

Universidad Tecnológica Nacional

Proyecto Final

**Automatización de proceso para elaboración de
cerveza artesanal**

Autores:

- Colignon, Martín Francisco
- Roldán, Gonzalo Ezequiel

Director:

*Proyecto final presentado para cumplimentar los requisitos académicos
para acceder al título de Ingeniero Electrónico*

en la

Facultad Regional Paraná

Marzo de 2018

Declaración de autoría:

Nosotros declaramos que el Proyecto Final “Automatización de proceso para elaboración de cerveza artesanal” y el trabajo realizado son propios. Declaramos:

- Este trabajo fue realizado en su totalidad, o principalmente, para acceder al título de grado de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná.
- Se establece claramente que el desarrollo realizado y el informe que lo acompaña no han sido previamente utilizados para acceder a otro título de grado o pre-grado.
- Siempre que se ha utilizado trabajo de otros autores, el mismo ha sido correctamente citado. El resto del trabajo es de autoría propia.
- Se ha indicado y agradecido correctamente a todos aquellos que han colaborado con el presente trabajo.
- Cuando el trabajo forma parte de un trabajo de mayores dimensiones donde han participado otras personas, se ha indicado claramente el alcance del trabajo realizado.

Firmas:

-
-
-

Fecha:

Agradecimientos:

En primer lugar, a nuestras familias, quienes son el pilar fundamental que nos permite llegar hasta este punto en la carrera, gracias a la formación y al apoyo incondicional que nos ofrecen día a día.

A nuestros compañeros y amigos, quienes caminan a la par dispuestos a ayudarnos a superar cada obstáculo que se presenta. Los hermanos que uno elige, aquellos cómplices de nuestros logros y fracasos.

A la institución, por abrirnos las puertas a este maravilloso mundo de la ingeniería, en donde encontramos gran calidad humana en su personal docente y no docente, quienes siempre estuvieron presentes brindándonos la motivación necesaria para alcanzar esta instancia.

A todos aquellos, que de un modo u otro comparten la alegría que tenemos en este día como si fuese propia.

¡Por esto y mucho más, gracias por estar siempre junto a nosotros!

Colignon, Martin Francisco
Roldán, Gonzalo Ezequiel

Universidad Tecnológica Nacional

Abstract

Facultad Regional Paraná

Ingeniero en Electrónica

Automatización de proceso para elaboración de cerveza artesanal

Colignon, Martin Francisco

Roldán, Gonzalo Ezequiel

Abstract:

To guarantee the quality and repeatability of brewing while controlling and datalogging the variables involved in this process, a complete semi-automatic equipment was designed and implemented to produce up to 300 litres per batch.

This was done programming a PLC which interacts with the user through an HMI screen, allowing him to prepare recipes of up to 3 types of malts and 5 types of aggregates, automatically controlling: volumes of water to be used trough pumps, flow meters and

sensors of minimum and maximum levels, temperatures by means of industrial burners, electrical resistances, plate chillers and PT100 type sensors, transfers and recirculation through magnetic and centrifugal pumps, times of each stage, detailed datalogging of elaborated recipes. Likewise, the flow control of liquids was carried out using solenoid valves with a stainless-steel body, like most of the elements chosen, suitable for industrial use and foodstuff.

A robust machine capable of brewing in a controlled, precise and widely customized manner was obtained, contemplating the stages of: filtration and water preparation, mashing, must recirculation, sparging, boiling, whirlpooling and cooling, recording all the variables and stages in a CSV format file automatically stored in an SD-type removable card.

Keywords:

Adaptable, Easily customizable, Data and recipes record, Repeatability

Resumen:

Con el fin de garantizar la calidad y repetitividad de la elaboración de una cerveza y el control y el registro absoluto de las variables involucradas en dicho proceso, se diseñó e implementó un equipo completo semi-automático para la producción de hasta 300 litros por lote.

Esto fue realizado mediante la programación de un PLC el cual interactúa con el usuario a través de una pantalla HMI, permitiéndole elaborar recetas de hasta 3 tipos de maltas y 5 tipos de agregados, controlando automáticamente: volúmenes de agua a utilizar por medio bombas, caudalímetros y sensores de niveles mínimos y máximos, temperaturas mediante quemadores industriales, resistencias eléctricas, enfriadores a placas y sensores tipo PT100, trasvases y recirculados a través de bombas magnéticas y centrífugas, tiempos de cada etapa, registro detallado de recetas elaboradas. Así mismo, el control de flujo de líquidos se realizó mediante la utilización de válvulas solenoides con cuerpo de acero

inoxidable, como la mayoría de los elementos elegidos, aptos para el uso industrial y de carácter alimenticio.

