



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**“SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA
PROCESO DE COCCIÓN Y WHIRLPOOL DE LA
CERVEZA ARTESANAL”**

AUTOR:

STEVEN VICENTE PALMA REYES

TUTOR:

**ING. LUIS ENRIQUE CHUQUIMARCA JIMÉNEZ
M.E.**

LA LIBERTAD- ECUADOR

JULIO-2020

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios el ser que ha sido capaz de permitirme llegar a este momento, por cuidarme y bendecirme día a día. Agradezco a esas personas maravillosas, luchadoras y motivadoras como son mis padres **Vicente Palma Gonzabay** y **Geoconda Reyes Pozo** quienes sacrificaron mucho para poder brindarme ese apoyo incondicional. A mis hermanas **Angie** y **Krystell** quienes han sido también un motivo para seguir adelante y ser como hermano mayor un ejemplo para ellas.

Agradezco a mi compañera especial quien también estuvo presente durante toda la trayectoria de mi formación académica y me ha motivado a seguir luchando demostrando que todo se puede lograr con perseverancia y dedicación.

Al docente Tutor **Ing. Luis Chuquimarca Jiménez** quien como profesional ha compartido sus conocimientos y experiencias motivando a uno como estudiante llegar más allá de lo que se cree lograr alcanzar. A mis compañeros y amigos con quienes compartí conocimientos y momentos inolvidables.

Steven Vicente Palma Reyes

Autor

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se la dedico a Dios, a mi familia quienes confiaron en mí y en especialmente a mis padres quienes, con esfuerzo, humildad estuvieron pendientes de mi formación académica, motivándome a diario para lograr este objetivo.

A mis demás familiares quienes me brindaron la mano sin ningún interés, a aquellos seres especiales que desde allá arriba están cuidándome y guiándome por el buen camino.

A mis compañeros y amigos, personas que conocí en el transcurso de mi educación y se volvieron especiales dándome su apoyo, compartiendo momentos increíbles, enseñándome lo que es el verdadero valor de la amistad.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: **“SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA PROCESO DE COCCIÓN Y WHIRLPOOL DE LA CERVEZA ARTESANAL.”**, elaborado por el estudiante **Steven Vicente Palma Reyes**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante iniciar los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 6 marzo del 2020

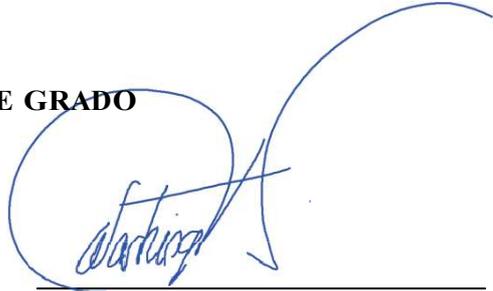


Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez M.E

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Freddy Villao Santos, MSc.
DECANO DE FACULTAD



Ing. Washington Torres Guin, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Luis Enrique Chucuimarca, MSc.
PROFESOR TUTOR



Ing. José Sánchez Aquino, MSc.
PROFESOR DE ÁREA



Ab. Víctor Coronel Ortiz, MSc.
SECRETARIO GENERAL

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“Sistema de control automatizado para proceso de cocción y Whirlpool de la
cerveza artesanal”**

Autor: Steven Vicente Palma Reyes

Tutor: Luis Chuquimarca Jiménez

RESUMEN

El funcionamiento de empresas dedicadas a la fabricación de cerveza artesanal se ha vuelto común dentro de nuestro país, según diario El Comercio menciona que existe un aproximado de 80 productores a nivel nacional, donde los principales procesos de elaboración como preparación de agua, maceración, cocción, enfriado y fermentación son aplicados de forma manual, careciendo de exactitud en su procesos como tiempos de aplicación y valores de temperaturas durante su ejecución provocando complicaciones en el usuario al momento de monitorear su sistema debido a que cada paso es fundamental para obtener un producto de calidad como y que sea aceptable al gusto del consumidor.

La propuesta tecnológica desarrollada ofrece una implementación de un sistema de control automatizado para el proceso de cocción y Whirlpool de la cerveza artesanal, que tiene como finalidad la optimización del proceso mediante un controlador industrial denominado PLC la cual este receptorá los datos del sensor de temperatura PT100 y sensor de nivel implementa dentro de la olla de cocción, controlando la activación de los actuadores y comandar sus acciones en los momentos indicados con sus respectivos lapsos de acción. La aplicación de esta propuesta buscar proporcionar mejoras a la industria cervecera artesanal a través de la automatización de procesos, optimizando tiempos en su preparación, aplicación de subprocesos, obteniendo un producto de calidad como también aumentando proporcionalmente su nivel de productividad.

ABSTRACT

The operation of companies dedicated to the manufacture of craft beer has become common within our country, according to the newspaper El Comercio, which mentions that there are a number of 80 producers nationwide, where the main production processes such as water preparation, maceration, cooking, cooling and fermentation are applications manually, precision care in their processes such as application times and temperature values during their execution causing complications for the user when monitoring their system due to each step is essential to obtain a product of quality as and that is acceptable to the taste of the consumer.

The technological proposal developed offers an implementation of an automated control system for the brewing process and Whirlpool of craft beer, which has as the implementation of process optimization using an industrial controller designated PLC which is this receiver the sensor data of temperature PT100 and level sensor of implementation inside the cooker, controlling the activation of the actuators and to command their actions at the indicated moments with their time lapse controls. The application of this proposal will seek to provide improvements to the craft beer industry through the automation of processes, optimizing times in its preparation, application of threads, obtaining a quality product as well as proportionally its level of productivity.

DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Steven Vicente Palma Reyes', is written over a horizontal line.

Steven Vicente Palma Reyes

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
DECLARACIÓN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE ANEXOS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1. CAPÍTULO I	8
1.1 ANTECEDENTES	8
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	10
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 RESULTADOS ESPERADOS.....	11
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	12
1.6 METODOLOGÍA.....	14
2 CAPÍTULO II.....	16
2.1 MARCO CONTEXTUAL.....	16
2.2 MARCO CONCEPTUAL	17
2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMA	17
2.2.2 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO	17
2.2.3 INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA (HMI)	19
2.2.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	21

2.2.5	PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)	24
2.2.6	PROGRAMACIÓN LADDER	25
2.2.7	SENSORES TEMPERATURA	26
2.2.8	SENSORES DE NIVEL	28
2.2.9	BOMBA MAGNÉTICA	28
2.2.10	SERVOMOTOR- MOTOR PASO A PASO	29
2.2.11	QUEMADORES	29
2.2.12	CILINDRO DE GAS DOMÉSTICO	30
2.2.13	ELECTROVÁLVULA FLUIDO	30
2.2.14	SISTEMA DE PANELES DE CONTROL	31
2.2.15	MATERIA PRIMA	32
2.2.15.1	MALTA	32
2.2.15.2	LÚPULO	33
2.2.15.3	AGUA	34
2.2.15.4	LEVADURA	35
2.2.16	PROCESOS DE FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL	36
2.2.16.1	MACERACIÓN	36
2.2.16.2	COCCIÓN	38
2.2.16.3	ENFRIADO	41
2.2.16.4	FERMENTACIÓN	41
2.2.16.5	MADURACIÓN	42
2.2.16.6	EMBOTELLADO	42
2.2.17	TUBERIA PVC	43
2.3	MARCO TEÓRICO	43
3	CAPÍTULO III	45
3.1	COMPONENTES DE LA PROPUESTA	45
3.1.1	COMPONENTES FÍSICOS	45
3.1.1.1	PLC SIEMENS S7-1200	45
3.1.1.2	PANTALLA HMI DELTA MODELO DOP-B03E211	47
3.1.1.3	BOMBA MAGNÉTICA	50
3.1.1.4	ELECTROVÁLVULA SOLENOIDE 110V	52
3.1.1.5	MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES TIPO RELÉ SM 1222	54
3.1.1.6	MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS	55
3.1.1.7	SENSOR TEMPERATURA	56
3.1.1.8	SENSOR NIVEL	57
3.1.1.9	CONTROLADOR DE TEMPERATURA DELTA DTB4848	59

3.1.1.10	OPERADOR DE BOTON PULSADOR.....	61
3.1.1.11	LEDS INDICADORES	62
3.1.1.12	ARDUINO UNO (ATmega328P).....	63
3.1.1.13	MOTOR PASO A PASO 9KG/CM NEMA23.....	64
3.1.1.14	CONTROLADOR DIGITAL DE MOTOR PASO A PASO M430	65
3.1.2	COMPONENTES LÓGICOS	67
3.1.2.1	TIA PORTAL V14.....	68
3.1.2.2	SKETCHUP PRO 2020.....	68
3.1.2.3	AUTOCAD 2018	69
3.1.2.4	DOPSOFT	70
3.1.2.5	IDE ARDUINO	70
3.2	DISEÑO DE LA PROPUESTA	71
3.2.1	DIAGRAMA DE RED DEL SISTEMA	71
3.2.2	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	72
3.2.3	DISEÑO OLLA COCCIÓN.....	72
3.2.4	DISEÑO DE CONEXIÓN DE FLUJO POR TUBERIA	73
3.2.5	DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA	74
3.2.6	DISEÑO DE PANEL DE CONTROL.....	74
3.2.7	CONFIGURACIONES PLC SIEMENS S7 1200.....	75
3.2.8	CONFUGURACIÓN Y CONEXIÓN ENTRE CONTROLADOR DE SERVO MOTOR-ARDUINO Y PLC	88
3.2.9	CONFIGURACIÓN Y CONEXIÓN ENTRE CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y PLC.....	90
3.2.10	DISEÑO DE INTERFAZ HMI EN SOFTWARE DOPSOFT	91
3.3	ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD	98
3.3.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	98
3.3.2	ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO	99
3.4	PRUEBAS Y RESULTADOS	100
	Prueba funcionamiento de Bombas Electroválvulas	100
	Prueba de Motor paso a paso	101
	Prueba de funcionamiento sensores Nivel- temperatura	101
	Prueba de interfaz gráficas	102
	Comparación y obtención de datos.....	104
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFÍAS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de control lazo abierto. tomado de libro “sistemas automáticos de control”.....	18
Figura 2 Sistema de control lazo cerrado. Tomado de libro "sistemas automáticos de control"	19
Figura 3 Pantalla HMI. tomado de página web www.interchange.com	20
Figura 4 Protocolo PROFINET. Tomado de artículo “protocolo de comunicación industrial”	21
Figura 5 Estructura de encapsulado de datos con protocolo MODBUS TCP. tomado de libro "introduction to MODBUS TCP/IP"	23
Figura 6 Ejemplos de PLC compactos distintos fabricantes tomado de artículo "ingeniería de sistemas industriales "	24
Figura 7 Estructura general de PLC. tomado de sitio web siemens	25
Figura 8 Descripción lógica Ladder. tomado de PDF programación ladder.....	26
Figura 9 Acople de imanes para bomba magnética. tomado libro “bombas de acople magnetico”- drotec	28
Figura 10 Servomotor. tomado de libro “maquinas eléctricas”	29
Figura 11 Funciones de circuito en una electroválvula. Tomado de libro “mecanismos operación electroválvulas”	31
Figura 12 Tablero de control sistema automatizado. tomado de libro “control y automatismo”	32
Figura 13 Tipos de Malta. Tomado de Tesis sobre procesos de cerveza autor Martin Colignon.....	33
Figura 14 Flor de lúpulo. tomado de documento pdf “cerveza artesanal”.....	34
Figura 15 Levadura. tomado de libro “la levadura de cerveza” Alban Maggier ..	35
Figura 16 Maceración. tomado de documento pdf “la maceración”.....	37
Figura 17 Sistema y elementos para proceso de cocción de mosto. tomado de archivo pdf de elaboración de cerveza artesanal.....	38
Figura 18 Agregado de lúpulo en mosto en proceso de cocción. tomado de documento sitio web "cerveza de argentina"	40
Figura 19 Remolino creado durante Whirlpool. tomado de sitio web www.cerveza artesanal.com	40
Figura 20 Sistema de enfriado a través de un serpentín. tomado de documento informe de tesis “diseño y puesta en marcha de una planta elaboradora de cerveza”	41
Figura 21 Máquina de embotellamiento. tomado sitio web tienda cervecera.....	43
Figura 22 Controlador lógico programable SIMATIC S7-1200. tomado de página oficial SIEMENS	47
Figura 23 Pantalla HMI delta modelo DOP-B03E211. tomado de sitio web del fabricante.....	49
Figura 24 Bomba magnética mkii. tomado de sitio web de la marca	51

Figura 25 Electroválvula marca bacoeng. tomado tienda online Amazon.....	53
Figura 26 Módulo de expansión de salidas digitales SM1222.tomado sitio web siemens.....	54
Figura 27 Módulo de comunicación MODBUS cm1241-rs485.tomado sitio web siemens.....	55
Figura 28 Sensor pt100 de tres hilos. tomado de sitio web aliexpress.....	57
Figura 29 Sensor nivel de agua marca keenso. tomado de sitio on line amazon ..	58
Figura 30 Controlador de temperatura marca delta dtb4848. tomado de catálogo delta de inselec	60
Figura 31 Botón operador tipo pulsador. tomado de sitio web grainger.....	61
Figura 32 Led indicador ap6m122a. tomado de página web idec tienda online...	62
Figura 33 Esquema de dimensiones internas y externas del led indicador. tomado de datasheet del dispositivo.....	62
Figura 34 Placa arduino UNO. tomado de tienda oficial de arduino	63
Figura 35 Motor paso a paso mena 23- diagrama de dimensiones. tomado de sitio web bricogeek	65
Figura 36 Driver controlador motor md430. tomado sitio web amazon.....	67
Figura 37 Software tia portal v14. tomado de página web plc city.....	68
Figura 38 Software sketchup pro 2020 para diseño de estructura y conexión. elaborado por autor	69
Figura 39 Software AutoCAD 2018 para diseño de plano eléctrico de los elementos. elaborado por autor	69
Figura 40 Software dopssoft para diseño de interface hombre-maquina. Elaborado por autor	70
Figura 41 Screenshot de ide arduino version 1.8.5. elaborador por autor	71
Figura 42 Conexión de dispositivos vinculados a la misma red local para ser comunicados entre ellos. elaborado por autor.....	72
Figura 43 diseño de estructura base. elaborado por autor.....	72
Figura 44 Diseño de la olla de cocción. elaborado por autor.....	73
Figura 45 Diseño de la tubería y componentes conectados. elaborado por autor. 73	73
Figura 46 Diseño eléctrico del sistema. elaborado por autor	74
Figura 47 Diseño del panel de control. elaborado por autor	75
Figura 48 Configuración del dispositivo y su asignación. elaborado por autor....	75
Figura 49 Selección de dispositivo con su modelo y numeración de cpu y respectiva versión. elaborado por el autor.....	76
Figura 50 Asignación de dirección ip y mascara para configurar el plc. elaborado por autor	76
Figura 51 Herramientas vinculadas al dispositivo para ser configuradas. elaborado por autor	77
Figura 52 Configuración de rack agregando módulos de salidas y comunicación MODBUS. elaborado por el autor	78
Figura 53 Declaración de variables para la configuración de los bloques habilitadores de MODBUS. elaborado por el autor.....	78

Figura 54 Declaración de variables configuradas como entradas (sensores y botones) - salidas (actuadores e indicadores). elaborado por autor	79
Figura 55 Diagrama de flujo del sistema automático. elaborado por autor	80
Figura 56 Arranque y emergencia del sistema. elaborado por autor.....	81
Figura 57 Botón para estado de sistema en modo off. elaborado por autor.....	81
Figura 58 Inicio de llenado de olla para proceso de cocción. elaborado por autor	82
Figura 59 Esquema de programación de proceso de cocción (receta 1). elaborado por autor	84
Figura 60 Esquema de programación de proceso de cocción (receta 2). elaborado por autor	85
Figura 61 Esquema de programación de proceso de cocción (receta 3) elaborado por autor	86
Figura 62 Bloque que permite habilitar el módulo de comunicación MODBUS. elaborado por autor	87
Figura 63 Bloque de configuración para recepción de datos de temperatura. elaborado por autor	88
Figura 64 Conexión accionamiento de motor paso a paso. elaborado por autor ..	89
Figura 65 Configuración de conexiones dtb4848. elaborado por autor	90
Figura 66 Asignación de dirección ip y mascara (pantalla HMI). elaborado por autor	91
Figura 67 Selección de pantalla a utilizar. elaborado por autor	92
Figura 68 Configuración para comunicación: pantalla-plc-software. elaborado por autor.....	92
Figura 69 Asignación de dirección ip y mascara respectiva en pantalla HMI. elaborado por autor	¡Error! Marcador no definido.
Figura 70 Pantalla inicial para ingreso al sistema. elaborado por autor.....	93
Figura 71 Pantalla 2 (recetas almacenadas). elaborado por autor	94
Figura 72 Pantalla 3 (inicio de proceso de cocción-receta 1). elaborado por autor	94
Figura 73 Pantalla 4 (parámetros de receta 1 para el proceso). elaborado por autor	95
Figura 74 Pantalla 5 (muestra del sistema completo en proceso-recetas). elaborado por autor	96
Figura 75 Pantalla 6(gráfica de registros de valores de temperaturas). elaborado por autor.....	96
Figura 76 Pantalla 7 (inicio de proceso de cocción-receta 2). elaborado por autor	97
Figura 77 Pantalla 8 (parámetros de receta 2 para el proceso). elaborado por autor	97
Figura 78 Pantalla 9 (inicio de proceso de cocción-receta 3). elaborado por autor	97
Figura 79 Pantalla 10 (parámetros de receta 3 para el proceso). elaborado por autor	98

Figura 80 Prueba de encendido de bomba y electroválvulas en interfaz tia portal. elaborado por autor	101
Figura 81 Prueba de envío de señal para accionamiento motor paso a paso. elaborado por autor	101
Figura 82 Prueba de funcionamiento de los sensores de nivel declarados como entrada digital. elaborado por autor	102
Figura 83 Prueba de lectura de datos sensor de temperatura. elaborado por el autor	102
Figura 84 Accionamiento del motor paso a paso para encendido de quemador. elaborado por el autor.....	103
Figura 85 Muestra de mensaje para la agregación de elementos respectivos para su cocción. elaborado por el autor	103
Figura 86 Muestra de la toma de datos de temperatura siendo registradas con hora y fecha. elaborado por el autor.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación modelos plc siemens. Tomado de datasheet cada dispositivo	46
Tabla 2 Características generales de plc siemens s7-1200. elaborado por autor ..	47
Tabla 3 Comparación de pantallas HMI. elaborado por autor	48
Tabla 4 Características técnicas de pantalla delta. tomado de datasheet	49
Tabla 5 Comparación de bombas magnéticas. elaborado por autor	50
Tabla 6 Características técnicas bomba magnética. elaborado por autor.....	51
Tabla 7 Comparación de electroválvulas solenoides. elaborador por autor.....	52
Tabla 8 Características técnicas de electroválvula bacoeng. tomado de datasheet	53
Tabla 9 Características técnicas módulo de salidas. elaborado por autor	54
Tabla 10 Características técnicas módulo CM1241. tomado de datasheet sitio web siemens.....	55
Tabla 11 Tabla comparativa de modelos y tipos de sensores de temperatura. elaborado por autor	56
Tabla 12 Características técnicas de sensor de temperatura PT100. elaborado por autor.....	57
Tabla 13 Tabla comparativa marca y modelo sensores de nivel. elaborado por autor.....	58
Tabla 14 Características técnicas de sensor de nivel de agua marca keenso. tomado de datasheet	59
Tabla 15 Tabla comparativa de controladores de temperatura. Elaborado por el autor.....	60
Tabla 16 Características técnicas controlador de temperatura dtb4848. tomado de datasheet.....	61
Tabla 17 Características técnicas led indicador. Tomado de datasheet	63
Tabla 18 Características técnicas arduino uno. tomado de datasheet	64
Tabla 19 Comparación de motores paso a paso. Elaborado por autor	64
Tabla 20 Características técnicas motor paso a paso. tomado de datasheet del dispositivo	65

Tabla 21 Comparación de controladores motor paso a paso. elaborado por autor	66
Tabla 22 Características técnicas driver md430. tomado de datasheet	67
Tabla 23 Datos de parámetros para habilitación de MODBUS. elaborado por autor	87
Tabla 24 Datos de configuración para lectura y escritura del dato de sensor de temperatura. elaborado por autor	88
Tabla 25 Configuración de conexiones. elaborado por autor	89
Tabla 26 Conexión controlador con sensor y db-9. elaborado por autor	91
Tabla 27 Valor presupuestos en equipos. elaborado por autor	99
Tabla 28 Costo presupuestario de estructura. elaborado por autor	100
Tabla 29 Costos generales de proyecto. elaborado por autor.....	100
Tabla 30 Tabla comparativa de eficiencia entre proceso manual y automatizado.elaborado por autor	104

ÍNDICE DE ANEXOS

anexos 1 diseño e implementación de estructura para soporte del sistema propuesto como es el proceso automatizado de cocción de la cerveza artesanal.	110
Anexos 2 código en ide arduino para accionamiento de motor paso a paso.....	112
Anexos 3 datasheet de plc s7-200	113
Anexos 4 configuración de controlador de temperatura dtb 4848	114
Anexos 5 fotos de funcionamiento.....	115

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de titulación cuenta como objetivo principal la cocción y efecto Whirlpool de forma automatizada dirigida a la elaboración de cerveza artesanal, mediante el diseño e implementación del sistema de control automático que es controlado y monitoreado a través de dispositivos industriales. En esta etapa de elaboración de cerveza artesanal se debe tomar en cuenta de forma especial sus parámetros establecidos debido a que afecta a la calidad, aroma y sabor. El agregado de forma automática de este elemento optimiza la producción disminuyendo el margen de error que se puede contar a través de la ejecución del proceso.

Durante el primer capítulo se describen las generalidades del proyecto correspondientes a la elaboración de la cerveza enfocándose en el proceso de cocción y Whirlpool puntualizando valores de temperaturas, niveles de la olla a utilizar y tiempos ideales para obtener una óptima implementación de procesos. Además, la identificación del problema planteado al ejecutar el proceso de manera manual, obteniendo información legible de los componentes propuestos en el diseño para una correspondiente al sistema automático. También contiene el planteamiento de los resultados esperados u objetivos diseñados para obtener un correcto funcionamiento del sistema automatizado.

El segundo capítulo se presenta el marco contextual, marco conceptual y teórico. Describiendo los análisis y definiciones de cada elemento y materia prima a utilizar dentro del sistema de elaboración de cerveza, dando prioridad a los más empleados y adecuados para dicho sistema, presentando también el estudio de cada sistema de comunicación o protocolos a seguir para llevar a cabo un sistema óptimo.

Como tercer capítulo es describir de forma física cada componente adecuado para la implementación agregando características más específicas como también componentes lógicos que permitan realizar la cocción del mosto y su aplicativo Whirlpool desarrollando un sistema eficaz y rápido de elaboración. También se detallan el desarrollo del proceso automático en sus diferentes etapas que son necesarias y lograr sus resultados esperados.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA PROPUESTA

1.1 ANTECEDENTES

La cerveza es considerada una de las bebidas más antiguas del mundo según varios historiadores creen que esta bebida ya existía en Mesopotamia y Sumeria aproximadamente en el año 10.000 a.C. los sumerios elaboraron una bebida alcohólica llamada “kash” en base a elementos azucarados y feculentos ahora conocida como cerveza. En el antiguo Egipto elaboraban la cerveza denominada heneket o zythum, su fabricación se consideraba divina porque era utilizada principalmente en los rituales y ceremonias. Actualmente esta bebida sigue siendo considerada como una bebida popular existiendo distintos fabricantes de cerveza industrial tanto como artesanal [1].

