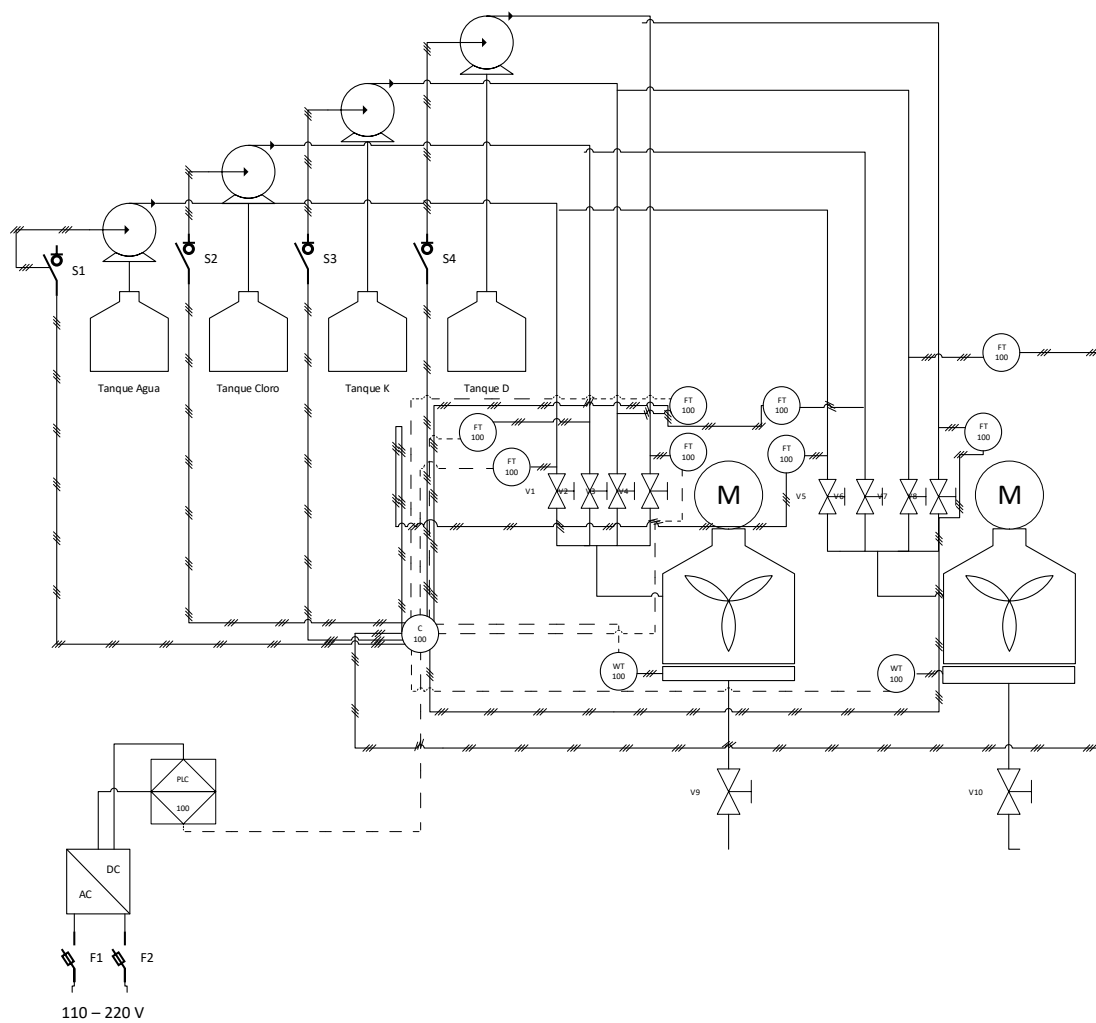


Figura 77. P&id Del Proceso