Se obtuvo una máquina robusta capaz de elaborar cerveza de manera controlada, precisa y ampliamente personalizada, contemplando las etapas de: filtración y preparación del agua, maceración, recirculación del mosto, lavado de grano, cocción, whirlpool y enfriamiento, registrando todas las variables y etapas en un archivo de formato CSV almacenado automáticamente en una tarjeta extraíble tipo SD.

Palabras Clave:

Adaptable, Fácilmente configurable, Registro de datos y recetas, Repetitividad

Reconocimientos:

A nuestros profesores, que nos asesoraron en cuestiones teórico/prácticas basados en sus conocimientos académicos y experiencias laborales. En especial, a Armando Maxit, Gustavo Katzenelson y Carlos Cappelletti por la buena predisposición a la hora de realizar consultas relacionadas con este proyecto.

A nuestras familias, por demostrarnos una vez más que siempre están para lo que necesitemos, haciéndose espacios para que trabajemos de manera más fluida, colaborando con cuestiones esenciales como son la comida, el transporte, la logística y, sobre todo, el afecto brindado.

A nuestro querido amigo y futuro colega Marcos Colombero, con quién, a través de un arduo trabajo en conjunto, se desarrolló este proyecto logrando la integración de dos ramas de la ingeniería: electrónica y mecánica. Con su parte obtendrá el título de grado correspondiente a su carrera próximamente. ¡Éxitos compañero!

A nuestros amigos, quienes nos acompañaron desde la primera instancia de este proyecto y colaboraron en la realización de pruebas, aportaron movilidad y buenas energías, permitiendo que el desarrollo de este sea muy placentero.

A la gente de "MR Cavalieri S.A.", en especial a Juan Fernandez, y al personal de "Promati S.A.", por la amabilidad, comprensión, insumos, asistencia técnica y servicios prestados en general.

A la gran comunidad del foro de Unitronics y a los del soporte técnico, por la cordialidad, los debates, la rápida velocidad de respuesta y el interés demostrado en colaborar con la resolución de cualquier inconveniente.

Índice:

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 - Breve descripción del Proyecto	1
1.2 - Fundamentación	2
1.3 - Diagrama en bloques general.....	3
1.4 - Estudio de mercado	3
1.4.1 - Target	3
1.4.2 - Competencia	4
1.4.4 - Ciclo de vida del producto.	7
Capítulo 2: Marco Teórico	9
2.1 - Materias primas	9
2.1.1 - Agua.....	9
2.1.2 - Malta	12
2.1.3 - Lúpulo	13
2.1.3.A - Lúpulos de amargor	15
2.1.3.B - Lúpulos de sabor.....	15
2.1.3.C - Lúpulos de aroma	15
2.1.4 - Levadura	16
2.1.4.A - Levadura ale (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>).....	17
2.1.4.B - Levadura lager (<i>Saccharomyces pastorianus</i>)	18
2.2 - Proceso de elaboración	19
2.2.1 - Maceración.....	19
2.2.1.A - Paso intermedio: Recirculado y Filtrado.	21
2.2.1.B - Paso intermedio: Lavado del grano (Sparging)	22
2.2.2 - Cocción	23
2.2.2.A - Paso intermedio: Agregado de lúpulos.	23
2.2.2.B - Paso intermedio: Whirlpool.	24
2.2.2.C - Paso intermedio: Enfriado.....	24
2.3.3 - Fermentación	25
2.2.4 - Maduración	26
2.2.5 - Embotellado	26
Capítulo 3: Desarrollo	28
3.1 Desarrollo	28