En el Ecuador en la última década el 56,7% de los habitantes que consumen bebidas alcohólicas prefieren la cerveza a diferencia de 41,7% opta por bebidas destiladas y un 1.7% otras bebidas. La cerveza artesanal ha crecido su nivel de consumo ya que los consumidores requieren de una bebida la cual les ofrezca un nivel menor de químicos y aditivos que puedan perjudicar la salud del consumidor, la cerveza a pasar del tiempo se ha sometido a varias etapas donde la industria mediante varias técnicas que buscan perfeccionar su calidad, contando con ingredientes que pierden su pureza. Debido a ese factor nace la tradición de elaboración de un producto más natural la cual ha ganado popularidad y se ha propagado en varios países donde la cerveza artesanal ya es fabricada y consumida [2]. El mercado de la cerveza artesanal en nuestro país está creciendo, las primeras aparecieron en el año 2010 como emprendimientos de familia y amigos en común en el 2015 existían 15 cervecerías pequeñas y 55 micro cerveceras en el país distribuidas principalmente en ciudades como Cuenca, Loja, Guayaquil, Quito, Manta e Ibarra de acuerdo a la asociación de cerveceros del Ecuador [3].

Hoy en día existen algunos tipos de cerveza artesanal donde principalmente se tiene dos familias como son las lagers y ale, la cerveza lagers son el tipo de cerveza más ligera y más clara a diferencia del tipo de cerveza ale que son un poco más oscuras donde este tipo de cerveza tiene todo tipo de maceración para su preparación

dependiendo de las recetas a elaborar ya que varían su tiempo de temperaturas en el proceso de la maceración y cocción [4].

En el proceso de cocción y Whirlpool debido al tipo de receta que se desea elaborar ya que de esto dependerá el tiempo de cocción, temperatura y tiempo de Whirlpool, existe el problema de controlar los parámetros de preparación de la cerveza artesanal establecidos en la receta, su resultado tenderá a ser efectivo o no obtendrá la cerveza deseada, entonces cuando un maestro cervecero fabrica este tipo de cerveza artesanal al momento de que crezca la producción deberá garantizar la calidad de su producto por lo que es necesario controlar y automatizar los procesos requeridos por cada receta [5].

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La siguiente propuesta tecnológica está basada en automatizar el proceso de cocción y Whirlpool para la producción de cerveza artesanal, este sistema automatizado trabaja mediante la medición de variables como niveles de tanques y temperatura a través de sensores conectados a un controlador robusto que tiene como función accionar de manera automática aplicando control on-off y controlar las electroválvulas, bombas y quemadores instalados en la planta de producción de 50 litros finales de cerveza artesanal. Este sistema le permitirá al usuario poder interactuar con ello por medio de una pantalla táctil HMI (Interfaz Hombre Máquina) conectado a un PLC (controlador lógico programable), donde se configura las recetas que se desean elaborar con sus diferentes parámetros configurados dentro de cada receta y serán guardadas para su posterior reutilización.

La programación de este sistema no es de forma automática en su totalidad también lleva su parte artesanal, debido a que el usuario debe interactuar con el sistema no solo en la parte de control sino también en proceso con la agregación de lúpulos requeridos para su proceso de elaboración.

El sistema cuenta con una alarma o mensaje de alerta en la pantalla para indicarle al usuario durante el proceso de cocción en qué momento debe agregar los lúpulos y otros ingredientes, además indica el tiempo de proceso dependiendo de la receta y también se visualiza la activación de la función del Whirlpool con su respectivo tiempo, que es necesario durante su proceso.

El sistema utiliza además un motor paso a paso con su respectivo driver controlador para la regulación de la válvula de gas instalada en el quemador, este dispositivo es accionado y controlado a través de la placa controladora arduino uno, quien receptorá las señales emitidas por el PLC para realizar el sentido de giro del motor, un sensor PT100 conectado a un controlador de temperatura DTB4848 para leer los datos de temperatura de la olla de cocción, sensores de nivel agua para determinar si la olla está llena o vacía, botones para determinar en encendido y apagado del sistema con sus respectivas luces pilotos indicando su accionamiento.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general

Implementar un sistema de control automatizado para realizar el proceso de cocción y Whirlpool de la cerveza artesanal, utilizando un dispositivo de control industrial comunicado con los sensores y actuadores que permitan controlar las temperaturas, tiempos de la cocción y optimizando los tiempos de aplicación de Whirlpool.

1.3.2 Objetivos específicos

- Implementar la estructura física de la planta, estableciendo la ubicación de los dispositivos de control, sensores y actuadores.
- Desarrollar un sistema de control on-off, para estabilizar la variable de temperatura, utilizando un quemador industrial.
- Implementar la red de comunicación industrial, entre los dispositivos de control (PLC), sensores y actuadores que permitirán la ejecución del proceso de cocción y Whirlpool.
- Desarrollar una interfaz gráfica de hombre a máquina mediante un software para la pantalla HMI permitiendo ejecutar controlar de cada proceso.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

- Implementar una estructura confiable en donde se pueda asegurar que todos los dispositivos estén perfectamente conectados y ubicados brindando la seguridad requerida por el proceso de cocción y Whirlpool de la cerveza artesanal.
- Realizar la cocción del mosto para la fabricación de cerveza artesanal con los respectivos tiempos y temperaturas a controlar automáticamente para obtener una cerveza requerida por la receta.
- Un sistema de control automático con la respectiva interfaz de programación en PLC s7-1200 y pantalla HMI delta para el proceso de cocción y cumplir las normas o estándares para mejorar la calidad del proceso.
- Un prototipo eficiente con la capacidad de realizar una buena cocción y Whirlpool mediante una recirculación en forma de remolino para obtener

un mosto totalmente limpio, también se espera almacenar las diferentes recetas a preparar con sus tiempos y valores de temperaturas correspondientes.

- Diseño y ejecución de software de monitoreo y control de proceso aplicado en pantalla Hmi vinculado al controlador PLC y demás dispositivos conectados a la red del sistema.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la producción de cerveza artesanal ha ganado popularidad y mercado frente a la cerveza industrial, existiendo de esta manera micro emprendimientos por parte de maestros cerveceros, considerando que no cuentan con un control exacto en cada proceso de producción, como es el caso del proceso de cocción donde se requiere controlar la temperatura de cocción y los tiempos de aplicación de su recirculado denominado Whirlpool, en este proceso se necesita cocinar a temperaturas exactas y constantes como también su recirculado que ayuda con la eliminación de residuos generados por los ingredientes aplicados. Este proyecto se dirige a la industrial artesanal, con la finalidad de orientar y beneficiar sectores productores de cerveza encaminados con tecnología industrial, implementar este nuevo sistema de producción a los procesos industriales de fabricación de cerveza artesanal en el país, impulsando la productividad y competitividad para el crecimiento económico, industrial e innovación tecnológica. de esta manera desarrollando el cumplimiento de los objetivos pertinentes del Plan Nacional de desarrollo 2007-2021-toda una vida [6].

La propuesta tecnológica se basa en la implementación de un sistema para el proceso de cocción de mosto de cerveza, diseñando un sistema de control automático a través de una pantalla HMI permitiendo la interacción de maestro cervecero con el sistema para el control de temperatura y monitoreo de los procesos de elaboración de cerveza.

De esta manera permitiendo a usuario optimizar y controlar los tiempos de procesos en la receta, asegurando que los tiempos establecidos sean exactos como es en

cocción, agregados de lúpulos, saborizantes, levadura y aplicación de recirculación en remolino denominado Whirlpool. Mediante esto el usuario garantiza una mejor calidad y producción de cerveza artesanal.

Los tiempos de cada aplicación varía dependiendo de la receta a elaborar, se pueden agregar varias recetas en el sistema siendo almacenadas y configuradas para su respectiva elaboración.

1.6 METODOLOGÍA

Tipos de Investigación

Este proyecto requiere de la utilización de los siguientes tipos de investigación detalladas a continuación:

INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Consiste en la exploración en los diferentes tipos de los elementos a utilizar en la propuesta tecnológica, estudiarlos y tomar la decisión de escoger el elemento mayor conveniente para la implementación garantizando un buen proyecto.

INVESTIGACIÓN DIAGNOSTICA

Se emplean dispositivos equipos electrónicos, donde se realizan las respectivas pruebas del sistema de control automatizado para proceso de cocción y Whirlpool de la cerveza artesanal, realizando un diagnóstico de errores, donde se procede a su corrección hasta verificar su buen funcionamiento, obteniendo así optimizar el sistema y elevando directamente su nivel de confiabilidad y calidad del proceso.

A continuación, se describirá detalladamente las etapas para el diseño e implementación aplicadas al sistema de cocción de mosto, agregado de lúpulo y efecto Whirlpool dirigido a la elaboración de cerveza artesanal.

FASE 1

La implementación del prototipo del sistema automatizado se realiza a través de la recopilación y análisis de las características técnicas de cada elemento como el sistema de encendido de llama para el proceso de cocción, es accionada por un servo motor conectada a la válvula del quemador industrial. Como también el sistema de llenado de tanque y accionamiento del Whirlpool realizados a través de electroválvulas y bombas magnéticas controladas con el PLC s7-1200.

FASE 2

Contando con los conocimientos adquiridos durante la formación académica e información recopilada desde fuentes confiables para el uso de los diferentes dispositivos electrónicos a utilizados. Se realizan respectivas las conexiones eléctricas generales del sistema como del PLC hacia los actuadores y transmisores

de datos como los sensores de nivel y de temperatura, luego realizar la fase de programación para leer los valores de los sensores y coordinar la secuencia del encendido de los procesos y en control del servomotor.

FASE 3

Se procede con el diseño e implementación de un servomotor que permitirá regular de forma automática la llave instalada en el quemador a gas para así controlar su intensidad y controlar la temperatura de cocción de mosto requerido dentro de los parámetros por la receta, comunicando su controlador MD 430 CNC para accionar el servo motor correspondiente junto al controlador PLC y su comunicación a la pantalla HMI y monitorear su encendido y accionamiento. Como también el accionamiento de las electroválvulas y bombas para los procesos de llenado, recirculado y acción de Whirlpool dentro que es el proceso propuesto en este proyecto de titulación.

FASE 4

Una vez obtenidos los resultados se realiza un proceso de análisis y comparación con los objetivos y resultados esperados planteados en el proyecto, verificar que el sistema funcione de manera óptima tomando en cuenta que se puede hacer correcciones y modificaciones del sistema al implementar.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO CONTEXTUAL

La expansión de elaboración de la cerveza artesanal ha aumentado a nivel nacional de manera progresiva en los últimos años. Actualmente los consumidores de cerveza buscan deleitarse con nuevos sabores y tipos para esta bebida refrescante. En el Ecuador existen diversas plantas de elaboración de cerveza artesanal tanto como en la región costa, sierra y amazonia todas ellas realizan sus procesos de forma manual o semiautomática para su consumo o mercadeo del producto.

La implementación del sistema de control automático, para monitorear y accionar los elementos requeridos al proceso de cocción de mosto de la cerveza artesanal utilizando tecnología que permita ejecutar los procesos buscando así aumentar su producción, optimizando su calidad y cumpliendo los requerimientos de la demanda del mismo producto ya que con los sistemas manuales que utilizan no se opera a la misma precisión.

Mediante la obtención de los valores de los sensores de nivel se puede determinar el nivel de mosto que está dentro de la olla lista para su cocción y con el sensor de temperatura se determina el valor con que se está realizando su cocción, se puede monitorear a través de una pantalla HMI comunicada al controlador lógico programable donde se accionará las bombas y electroválvulas para la circulación del mosto a procesar. Además, que es necesario realizar una revisión de los fundamentos teóricos y funcionales de la materia prima a utilizar para la elaboración del proyecto, debido que se puede saber la reacción química de los componentes para su mejor utilización sin desperdicio alguno de ellos.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se realiza un análisis bibliográfico de los conceptos principales de los elementos como controladores, sensores, interfaces de conexión y control, actuadores y material prima necesaria entre otros temas referentes a utilizar para la implementación del proyecto.

2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMA

Para la elaboración de un sistema automatizado se debe tomar muy en cuenta en análisis de parámetros e información referentes a los tipos de variables utilizadas dentro del sistema declaradas como entradas y salidas para tener el control del proceso, aplicadas en el sistema de cocción de mosto es necesario tomar en cuenta el valor de temperatura y niveles del recipiente en la que se aplica el proceso, estos datos serán transmitidos por sensores hacia el controlador teniendo una lectura en tiempo real. Cada receta de elaboración contiene su parámetros o variables a trabajar como tiempo y temperaturas para su cocción, tiempos de aplicación de Whirlpool y tiempo de agregado de lúpulo. De todo esto depende su calidad, aroma y sabor de la cerveza caso contrario al no tomar en cuenta se obtendría una cerveza poco deseada para el consumidor.

2.2.2 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

El sistema de control automático de procesos es una de las disciplinas que se ha perfeccionado a una velocidad gradual, dando base a lo que hoy en día es denominado como la segunda revolución industrial. El uso primordial de las metodologías del control automático de procesos posee como principio la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control estudiadas y aplicadas en el ambiente industrial.

Su estudio y aplicación ha contribuido al reconocimiento de cada uno de sus ventajas beneficios agrupados al ámbito industrial, debido a que es el lugar donde mantiene una de sus principales aplicaciones correspondientes a la necesidad de controlar un sin número de variables, adicionando la progresiva complejidad de los sistemas. Este sistema de control automático es usado primordialmente porque

aumenta la calidad y volúmenes de producción de una planta industrial entre otros beneficios asociados con su aplicación.

En el momento de suprimir los errores y de aumentar los parámetros de seguridad de los procesos forma parte de contribuir con el buen uso y aplicación de la técnica de control. Es importante destacar que anteriormente en una aplicación las técnicas de control automático aplicadas a la industria, el hombre era quien aplicaba sus capacidades o conocimientos de cálculo o e incluso contribuía con fuerza física para la ejecución del control de un proceso o sistema asociada a la producción. En la actualidad, debido al aumentado desarrollo y aplicación de los sistemas de control, se puede ejecutar un sin número de tareas y cálculos que van de la mano con la manipulación de variables controladas a través de computadoras, controladores y accionamientos especializados para obtener los resultados requeridos por el sistema [8].

Tipos de sistemas de control automático

Existen 2 tipos de sistema de control más comunes que son los sistemas de control a lazo abierto y los sistemas de control de lazo cerrado.

Sistema de control automatizado de lazo abierto

Este sistema es aquel que conlleva un control en el que la salida no es afectada por la señal que involucra en la entrada. Es decir, no es realimentada para luego ser comparada con la entrada.

El sistema de lazo abierto es conformado por elementos la cual están dividido en dos partes que son el controlador y el proceso controlado (ver Figura 1) [9].

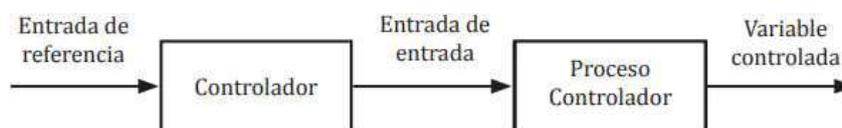


Figura 1 Sistema de control lazo abierto. tomado de libro “sistemas automáticos de control”

Sistema de control automatizado de lazo cerrado

El sistema de control automático de lazo cerrado es el proceso donde el controlador se alimenta de una señal de error de desempeño, la cual nos muestra la diferencia

que existe entre la señal que ingresa y la señal que realimenta el sistema con el propósito de reducir el margen de error llevando a la salida del proceso un resultado esperado.

El sistema de lazo cerrado nos habla sobre una acción de control de realimentación que nos sirve para la reducir errores y optimizar el sistema (ver Figura 2) [10].

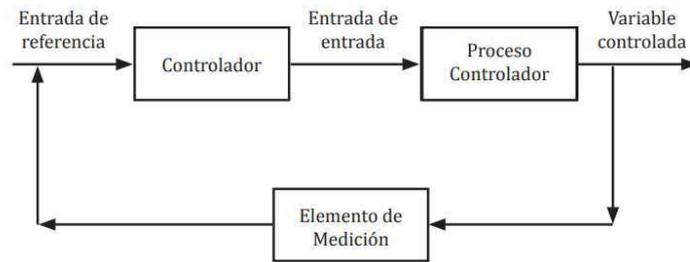


Figura 2 Sistema de control lazo cerrado. Tomado de libro "sistemas automáticos de control"

2.2.3 INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA (HMI)

La Interfaz Hombre Máquina (HMI) es la interfaz entre los procesos y operadores, básicamente un panel del operador. Es la herramienta principal con la cual los operadores y los supervisores de la línea coordinan y controlan los procesos industriales y de fabricación en la planta. Las HMI sirven para traducir las variables del proceso complejas en información útil y aprovechable.

Las Human Machine Interface (HMI) destinadas a las aplicaciones industriales se clasifican en dos grupos: supervisión de procesos basadas en monitoreo, control y adquisición de datos (SCADA), las de visualización y manejo a nivel de máquina basada en paneles que pueden ser móviles o estacionarias (ver Figura 3) [10].



Figura 3 Pantalla HMI. tomado de página web www.interchange.com

Se puede distinguir sobre este sistema la cuál se cuenta con dos tipos de configuraciones de la pantalla HMI:

Terminal de operador:

Este tipo de HMI consiste en el dispositivo que comúnmente es construido para ser utilizados en ambientes algo agresivos ya que estos sistemas solo pueden ser procesos o cálculos numéricos, alfanuméricos o tipos gráficos. Estos tipos de dispositivos además pueden ser sencillamente con pantalla sensible al tacto es decir pantalla táctil.

PC+ Software:

El dispositivo constituye con otra alternativa basada en una computadora en donde puede cargar un sistema operativo o software correspondiente a la aplicación. Con una PC se puede en diferentes ámbitos según sea requerida por el proyecto.

2.2.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

El protocolo de comunicación consiste en un sistema de normas o reglas que permiten que dos o más dispositivos o entidades de un sistema de comunicación se logren comunicar entre sí para que receptor y transmitir paquetes de información a través de cualquier tipo de alteración de una magnitud física. Los sistemas de protocolos de comunicación han venido evolucionando a medida que la tecnología avanza, estos protocolos de comunicación contienen una particularidad de características capaces de responder a los requerimientos o necesidades de la intercomunicación en tiempo real [11] a continuación, se detallará los tipos de protocolos de comunicación:

Protocolo de comunicación PROFINET

Este protocolo se basa en el sistema Ethernet Industrial TCP/IP y a varios estándares de comunicación correspondientes al mundo TI. Profinet contiene características que destacan en Ethernet en tiempo real, ejecutándose de manera que los dispositivos que se encuentran en comunicación se establecen para obedecer las normas y procesamientos que se solicitan dentro de algún sistema, admitiendo también el acceso con el uso de cableado e interruptores para obtener una intercomunicación fácil, rápida y facilidad al ser manejada (ver Figura 4).

Profinet es resistente al uso de aplicaciones en sistemas modernos de automatización junto a varios dispositivos de actuación como son variadores de frecuencia para accionamientos de motores y bombas permitiendo ser controladas a través de una comunicación y su respectiva programación [12].

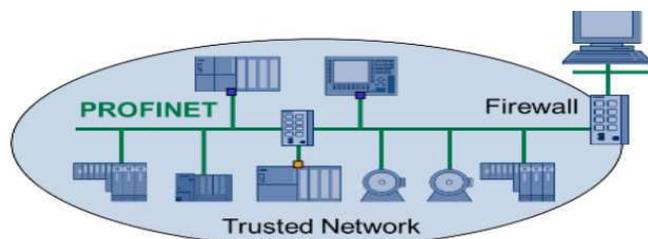


Figura 4 Protocolo PROFINET. Tomado de artículo “protocolo de comunicación industrial”.

Protocolo de comunicación MODBUS

Protocolo de comunicación basada en la arquitectura cliente/servidor o maestro/esclavo, elaborada para ejecutar procesos con controladores lógicos programables (PLC). Transformado a un protocolo de comunicación de factor industrial que permite la comunicación e interconexión de dispositivos industriales. El protocolo de comunicación MODBUS cuenta con 3 características principales la cual es calificada como el mejor protocolo de comunicación industrial que son:

- Su implementación es fácil y requiere de un corto desarrollo
- Es abierta es decir de fácil acceso para todo público
- Maneja bloques de datos sin restricciones

MODBUS permite el control donde en una red de dispositivos se pueda comunicar transmitiendo resultados a un centro de control u ordenador como la adquisición de datos de sensores de temperatura [13].

El protocolo MODBUS cuenta como 2 versiones:

- Puerto Ethernet.
- Puerto Serie.
 - American Standard Code for information interchange. (ASCII)
 - Remote Terminal Unit (RTU)

MODBUS TCP

La ejecución o implementación de este protocolo en un sistema de conexión en redes Ethernet permite una mayor eficiencia de conectividad. Establece transmisiones mediante paquetes TCP/IP, cotando con una estructura parecida a la de versión RTU, de esa forma poder emplear mediante conexión a internet, dando lugar a un control de acceso remoto.

TCP/IP define al sistema como protocolo de internet, protocolo de acceso al control de transmisión que proporciona al medio de transmisión para la mensajería MODBUS TCP, es decir que permite a los segmentos de datos binarios se son intercambiados mediante los ordenadores.

MODBUS TCP utiliza esta versión para transportar los datos de la estructura de mensajería MODBUS entre dispositivos compatibles, combinando la red física con un estándar de red, que vendría a ser un método estándar de representación de datos. Es decir, MODBUS TCP es generalmente una comunicación MODBUS encapsulada en una envoltura de ethernet [14].

A continuación, se muestra la estructura del encapsulado de datos mediante el protocolo MODBUS (ver Figura 5).

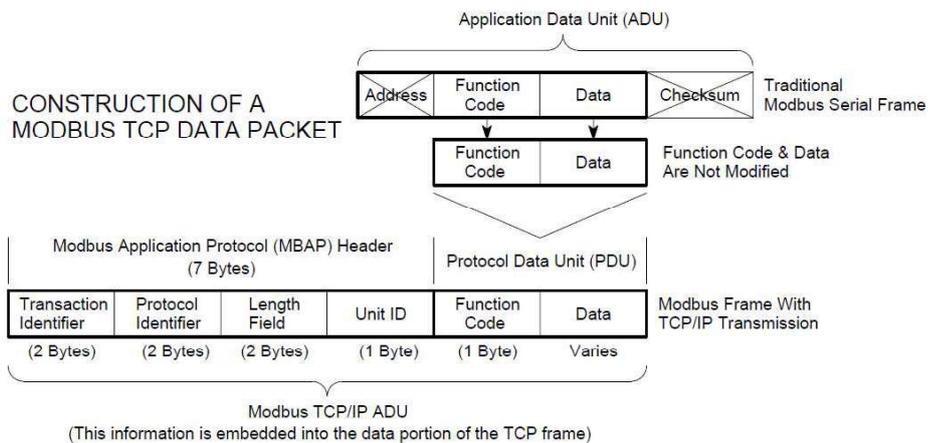


Figura 5 Estructura de encapsulado de datos con protocolo MODBUS TCP. tomado de libro "introduction to MODBUS TCP/IP"

MODBUS RTU / ASCII

Actualmente este protocolo es usado para la implementación de sistemas domóticos y control de procesos.

El modo MODBUS RTU es la implementación más común ya que utiliza codificación binaria para la verificación de errores CRC en los paquetes de transmisión. Los paquetes o mensajes ASCII son estos un poco más legibles debido a que usan caracteres ASCII y estos son menos eficientes en el momento de la comprobación de errores ya que utilizan la comprobación LRC menos efectiva. El modo ASCII usa caracteres de su misma categoría en el inicio y final de su transmisión mientras que el modo RTU usa diversos espacios de tiempo (3.5 veces) de silencio para identificar el nivel de error y enmarcar el mensaje.

Los dos modos de MODBUS son compatibles en donde cualquier dispositivo configurado con algún modo de MODBUS podrá ser configurado y obtener comunicación con un dispositivo configurado con el otro modo [15].

2.2.5 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Es una computadora o dispositivo electrónico diseñado especialmente para la operación en la ingeniería automática o automatización industrial, ejecutar procesos electromecánicos, como por ejemplo el control de una maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Es un equipo electrónico que permite controlar en tiempo real los procesos en su mayoría industriales, que tenga previamente programados en su memoria interna (ver Figura 6). Trabaja con una serie de lenguajes de programación tales como: escalera (“ladder”), listado de instrucciones (mnemónicos), diagramas lógicos y lenguajes de alto nivel (Grafcet, leng. de programación).

Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real donde los resultados obtenidos en sus salidas deben ser producidas mediante a las condiciones establecidas a través de una entrada mediante un tiempo limitado, que por lo contrario no producirá el resultado esperado [16].



Figura 6 Ejemplos de PLC compactos distintos fabricantes tomado de artículo "ingeniería de sistemas industriales "

El PLC como controlador es generalmente un computador que se compone de una estructura interna comúnmente a los dispositivos de este tipo que posee entradas y salidas, unidad central de proceso (CPU) y una memoria de almacenamiento y procesamientos (ver Figura 7).

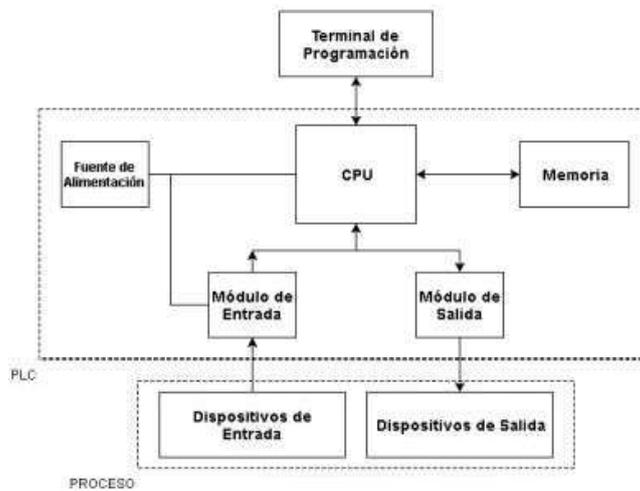


Figura 7 Estructura general de PLC. tomado de sitio web siemens

2.2.6 PROGRAMACIÓN LADDER

Es el tipo de lenguaje más común para la programación de un PLC, los diagramas de escaleras son esquemas son utilizadas para la representación lógica de un control de sistemas industriales. Es llamado programación escalera debido a sus diagramas que se asemejan a una escalera como utilizando dos rieles de alimentación de forma vertical y escalones como forma horizontal (ver Figura 8). Cuenta con conexiones gráficas con variables de tipo booleano en comparación de los controladores antiguos que utilizan de tipo relé.

Las principales características de la programación Ladder son las siguientes:

- Las instrucciones o valores de entrada se ingresan en la parte izquierda y las instrucciones de salida serán ubicadas en la parte derecha como se muestra en la Figura 20.
- Cuenta con carriles de alimentación que son suministros de energía como para L1 y L2 hacia los circuitos que requieran corriente alterna de 24V y tierra para los circuitos de corriente continua.
- El procesador dentro de su programación explora segmentos de la escalera de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

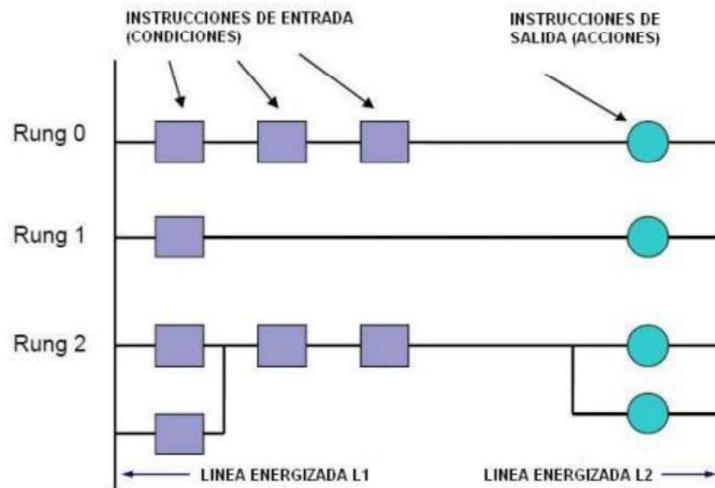


Figura 8 Descripción lógica Ladder. tomado de PDF programación Ladder. www.programaciónladder.com

Las instrucciones de entrada son consideradas como las condiciones con que cuenta el circuito para tomar la decisión de conducir o no corriente mediante sus puertos desde una línea a otra. Las condiciones se conducen comúnmente de forma como contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos donde se interpretan las señales de alto y bajo de interruptores y sensores.

Esto quiere decir que si las condiciones son ciertas la corriente se conduce hacia las instrucciones de salida la cual provoca una acción en el dispositivo conectado en su puerto de salida como accionamiento a un motor o energizar una lampara [17].

2.2.7 sensores temperatura

Un sensor de temperatura prototipo constituido por un sistema que detecta la variación de la temperatura sea en el aire, agua y transforma su variación en una señal eléctrica transportando esta señal a un dispositivo electrónico. Esta señal abarca cambios determinados en un sistema electrónico para poder regular la temperatura y ser utilizada para la aplicación requerida por el usuario.

También es llamado como una sonda de temperatura, ese dispositivo se compone principalmente de 3 elementos para su funcionamiento y transmisión de datos como son: alimentación, tierra y datos [18].

Una vez conectado a un dispositivo electrónico se podrá recibir el valor de temperatura.

Existen varios tipos de sensores de temperatura dependiendo del funcionamiento y de la forma en la que se va a transformar la señal enviada por el sensor de temperatura. Principalmente, se encuentran 3 categorías como son: termopares, termistores y RTD.

Sensores termopares

Este tipo de sensor es el ms utilizado en los sistemas de medición de temperatura. Son económicos y de fácil instalación conservando una precisión de ajuste a distintos procesos. Su desventaja de este tipo de sensor es que en su respuesta al envío de señal sea algo lenta comparada con otro tipo de sensor.

El funcionamiento de este sensor cuenta con dos hilos metálicos de diferentes materiales que se encuentran unidos por un extremo, en donde es conocida como la junta de medición y cuenta con otro extremo en donde le llaman junta fría.

Sensores RTD (resistance-temperature-detector)

El sensor RTD su funcionamiento es basado en la resistencia a valor de temperatura del material del que está constituido. se estructura básicamente con la composición de un alambre bien enrollado con un núcleo de vidrio o un material cerámico a su alrededor.

Este tipo de sensores son fabricados especialmente para la medición de temperatura en entornos industriales, ya que se caracterizan por su gran inmunidad al ruido eléctrico. los principales materiales con los que son construidos son el platino, molibdeno, cobre y níquel [18].

Sensores Termistores (compuestos de semiconductores)

Es el tipo de sensor que destaca por su funcionamiento a diferencia de los demás tipos de sensores de temperatura. Ya que está compuestos de materiales expuestos a la conductividad cuya resistencia a la temperatura varía dependiendo de los grados de la misma. Los electrodos en su interior detectan calor, midiéndolo por sus impulsos eléctricos [18].

2.2.8 SENSORES DE NIVEL

Es un dispositivo electrónico que permite medir la altura de un material, como es generalmente líquido ubicado dentro de un tanque o recipiente. Es usada principalmente para el control en procesos de industrias, los sensores de nivel se clasifican en dos tipos de sensores generalmente. Uno de ellos es el sensor de nivel de punto que es utilizado para marcar una altura de algún líquido en un determinado nivel especificado en su proceso.

Este tipo de sensor funciona como tipo alarma, indicando un nivel de llenado de la sustancia adquirida o al contrario como un nivel bajo es decir un tanque vacío, generando una señal digital como on/off dependiendo de la ubicación dentro del tanque.

Los sensores de nivel continuos son mucho más sofisticados ya que son capaces de realizar seguimiento del nivel de todo el sistema ya que miden el nivel del flujo que se encuentra dentro el rango establecido a diferencia de indicar un solo punto produciendo estos una señal analógica que relaciona directamente con el nivel del tanque o recipiente utilizado por el sistema [19].

2.2.9 BOMBA MAGNÉTICA

Una bomba magnética es un dispositivo en la cual la potencia de su motor es transmitida al impulso de la bomba a través de fuerzas magnéticas. Este sistema es provocado por la implementación de juegos de imanes permanentes, como se muestra en la Figura 7, ya que uno de sus imanes rota con el eje del motor llamado imán conductor, mientras el otro imán denominado como conducido producen el impulso de la bomba (ver Figura 9).

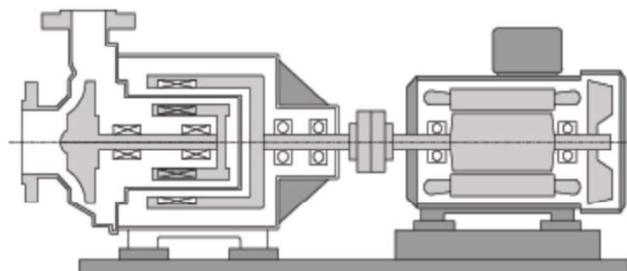


Figura 9 Acople de imanes para bomba magnética. tomado libro “bombas de acople magnetico”- drotec

Por lo tanto, las bombas magnéticas carecen de sellos mecánicos ni empaquetadura. En estos equipos solo poseen conexiones de succión y descarga, por lo que la caracteriza como hermética por su diseño, no poseen perdidas ni emisiones. Este tipo de dispositivos son aplicados industrialmente debido a su sistema magnético para transportar elementos como ácidos, hidrocarburos, líquidos agresivos entre otros elementos [20].

2.2.10 SERVOMOTOR- MOTOR PASO A PASO

Un servo motor es un dispositivo electrónico cuya característica es un accionamiento para el control de precisión de velocidad y posición. Se caracteriza por un mejor desempeño y precisión frente a accionamientos a través de transformadores de frecuencia debido a que estos carecen de control de posición y resultando ser pocos efectivos en su velocidad (ver Figura 10).

Este dispositivo es quien contiene en su estructura interior un Encoder llamado también codificador. Que transforma el movimiento mecánico a pulsos digitales la cuál son interpretados por un controlador de movimiento. Corrigiendo la posición, siendo el caso que esté incorrecta. De esta manera repara en tiempo real los errores de posición obteniendo una mejor precisión del sistema [21].



Figura 10 Servomotor. tomado de libro “maquinas eléctricas”

2.2.11 QUEMADORES

Son dispositivos la cuál permiten contribuir con la realización de la reacción de combustión entre un combustible y el comburente de forma controlada y regulada de esta manera se asegura con la aportación adecuada de ambos elementos para conseguir la potencia calorífica requerida, logrando distribuir la llama o zona de

reacción y la circulación de los elementos de combustión de modo que se transfiera a la carga respectiva siendo así más eficiente en la producción del calor.

Los quemadores son artefactos que permiten encender una llama por lo tanto producir calor para calefaccionar. En caso que exista el motivo de bloqueo o deje de funcionar el quemador o algún otro motivo, la capacidad de calor disminuirá por lo tanto su eficiencia reducirá proporcionalmente [22].

Dentro de las clases de quemadores se cuenta con dos versiones que se describen a continuación:

Modulante: como su nombre lo indica, es caracterizado por el simple hecho de que permite la graduación o modulación de la potencia a través de un sistema electrónico o manualmente, de esta manera se puede adaptar el quemador a la necesidad del usuario.

De etapas: este tipo de quemador se identifica debido a que cuenta con la posibilidad de provocar que la llama adquiera distintos tamaños en su encendido, lo que significa que permitirá un diferente paso de combustible. Generalmente cuenta con tres estados (alto-medio-bajo) [22].

2.2.12 CILINDRO DE GAS DOMÉSTICO

Recipiente diseñado para el sistema de distribución de gas licuado de petróleo, la cual está compuesto por butano o propano. La proporción entre los gases varía según el petróleo de origen, generando una cifra de porcentaje entre 40% de butano y 60% de propano. El combustible almacenado dentro del tanque se mantiene de forma líquida y a medida de su uso se va evaporando dentro del propio recipiente, manteniendo de esta manera una presión considerable a medida de regulación de su salida. La equivalencia calórica depende del tipo de tanque en el que se almacena [23].

2.2.13 ELECTROVÁLVULA FLUIDO

Conocidas generalmente como válvulas de solenoide, estos son unos dispositivos de operación electrónicamente utilizados para el control y la transportación del flujo de gases o líquidos. Estos equipos son utilizados en ocasiones que exigen control

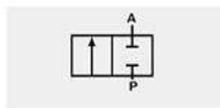
remoto de fluidos y de otros medios. Existen varios tipos de válvulas de solenoide, pero comúnmente las válvulas de dos vías son las utilizadas [24].

El funcionamiento de las válvulas más comunes como las de dos vías son de forma que existen una entrada y una salida donde el dispositivo cuenta prácticamente con dos estados de operación. Como es una operación la de normalmente cerrado (NC), donde la bobina que se encuentra en su interior es desactivada para bloquear el paso del fluido y es activada para permitir el paso de la misma y circule normalmente. Luego cuenta con la operación normalmente abierto (NO) en la que el líquido fluye con normalidad cuando se desactiva la bobina y se interrumpe la circulación cuando se energiza la bobina [25].

Función del circuito

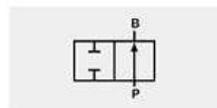
Estos dispositivos cuentan con un sistema de circuito en su interior quien acciona electrónicamente la bobina como es el cierre y apertura para el paso de fluido, si todos los puertos de la válvula se cierran en una posición sin energizado, cuando se corta la alimentación de la electroválvula este dispositivo volverá a su estado original, sea normalmente abierto o normalmente cerrado. continuación se muestra los estados de la función de los circuitos (ver Figura 11).

Circuito Función A



Válvula 2/2, de dos vías, dos posiciones; normalmente cerrada.

Circuito Función B



Válvula 2/2, de dos vías, dos posiciones; normalmente abierta.

Figura 11 Funciones de circuito en una electroválvula. Tomado de libro "mecanismos operación electroválvulas"

2.2.14 SISTEMA DE PANELES DE CONTROL

El panel de control es un dispositivo la cual su desempeño es muy importante en el entorno de manufactura en la actualidad. Al ser muy utilizados y esenciales para los sistemas de control y de automatización. Utilizado también para sobreproteger los sistemas de conexiones eléctricas entre los componentes a utilizar (ver Figura 12).



Figura 12 Tablero de control sistema automatizado. tomado de libro “control y automatismo”

Un sistema de panel de control puede contar con muchas funciones y varía en el peso y tamaño dependiendo de la aplicación que sea requerida ya que dentro de ella se puede realizar conexiones entre dispositivos sostenidos por un riel metálico, barras conectoras entre otros elementos útiles en una aplicación industrial o electrónica [26].

2.2.15 MATERIA PRIMA

Materia prima es considerado como aquellos elementos extraídos directamente desde la naturaleza, previamente en estado puro para ser transformado o procesado industrialmente, posteriores a su consumo como los elementos listados a continuación.

2.2.15.1 MALTA

La malta es una de los elementos principales para la elaboración de cerveza. Existen varios tipos de malta, la cual se puede elaborar con la mezcla de estos tipos o con un solo tipo de malta. Proporciona los azúcares que serán fermentado a través de la levadura, otorgando también el color a la cerveza junto a su sabor y aroma para la cerveza. Cuenta con proteínas donde esta característica le da forma a la espuma, es decir es quien la produce mientras que sus minerales contribuyen al desarrollo de la levadura que es necesaria para su elaboración (ver Figura 13) [27].



Figura 13 Tipos de Malta. Tomado de Tesis sobre procesos de cerveza autor Martin Colignon.

La malta está compuesta por granos de cereal, mayormente en cebada que pasado anteriormente por un proceso de malteado. Este proceso de malteado consiste en el control de la formación de los granos y secuencialmente su secado y horneado. El proceso activa las enzimas diastáticas, donde se encargan posteriormente a transformar los almidones de los granos en azúcares fermentables. De la misma manera el tiempo de la germinación y el rango de temperatura del secado son los factores que provocan el color y el aroma de la malta contribuyentes a proceso de elaboración de la cerveza [27].

2.2.15.2 LÚPULO

El lúpulo conocido mundialmente como *Humulus Lupulus* es una planta perteneciente a la familia de las Cannabáceas, donde también incluyen al cannabis. En la madurez de esta planta cuando su dimensión se encuentre entre los 5 a 8 metros de largo, su flor es la recolectada para pasar por una etapa de secado y así ser utilizada para el proceso de elaboración de la cerveza [28].

Este elemento se lo puede encontrar en el mercado (ver Figura 14), pero la mejor comercialización de producto es en forma de “pellets” en donde este nivel de lúpulo es rallado, comprimido y moldeado, de esta manera el lúpulo adquiere una forma parecida a la comida de conejos. El rallado descarta un porcentaje de material vegetativo, tanto así que permite el uso concentrado de la flor. El peso y su

compresión provocan que sea mucho más fácil su almacenamiento y reduzca su oxidación [29].



Figura 14 Flor de lúpulo. tomado de documento pdf “cerveza artesanal”

2.2.15.3 AGUA

El agua es uno de los elementos más importante en el proceso de elaboración de cerveza artesanal es la más utilizada ya que sin duda alguna su función aplica de gran cantidad para producir una optimización de sabor, aroma y color de la cerveza.

En la elaboración de cerveza es necesaria y suficiente trabajar con agua potable, quiere decir que no debe contener bacterias patógenas para que no existan inconveniente de salud debido a que es un producto para ingerir. Existen productores que cuentan con su propia fuente de agua tratada fisicoquímicamente para el proceso de elaboración logrando imitar a cualquier tipo de agua que sea factible y crear cerveza con características originales, permitiendo que se elabore la misma receta desde cualquier lugar [30].

El agua cuenta con ciertos minerales que son consideradas como:

- Calcio
- Hierro
- Magnesio
- Cloro
- Zinc

Existe otro parámetro justo y necesario tomar en cuenta como es el nivel de pH del agua a utilizar en sus procesos de elaboración. En el caso que el nivel no sea el requerido, no será óptimo para el proceso de maceración y su nivel de rendimiento

será bajo, por lo que reducirá su cantidad de litros de producción al final de los procesos. Para evitar este problema se puede aumentar el nivel de pH aplicando ácido fosfórico o cítrico [27].

2.2.15.4 LEVADURA

Elemento también utilizado para la elaboración de cerveza forma parte del Reino Fungi. Utilizado por millones de años hasta la actualidad, sirve para la conversión del mosto en cerveza verde como también para el horneado. Es caracterizada única entre todas las especies debido puede crecer y reproducirse con o sin la necesidad de oxigenación.

La levadura (ver Figura 15) es considerada como un microorganismo que se alimenta de los azúcares fermentables que surgen del mosto, generando como subproductos alcohol y dióxido de carbono bajo las condiciones de oxigenación. Cuando se inyecte oxígeno en el mosto, la levadura se aprovecha de ella consumiéndola para multiplicarse y producir cantidades de aguas pequeñas [31].



Figura 15 Levadura. tomado de libro “la levadura de cerveza” Alban Maggier

La reproducción de la levadura es de forma asexual es decir que carecen de contacto sexual por las vías de brotación o geminación, como también puede realizar su reproducción a través del uso de ascosporas y basidiósporas, esto dependerá de la especie de levadura específica. En la reproducción sexual la nueva progenie se procrea muy cerca de la levadura madre, este elemento se irá apartando una vez que adquiera cualidades necesarias para vivir independientemente, una vez logrado llegar a esta etapa es donde se la denomina como el nombre “yema” , existen situaciones cuando se desarrollan con pocos nutrientes las levaduras se

reproducen de manera sexual en forma de ascosporas, también existen cierto grupo de hongos que no terminan por completo su ciclo sexual y son llamadas como cándidas [32].

2.2.16 PROCESOS DE FABRICACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

La elaboración de cerveza está abarcada desde el tratado de la cebada hasta el embotellamiento del producto. El sistema planteado en la propuesta tecnológica aplica desde la maceración teniendo el agua tratada con subprocesos anteriores, continuando previamente con su cocción y aplicaciones adicionales, hasta el proceso de enfriado y trasvase a la fermentación.

A continuación, se dará más detalle de cada proceso mencionado anteriormente cada uno con sus subprocesos a realizar entendiendo de manera específica la lógica de control del sistema.

2.2.16.1 MACERACIÓN

En el proceso de maceración (ver Figura 16) es donde encontramos la formación del mosto que es una solución dulce, debido a los azúcares formados durante procesos anteriores como también se encuentran otros elementos como proteínas, dextrinas, aminoácidos y otros elementos disueltos en el agua.

Lo que se espera de esta etapa es hacer la transformación del almidón que contienen los granos en azúcares fermentables. Existe varios tipos de proceso de maceración la cuales se utilizan dependiendo del usuario a elaborar la cerveza como una de ellas es la denominada maceración simple en donde se llena la olla con el agua preparada con una temperatura dentro del rango de 62 y 72 °C. se debe tomar en cuenta este valor de temperatura ya que podría varias dependiendo de los elementos que se le vaya adicionar como es la malta [33].



Figura 16 Maceración. tomado de documento pdf “la maceración”

En esta sección del proceso de elaboración se realiza la mezcla de malta junto al agua preparada anteriormente por un periodo regulado mínimo de 1 hora. Aquí surge la formación de mosto debido a los almidones de la malta y sus componentes azúcares.

Se obtendrían varios resultados dependiendo de la temperatura debido a que las enzimas toman diferentes reacciones. Existen cinco tipos de rangos de temperaturas a utilizar para así evitar el paso que corresponde al descanso para romper los beta-glucanos siempre y cuando se utilice el cereal no malteado. A continuación, se detalla los cinco tipos de temperaturas.

1. **Pausa proteolítica:** durante el periodo de maceración, este proceso trata sobre la transformación de las moléculas grandes a compuestos pequeños para garantizar su uso. El proceso abarca muchísimo en lo que es la clarificación de mosto como también en el control de espuma y en una buena absorción de gas carbónico. El valor de temperatura de este proceso es aproximadamente de 52°C y su tiempo calculado va entre 5 y 20 minutos.
2. **Maceración entre 62°C-65°C:** obtiene como resultado un nivel de azúcares fermentables relativamente alto. Obtiene una cerveza con un cuerpo más ligero y seco proporcionalmente con menor dulce. Este proceso se mantiene su ejecución entre los 60 y 90 minutos.
3. **Maceración entre 66°C-69°C:** el nivel de azúcares fermentables es considerada normal a diferencia de los demás procesos. Su cuerpo es nivel

medio con un dulzón prácticamente normal. Conservando el tiempo del proceso anterior como es 60 y 90 minutos.

4. **Maceración entre 70°C-72°C:** produce un nivel de azúcares fermentables relativamente baja. Sus niveles de dulzón y cuerpo son altas manteniendo su tiempo relativo de 60 y 90 minutos.
5. **Mash out 75°C-78°C:** antes de finalizar el proceso total de maceración, es necesario aplicarle un alza de temperatura a unos 75°C y 78°C para así finalizar el proceso de enzimática dejando establecida su receta. El tiempo de este proceso final se mantiene durante 10 minutos [33].

2.2.16.2 COCCIÓN

El proceso de cocción es aplicado una vez después de la maceración, este proceso dura entre 60 a 120 minutos dependiendo de la receta a fabricar. El mosto entra a la fase de ebullición para seguir con la elaboración de la cerveza. Previamente durante este proceso se realiza la fase donde se añade cierta cantidad de lúpulos. En la cocción se puede añadir el lúpulo directamente sobre el mosto para después filtrar el elemento o también se puede añadir a través de recipientes de acero perforado o algún otro elemento como es un saco de tela (ver Figura 17), cualquiera de estos elementos es útiles para poder añadir el lúpulo y así asegurar que poco desecho caiga sobre el mosto [34].



Figura 17 Sistema y elementos para proceso de cocción de mosto. tomado de archivo pdf de elaboración de cerveza artesanal

Existen motivos principales la cual demuestra para que es necesario realizar este proceso y que se obtiene en la elaboración de cerveza artesanal [34]:

1. Obtener los componentes de aroma y amargor del lúpulo deseado.
2. Precipitar y condensar proteínas que no sean necesarias en el proceso.
3. Eliminar encimas para evitar que su efecto biológico siga afecte al mosto.
4. Esterilización del mosto.
5. Destruir las moléculas de dimelito de sulfuro.
6. Evaporación del agua, intensificación de color y acidificación del mosto.