3.1.1 Etapa de preparación del agua	33
3.1.1.A Investigación de componentes	34
3.1.1.A.I Análisis y selección de sensor analógico de temperatura T1.....	34
3.1.1.A.II Análisis y selección de sensor analógico de nivel de líquido N1.....	35
3.1.1.A.III Análisis y selección de electroválvulas para líquidos V1 y V2	38
3.1.1.A.IV Análisis y selección de bomba B1	39
3.1.1.A.V Análisis y selección de quemador: mechero C1 con electroválvula de gas	39
3.1.1.B Análisis del funcionamiento	41
3.1.1.C Desarrollo del firmware	42
3.1.1.C.I Entrada analógica para PT100	42
3.1.1.C.II Entrada digital rápida HSC	43
3.1.2 Etapa de Maceración	44
3.1.2.A Investigación de componentes	45
3.1.2.A.I Análisis y selección de sensor digital de nivel de líquido N1mín.....	45
3.1.2.A.II Análisis y selección de quemador: resistencia eléctrica de potencia C2 .	46
3.1.2.B Análisis del funcionamiento	47
3.1.2.C Desarrollo del firmware	48
3.1.2.C.I Salida digital rápida HSO.....	49
3.1.2.C.II Lazo de control PID	50
3.1.2.C.III AutoTune para Lazo de control PID	51
3.1.3 Etapa de Cocción	52
3.1.3.A Investigación de componentes	53
3.1.3.A.I Análisis y selección de sensor analógico de temperatura T3.....	53
3.1.3.A.II Análisis y selección de bomba B3.....	53
3.1.3.A.III Análisis y selección del enfriador a placas.....	54
3.1.3.B Análisis del funcionamiento	56
3.1.3.C Desarrollo del firmware	57
3.1.3.C.I Entrada analógica para tensión	57
3.1.3.C.II Linealización.....	58
3.2 Diseño completo	59
3.2.1 Diseño final	59
3.2.2 Hardware.....	59
3.2.3 HMI.....	64

3.2.3.A - Configuración	66
3.2.3.A.I - Borrar Todas las Recetas	66
3.2.3.A.II - Configuración Avanzada.....	67
3.2.3.A.II.I - AutoTune.....	68
3.2.3.A.II.II - Prueba de Entradas/Salidas	68
3.2.3.B - Recetas.....	70
3.2.3.B.I - Seleccionar/Eliminar Recetas.....	71
3.2.3.B.II - Agregar Receta.....	72
3.2.3.C - Elaborar Cerveza	74
3.2.3.C.I - Esquema General	75
3.2.3.C.I.I - Evolución temporal	77
3.2.3.C.I.II - Incorporación de agregados y maltas.....	78
3.2.4 Extras	79
3.2.4.A - Registro de datos en memoria extraíble tipo SD	79
3.2.4.B - Trends	81
3.2.4.C - Contraseñas.....	83
3.2.4.D - Animaciones.....	84
3.2.5 Prestaciones.....	86
Capítulo 4: Resultados.....	88
Capítulo 5: Análisis de costos	89
5.1 - Detalle de costos	90
5.1.1 - Materiales	90
5.1.2 - Mano de obra.....	91
5.1.3 - Total	91
5.2 - Plan de ventas.....	91
5.3 - Retorno de Inversión (ROI).....	93
Capítulo 6: Discusión y conclusión	95
Capítulo 7: Literatura citada.....	97
Anexos.....	98

Lista de Figuras:

Figura 1: Diagrama en bloques del sistema.....	3
Figura 2: “Brew-Magic XL”, capacidad de producción de 200 litros. (Brew-Magic, 2018)....	5
Figura 3: “Inoxidables Monte Grande”, capacidad a pedido y sistema de control aparte	5
Figura 4: “Medelinox”, capacidad de 400 litros	6
Figura 5: “SlowBeer”, capacidad de 1000-2000 litros y control total.....	7
Figura 6: Estilos de cerveza.....	8
Figura 7: Tipos de maltas.....	12
Figura 8: Colores de cerveza.....	13
Figura 9: Flor de lúpulo	14
Figura 10: Efectos del lúpulo según tiempo de hervido	15
Figura 11: Levaduras a nivel microscópico	16
Figura 12: Levaduras	17
Figura 13: Esquema del proceso de elaboración.....	19
Figura 14: Maceración	20
Figura 15: Test de iodo	20
Figura 16: Recirculado.....	22
Figura 17: Control de densidad.....	22
Figura 18: Hervido	23
Figura 19: Whirlpool.....	24
Figura 20: Fermentación.....	25
Figura 21: Primer esquema de la planta.....	29
Figura 22: PLC V350, Adaptador de expansión, Modulo de expansión.....	32
Figura 23: Diagrama de flujo general del proceso	33
Figura 24: Sensor PT100.....	34
Figura 25: Sensor de presión MPX5999D	35
Figura 26: Manómetro en U de tubo abierto	36
Figura 27: Estructura MPX5999D	36
Figura 28: Caudalímetro electrónico	37
Figura 29: Electroválvulas para líquidos	38
Figura 30: Bomba B1, MKII de Keg-King	39