Agregado de lúpulos

Como se conoce de este elemento que es una de las materias primas a utilizar para realizar cerveza. El lúpulo es quien genera varios efectos en el momento en el que el mosto está pasando por el proceso de cocción.

Uno de sus efectos y más principales es darle amargor a la cerveza, añadiendo la cantidad deseada por el usuario o la cantidad requerida, establecida en las recetas. Los momentos en las que se adiciona el lúpulo también depende de lo establecido en cada receta a elaborar que generalmente son casi al inicio del proceso de cocción.

Otro efecto que es para darle el sabor a la cerveza es el aroma que le da, correspondiendo a su aplicación será entre 15 y 20 minutos antes de finalizar la cocción.

Al final del hervido, con el fuego una vez apagado, se añade más lúpulo para que la cerveza adquiera aroma, si el elemento es agregado antes su aroma no surgiría efecto en ella.

El amargor que adquiere la cerveza es medido en IBU's (international bittering Units) lo que esto significaría que se podrá definir como los miligramos de ácidos alfa en un litro de determinada cerveza.

Una vez finalizada la cocción es necesario medir la densidad. Para así saber si el mosto ha recuperado los puntos requeridos y alcanzado la D.O (ver Figura 18).



Figura 18 Agregado de lúpulo en mosto en proceso de cocción. tomado de documento sitio web "cerveza de argentina"

Whirlpool

En el momento que finalice el proceso de cocción, es necesario realizar un subproceso provocando una especie de remolino para así conseguir que las partículas y residuos de mosto tiendan a acumularse en el centro de la olla, logrando así de esta manera que al momento de extraer el mosto salga mucho más limpio.

Para ejecutar este accionamiento y realizar el proceso de limpieza del mosto, este es bombeado del mismo tanque a una velocidad considerable para que a través de las tuberías se recircule arrojándose a través de las paredes del tanque, creando un flujo circular dentro de la olla y a medida que se va disminuyendo la velocidad provoca que los componentes o residuos sean separados del mosto colocándose en la parte inferior de la olla [35].

Existen otros tipos de técnicas para realizar la eliminación de los elementos residuales con la mínima pérdida de mosto que son permitidos dentro de los procesos de elaboración de cerveza como la combinación del caldero de cocción separada de la aplicación del remolino en otra olla (ver Figura 19).



Figura 19 Remolino creado durante Whirlpool. tomado de sitio web www.cerveza artesanal.com

2.2.16.3 ENFRIADO

Un proceso antes de la fermentación viene el enfriado eso es debido a que el mosto debe fermentarse en bajas temperaturas es por eso que se debe enfriar el mosto lo más rápido posible (ver Figura 20).

En el enfriado del mosto una vez terminado el proceso de cocción, el mosto puede ser sometido a dos etapas dependiendo a la receta a elaborar y también de la temperatura de inicial de la fermentación.

Primera etapa: se debe utilizar un enfriador a tomacorriente de 6 metros de largo. Cubierta interior de acero inoxidable y una manguera exterior. Cabe recalcar que la cubierta seria de menor circunferencia que la manguera. Circulando agua a una temperatura de 20-25°C se obtiene como resultado el enfriamiento de 35°C.

Segunda etapa: el mismo sistema utilizando los mismos recursos para el enfriamiento, se circula agua de -14 a 0°C para obtener un enfriamiento de hasta 8°C [36].

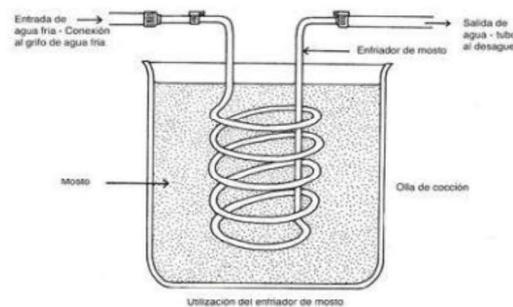


Figura 20 Sistema de enfriado a través de un serpentín. tomado de documento informe de tesis "diseño y puesta en marcha de una planta elaboradora de cerveza"

2.2.16.4 FERMENTACIÓN

Una vez que se obtiene el mosto totalmente enfriado de acuerdo a los requerimientos de la receta a elaborar, llega al proceso de fermentación donde se agrega la levadura quien se encarga de convertir el mosto en cerveza al hacer el efecto de inocular los azúcares que contiene, generando dióxido de carbono y el grado de alcohol que caracteriza a la cerveza [37].

La variación de la cantidad de levadura provocará una fuerte variación en su resultado final. Debido a que si la cantidad inicial de levadura es suficiente el proceso de fermentación se alargaría más de lo normal. Por otro lado, si se inserta un exceso de levadura en la siembra obtendría una competición por los nutrientes que contiene esta materia prima lo que podría ocasionar un mal sabor en la cerveza debido al desarrollo de la biomasa muy poca eficiente.

En el proceso de la fermentación se genera una fuerte cantidad de calor que puede provocar que el metabolismo de la levadura genere varios subprocesos que no se desean dentro de la fermentación como también provocar el riesgo de infección en el mosto [37].

2.2.16.5 MADURACIÓN

El objetivo de la maduración es convertir la cerveza verde que surge del proceso de fermentación a una cerveza de forma que apetezca su consumo. Al finalizar la fermentación se obtiene una cerveza ya contribuyente con sus características esperadas, pero aun contiene residuos de la levadura como también de los lúpulos agregados en los anteriores procesos.

Durante la maduración se mantiene la cerveza en sistema de reposo, a temperaturas no muy altas ni bajas, aproximadamente en el rango de 0 a 2°C con el objetivo de optimizar las condiciones organolépticas de la cerveza antes de ser sometida al proceso de embotellado y previamente a su consumo [38].

2.2.16.6 EMBOTELLADO

Para la finalización de los procesos de elaboración de cerveza se toma en cuenta el embotellamiento enviando directamente de la fermentación por vías hacia su recipiente respectivo. Previamente se realiza el proceso denominado priming que corresponde a darle alimento a la levadura para que provoque la salida de CO₂ extra a la que contiene la cerveza ya que sin eso sería una cerveza casi sin gas, prácticamente desbrevada (ver Figura 21).

Previamente obteniendo la cerveza totalmente embotellada. Tendrá una maduración que dura aproximadamente un mes, aunque por lo general desde ya se la considera lista para su consumo a partir de la primera semana. La cerveza para obtener sus componentes ideales es recomendable conservarla en un ambiente oscuro y fresco considerando una temperatura entre los 15-18°C [38].



Figura 21 Máquina de embotellamiento. tomado sitio web tienda cervecera

2.2.17 TUBERIA PVC

Tubería elaborada con polipropileno virgen, diseñado específicamente para el flujo de agua caliente, obteniendo un mejor rendimiento para soportar temperaturas hasta de 95°C y las conexiones son roscables la cual la hace 100% seguras con su fácil manejo y su fácil instalación, evitan fugas o filtraciones.

2.3 MARCO TEÓRICO

A continuación, se hace referencia a algunos proyectos de titulación y artículos previamente analizados y relacionados con la propuesta tecnológica presente, que sirvieron de orientación para la implementación de este proyecto.

“Automatización de proceso para la elaboración de cerveza artesanal”, proyecto de titulación de los estudiantes Martín Francisco Colignon y Gonzalo Ezequiel Roldán para la Universidad Tecnológica Nacional, este proyecto de titulación fue elaborado con el fin de garantizar la calidad y repetitividad de la elaboración de una cerveza, en control y el registro absoluto de las variables involucradas en el mencionado proceso, se diseñó e implementó un prototipo con sistema semiautomático para producir hasta 300 litros por lote. Este proyecto utiliza la programación mediante un PLC en donde se comunica con el usuario mediante una pantalla HMI, permitiendo elaborar recetas con diferentes tipos de malta y agregados, controlando

de forma automática el volumen de agua y accionamiento de bombas, electroválvulas, sensores de nivel y sensores de temperatura, resistencia eléctrica y quemador con chispa automática [39].

“Diseño e implementación de un sistema de automatización para una línea de producción de cerveza artesanal”, proyecto de obtención de título en la Escuela politécnica Nacional por María Terán trata del diseño un sistema automatizado mediante el control de un PLC. Donde se realiza un análisis del proceso de elaboración de cerveza, variables del sistema, parámetros a controlar y los rangos de operación, con el fin de establecer el sistema más óptimo para la necesidad de la propuesta. A partir de los análisis se diseña e implementa el sistema de control automático para los procesos de ebullición de agua, maceración cocción y enfriamiento, mediante el control de actuadores, control de sensores mediante un controlador como PLC. Además, se selecciona, se especifica y se realiza el montaje de los sensores en las distintas etapas del proceso de producción. Se verifica el correcto funcionamiento y se optimizan los parámetros de aquellos sistemas que lo requieran [40].

“Diseño e implementación de un sistema automatizado para mejorar el proceso de cocción de cerveza artesanal en la empresa cervecería gourmet”, en la universidad de las fuerzas armadas (ESPE), se diseñó e implemento este proyecto en el cual se realiza un análisis mecánico para diseñar un sistema de distribución de fluidos, el análisis de un sistema de distribución de fluidos, mediante un controlador lógico programable PLC Siemens S7-1200 se procesan las señales emitidas por los sensores y de esta manera se operan tres válvulas solenoide muelle neumática, una válvula de diafragma para controlar el ingreso de agua, el motor de una bomba hidráulica y el motor de un agitador. La información es enviada a una estación PC en la que diseño e implemento una interfaz hombre-maquina HMI para que los usuarios puedan manipular de forma más sencilla [41]

CAPÍTULO III

3.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA

Con la obtención de los datos conceptuales de los elementos necesarios para la implementación del proyecto, en esta sección se procede a realizar la comparativa y elección de los componentes para la implementación de la propuesta tecnológica detallando cada uno de los elementos físicos.

3.1.1 COMPONENTES FISICOS

Para la realizar el diseño e implementación del sistema de control automatizado en el proceso de cocción y Whirlpool de la cerveza artesanal es necesario emplear varios elementos eléctricos y electrónicos como también software para la programación del control que serán detallados a continuación:

3.1.1.1 PLC SIEMENS S7-1200

Siemens es una empresa con mayor fabricación en componentes electrónicos dirigidos para la industria, también para sectores energéticos, salud y de infraestructuras en una de esas poseen componentes como PLC en varias versiones y modelos, la cual se realiza a continuación una Tabla comparativa como se muestra en la Tabla 1, enfocándonos en los parámetros técnicos y características eligiendo el modelo que cumpla con los requerimientos para llevar a cabo la elaboración de la propuesta (ver Tabla 1).

PLC SIEMENS

Modelos	PLC S7-1500	PLC S7-200	PLC S7-1200
			
Peso	2.1 kg	680 g	425 g
Dimensiones	36x24x12 cm	120x125x130 mm	90x100x75 mm
Memoria de datos	1MB	8 MB	2 MB
Voltaje de alimentación	120 V ~ 240 V AC	120 V ~ 240 V AC	120 V ~ 240 V AC
Entradas analógicas	5	24	2
Salidas analógicas	5	16	0
Entradas digitales	32	24	8
Salidas digitales	32	16	6

Tabla 1 Comparación modelos plc siemens. Tomado de datasheet cada dispositivo

El modelo escogido a utilizar para el proyecto es el plc S7-1200 (ver Figura 23), ya que es un dispositivo que ofrece una capacidad de controlar una gran cantidad de procesos conectados a varios dispositivos como actuadores, sensores en la tarea de automatización. Es un dispositivo capaz de controlar aplicaciones de cualquier tipo en el área industrial. Cuenta con un microprocesador incorporado, fuente de alimentación y circuitos que permiten su configuración de entradas de salidas tanto como analógicas y digitales.

Cuenta con la incorporación de puertos para diferentes tipos de comunicaciones como PROFINET en redes de RS485 o RS232 como también comunicación tipo MODBUS a través de la conexión de módulos externos, permitiendo a través de

ellos realizar sus configuraciones mediante software y comunicando dispositivos y recibir sus datos. Se describen características técnicas (ver Tabla 2) [42].



Figura 22 Controlador lógico programable SIMATIC S7-1200. tomado de página oficial SIEMENS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Modelo	CPU 1212C AC/DC/RELE
Referencia	6ES7212-1BE40-0XB0
Tensión de alimentación	120 - 240 V AC
Entradas digitales	8 entradas.
Salidas digitales	6 salidas; relé.
Entradas analógicas	2 entradas; 0-10V.
Dimensiones	90x100x75 mm
Interfaz	Profinet

Tabla 2 Características generales de plc siemens s7-1200. elaborado por autor

3.1.1.2 PANTALLA HMI DELTA MODELO DOP-B03E211

En la interacción HMI se requiere de la utilización de una pantalla para monitorear y controlar el proceso y funcionamiento de los dispositivos instalados en todo el sistema. Se requiere seleccionar una pantalla HMI que cumpla con las características necesarias para su implementación. Por esta razón se acude a la comparación de 3 pantallas (ver Tabla 3) y proceder a su selección.

Pantalla HMI			
Marcas	Delta	Omron	Weintek
Modelos	DOP-B03E211	NB3Q	MT8071iE1
			
Peso	264 g	310 g	600 g
Dimensiones	129x103x39 mm	103.8x129.8x52.8 mm	200.3x146.3x34 mm
Resolución del display	480x272	320x240	800x480
Tamaño de display	4.3 pulgadas	3.5 pulgadas	7 pulgadas
Memoria interna	128 MB	128 MB	128 MB
Temperatura de funcionamiento	-20~60 °C	0~50 °C	-20~60 °C
Humedad de funcionamiento	10~90 % RH	10~90 % RH	10~90 % RH
Voltaje de alimentación	24 V	24 V	24 V
Consumo de energía	2.64 W	5 W	2~4 W
USB Host	USB host Ver 1.1	USB host Ver 2.0	USB host Ver 2.0
USB Client	USB client Ver 2.0	USB client Ver 2.0	N/A
COM Port	COM 1=RS-232/RS-485	COM 1=RS-232/RS-485	COM 1=RS-232 COM 2=RS-485 2W/4W COM 3= RS-485 2W

Tabla 3 Comparación de pantallas HMI. elaborado por autor

La pantalla HMI de marca delta con su modelo DOP-B03E211 (ver Figura 24) cumpliendo las especificaciones necesarias para la implementación del sistema se opta por seleccionarla y utilizarla en el monitoreo y control del sistema mostrando de esta manera el funcionamiento de los dispositivos al momento de la cocción como también aplicaciones programadas y comandadas por el PLC. Se detallan las características técnicas de la pantalla seleccionada (ver Tabla 4).



Figura 23 Pantalla HMI delta modelo DOP-B03E211. tomado de sitio web del fabricante

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Delta
Modelo	DOP-B03E211
Peso	264 gramos
Dimensiones	129x103x39 mm
Longitud	129 mm
Profundidad	39 mm
Resolución del display	480x272 pixels
Tamaño de pantalla	95.04x53,85 mm
Tamaño de display	4.3 pulgadas
Color del display	Color

Tabla 4 Características técnicas de pantalla delta. tomado de datasheet

3.1.1.3 BOMBA MAGNÉTICA

Para el bombeo del líquido a procesar dentro del sistema se debe tomar en cuenta que es necesario una bomba magnética debido a que este tipo de dispositivo no mantiene contacto con algún otro tipo de líquido en su interior. Eso garantiza que no existirá cierta contaminación en el material a procesar. Existen diferentes tipos de bombas magnéticas la cual se opta por una comparación para determinar de una u otra manera la utilización de este dispositivo electrónico. muestra la comparación de 3 tipos de bombas (ver Tabla 5).

Bomba magnética			
Modelos	Ferrodax	Keg-King MKII	Happybuy
			
Peso	1.9 kg	1.72 kg	2 kg
Dimensiones	9.5x5.5x5.5 pulgadas	9.5x5.5x5.2 pulgadas	7.8x4x3 pulgadas
Capacidad máxima	19 litros/minuto	19 litros/minuto	19 litros/minuto
Voltaje	110~120 V	110~120 V	110~120 V
Frecuencia	60 Hz	50~60 Hz	60 Hz
Potencia	10 W	25 W	10 W
Velocidad	3000 rpm	3000 rpm	2800 rpm
Entrada/Salida	1/2 pulgada	1/2 pulgada	1/2 pulgada

Tabla 5 Comparación de bombas magnéticas. elaborado por autor

Para la implementación del sistema es seleccionada la bomba magnética de marca keg-king MKII (ver Figura 25), comúnmente utilizadas para este tipo de aplicaciones como es el procesamiento de cerveza, soportando temperaturas muy elevadas durante su funcionamiento, contando también con su sistema de seguridad para la filtración de aire o líquido que afecte directamente al mosto de la cerveza que se procesa. La bomba es utilizada para realizar el llenado de tanque y la

aplicación del recirculado denominado Whirlpool. (ver Tabla 6) se describen las características técnicas correspondientes a la bomba a utilizar.



Figura 24 Bomba magnética mkii. tomado de sitio web de la marca

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Fabricante	Keg-King
Marca	MKII
Peso	1.72 kilogramos
Dimensiones	9.5x5.5x5.2 pulgadas
Capacidad máxima	19 litros/minuto
Polos	2
Voltaje	110 ~120 V AC
Frecuencia	50~60 Hz
Potencia	25 W
Corriente	0.1 A
Velocidad	3000 rpm
Ciclo de trabajo	Continuo
Capacitor	1 μ F
Clase de aislamiento	B

Tabla 6 Características técnicas bomba magnética. elaborado por autor

3.1.1.4 ELECTROVÁLVULA SOLENOIDE 110V

Correspondiente a la existencia de diferentes tipos de electroválvulas de distintas marcas, es necesario tomar en cuenta una comparación de esos dispositivos para determinar el adecuado a la implementación del sistema cumpliendo las normas requeridas. (ver Tabla 7) se muestra la comparación de 3 electroválvulas.

Electroválvulas			
Marcas	MM	U. S. Solid	Bacoeng
Modelos	D232	USS2	2W-20
			
Peso	900 g	762 g	599 g
Presión	0~50 bar	0~7 bar	0~10 bar
Voltaje	110 V	220 V	110 V
Temperatura	-10~130 °C	-10~120 °C	-5~80 °C

Tabla 7 Comparación de electroválvulas solenoides. elaborador por autor

Una vez obtenida las características de cada dispositivo y realizada su comparación se determina con la utilización de la electroválvula solenoide de marca becoeng 2W-20 (ver Figura 26) ya que se cuenta con la facilidad de adquisición como es el precio y características necesarias para la implementación del sistema. Capaces de recibir la señal de accionamiento permitiendo el paso del líquido que se transmite a través de las tuberías, soportando temperaturas muy altas sin exponer el riesgo de ser afectadas en su funcionamiento. Este tipo de electroválvula cuenta con la configuración normalmente cerrados la cual se opta también como aplicarlas en el sistema de seguridad desconectando automáticamente su alimentación de voltaje para así bloquear las tuberías.



Figura 25 Electroválvula marca bacoeng. tomado tienda online Amazon

En la siguiente Tabla se detallan las características físicas y técnicas de la electroválvula marca bacoeng (ver Tabla 8).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Bacoeng
Modelo	2W-20
Peso	599 g
Presión	0 ~ 10 bar
Voltaje	110 V-AC
Temperatura	-5 ~ 80 °C
Medida	3/4 pulgada

Tabla 8 Características técnicas de electroválvula bacoeng. tomado de datasheet

3.1.1.5 MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES TIPO RELÉ SM 1222

El módulo de expansión de salidas digitales de tipo relé permite integrar y configurar varias conexiones para interactuar con más actuadores debido a que las salidas determinadas en el PLC no son suficientes. Este módulo permite el control desde el mismo controlador. se muestra la estructura física (ver Figura 27) del módulo acompañado de describiendo sus características técnicas para su respectivo uso (ver Tabla 9).



Figura 26 Módulo de expansión de salidas digitales SM1222. tomado sitio web siemens

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Modelo	SM 1222
Peso	190 g
Medidas	45x100x75 mm
Voltaje de alimentación máximo	28.8 V
Voltaje de alimentación mínimo	20.4 V
Corriente de entrada	140 mA
Número de salidas digitales	8
Voltaje de salida	24 V
Corriente de salida	0.5 A

Tabla 9 Características técnicas módulo de salidas. elaborado por autor

3.1.1.6 MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS

El módulo MODBUS es un dispositivo de colocación externa hacia el PLC que permite realizar la comunicación punto a punto mediante el interfaz RS-485 como estructura establecida como maestro-esclavo (RTU) o cliente-servidor (TCP/IP), se muestra la estructura física del módulo (ver Figura 28) seguida de la Tabla con sus características correspondientes (ver Tabla 10).



Figura 27 Módulo de comunicación MODBUS cm1241-rs485.tomado sitio web siemens

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Modelo	CPU 1241 RS422/485
Dimensiones	30x100x75 mm
Voltaje de alimentación	24 V
Corriente de entrada	220 mA
Numero de interfaces	1
Interfaz física	RS 422/485
Longitud máxima de cable	1000 m
Protocolo de comunicación	ACII/MODBUS/RTU

Tabla 10 Características técnicas módulo CM1241. tomado de datasheet sitio web siemens

3.1.1.7 SENSOR TEMPERATURA

Existen diferentes tipos de sensores de temperatura aplicadas en procesos de automatización donde se puede monitorear y controlar de la temperatura equivalente de la aplicación en la que se utiliza, uno de esos son los sensores de tipo RTD, quienes se caracterizan con contener en su interior una resistencia donde esta varía mediante su valor de temperatura aumenta o disminuye generando el dato necesario para el usuario o controlador. Se realiza una Tabla comparativa de los datos técnicos de diferentes sensores de temperaturas de este tipo y así determinar el dispositivo adecuado al sistema planteado (ver Tabla 11).

Modelos	Termocupla tipo k	Termopar PT100	SENSOR LM35
			
Rango de temperatura	0-400 °C	-50 a 400 °C	-55 a 150 °C
Tamaño de sonda	5 mm	0.5x10 cm	No contiene
Material externo	Plástico, metal, goma	Plástico, metal, goma	Plástico, metal

Tabla 11 Tabla comparativa de modelos y tipos de sensores de temperatura. elaborado por autor

Es necesario el monitoreo y el control del sistema automatizado del proceso de cocción del mosto, la cual el sensor de temperatura PT100 que contiene 3 hilos (ver Figura 29), mediante sus características técnicas en las aplicaciones de ámbito industrial. Este dispositivo es más preciso y soporta un gran rango de temperatura sin riesgo alguno de que se vea afectado durante su cocción. Los detalles técnicos del sensor se muestran en la siguiente Tabla (ver Tabla 12).



Figura 28 Sensor pt100 de tres hilos. tomado de sitio web aliexpress

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Material	platino
Tipo de sensor	termopar
Rango de temperatura	-50 a 400° C
resistencia	0 a 100 ohm

Tabla 12 Características técnicas de sensor de temperatura PT100. elaborado por autor

3.1.1.8 SENSOR NIVEL

Sensor de nivel es tratado como un switch o interruptor que mide la altura de un material en caso del sistema de cocción, mide el nivel del líquido del mosto dentro de la olla, dentro del proceso es configurado para realizar el inicio o paralización del llenado o recirculado del mosto dentro de la olla, mediante el accionamiento de las electroválvulas y bomba instaladas en el sistema. Existen diferentes tipos de sensores de niveles tanto como marca y modelo, se precede a realizar una comparación y determinar una el sensor a utilizar dentro del sistema propuesto (ver Tabla 13).