Figura 31: Quemador mechero 24000 kcal.....	40
Figura 32: Electroválvula de gas “Honeywell”	40
Figura 33: Diagrama de flujo etapa de preparación del agua	41
Figura 34: Filtro utilizado para agua	42
Figura 35: Configuración entrada tipo PT100	43
Figura 36: Configuración entrada tipo HSC	44
Figura 37: Funcionamiento de las boyas	45
Figura 38: Sensor digital de nivel.....	46
Figura 39: Resistencia eléctrica de potencia “Hissuma”	46
Figura 40: Diagrama de flujo etapa de maceración	47
Figura 41: Configuración de salida tipo HSO.....	49
Figura 42: Ejemplo de salida HSO.....	49
Figura 43: Bloque de configuración de PID AutoTune	50
Figura 44: Asociación de salida para controlar el actuar del PID con el ciclo de trabajo del HSO	51
Figura 45: Bloque de configuración de PID Run AutoTune.....	52
Figura 46: Sensor de temperatura T3 “LM35” de la compañía “Texas Instruments”	53
Figura 47: Bomba B3. Modelo “BT220NX” de la compañía “Argentec”	54
Figura 48: Funcionamiento enfriador a placas.....	55
Figura 49: Enfriado a placas de la compañía “Alfa Laval”, modelo “Cb20-40h”	55
Figura 50: Diagrama de flujo etapa de cocción.....	56
Figura 51: Configuración entrada analógica de tensión.....	58
Figura 52: Configuración del bloque de función de linealización	58
Figura 53: Esquema final completo de la planta	59
Figura 54: Interior del gabinete de control	60
Figura 55: Tapa delantera del gabinete de control.....	60
Figura 56: Caja estanca para la conexión de los sensores y actuadores	61
Figura 57: Instalación de gas y quemadores en etapa de prueba	61
Figura 58: Boyas de nivel dentro en la olla de cocción	62
Figura 59: Boya de nivel mínimo en olla de maceración	62
Figura 60: Electroválvula N° 2 y caudalímetro N° 2.	63

Figura 61: Posición de la bomba N° 2 y electroválvulas N° 3 y 4.	63
Figura 62: Equipo completo instalado y funcionando	64
Figura 63: Pantalla de Bienvenida	64
Figura 64: Pantalla de Menú Principal	65
Figura 65: Pantalla de configuraciones generales	66
Figura 66: Pantalla de confirmación para eliminar todas las recetas	66
Figura 67: Pantalla de configuración avanzada	67
Figura 68: Pantalla de ingreso de contraseña	67
Figura 69: Pantalla de AutoTune (PID)	68
Figura 70: Pantalla de prueba entradas y salidas (1 de 3).....	69
Figura 71: Pantalla de prueba entradas y salidas (2 de 3).....	69
Figura 72: Pantalla de prueba entradas y salidas (3 de 3).....	70
Figura 73: Pantalla de recetas	70
Figura 74: Pantalla para seleccionar o eliminar una receta (1 de 3).....	71
Figura 75: Pantalla para seleccionar o eliminar una receta (2 de 3).....	71
Figura 76: Pantalla para seleccionar o eliminar una receta (3 de 3).....	72
Figura 77: Pantalla para agregar una nueva receta (1 de 3)	72
Figura 78: Pantalla para agregar una nueva receta (2 de 3)	73
Figura 79: Pantalla para agregar una nueva receta (3 de 3)	73
Figura 80: Pantalla de error en agregado de receta	74
Figura 81: Pantalla para escalado de receta (1 de 3)	74
Figura 82: Pantalla para escalado de receta (2 de 3)	75
Figura 83: Pantalla para escalado de receta (3 de 3)	75
Figura 84: Pantalla de esquema general	76
Figura 85: Pantalla para olla de licor	76
Figura 86: Pantalla para olla de maceración.....	77
Figura 87: Pantalla para olla de cocción	77
Figura 88: Pantalla para visualización de evolución temporal de la temperatura	78
Figura 89: Pantalla de aviso para la incorporación de malta	79
Figura 90: Pantalla de aviso para la incorporación de agregado	79
Figura 91: Código Ladder para escritura en SD	80

Figura 92: Creación de vector para archivos CSV a escribir en SD	80
Figura 93: Configuración de escritura de archivos CSV en SD	81
Figura 94: Propiedades del Trend.....	82
Figura 95: Propiedades de las Curvas.....	82
Figura 96: Activación de Trend por Ladder	83
Figura 97: Configuración de contraseña para HMI	83
Figura 98: Validación de contraseña para HMI en Ladder	84
Figura 99: Cantidad de ingresos inválidos de contraseña para HMI en Ladder.....	84
Figura 100: Lógica implementada para el índice de la animación de inicio	85
Figura 101: Configuración de lista de imágenes para animación	85

Lista de Tablas

Tabla 1: Entradas - Salidas para planta N° 1	30
Tabla 2: Comparación de equipos	31
Tabla 3: Costo de materiales	91
Tabla 4: Costo de mano de obra.....	91

Lista de Abreviaciones

<i>Abreviación</i>	<i>Significado</i>
°C	grados centígrados
<i>kcal</i>	kilocalorías
<i>l</i>	litros
<i>ml</i>	mililitros
<i>l/h</i>	litros/hora
<i>mm</i>	milímetros
<i>cm</i>	centímetros
<i>mS</i>	milisegundos
<i>kW</i>	kilowatts
<i>Hz</i>	hertz
<i>kHz</i>	kilohertz
<i>V</i>	volts
<i>Vac</i>	voltaje de corriente alterna
"	pulgadas
<i>N°</i>	número
<i>PWM</i>	modulación por ancho de pulso
<i>PID</i>	controlador proporcional, integral y derivativo
<i>Kp</i>	constante proporcional
<i>Ki</i>	constante integrativa
<i>Kd</i>	constante derivativa
<i>PLC</i>	programador lógico controlable
<i>HMI</i>	interfaz hombre-máquina
<i>PC</i>	computadora personal
<i>USB</i>	bus universal en serie
<i>SD</i>	secure digital
<i>CSV</i>	valores separados por comas
<i>GIF</i>	formato de intercambio de gráficos

<i>μC</i>	microcontrolador
<i>CO2</i>	dióxido de carbono
<i>HTC</i>	tetrahidrocannabinol
<i>ROI</i>	retorno de inversión
<i>BPM</i>	buenas prácticas de manufactura
<i>CAA</i>	código alimentario argentino
<i>CIP</i>	limpieza en el lugar
<i>IBU</i>	unidad internacional de amargor
<i>D.O.</i>	densidad original
<i>SB</i>	bit del sistema
<i>SI</i>	entero del sistema
<i>MB</i>	bit de memoria
<i>MI</i>	entero de memoria
<i>HSC</i>	contador de alta velocidad
<i>HSO</i>	salida de alta velocidad

Dedicado a:

Nuestros seres queridos, quienes nos acompañan en todo momento y con quienes compartimos momentos únicos e inolvidables en nuestras vidas. Que el producto elaborado con este equipo sea un motivo más de reuniones, encuentros, festejos, en donde, además, brindemos por aquellos que no están físicamente presentes pero que sí están dentro de nuestros corazones.

Capítulo 1: Introducción

1.1 - Breve descripción del Proyecto

El siguiente proyecto se basa en semi automatizar un proceso de producción de cerveza artesanal, abarcando las siguientes etapas:

- Filtración y preparación del agua
- Maceración, recirculado, filtrado y lavado
- Cocción y Whirlpool
- Enfriado
- Traslado a fermentador

El sistema trabaja midiendo variables críticas como niveles de tanques y temperaturas y acciona de manera automática sobre resistencias de inmersión controladas mediante PID, electroválvulas, bombas y quemadores instalados en una planta de producción de 300 litros finales de cerveza. El usuario puede interactuar con el sistema por medio de una pantalla táctil de 3.5", desde donde configura cada receta a elaborar. Estas recetas se irán guardando para su posterior reutilización, con la posibilidad de realizar un escalado en los litros a elaborar. La programación del sistema no pierde de vista que se trata de un proceso artesanal y no industrial, por lo que el maestro cervecero también deberá interactuar con el proceso agregándole las maltas, los lúpulos y los distintos agregados necesarios. El sistema cuenta con alarmas sonoras y visuales para recordar al operador que debe realizar estas incorporaciones, registrando el momento exacto en el que se hayan hecho. Además, informa por medio de un breve sonido de un buzzer el tiempo que ha transcurrido desde el inicio de cada etapa para que el usuario no se pierda en el proceso y esté listo para hacer las incorporaciones en el momento exacto. En las etapas que sean necesarias podrá saltar directamente a la próxima según su criterio y de acuerdo con las distintas mediciones y test que realice manualmente, tales como test de yodo, densidad, entre otros.