Marcas	Keenso	Eicos	electroCrea
Modelos	Keensotbq	La16m-40	Zp521
			
Peso	50 g	30 g	25 g
Voltaje de alimentación	110 VAC	110 VAC	50 VDC
Conexión	2 hilos	2 hilos	2 hilos
Presión de trabajo	1 Mpa	2 bar	10 Watts
Corriente de trabajo	0.5-1 A	0.1-05 A	0.5 A
Material	Acero inoxidable	poliacetal	Polímero
Temperatura de trabajo	0-120 °C	-10 a 100°C	0 a 100°C

Tabla 13 Tabla comparativa marca y modelo sensores de nivel. elaborado por autor

El sensor de la marca keenso (ver Figura 29) es el dispositivo a utilizar para la implementación del sistema debido a que su material es de acero inoxidable considerado para la elaboración de productos alimenticios evitando una contaminación de producto. Siendo un dispositivo fácil de configurar e instalar. En la siguiente Tabla se detallan las características técnicas del sensor (ver Tabla 14).



Figura 29 Sensor nivel de agua marca keenso. tomado de sitio on line amazon

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Peso	50 gramos
Material	Acero inoxidable
Voltaje de trabajo	0-110 VAC
Corriente de trabajo	0.5-1 A
Temperatura de trabajo	0-120° C
Conexión	2 terminales
Presión de trabajo	1 MPA
Potencia	10-50w
Presión de resistencia	5 MPA

Tabla 14 Características técnicas de sensor de nivel de agua marca keenso. tomado de datasheet

3.1.1.9 CONTROLADOR DE TEMPERATURA DELTA DTB4848

Para obtener el valor de temperatura en la que trabaja el proceso de cocción y tomar acciones sobre el sistema, se utiliza un controlador receptor y transmisor del valor de temperatura conectado al módulo de comunicación tipo MODBUS para su control mediante el PLC. Para elegir el controlador que corresponda a las propiedades del proceso se realiza comparación de distintos tipos de controladores (ver Tabla 15).

Marcas	Autonics	Omron	Delta
Modelos	TC4S-14R	E5CN	DTB4848
			
Peso	97 g	150 g	100 g
Dimensiones	48x48 mm	48x48 mm	48x48 mm
Modo de control	ON/OFF, PID control	ON/OFF, PID control	PID, ON/OFF, Manual
Temperatura ambiente	-10~50 °C	-10~55 °C	0~50 °C

Humedad ambiental	35~85 % RH	25~85 % RH	35~80 % RH
Tasa de muestreo	100 ms	250 ms	100 ms
Protocolo de comunicación	MODBUS	MODBUS	MODBUS, ASCII/RTU
Tipos de sensor	RTD, TC	Termocupla, RTD	Termocupla, RTD
Voltaje de alimentación	120 V ~ 240 V AC	120 V ~ 240 V AC	120 V ~ 240 V AC
Periodo de control	0.5~120 seg	0.5~99 seg	0.5~99 seg

Tabla 15 Tabla comparativa de controladores de temperatura. Elaborado por el autor

En la implementación de sistema automatizado del proceso de cocción se trabajará con el controlador de marca DELTA DTB4848 (ver Figura 30) a comparación con los demás controladores es que cuenta con la compatibilidad de conexión a sensores RTD y su respectiva comunicación RS-485, soportando el protocolo MODBUS y ASCII/RTU. Se podrá configurar la señal del sensor RTD PT100 que se va a utilizar, sensor que fue detallado anteriormente [43].



Figura 30 Controlador de temperatura marca delta dtb4848. tomado de catálogo delta de inselec

A continuación, se muestra las características técnicas y específicas del controlador DELTA DBT4848(ver Tabla 16).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tensión de voltaje	100-120 VAC, 50/60Hz
Consumo de energía	5VA max
Compatibilidad con sensores	Termopar: K,J,T,E,N,R,S,B,U,L TXX RTD PLATINA:PT100, JPT100
Escala de presentación	Escala total 0.1%
Métodos de control	PID, ON/OFF, manual
Tipos de salidas	Relé:250VAC,5A, SPDT Pulso de tensión: 14VDC; 40mA Corriente: DC 4-20mA
Comunicación	Digital RS-485,2.400-38.400bps
Protocolo de comunicación	MODBUS, formato ASCII/RTU

Tabla 16 Características técnicas controlador de temperatura dtb4848.tomado de datasheet

3.1.1.10 OPERADOR DE BOTON PULSADOR

Es un dispositivo de accionamiento generalmente al ser pulsado, permite el flujo de corriente hacia un controlador y se encuentra como una señal de entrada configurada como un accionamiento o arranque. Mientras se deje de presionar el botón este se vuelve en estado de reposo. Pueden ser contacto NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).

Este botón pulsador de tamaño de 22mm, material de plástico fácil de instalar (ver Figura 31) [44].



Figura 31 Botón operador tipo pulsador. tomado de sitio web grainger

3.1.1.11 LEDS INDICADORES

Luz piloto es una luz la cual permite indicar la existencia de una serie de condiciones normales dentro de un sistema o dispositivo sea en estado de funcionamiento o de apagado. Son dispositivos instalados en el tablero de control o alguna línea que se encuentra energizada, existen varios tipos y modelos donde el AP6M122A será utilizado en el sistema para indicar el funcionamiento del proceso (ver Figura 32).



Figura 32 Led indicador ap6m122a. tomado de página web idec tienda online
Contiene dentro de su estructura incorporado una resistencia limitada de corriente es decir que no necesita cambio y tampoco a ser afectado por una sobrecarga, estilo en miniatura para ahorro de espacio, lente plana. En la implementación del sistema automatizado se utilizan dos indicadores como es color verde y rojo. Verde indica el encendido del sistema y rojo indica que el sistema de emergencia fue activado e indica que la paralización del sistema por completo [45].

En la siguiente Figura y Tabla se especifica las dimensiones y demás características técnicas del dispositivo (ver Figura 33 y Tabla 17).

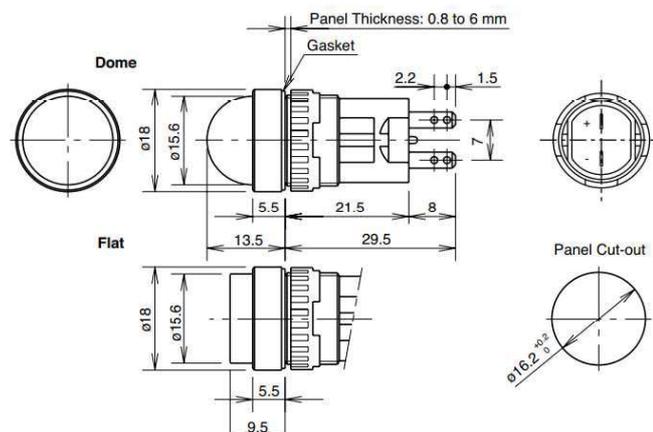


Figura 33 Esquema de dimensiones internas y externas del led indicador.
tomado de datasheet del dispositivo

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Voltaje operacional	24VDC
Corriente	11mA
Temperatura de funcionamiento	-20° a 55°C
Humedad de funcionamiento	45 a 85% HR
Terminal de soldadura	260°C

Tabla 17 Características técnicas led indicador. Tomado de datasheet

3.1.1.12 ARDUINO UNO (ATmega328P)

Arduino Uno es una placa electrónica basada al controlador ATmega328. Dispositivo cuenta con 14 pines configurables como entradas o salidas digitales, donde 6 de ellos contiene salidas PWM (modulación por ancho de pulso) y otros 6 pines como entradas analógicas. Su resonador cerámico de 16Mhz permite al dispositivo trabajar de una manera muy rápida, conexión USB (ver Figura 34) [46].



Figura 34 Placa arduino UNO. tomado de tienda oficial de arduino

En la siguiente Tabla se muestran las características técnicas de la placa Arduino UNO (ver Tabla 18).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje Salida	5V
Voltaje entrada	7-12 V
EEPROM	1 KB
SRAM	2 KB
Clock Speed	16 MHZ
Digital I/O	14 pines

Tabla 18 Características técnicas arduino uno. tomado de datasheet

3.1.1.13 MOTOR PASO A PASO 9KG/CM NEMA23

Los motores paso a paso son prototipos ideales y específicos para las aplicaciones donde es necesaria una fuerza y paralelo a ello una precisión en su funcionamiento la cual la empresa NEMA cuenta con los motores con diferentes cualidades la cual se vinculan para el tipo de aplicación en las que se va a utilizar. En el caso del proyecto en la que se propone mover de forma mecánica una válvula de quemador industrial. Se realiza una Tabla comparativa para determinar el dispositivo factible para la aplicación antes mencionada (ver Tabla 19).

MOTOR PASO A PASO NEMA			
Modelo	3.2 Kg/cm, Nema 17	14Kg/cm, Nema 23	9 Kg/cm, Nema 23
			
Peso	350 g	430g	700g
Dimensiones	42.3x48mm	56.4x76mm	56.4x56mm
Diámetro de eje	5mm	6.35 mm	6.00 mm
Longitud del eje	25mm	30mm	25mm
Paso de vueltas	200(1,8°/paso)	200(1,8°/paso)	200(1,8°/paso)
Tensión de voltaje	7.4V	8.4V	7.4V

Tabla 19 Comparación de motores paso a paso. Elaborado por autor

Motor paso a paso de 9kg/cm, Nema 23 ideal para la aplicación propuesta en el proyecto de titulación. Es un motor de sistema unipolar posee una fuerza de (9kg/cm), compuesto por un diámetro de eje 6mm y definida en formato NEMA 23. Cuenta también con 4 cables para conexión de control. Utilizando 2A por fase en la cual es compatible con el controlador que se menciona en la siguiente sección (ver Figura 35).

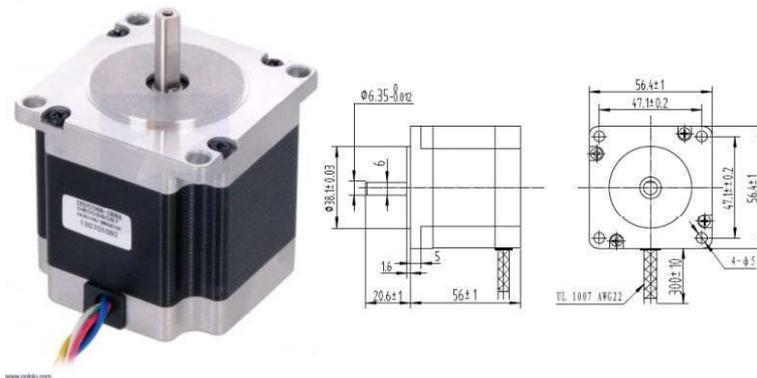


Figura 35 Motor paso a paso mena 23- diagrama de dimensiones. tomado de sitio web bricogeek

A continuación, se detalla las características principales y específicas del motor seleccionado para poder configurar y conectar obteniendo un correcto funcionamiento (ver Tabla 20).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Número de fases	2
Paso por vuelta	200
Ángulo de paso	1.8°
Tensión de voltaje	7.4v
Corriente	2A por fase
Resistencia	1.6 oHMios
Dimensiones	56.4x56.4x56mm
Peso	0.7 kg
Largo de cables	30cm

Tabla 20 Características técnicas motor paso a paso. tomado de datasheet del dispositivo

3.1.1.14 CONTROLADOR DIGITAL DE MOTOR PASO A PASO M430

Los controladores de motor paso a paso son dispositivos electrónicos que mediante señales digitales permiten el accionamiento del motor paso a paso bipolar de salida por bobina. Estos dispositivos manejan el control del motor como es velocidad y sentido del giro del motor con aspecto óptimo de precisión. En la siguiente Tabla

se muestra una comparación de diferentes controladores de motor paso a paso. Midiendo sus características se puede elegir el controlador más adecuado y accesible para el requerimiento del proyecto (ver Tabla 21).

CONTROLADORES MOTOR			
Modelo	MD340	A4988	TB6600
			
Peso	0.3 kg	100 g	200 g
Dimensiones	76.2x76.2x33 mm	55x47x5 mm	96x56x33mm
Voltaje de alimentación	12 V ~ 24 V DC	8V ~ 35V DC	3.3V ~ 24V DC
Tensión de corriente	0.5-3.5A	0.5-2A	0.5-5A
Temperature de funcionamiento	0-50°C	0-30°C	-10 a 45°C

TABLA 21 Comparación de controladores motor paso a paso. elaborador por autor

El controlador seleccionado es el MD430 (ver Figura 36), es un dispositivo posible de controlar un motor paso a paso digital bajo ruido. Permite también al usuario configurar cualquier subdivisión dentro de 16 bits y acceder valor del amperaje hasta de 3.5A para cumplir con la tarea requerida por la aplicación. Se caracteriza por contener bajo nivel de ruido y generación de calor, rendimiento estable, es un controlador específicamente para accionar un motor paso a paso, utilizado en el campo de la automatización y aplicaciones como máquinas de tallado, máquinas de corte y CNC.

Cuenta con una protección contra cortocircuito o conexión inversa, tiene una frecuencia de respuesta de impulso hasta de 100Khz (ver Tabla 22) [47].



Figura 36 Driver controlador motor md430. tomado sitio web amazon

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Modelo	MD430
PESO	0.3 kg
DIMENSIONES	3x3x1.3 pulgadas
TENSION DE VOLTAJE MÍNIMA	12V
TENSION DE VOLTAJE MAXIMA	24V
TENSION DE CORRIENTE	0.5-3.5 A
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	0-50 °C

Tabla 22 Características técnicas driver md430. tomado de datasheet

3.1.2 COMPONENTES LÓGICOS

A continuación de analiza y detalla cada tipo de software a utilizar para la implementación del proyecto donde permita diseñar, configurar, controlar y comunicación en entre dispositivos para su transmisión y recepción de datos.

3.1.2.1 TIA PORTAL V14

Es un software que permite la configuración y control de dispositivos electrónicos específicamente de marca SIEMENS, equipos destinados para el diseño e implementación de procesos industriales destinados al campo de la automatización. Tía portal (ver Figura 37), interactúa con diversos sistemas como interfaces abiertas que permitan comunicar los diferentes prototipos al utilizar para el accionamiento de una bomba o electroválvula como también la adquisición de datos de un sensor y un indicador [48]. Este software permite trabajar con tres tipos de lenguaje de programación como son:

- Lenguaje de escalera basado en un lenguaje gráfico
- Diagrama de funciones como lenguaje de símbolos gráficos booleanos.
- Control estructurado basado en texto con alto nivel

Para la estructura e implementación del proyecto y la programación del PLC S7-1200 se utilizó el lenguaje de programación tipo escalera.



Figura 37 Software tia portal v14. tomado de página web plc city

3.1.2.2 SKETCHUP PRO 2020

Es un software que permite diseñar de forma intuitiva ideas en 3D (ver Figura 38), es decir, realizar modelos como de arquitectura, diseños de paisajes, diseños mecánicos, entre otros.

Gracias a estos programas se puede comunicar con las ideas y plasmarlas en una base en tercera dimensión. La utilización de este software en este proyecto de titulación permitió en diseño de la estructura, olla de cocción a utilizar y el diseño

de conexión del flujo del mosto con sus elementos electrónicos que permitirán el paso y el bombeo de la misma (ver Figura 43,44,45,47).



Figura 38 Software sketchup pro 2020 para diseño de estructura y conexión. elaborado por autor

3.1.2.3 AUTOCAD 2018

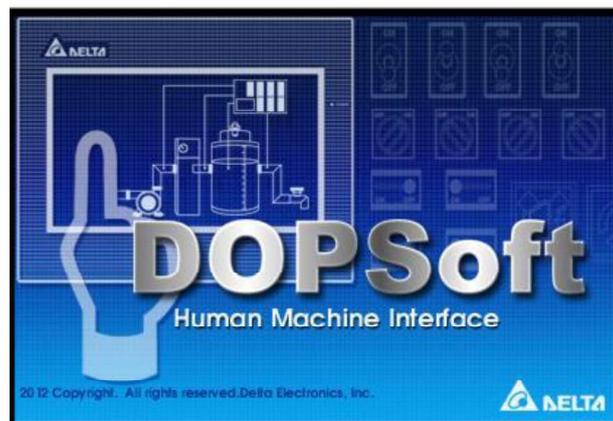
Es un software que permite el diseño de dibujos en 2D y modelados en 3D (ver Figura 39). desarrollado por la empresa Autodesk. El programa permite la visualización y creación de diseños tales como planos, elementos electrónicos y mecanismos de arquitectura e industria. su estructura se maneja a través de gráficas o comandos dentro de su interface. Una de las herramientas principales de este programa es que permite la transformación de diseños en documentos físicos a digital para ser modificados y personalizar su diseño. Este software se utilizó para el diseño de conexiones eléctricas y electrónicas de los elementos abarcados dentro de la propuesta del proyecto.



Figura 39 Software AutoCAD 2018 para diseño de plano eléctrico de los elementos. elaborado por autor

3.1.2.4 DOPSOFT

Es el software que permite entrar al mundo de la interacción de hombre máquina, perteneciente a la industria Delta (ver Figura 40). Mediante este programa se puede realizar diseño y configuración de las pantallas táctiles a utilizar para visualizar, controlar y monitorear el accionamiento de cada elemento electrónico a utilizar como también los datos enviados por cada sensor.



*Figura 40 Software dopsoft para diseño de interface hombre-maquina.
Elaborado por autor*

3.1.2.5 IDE ARDUINO

el software IDE de Arduino, es un aplicativo de código abierto que permite realizar un código en lenguaje de programación Java para cargarlo en la tarjeta Arduino a utilizar. Tiene compatibilidad con distintas ramas de sistemas operativos como Windows, Linux y Mac OS, además permite la transmisión y recepción de información o una trama de datos de manera fácil mediante el puerto serial a través de la interfaz propia de Arduino llamado “monitor serial” (ver Figura 41) [49].



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
motor_paso_a_paso
int PUL=7; //Pin para la señal de pulso
int DIR=6; //define Direction pin
int EN=5; //define Enable Pin
void setup() {
  pinMode (PUL, OUTPUT);
  pinMode (DIR, OUTPUT);
  pinMode (EN, OUTPUT);
  digitalWrite(EN,HIGH);
}
void loop() {
  digitalWrite(DIR,LOW);
  for (int i=0; i<1600; i++) //Forward 1600 steps
  {
    digitalWrite(PUL,HIGH);
    delayMicroseconds(400);
    digitalWrite(PUL,LOW);
  }
}
```

Figura 41 Screenshot de ide arduino version 1.8.5. elaborador por autor

Mediante el software Arduino se programó en el controlador ATmega328P de tal manera que realice la comunicación con el driver controlador y el accionamiento del motor paso a paso, requerido para la regulación de válvula de gas para el quemador.

3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA

Una vez declarada y contando con la descripción de cada elemento a utilizar se debe seguir con la etapa del desarrollo de cada diseño a implementar tanto como físicamente y digitales utilizando los diferentes tipos del software mencionados en la sección anterior.

3.2.1 DIAGRAMA DE RED DEL SISTEMA

El sistema de conexión del sistema se basa a través del protocolo de comunicación Profinet mediante conexión ethernet de diferentes dispositivos, realizando la asignación de dirección IP en los diferentes equipos configurables. La dirección de la red declarada es 192.168.1.0 y su máscara respectiva 255.255.255.000, se logra la conexión de los dispositivos entre sí (ver Figura 42).

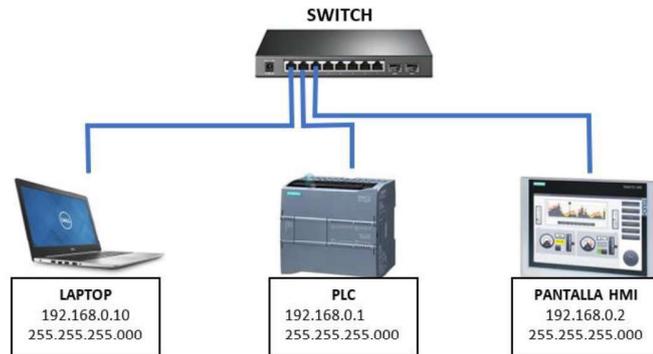


Figura 42 Conexión de dispositivos vinculados a la misma red local para ser comunicados entre ellos. elaborado por autor

3.2.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Uno de los principales requerimientos para realizar la implementación del sistema automatizado es su estructura de soporte de los demás elementos para mantener su ubicación estable. Esta estructura es construida con tubo rectangular galvanizado de media pulgada, se muestra detalladamente sus formas y sus dimensiones (ver Figura 43).

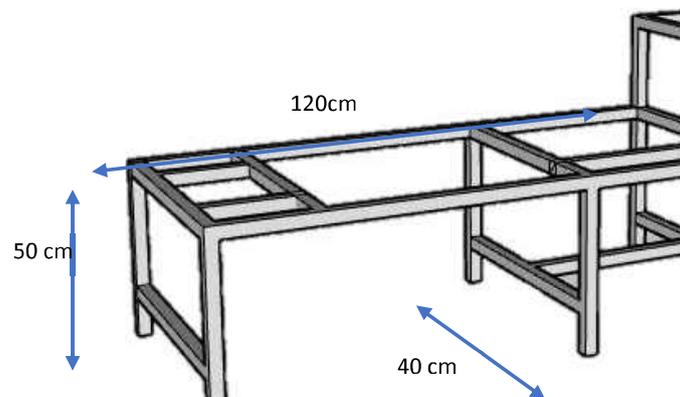


Figura 43 diseño de estructura base. elaborado por autor

3.2.3 DISEÑO OLLA COCCIÓN

Este diseño e implementación de la olla, la cual permite dentro de ella realizar todo el proceso de cocción y Whirlpool del mosto para la elaboración de cerveza artesanal. Elaborada a pase de acero inoxidable, cumpliendo las normas para el proceso de productos alimenticios. Se describe su forma y dimensión de la olla de cocción (ver Figura 44).

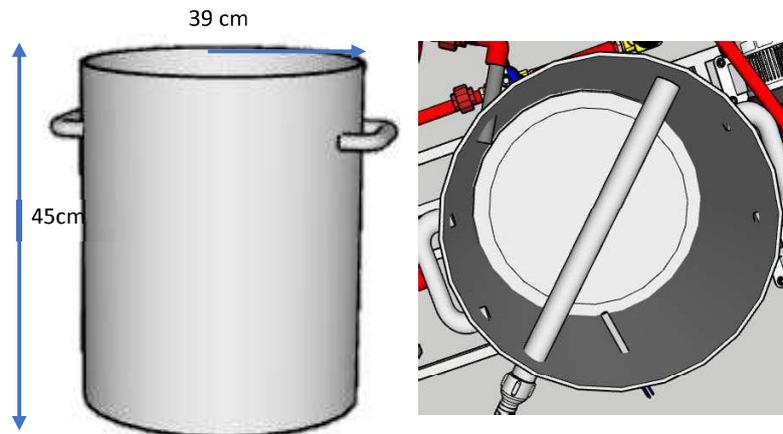


Figura 44 Diseño de la olla de cocción. elaborado por autor

3.2.4 DISEÑO DE CONEXIÓN DE FLUJO POR TUBERÍA

El diseño del sistema de fluido del mosto para sus respectivos procesos como también conexiones de las electroválvulas quienes permitirán o bloquearan el paso del líquido a procesar, son diseñados e implementados con material de tuvo PVC que soportan temperaturas altas para su mayor seguridad de conexión se les aplicó cinta teflón en sus conexiones de la misma dimensión del tuvo. Se muestra su diseño y conexión (ver Figura 45).

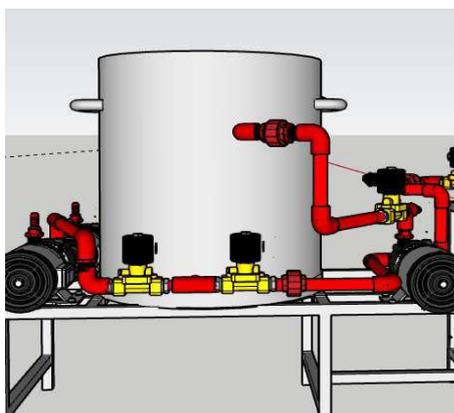


Figura 45 Diseño de la tubería y componentes conectados. elaborado por autor

3.2.5 DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA

El esquema y diseño de conexiones eléctricos de cada elemento electrónico propuestos y estudiado anteriormente para la implementación del proyecto. Es elaborado contando los sensores y actuadores con sus respectivas líneas de alimentación tomando en cuenta que ciertos equipos requieren de una diferente línea de alimentación. Este diseño fue elaborado en el software AutoCAD (ver Figura 46).

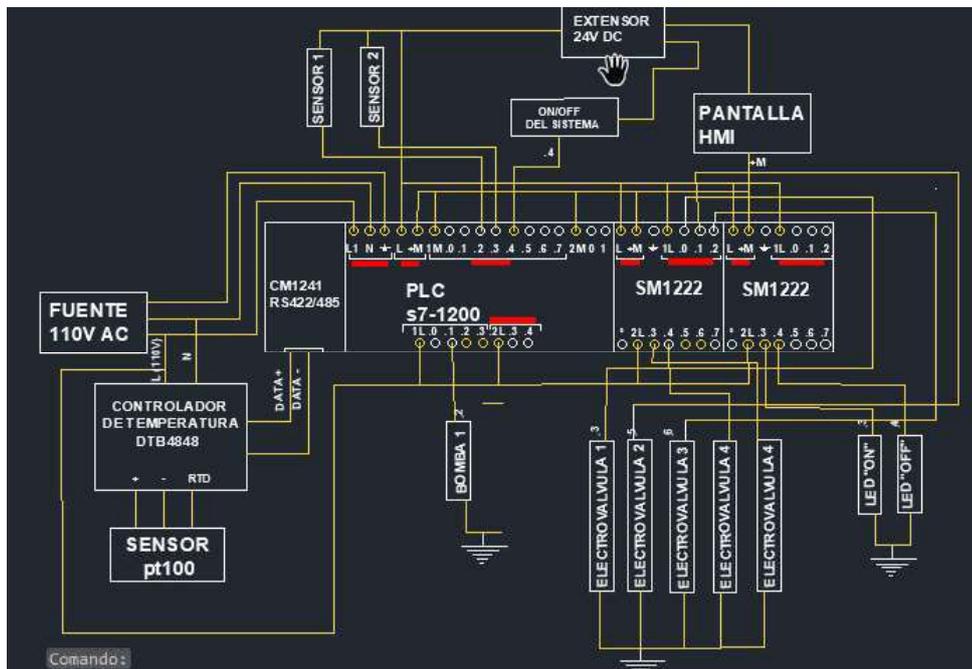


Figura 46 Diseño eléctrico del sistema. elaborado por autor

3.2.6 DISEÑO DE PANEL DE CONTROL

Se utiliza un panel de control donde se realizan las conexiones eléctricas de cada uno de los elementos como son los actuadores, los sensores y los controladores tanto como de temperatura y del motor paso a paso. Agregando también las entradas y salidas de alimentación de los diferentes dispositivos. Se utilizó un caja o gabinete de 20cm de ancho por 30cm de alto y su profundidad de 15cm. Se colocaron borneras y conectores de cables. Dejando el al controlador plc y pantalla HMI en la parte exterior de la caja por el poco espacio (ver Figura 47).

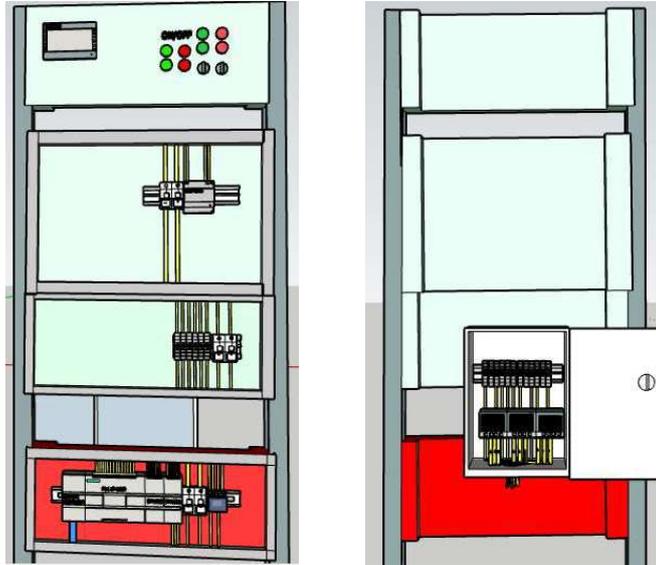


Figura 47 Diseño del panel de control. elaborado por autor

3.2.7 CONFIGURACIONES PLC SIEMENS S7 1200

La configuración del controlador lógico programable siemens s7 1200 se elabora mediante el software TIA Portal V14, a través de la línea de conexión de la red determinada para reconocer el dispositivo y proceder a sus respectivas configuraciones.

Se crea un proyecto en el software buscando las características y funciones del dispositivo que se va a utilizar y proceder a su configuración (ver Figura 48).



Figura 48 Configuración del dispositivo y su asignación. elaborado por autor

Para agregar el dispositivo se selecciona el modelo y numeración de CPU con su respectiva versión en la que se va a trabajar como se especifica a continuación (ver Figura 49).

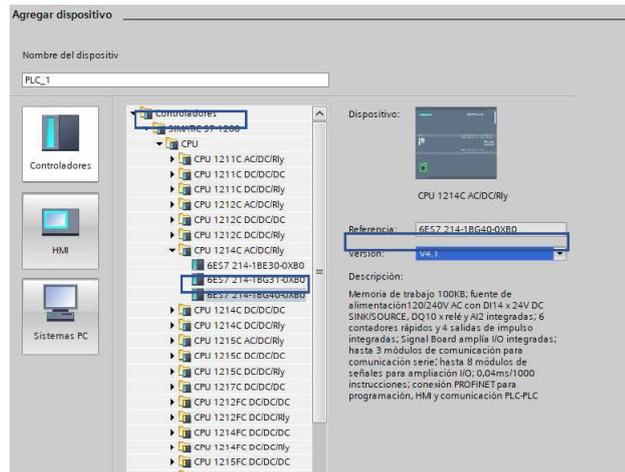


Figura 49 Selección de dispositivo con su modelo y numeración de cpu y respectiva versión. elaborado por el autor

Dentro del proyecto se busca mediante el controlador de red el dispositivo para su acceso, asignando una dirección IP como “192.168.1.0” y su respectiva máscara de subred “255.255.255.0” (ver Figura 50).



Figura 50 Asignación de dirección ip y mascara para configurar el plc. elaborado por autor

Una vez obtenida la información y enlazado el controlador con el software TIA portal, se puede continuar con la programación o la lógica respectiva para el funcionamiento de los actuadores y la recepción de datos desde los sensores. Se muestra una interfaz del software a utilizar como sus respectivas herramientas (ver Figura 51).

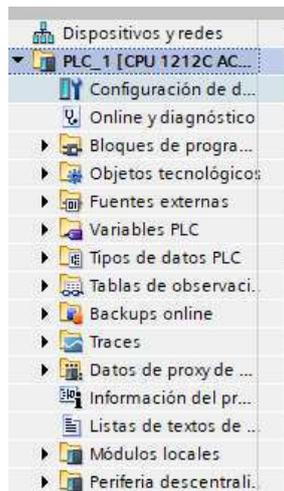


Figura 51 Herramientas vinculadas al dispositivo para ser configuradas. elaborado por autor

Se necesita configurar al PLC con la agregación de módulos expansores y módulo para la comunicación MODBUS, debido a que el PLC no cuenta con las entradas y salidas suficientes para cumplir con el requerimiento del proyecto ya que existen algunos actuadores que necesitan ser conectados. Para el agregado de estos módulos se dirige dentro del TIA PORTAL en la herramienta “CATÁLOGO DE

HARDWARE” se selecciona el módulo con su número de serie en la CPU y se arrastra hacia el rack o panel de conexiones junto al PLC (ver Figura 52).

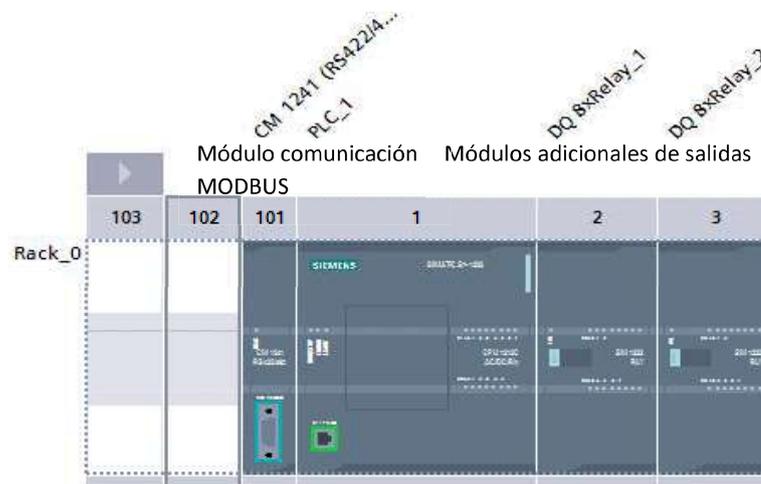


Figura 52 Configuración de rack agregando módulos de salidas y comunicación MODBUS. elaborado por el autor

Una vez realizada la configuración se procede a la declaración de variables es decir declarar cada entrada (sensores) y cada salida (bomba y electroválvulas) conectada al PLC. Se presentan las variables declaradas con su tipo de datos y la dirección del puerto (ver Figura 53 y 54).

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	C
1	System_Byte	Byte	%MB 1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	FirstScan	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Clock_Byte	Byte	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Clock_10Hz	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Clock_5Hz	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Clock_2.5Hz	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Clock_2Hz	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Clock_1.25Hz	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Clock_1Hz	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Clock_0.625Hz	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 53 Declaración de variables para la configuración de los bloques habilitadores de MODBUS. elaborado por el autor

16		SENSOR NIVEL BAJO 1	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>			
17		SENSOR NIVEL ALTO 1	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>			
18		BOMBA 1	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>			
19		BOMBA 2	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>			
20		BOMBA 3	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>			
21		BOMBA 4	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>			
22		ELECTROVALVULA 1	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>			
23		ELECTROVALVULA 2	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>			
24		ELECTROVALVULA 3	Bool	%Q8.0	<input type="checkbox"/>			
25		ELECTROVALVULA 4	Bool	%Q8.1	<input type="checkbox"/>			
26		ELECTROVALVULA 5	Bool	%Q8.2	<input type="checkbox"/>			
27		ELECTROVALVULA 6	Bool	%Q8.3	<input type="checkbox"/>			
28		ELECTROVALVULA 7	Bool	%Q8.4	<input type="checkbox"/>			
29		ELECTROVALVULA 8	Bool	%Q8.5	<input type="checkbox"/>			
30		ELECTROVALVULA 9	Bool	%Q8.6	<input type="checkbox"/>			
31		RESISTENCIA	Bool	%Q8.7	<input type="checkbox"/>			
32		INICIAR	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>			
33		TIEMPO RESISTENCIA3	Tíme	%MD15	<input type="checkbox"/>			
34		TIEMPO RECIRCULACION 1	Tíme	%MD4	<input type="checkbox"/>			
35		SALIDA RECIRCULACION	Bool	%M8.0	<input type="checkbox"/>			
36		SENSOR NIVEL ALTO 2	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>			
37		FIN RECIRCULADO	Bool	%M12.0	<input type="checkbox"/>			
38		SENSOR NIVEL BAJO 2	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>			
39		TIEMPO DE WHIRLPOOL	Tíme	%MD12	<input type="checkbox"/>			

Figura 54 Declaración de variables configuradas como entradas (sensores y botones) - salidas (actuadores e indicadores). elaborado por autor

Se diseña un diagrama de flujo del proceso de cocción y Whirlpool de la cerveza artesanal (ver Figura 55).

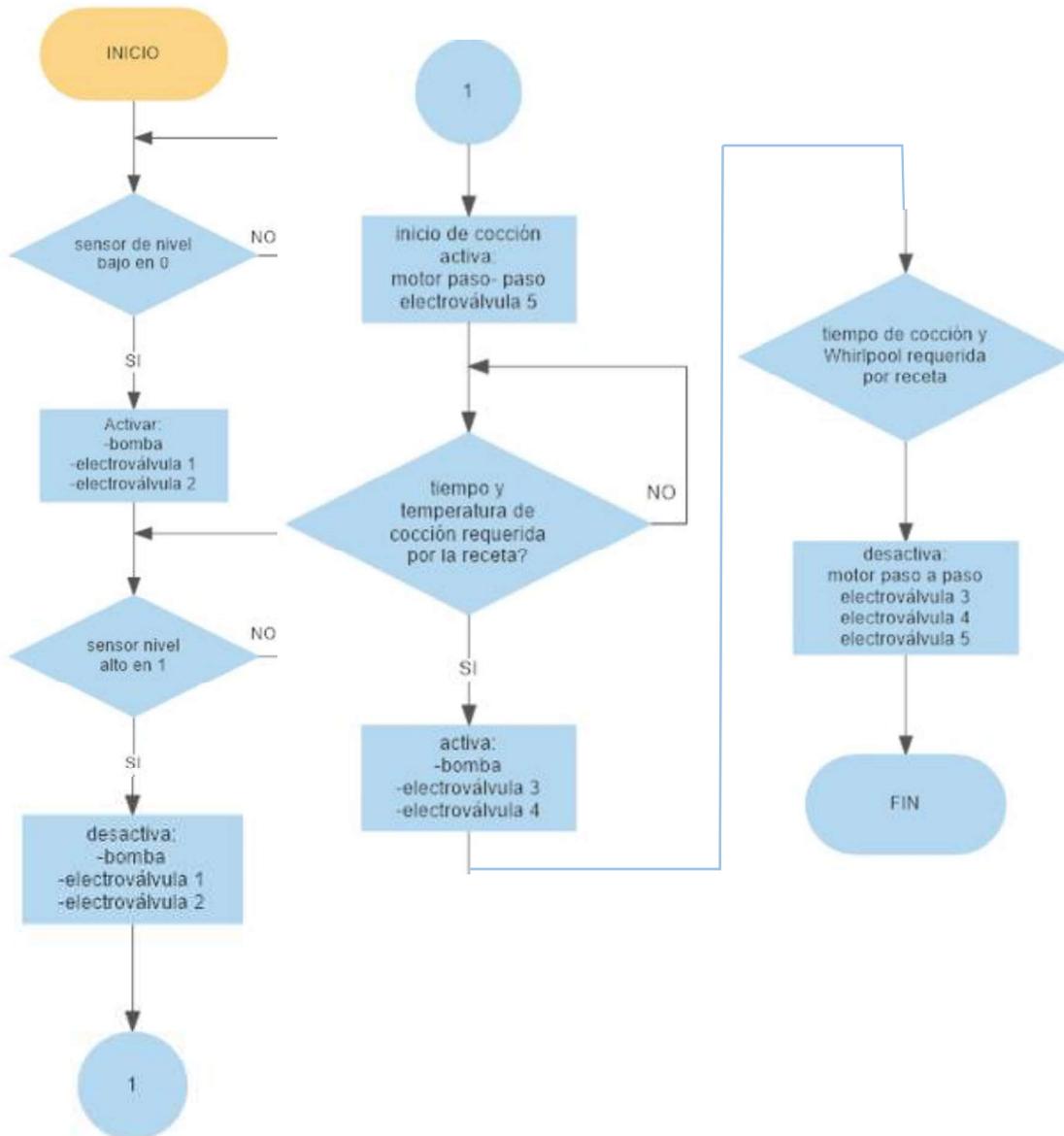


Figura 55 Diagrama de flujo del sistema automático. elaborado por autor

El sistema de control automático del proceso cuenta como un botón o switch declarado como entrada hacia el PLC configurado como arranque del sistema sincronizado a un led indicador del mismo encendido. También se configura un

botón simulado como sensor de flujo de agua indicando la existencia de la materia prima caso contrario se paraliza el proceso por seguridad conectado también de la misma manera un led de color rojo indicando la paralización del sistema. (ver Figura 56 y 57) Se muestra la programación Ladder indicando la declaración y secuencia del proceso de las entradas y salidas antes mencionadas.

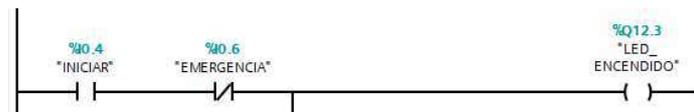


Figura 56 Arranque y emergencia del sistema. elaborado por autor



Figura 57 Botón para estado de sistema en modo off. elaborado por autor

En la Figura se muestra la secuencia de la programación del sistema como es el llenado de la olla de cocción para el inicio del su proceso declarando en conjunto todas las entradas como los sensores de nivel y las salidas como los respectivos actuadores que complementan el proceso (ver Figura 58) cada bloque de programación se refiere a los diferentes parámetros requerido por cada receta establecida en el sistema.

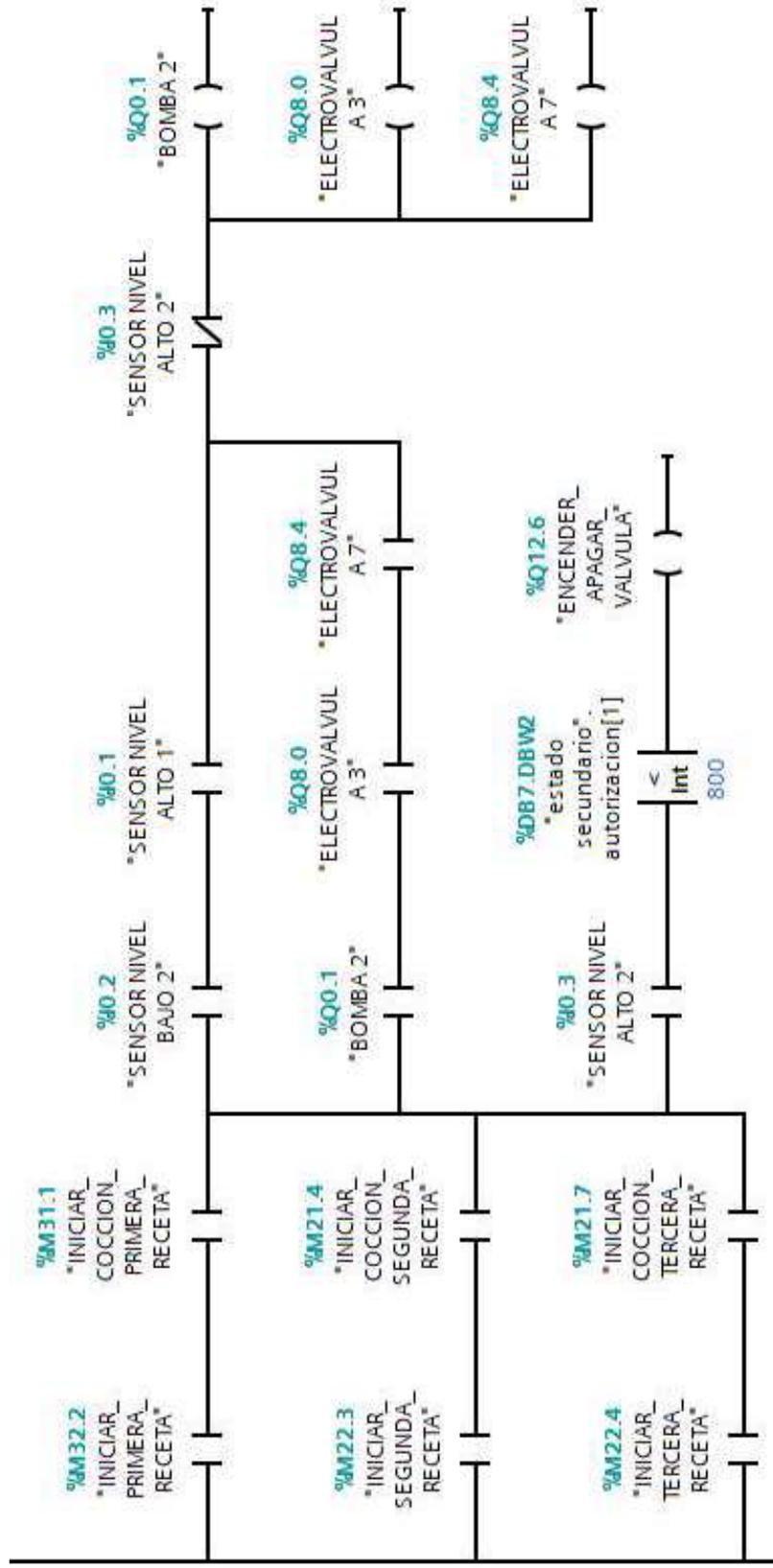
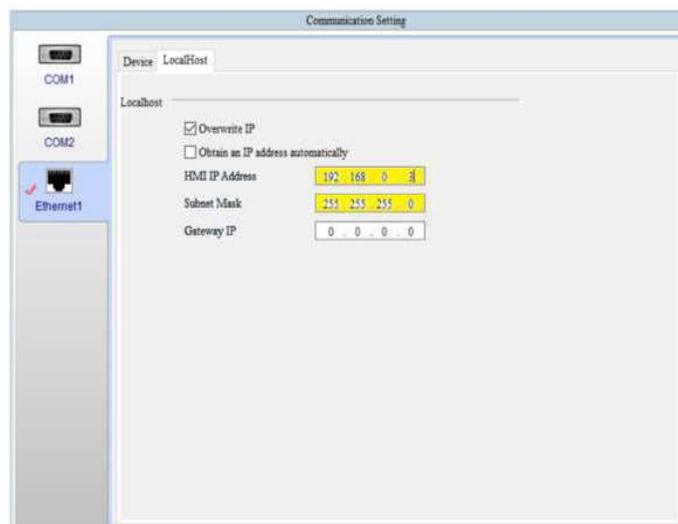


Figura 58 Inicio de llenado de olla para proceso de cocción. elaborado por autor

Luego de finalizar el proceso de llenado de la olla de cocción, dependiendo de cada receta seleccionada se debe tomar en cuenta los parámetros requeridos por cada receta, ya que el accionamiento del quemador va a variar dependiendo del valor de temperatura que se vaya a obtener en la receta. El valor de los tiempos de cocción y aplicación de Whirlpool son determinados dependiendo de la receta que se vaya a utilizar. Adicionando también los mensajes para la agregación de los componentes que se requieren para la cocción óptima del mosto de la cerveza (ver Figura 59).

Las 3 recetas almacenadas tienen su propio valor determinado como su valor de temperatura de cocción, tiempo total de cocción, tiempo de aplicación de Whirlpool y tiempo para el agregado de los elementos que le dan amargos, espesor y olor a la cerveza a elaborar, mostrando en la pantalla HMI en forma de alerta para que el usuario proceda a la agregación adecuada. (ver Figura 60 y 61) se muestran los diagramas de programación de las recetas 2 y 3.

Se realizó la configuración y programación de bloques que permiten la comunicación MODBUS para obtener el valor exacto de temperatura dentro de la olla de cocción, almacenando el dato y ser utilizado para los procesos antes indicados como tiempo de cocción y aplicaciones de recirculado denominado Whirlpool. En la siguiente Tabla se muestran los parámetros para la habilitación del módulo, (ver Figura 62) la configuración del bloque “MB_COMM_LOAD_DB” (ver Tabla 23).



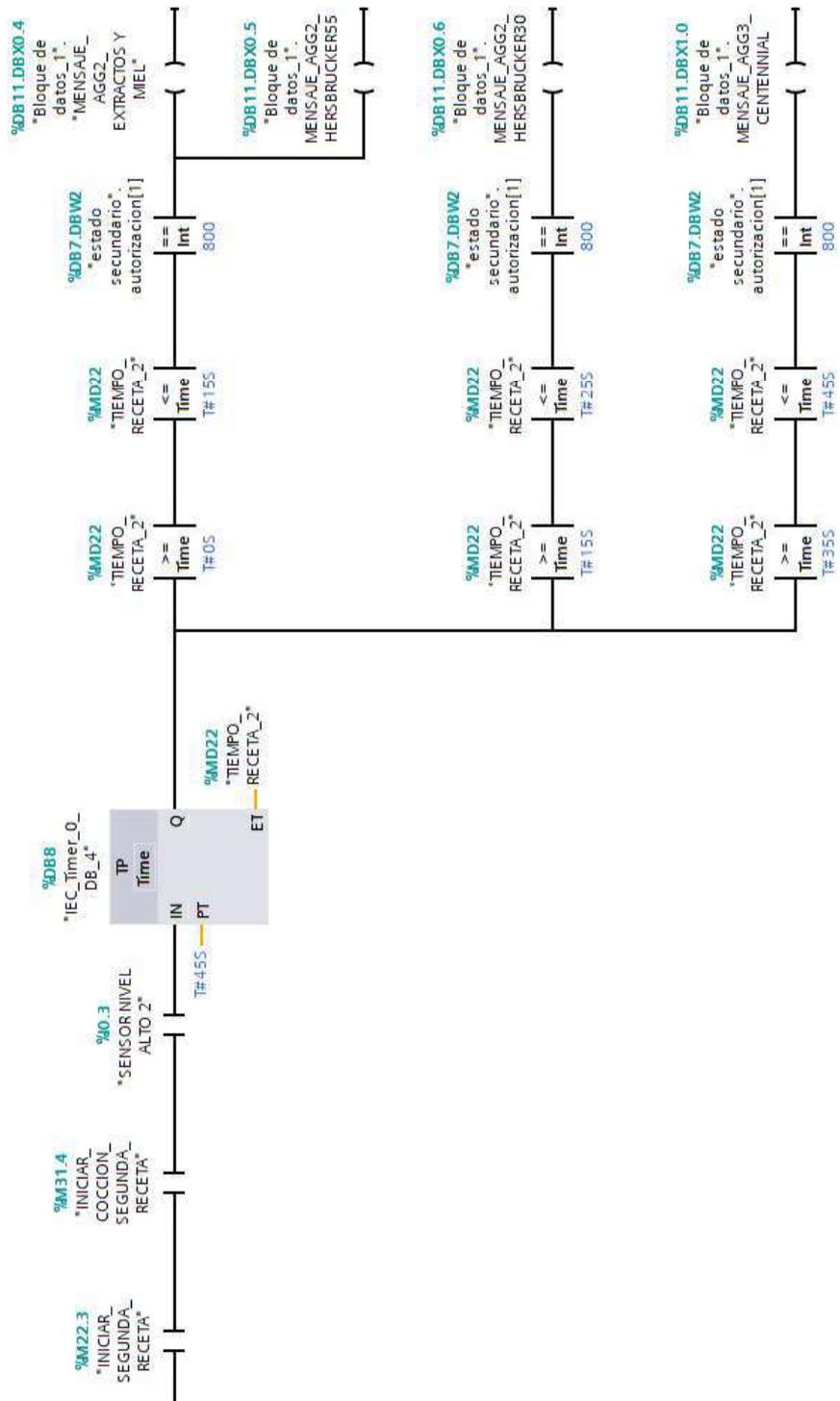


Figura 60 Esquema de programación de proceso de cocción (receta 2). elaborado por autor

PARÁMETROS	FUNCIÓN	VALOR
REQ	Ejecución de instrucción	“firstScan”
PORT	Identificación de Puerto de comunicación	269
BAUD	Velocidad de transferencia de datos	9600
PARITY	Paridad de datos	0 (sin paridad)
MB_DB	Bloque de datos de instancia	MB_MASTER_DB

Tabla 23 Datos de parámetros para habilitación de MODBUS. elaborado por autor

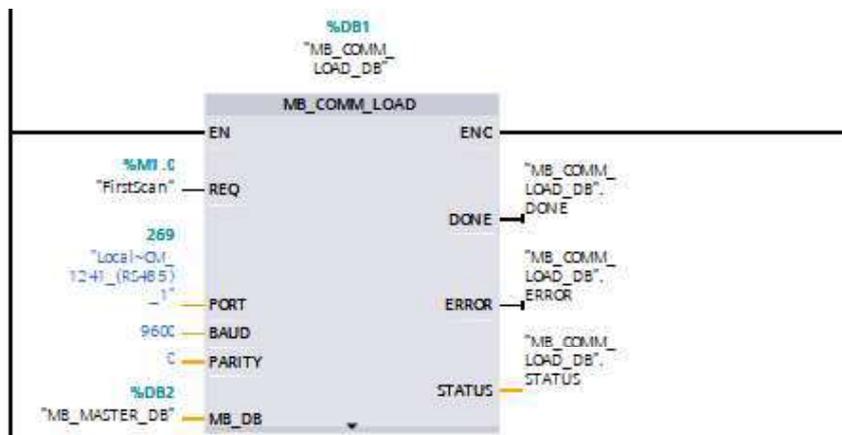


Figura 62 Bloque que permite habilitar el módulo de comunicación MODBUS. elaborado por autor

Una vez realizada la comunicación mediante RS485 se procede a la configuración del set point que permite la recepción del dato desde el controlador de temperatura, mediante el bloque MB_MASTER_DB (ver Figura 63), previamente también con los parámetros correspondientes (ver Tabla 24).

PARÁMETROS	FUNCIÓN	VALOR
REQ	Frecuencia de lectura	“Clock_1hz”
MB_ADDR	Dirección a la red MODBUS	2 (controlador conectado al sensor de la olla de cocción)
MODE	Modo de lectura o escritura	1 (modo escritura)
DATA_ADDR	Dirección para registrar datos	44097 (registro donde es asignado el set point)
DATA_LEN	Numero de registros a almacenar	1
DATA_PTR	Dirección donde se copian los registros	“estado secundario” registro numero 1

Tabla 24 Datos de configuración para lectura y escritura del dato de sensor de temperatura. elaborado por autor

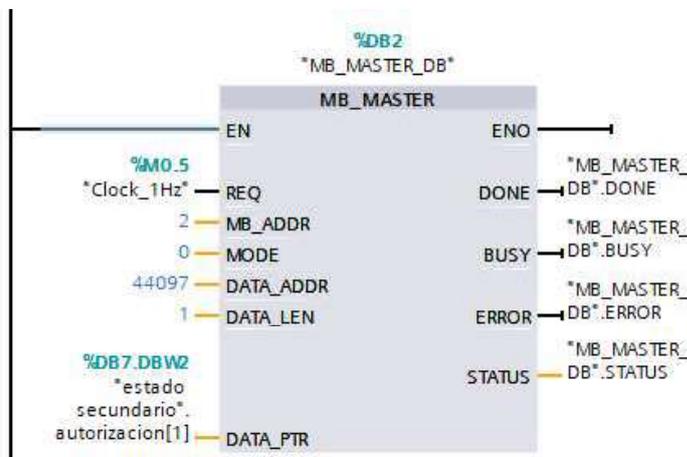


Figura 63 Bloque de configuración para recepción de datos de temperatura. elaborado por autor

3.2.8 CONFIGURACIÓN Y CONEXIÓN ENTRE CONTROLADOR DE SERVO MOTOR-ARDUINO Y PLC

Para el accionamiento del motor paso a paso encargado de regular la válvula del quemador se realizó mediante el controlador Arduino, quien se encarga de darle dirección y toque al controlador para mover el motor. Este proceso va vinculado

hacia el PLC quien envía su señal de temperatura hacia el Arduino para subir o bajar el fuego del quemador. (ver Figura 64) se muestran las conexiones del PLC al arduino, Arduino hacia el controlador, controlador motor paso a paso. (ver Tabla 25) se detallan las conexiones entre pines del Arduino y el controlador MD430 para el accionamiento del motor paso a paso.

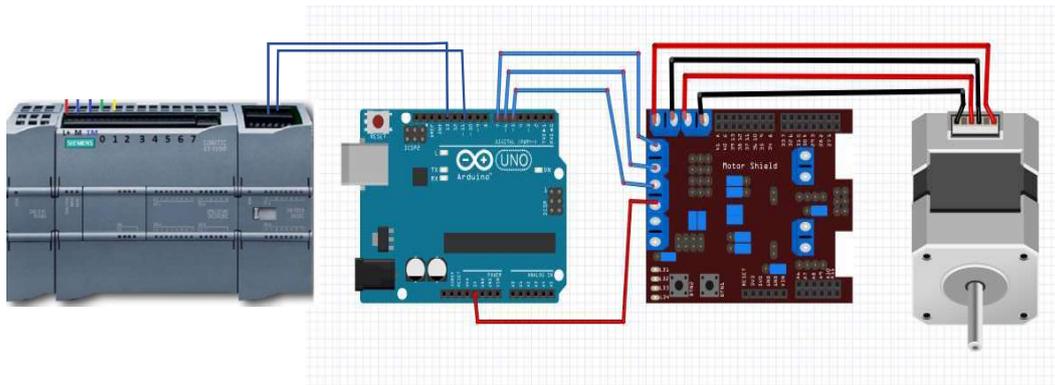


Figura 64 Conexión accionamiento de motor paso a paso. elaborado por autor

ARDUINO	DRVER MOTOR MD430
5V	5V
PIN 5	ENABLE
PIN 6	DIRECCION
PIN 7	STEP
PIN 11	SALIDA PLC Q12.2
PIN 13	SALIDA PLC Q12.3

Tabla 25 Configuración de conexiones. elaborado por autor

3.2.9 CONFIGURACIÓN Y CONEXIÓN ENTRE CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y PLC.

La comunicación MODBUS es el medio en donde se enlaza el PLC y el controlador de temperatura DTB4848 para lograr la conexión se necesita cable UTP debido a que un extremo de conexión va soldado al conector DB-9 con sus pines correspondientes en el diagrama y el otro extremo conectado a controlador de temperatura, (ver Figura 65) las conexiones como su respectiva alimentación de 110 VAC, conexión del sensor PT100 al controlador y la conexión de los pines DATA+ y DATA- para la comunicación MODBUS.

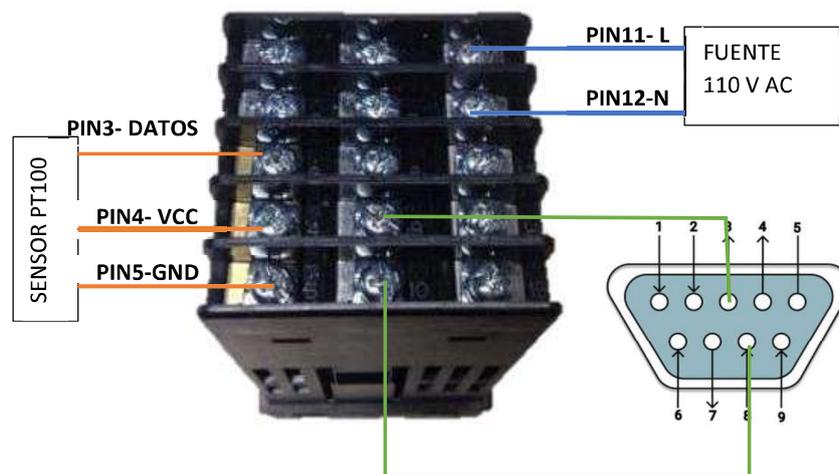


Figura 65 Configuración de conexiones dtb4848. elaborado por autor

En la siguiente Tabla (ver Tabla 26) se muestra con más detalles las conexiones del sensor PT100 con el controlador DTB4848, su respectiva alimentación del dispositivo y su comunicación MODBUS.

CONTROLADOR DTB4848	SENSOR PT100
PIN 3	SALIDA DEL SENSOR
PIN 4	+VCC
PIN 5	GND
	FUENTE DE 100V AC
PIN 11	LINEA
PIN 12	NEUTRO
	DB-9
PIN 9 (DATA+)	PIN 8
PIN 10 (DATA-)	PIN 3

Tabla 26 Conexión controlador con sensor y db-9. elaborado por autor

3.2.10 DISEÑO DE INTERFAZ HMI EN SOFTWARE DOPSOFT

El diseño de la estructura de la interfaz HMI (hombre-maquina) se realizó mediante el software DOPSoft de la misma marca de DELTA, garantizando la compatibilidad entre dispositivo y software siendo esta la versión que contenga se logra comunicar e interactuar sin ningún problema. La comunicación entre dispositivo se realiza mediante el protocolo Profinet a través de cable ethernet. Asignando la dirección ip(192.168.0.3) y mascara (255.255.255.0) (ver Figura 66).



Figura 66 Asignación de dirección ip y mascara (pantalla HMI). elaborado por autor

Para iniciar con la programación y diseño de interfaz de la pantalla previamente se debe configura en el software el dispositivo a utilizar (ver Figura 67).

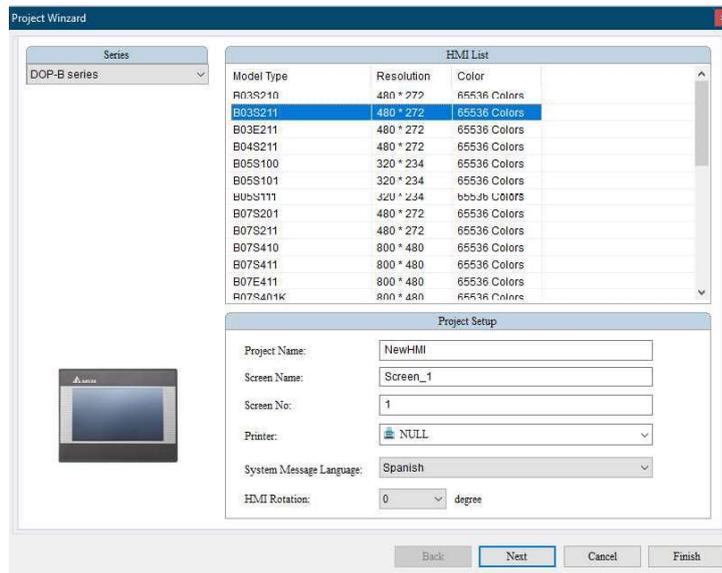


Figura 67 Selección de pantalla a utilizar. elaborado por autor

Como es mencionado anteriormente la comunicación entre los dispositivos e interacción de software y pantalla es realizado a través de ethernet, es necesaria volver asignar la misma dirección IP y mascara para su correcta comunicación tanto como pantalla-plc, software-pantalla y software-plc (ver Figura 68 y 69).

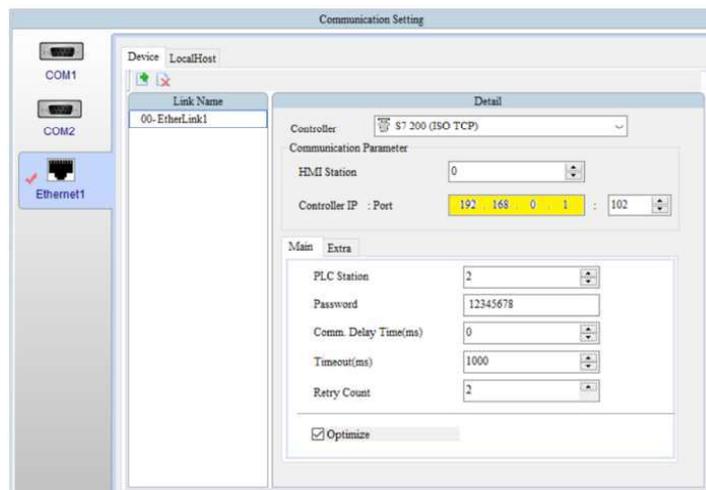


Figura 68 Configuración para comunicación: pantalla-plc-software. elaborado por autor

La estructura de la pantalla HMI para el monitoreo y control del sistema automatizado para proceso de cocción cuenta con una interfaz de 14 pantallas para la verificación de datos y accionamientos de inicios de procesos. Se debe tomar en cuenta que se diseñan 3 procesos diferentes de cocción y aplicación Whirlpool debido a las recetas almacenadas en el sistema.

Como pantalla principal e inicial del proceso (ver Figura 70), de fondo la imagen de una cerveza artesanal acompañada de la hora y fecha en la que se interactúa con el sistema. Como seguridad al ingreso al sistema se establece una contraseña verificada por el usuario y pasando a la siguiente pantalla de las recetas almacenadas.

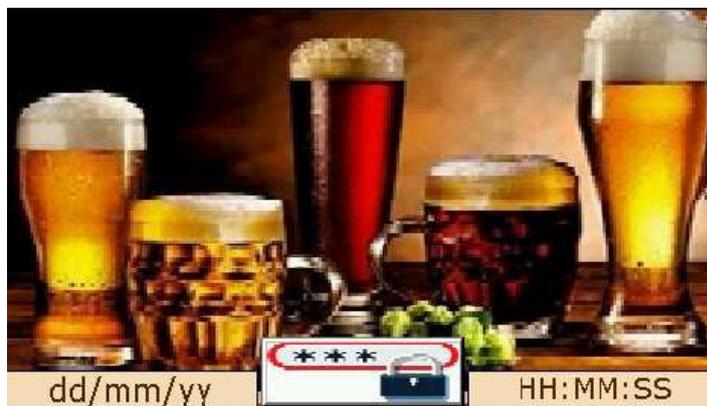


Figura 69 Pantalla inicial para ingreso al sistema. elaborado por autor

En la siguiente pantalla (ver Figura 71), se observa las 3 recetas almacenadas en el sistema donde cada una de ellas cuenta con sus parámetros donde el usuario puede elegir entre ellas que proceso iniciar.



Figura 70 Pantalla 2 (recetas almacenadas). elaborado por autor

En el momento de seleccionar la primera receta (ver Figura 72), la pantalla muestra el sistema de inicio de proceso de cocción donde el usuario debe seleccionar el botón de inicio de proceso de la receta seleccionada o en caso de querer elegir otra receta puede regresar a la pantalla 2 (ver Figura 71) sin ningún inconveniente.



Figura 71 Pantalla 3 (inicio de proceso de cocción-receta 1). elaborado por autor

Una vez seleccionado el inicio del proceso la siguiente pantalla, se detallan los parámetros establecido por cada receta como: tiempo de cocción, temperatura, tiempos de agregación de elementos secundarios y tiempos de aplicación de recirculado o Whirlpool (ver Figura 73).



Figura 72 Pantalla 4 (parámetros de receta 1 para el proceso). elaborado por autor