Por todas estas cualidades decimos que nuestro sistema puede formar parte de una micro cervecería artesanal y no industrial, donde el dispositivo y el maestro cervecero trabajan amónicamente en equipo para obtener la mejor calidad de cerveza según sus gustos o los que el cliente demande.

La configuración del sistema es intuitiva y rápida, solo basta con cargar la receta (tiempos, temperaturas e ingredientes) o seleccionar una ya guardada y comenzar el proceso de fabricación.

1.2 - Fundamentación

En la actualidad, las cervezas artesanales están ganando mercado frente a las industriales. El proceso para su elaboración no es muy complejo, pero requiere de un minucioso control de temperaturas y tiempos.

Hoy en día existen micro emprendimientos que ofrecen kits para la elaboración de cerveza artesanal en el hogar, con los que se pueden lograr buenos resultados si la persona que fabrica la cerveza casera le dedica 100% del tiempo al proceso para garantizar la correcta producción de esta.

Uno de los principales inconvenientes se encuentra a la hora de querer recrear nuevamente un estilo hecho anteriormente. Al ser muy dependiente de las temperaturas y los tiempos de maceración y cocción entre otros, cualquier cambio menor en el proceso productivo, resultará en una tanda de distinto sabor, aroma, amargor y calidad. Debido a esto, cuando el usuario crezca en producción y desee incorporarse en el mercado ofreciendo su cerveza, no podrá garantizar que un mismo estilo lo produzca con iguales características siempre.

La persona que desea embarcarse en la producción de cerveza artesanal a grandes escalas cuenta con varias opciones al momento de decidir que equipamiento adquirir; los mismos van desde un kit básico de 50 litros (el cual demanda al usuario alrededor de 8 horas de dedicación exclusiva al proceso) hasta 500 litros. Algunos de los más grandes (a partir de 250 litros) poseen controles electrónicos para activar o desactivar las distintas bombas que se encargan de realizar los trasvases de líquidos y recirculados. Sin embargo, el camino que adopta dicho líquido depende de las válvulas que el cervecero abra o cierre de acuerdo con la etapa en la que se encuentra. Esto podría traer problemas para las bombas en el caso de que alguna válvula no sea abierta, generando un desgaste mecánico innecesario. También puede suceder que el cervecero confunda alguna válvula y pierda algo de producción haciendo circular el producto por un lugar incorrecto.

Así, el éxito del resultado obtenido depende exclusivamente del operario. Por esto, en este proyecto se propone el diseño de un sistema de control fácilmente configurable a través de un entorno gráfico sencillo y amigable, que se adapte a las necesidades del cliente y garantice una buena repetitividad en la elaboración de distintas tandas, facilitándole el trabajo al operario permitiéndole a este un mayor enfoque en parámetros que influyan directamente con la calidad del producto final.

Se propone un sistema de producción íntegro con muchas mejoras significativas respecto a los equipos existentes con un costo de inversión inicial para nada exorbitante, permitiendo que se alcancen mayores estándares de calidad, sin dejar de lado el carácter artesanal de la cerveza, ya que permite una amplia gama de configuración personal por parte del usuario (tiempos, temperaturas y proporciones de insumos en cada receta elegida de una lista preestablecida o bien creada por el operador). De esta manera el cervecero podrá introducirse rápidamente en el mercado con grandes volúmenes de producción garantizando al cliente repetitividad en sus estilos, sin requerir de grandes esfuerzos.

Además, las micro cervecerías ya establecidas podrían actualizar sus equipos agregando solo electroválvulas y un gabinete de control para estar en iguales condiciones, por medio de un asesoramiento personalizado.

1.3 - Diagrama en bloques general

El control es ejecutado por un PLC (Controlador Lógico Programable). Este se encarga de medir las variables de la planta por medio de distintos sensores y actúa a través de electroválvulas, bombas de agua, resistencia eléctrica de potencia y quemadores.