La siguiente pantalla muestra el diseño de la estructura del sistema en forma animada para que el usuario controle y monitoree desde la pantalla. Este cuenta con su botón de inicio de cocción iniciando con la lectura de los sensores de nivel como también la adquisición del dato de temperatura dentro de la olla. Además, muestra el encendido y apagado de las electroválvula, bomba y accionamiento del motor paso a paso para el encendido de la llama mediante el quemador, permitiendo realizar los procesos como el llenado de olla, recirculación y cocción. (ver Figura 74).

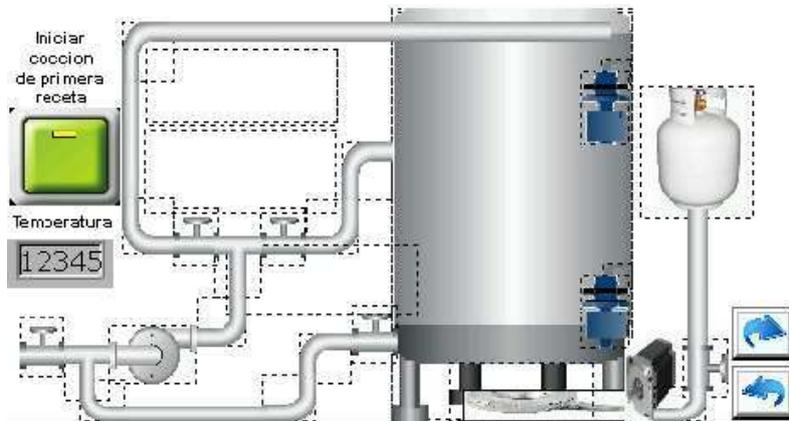


Figura 73 Pantalla 5 (muestra del sistema completo en proceso de cocción - recetas). elaborado por autor

Como fin de proceso se diseñó una pantalla que muestre mediante una gráfica de registros de los valores de temperatura monitoreados en tiempo real y siendo almacenado para tomar muestras del sistema (ver Figura 75).

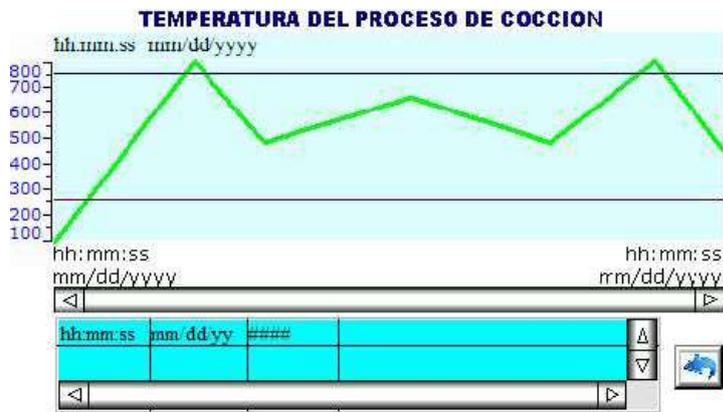


Figura 74 Pantalla 6 (gráfica de registros de valores de temperaturas). elaborado por autor

Las demás recetas almacenadas en el sistema tienen las mismas secuencias de procesos a seguir contando con la misma pantalla de muestra del sistema (ver Figura 74) y el mismo grafico de registros de datos de temperatura (ver gráfica 75).

Para iniciar al proceso de la receta número 2 se debe escoger en la pantalla 2 de recetas almacenadas (ver Figura 71) la segunda receta se mostrará su botón de inicio y sus parámetros respectivos (ver Figura 76 y 77).



Figura 75 Pantalla 7 (inicio de proceso de cocción-receta 2). elaborado por autor



Figura 76 Pantalla 8 (parámetros de receta 2 para el proceso). elaborado por autor

Si el usuario desea iniciar el proceso de la receta 3 se debe seleccionar en la pantalla de recetas almacenadas contando con su botón de inicio de proceso y sus parámetros configurados en el sistema (ver Figura 78 y 79).



Figura 77 Pantalla 9 (inicio de proceso de cocción-receta 3). elaborado por autor

CERVEZA STOUT (NEGRA)
Americana estilo Imperial
COCCIÓN
Duración: 90 min. Temperatura: 80°
0 minutos → Centennial → 70 g.
5 minutos → Recirculado al min 5
5 minutos → Recirculado al min 85



Figura 78 Pantalla 10 (parámetros de receta 3 para el proceso). elaborado por autor

3.3 ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD

3.3.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

Se utilizan equipos, tales como PLC s7-1200, Módulos de salida para PLC tipo relé, pantalla HMI Delta, Electroválvulas de fluido de 110v, Controlador Arduino, Quemador a gas con válvula regulable, Motor paso a paso NEMA 23, Controlador de motor paso a paso, Bomba magnética, Sensores de nivel de flujo y sensor de temperatura, utilizando comunicación Profinet y Modbus, además el sistema de tubería para flujo de agua y mosto de la cerveza artesanal.

Se utiliza un controlador Arduino como solución de bajo costo que permite el control de motor paso a paso siendo aplicada a la automatización industrial, su programación permite la regulación de la válvula instalada en el quemador de acuerdo al comando del sistema ON-OFF para obtener el valor de temperatura deseada.

El software principal como es TIA PORTAL V14 de sistema abierto con lenguaje de programación tipo escalera, permite la configuración y programación del PLC s7-1200 para el control del sistema automatizado de proceso de cocción de la cerveza artesanal.

Seguido del software de diseño y control de la pantalla HMI denominado DOPSOFT permitiendo interactuar con el usuario.

Los equipos o dispositivos empleados en el sistema se adquieren en el mercado nacional, mediante las pruebas que se realizan se determina que este sistema cuenta como herramienta útil y eficaz que puede ser utilizada por el usuario, garantizando un completo funcionamiento.

3.3.2 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

1. Costos de equipos

NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Plc siemens s7-1200	1	\$500	\$500
Pantalla HMI marca delta dop-b03e211	1	\$419	\$419
Módulo salidas SM 1222	1	\$95	\$95
Módulo MODBUS	1	\$111.80	\$110
Controlador temperatura dtb4848	1	\$85	\$85
Driver motor MD430	1	\$30	\$30
Motor paso a paso NEMA 23	1	\$50	\$50
Electroválvula Bacoeng	5	\$80	\$400
Quemador a gas	1	\$20	\$20
Bomba magnética	1	\$140	\$140
Sensor de nivel de agua	2	\$36	\$72
Sensor de temperatura PT100	1	\$15	\$15
TOTAL			\$1939.00

Tabla 27 Valor presupuestos en equipos. elaborado por autor

2. Costo elementos de estructura

NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Olla de cocción	1	\$430	\$430
Estructura metálica	1	\$50	\$50
Cable eléctrico #12	1	\$25	\$25
Tubería pvc rojo	1	\$25	\$25
Caja para panel de control	1	\$20	\$20
Canaletas	5	\$1	\$5
TOTAL			\$555

Tabla 28 Costo presupuestario de estructura. elaborado por autor

3. Costos en general

DETALLES	COSTO
Costos elementos electrónicos	\$1939.00
Costos elementos de estructura	\$555
TOTAL	\$2494

Tabla 29 Costos generales de proyecto. elaborado por autor

3.4 PRUEBAS Y RESULTADOS

Para la verificación del funcionamiento óptimo del proceso, todos los elementos se sometieron a pruebas. Obteniendo los resultados detallados a continuación.

Prueba funcionamiento de Bombas Electroválvulas

La instalación de la bomba y electroválvulas se ubicaron adecuadamente para que el proceso realice el llenado de olla como también el recirculado de Whirlpool mediante la secuencia de accionamiento de la bomba activando las electroválvulas ubicadas por la línea donde se requiere pasar el mosto de la cerveza. Las pruebas de funcionamiento de las visualiza mediante la interfaz del tía portal (ver Figura 80). Los dispositivos se encuentran ubicados y declarados de acuerdo al diseño en 3D.

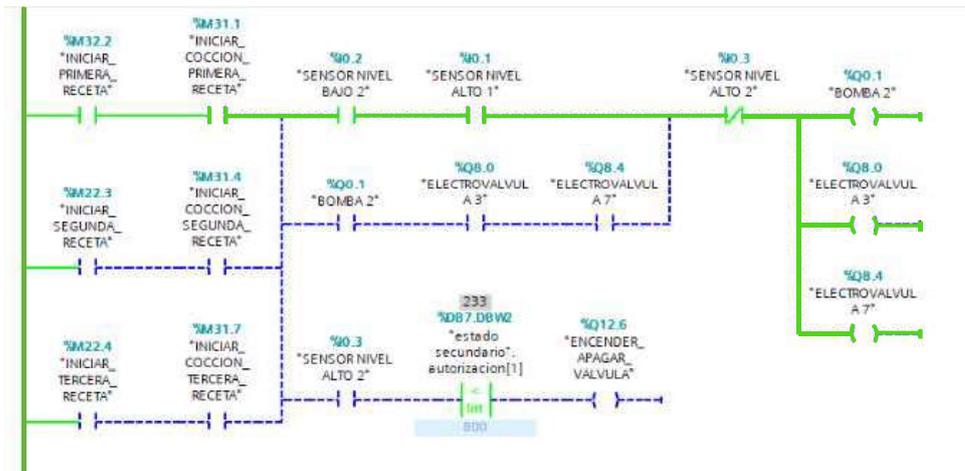


Figura 79 Prueba de encendido de bomba y electroválvulas en interfaz tia portal. elaborado por autor

Prueba de Motor paso a paso

El funcionamiento motor paso a paso es generado a través de señal que envía el PLC hacia el arduino quien se encarga de controlar la dirección y torque del motor. El diagrama de este funcionamiento trata de que, si el valor de temperatura llega a nivel deseado, el PLC enviará una señal para apagar la llama moviendo el motor en sentido de la válvula cerrada. A continuación, se muestra el accionamiento de la señal transmitida al arduino. Llamado “encender y apagar válvula” (ver Figura 82).



Figura 80 Prueba de envío de señal para accionamiento motor paso a paso. elaborado por autor

Prueba de funcionamiento sensores Nivel- temperatura

la activación de las bombas y electroválvulas depende directamente del accionamiento de los sensores, es decir que si ningún sensor de nivel actúa no recibirán la señal adecuada. Sin embargo, se muestra el accionamiento de los sensores de nivel alto y bajo (ver Figura 83).



Figura 81 Prueba de funcionamiento de los sensores de nivel declarados como entrada digital. elaborado por autor

El sensor de temperatura se instaló en el centro de la olla de cocción para que su nivel de adquisición de dato sea el más óptimo, este se encarga de enviar el dato al controlador DTB4848 y desde el mismo controlado se escribe a través de la conexión MODBUS hacia el PLC para ser mostrado gráficamente en la pantalla. En sección anterior se mencionaron los bloques utilizados y configurados para recepción del valor de temperatura. A continuación, se muestra funcionamiento y lectura del dato (ver Figura 84).

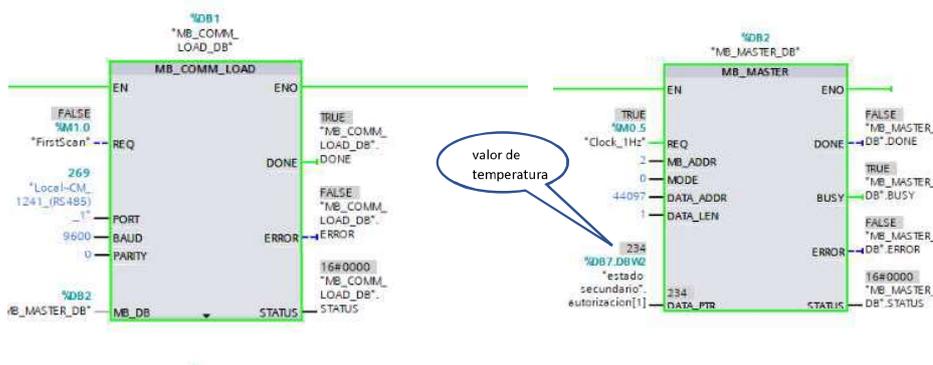


Figura 82 Prueba de lectura de datos sensor de temperatura. elaborado por el autor

Prueba de interfaz gráficas

se diseña la interfaz gráfica mediante la interacción que existe entre el PLC s7-1200 y la pantalla HMI, para acceder a las pruebas es necesario tomar en cuenta que exista conexión entre ambos dispositivos con su respectiva programación cargada a la memoria de cada uno.

Se busca la transmisión de datos entre los dispositivos, mediante la inicialización del proceso de cada receta, la pantalla HMI va mostrando de forma animada el funcionamiento de cada actuador involucrado dentro del sistema automatizado (ver Figuras 85, 86 y 87).



Figura 83 Accionamiento del motor paso a paso para encendido de quemador. elaborado por el autor



Figura 84 Muestra de mensaje para la agregación de elementos respectivos para su cocción. elaborado por el autor

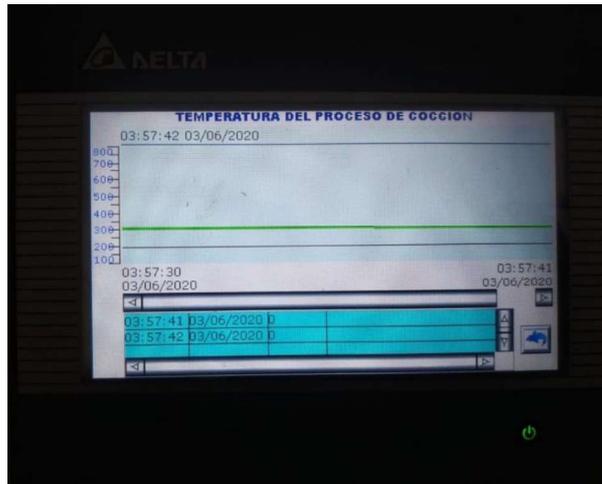


Figura 85 Muestra de la toma de datos de temperatura siendo registradas con hora y fecha. elaborado por el autor

Comparación y obtención de datos

Se realizan pruebas del funcionamiento del sistema automatizado con los datos obtenidos se realiza la comparativa con el proceso manual del sistema como se muestra en la siguiente tabla.

PRUEBAS	TEMPERATURA	PROCESO MANUAL		PROCESO AUTOMATIZADO	
		DENSIDAD	EFICIENCIA	DENSIDAD	EFICIENCIA
1	80°	1050	76.5%	1060	77.1%
2	75°	1048	76.8%	1057	77.8%
3	70°	1045	77.1%	1055	78.0%

Tabla 30 Tabla comparativa de eficiencia entre proceso manual y automatizado. elaborado por autor

A través de las pruebas realizadas se determinan los valores de eficiencia del proceso automatizado concluyendo de esta manera que este sistema mejora en más de 1% en eficiencia, permitiendo de tal forma una mayor extracción de azúcares de malta como también de los demás componentes de aroma y sabores obteniendo una cerveza artesanal con mayor calidad y nivel de alcohol después de la fermentación.

CONCLUSIONES

El diseño e implementación del sistema automatizado de este proceso fue de manera óptima ya que se logró vincular la estructura de la base junto a la olla de cocción facilitando la colocación de los demás elementos como bomba, electroválvulas, sensores de nivel ubicados inferior y superior midiendo el volumen de agua dentro de la olla, sensor de temperatura y medidas para la instalación de las electroválvulas adquiridas, las dimensiones de la olla elaborada especificadas anteriormente permitieron la elaboración de 50 litros de cerveza artesanal.

Con el sistema de control de accionamiento del encendido y apagado de la válvula de gas conectada al quemador, obteniendo el dato de temperatura se logró comparar cada valor de las recetas establecidas configurando de esta forma que si el valor de temperatura es mayor al valor establecido el motor se accionará de manera que apagará la llama del quemador o en el caso de que el valor sea menor del dato requerido se encenderá de manera automática la llama desde el quemador.

La red de comunicación industrial diseñada e implementada para los dispositivos electrónicos utilizados dentro el sistema automatizado permitió el compartimiento de datos e información para su control y accionamiento de los demás actuadores, como es mediante la conexión ethernet entre PLC y pantalla HMI, además la comunicación MODBUS entre el PLC y el controlador de temperatura facilitando su uso respectivo.

El desarrollo de la interfaz gráfica HMI diseñado en el software libre Dopsoft aplicada a la pantalla marca delta DOP-B03E211 vinculado de forma segura al controlador lógico programable, permitió realizar en monitoreo y control del proceso de cocción y Whirlpool de la cerveza artesanal verificando su óptimo funcionamiento.

RECOMENDACIONES

Refiriéndose a la estructura física implementada en el sistema automático, es recomendable que todos los elementos a utilizar puedan soportar las temperaturas establecidas en las recetas para garantizar un correcto funcionamiento de dispositivo sin ser afectado a través del calor, como también se recomienda en la parte metálica que tome contacto con el mosto, sea de material inoxidable evitando que el mosto de la cerveza sufra algún tipo de contaminación.

Para la implementación del sistema de gas para encender el quemador se recomienda utilizar un sistema de tuberías de acero o aluminio reforzado para la conducción del gas con sus respectivas medidas mejorando la estética de la conexión.

El efecto Whirlpool es el encargado de realizar la limpieza del mosto acumulando sus residuos en el centro de la olla, donde en ciertos casos existe un porcentaje de residuos en el mosto, se recomienda utilizar mayas en el momento de la agregación de lúpulos y demás agregados para garantizar una limpieza de mosto al 100%.

BIBLIOGRAFÍAS

- [1] Sociedad ecuatoriana de cerveceros artesanales , «historia de cerveza artesanal,» [En línea]. Available: <https://secaecuador.es.tl/HISTORIA-DE-LA-CERVEZA.htm>.
- [2] el telegrafo, «dia internacional de la cerveza,» el telegrafo, 2019. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/cerveza-diainternacional-consumo-ecuador>.
- [3] el telegrafo, «En Ecuador existen 70 cervecerías artesanales,» 24 11 2016. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/en-ecuador-existen-70-cervecerias-artesanales>.
- [4] poblenerías, «Lager y Ale, las dos familias de las cervezas,» [En línea]. Available: <https://www.poblenerias.com/2016/04/lager-y-ale-las-dos-familias-de-las-cervezas/>.
- [5] cerveza artesanal, «WHIRPOOL: LA TÉCNICA QUE MARCA LA DIFERENCIA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/whirpool-la-técnica-que-marca-la-diferencia-en-la-elaboracion-de-cerveza.html>.
- [6] c. d. l. r. d. Ecuador, «plan nacional de desarrollo,» quito, 2007.
- [7] INEC, «índice de producción de la industria Manufacturera,» cada hecho de tu vida cuenta , quito , 2019.
- [8] Patricio Abarca, «SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO,» 2006.
- [9] A. J. C. Paz, Sistemas Automáticos de Control, ZULIA: UNERMB, 2011.
- [10] W. Spain., «Wonderware Spain.,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>.
- [11] J. A. Estrada Roque, «Protocolos de comunicaciones industriales,» Logicbus SA de CV, 2019. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Protocolos-de-Comunicaci%C3%B3n-Industrial.pdf>.
- [12] J. A. Estrada Roque, «Logicbus SA de CV.,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Protocolos-de-Comunicaci%C3%B3n-Industrial.pdf>.
- [13] «protocolo Modbus,» 2018. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11676/fichero/Volumen+1%252FAnexo.pdf>. [Último acceso: 14 12 2019].
- [14] Wixom, «10 / 100M Ethernet industrial Módulos I / O w Referencia Técnica /,» de *INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP*, Acromag, Inc.
- [15] A. B. +. B. SmartWorx, «introduccion a modbus,» ADVANTECH, 2018. [En línea]. Available: <http://www.bb-elec.com/Learning-Center/All-White-Papers/Serial/Introduction-to-Modbus.aspx>. [Último acceso: 10 11 2019].
- [16] DIEEC, «Ingeniería de Sistemas,» uned, 2005.
- [17] rocatek, «programacion ladder,» automatizacion industrial.

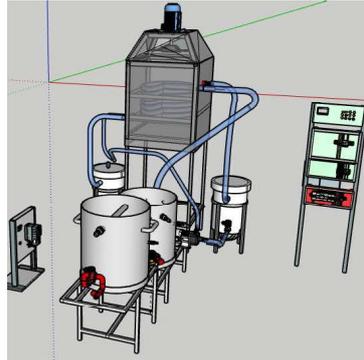
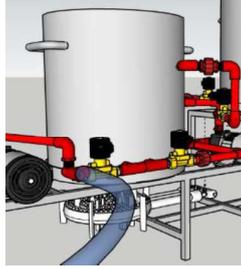
- [18] Vitoria-Gasteiz, «TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA,» TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA, [En línea]. Available: <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>. [Último acceso: 10 11 2019].
- [19] «sensor de nivel,» Omega Engineering, 2019. [En línea]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>. [Último acceso: 12 11 2019].
- [20] d. b. industriales, «bombas de acople magnético,» drotec, 2013. [En línea]. Available: <http://www.drotec.com.ar/bombas-acople-magnetico.html>. [Último acceso: 12 11 2019].
- [21] AADECA, «Servomotores: control, precisión y velocidad,» 03 2017. [En línea]. Available: https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/aa4_micro_servomotores.pdf. [Último acceso: 23 12 2019].
- [22] M. M. Martínez, Combustión, barcelona: marcombo, 2006.
- [23] O. Benavides, «estudio de la distribucion de gas licuado de petróleo,» Escuela Politécnica Nacional, quito , 2008.
- [24] C. Cantos, «mecanismos y operación de las electroválvulas,» UASLP, SAN LUIS POTOSI, 2010.
- [25] M. international, «electroválvulas,» Spirax-sarco, 2002.
- [26] Panduit, «los paneles de control,» Panduit, 2017. [En línea]. Available: <http://www.panduit.com/es/solutions/industrial-solutions/offerings/control-panel-systems#3>. [Último acceso: 18 01 2020].
- [27] C. M. Francisco, «Automatización de proceso para elaboración de cerveza artesanal,» Universidad Tecnológica Nacional, Paraná, 2018.
- [28] M. H, «el lúpulo,» 2009.
- [29] P. J. R. M. Álvarez, «El lúpulo contenido en la cerveza, su efecto antioxidante,» cerveza y salud , Valencia, 2007.
- [30] M. García, «El agua,» el medio ambiente en colombia , Bogotá, 2008.
- [31] G. E. Roldán, «Automatización de proceso para elaboración de cerveza artesanal,» Universidad Tecnológica Nacional, Paraná, 2018.
- [32] «levadura,» conceptoDefinicion , 23 08 2019. [En línea]. Available: <https://conceptodefinicion.de/levadura/>. [Último acceso: 25 12 2019].
- [33] c. a. H. S.L, «cerveza artesana,» cerveza artesana Homebrew, 2017. [En línea]. Available: <https://www.cervezartesana.es/blog/post/como-elaborar-cerveza-en-casa.html>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [34] B. D. Mesones, proceso de elaboracion básico y simplificado, 2006.
- [35] i. t. agroalimentario, «mejores técnicas disponibles en el sector cervecero,» [En línea]. Available: <http://www.prtr-es.es/data/images/la%20industria%20cervecera-74f8271308c1b002.pdf>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [36] H. D. Cangas, «Planta elaboradora de Cerveza artesanal,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.agro.unlpam.edu.ar/licenciatura/disenio/Planta-elaboradora-de-Cerveza-artesanal.pdf>. [Último acceso: 03 01 2020].

- [37] M. G. Verdú, «diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza,» universidad politécnica de valencia, valencia, 2008.
- [38] M. G. Verdú, «diseño y puesta en marcha de una planta elaboradora de cerveza,» 2008. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73275/Dise%C3%B1o%20y%20puesta%20en%20marcha%20de%20una%20planta%20elaboradora%20de%20cerveza.pdf?sequence=3>. [Último acceso: 03 01 2020].
- [39] C. M. F.-. R. G. Ezequiel, «Automatización de proceso para elaboración de cerveza artesanal,» Facultad Regional Paraná, Paraná, 2018.
- [40] M. F. Colignon, «diseño e implementación de un sistema de automatización para una línea de producción de cerveza artesanal,» Escuela Politécnica Nacional , Quito, 2018.
- [41] V. E. Burbano Vozmediano y S. A. Cabezas Pazmiño, Diseño e implementación de un sistema automatizado para mejorar el proceso de COCCIÓN de cerveza artesanal en la empresa cerveceria gourmet, Sangolqui, 2015.
- [42] SIEMENS, «manual de sistema,» de *SIMATIC S7 controlador programable S7-1200*, ALEMANIA, SIEMENS AG, 2009, p. 378.
- [43] DELTA ELECTRONICS, «controlador de temperatura DELTA,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.inselec.com.ec/wp-content/uploads/2018/12/CATALOGO-DELTA-PIROMETRO.pdf>. [Último acceso: 20 01 2020].
- [44] GRAINGER, «Operador de Botón Pulsador,» Grainger S.A, 2019. [En línea]. Available: <https://www.grainger.com.mx/producto/SIEMENS-Bot%C3%B3n-Pulsador,Verde,Al-Ras,22mm/p/56ZA50#additionalInfoSection>.
- [45] IDEC, «miniature pilot lights,» IDEC, USA & CANADA, 2018.
- [46] arduino, «arduino UNO REV3,» arduino, 2020. [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>.
- [47] ECVV.COM, «Tablero de controlador de motor paso a paso digital de bajo ruido MD430,» ECVV, 2003. [En línea]. Available: <https://www.ecvv.com/product-sourcing/md430-low-noise-digital-stepper-motor-driver-board-4981822-10.html>.
- [48] i. PLC, «Siemens presenta TIA Portal V14,» utomatización Industrial, Robótica e Industria 4.0, 2020. [En línea]. Available: <https://www.infopl.net/noticias/item/103239-siemens-tia-portal-v14>. [Último acceso: 19 01 2020].
- [49] Arduino, «IDE arduino,» software arduino, 2020. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/main/software>.
- [50] Logicbus S.A. , «Protocolos de comunicación industriales,» 2019. [En línea].
- [51] c. l. d. reductores, «que es un servomotor,» CLR, [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>. [Último acceso: 23 12 2019].

ANEXOS

ANEXOS 1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA PARA SOPORTE DEL SISTEMA PROPUESTO COMO ES EL PROCESO AUTOMATIZADO DE COCCIÓN DE LA CERVEZA ARTESANAL.





ANEXOS 2 CÓDIGO EN IDE ARDUINO PARA ACCIONAMIENTO DE MOTOR PASO A PASO

```
int PUL=7; //Pin para la señal de pulso
int DIR=6; //define Direction pin
int EN=5; //define Enable Pin
int G1=11;
int G2=13;
int giro1=0;
int giro2=0;
void setup() {
  pinMode (PUL, OUTPUT);
  pinMode (DIR, OUTPUT);
  pinMode (EN, OUTPUT);
  pinMode (G1, INPUT);
  pinMode (G2, INPUT);
  digitalWrite(EN,HIGH);
}
void loop() {
  giro1= digitalRead(11);
  giro2= digitalRead(13);

  if(giro1==HIGH){
    digitalWrite(DIR,LOW);

    digitalWrite(PUL,HIGH);
    delayMicroseconds(400);
    digitalWrite(PUL,LOW);
    delayMicroseconds(400);

  }
  else {
    digitalWrite(DIR,LOW);
    digitalWrite(PUL,HIGH);
    delayMicroseconds(0);
    digitalWrite(PUL,LOW);
    delayMicroseconds(0);
  }

  if (giro2 ==HIGH) {
    digitalWrite(DIR,HIGH);

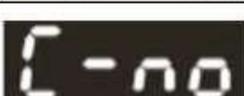
    digitalWrite(PUL,HIGH);
    delayMicroseconds(400);
    digitalWrite(PUL,LOW);
    delayMicroseconds(400);
  }
  else {
    digitalWrite(DIR,LOW);
    digitalWrite(PUL,HIGH);
    delayMicroseconds(0);
    digitalWrite(PUL,LOW);
    delayMicroseconds(0);
  }
}
```

ANEXOS 3 DATASHEET DE PLC S7-200

General information	
Product type designation	CPU 1212C AC/DC/Relay
Firmware version	V4.2
Engineering with	
<ul style="list-style-type: none"> Programming package 	STEP 7 V14 or higher
Supply voltage	
Rated value (AC)	
<ul style="list-style-type: none"> 120 V AC 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> 230 V AC 	Yes
permissible range, lower limit (AC)	85 V
permissible range, upper limit (AC)	264 V
Line frequency	
<ul style="list-style-type: none"> permissible range, lower limit 	47 Hz
<ul style="list-style-type: none"> permissible range, upper limit 	63 Hz
Input current	
Current consumption (rated value)	80 mA at 120 V AC; 40 mA at 240 V AC
Current consumption, max.	240 mA at 120 V AC; 120 mA at 240 V AC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V
1. Interface	
Interface type	PROFINET
Physics	Ethernet
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Interface types	
<ul style="list-style-type: none"> Number of ports 	1
<ul style="list-style-type: none"> integrated switch 	No
Functionality	
<ul style="list-style-type: none"> PROFINET IO Controller 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> PROFINET IO Device 	Yes
<ul style="list-style-type: none"> SIMATIC communication 	Yes

ANEXOS 4 CONFIGURACIÓN DE CONTROLADOR DE TEMPERATURA DTB 4848

Es necesario realizar una configuración con parámetros establecidos para el tipo de conexión que se requiera, en caso de este proceso es mediante conexión MODBUS a continuación se anexan las configuraciones.

CONTROLADOR DELTA DTB4848		
LED	FUNCIÓN	PARÁMETROS
	Selección modo de control	On/Off.
	Asignación del termopar Pt100	J.
	Configuración bit de stop	1.
	Configuración bit de paridad	None.
	Configuración bit de datos	8.
	Selección variante de ModBus	RTU.
	Velocidad de transmisión de datos	9600
	Establece la dirección de comunicación ModBus	1

ANEXOS 5 FOTOS DE FUNCIONAMIENTO