El PLC se comunicará con una pantalla HMI desde donde el usuario podrá configurar el sistema según el estilo de cerveza a elaborar, así como también realizar un seguimiento en tiempo real del proceso de manera gráfica, observando niveles de líquidos en ollas, temperaturas, tiempos y etapa actual del proceso de elaboración a la par que se va generando un registro de datos en una tarjeta extraíble tipo SD.

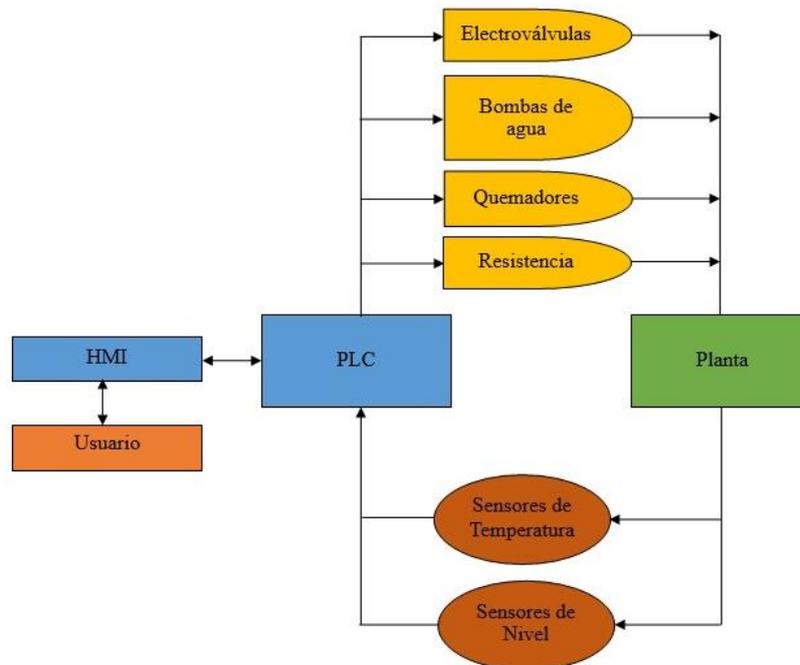


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

1.4 - Estudio de mercado

1.4.1 - Target

En numerosos lugares de Argentina, así como también en diversos países del mundo, el consumo y la fabricación de cerveza artesanal están en constante crecimiento. Por ejemplo, la Cámara de Cerveceros Artesanales de Santa Fe, está conformada por más de 10 micro

cervecerías de la ciudad, mientras que la Asociación Cerveceros Santafesinos cuenta con más de 50 asociados. El último año, el mercado se amplió y creció un 45%.

Además de ser tendencia en todo el país, quienes se dedican a este negocio saben que no se trata de una moda pasajera. El consumidor quiere beber mejor, saborear calidad y disfrutar más. Está ávido por probar diferentes estilos y variedades, por eso, mientras se haga cerveza de manera profesional y consciente, el mercado seguirá creciendo.

La cerveza artesanal, a diferencia de la que se fabrica a gran escala, es 100% natural, sin aditivos y con grandes cantidades de materias primas. Por lo general, posee más ingredientes, sabores, aromas y además tiene más "cuerpo" que una cerveza de carácter industrial. Es necesario obtener cierta repetitividad en los resultados del producto final para poder insertarse en el mercado. Es por tal motivo que el proyecto está dirigido a aquellas personas que se encuentren realizando producciones caseras y deseen invertir en el negocio, expandiendo la capacidad de sus lotes como así también a aquellos productores de baja o mediana escala que no cuenten con un proceso automatizado y quieran consolidarse firmemente en el mercado con un producto de confianza.

1.4.2 - Competencia

Hoy en día, en el mercado internacional podemos encontrar variados sistemas similares a lo que se diseñó e implementó en este proyecto, pero solo algunos alcanzan el mismo grado de automatización. En este análisis nombraremos los más reconocidos del mercado, comenzando por el equipo más simple y finalizando con el más complejo y parecido al de nuestro proyecto.

En primer lugar, tenemos lo presentado por "Brew-Magic" (Estados Unidos), quienes ofrecen tres configuraciones de equipos diferentes: 50 litros, 100 litros y 200 litros. El más próximo al que presenta este proyecto, es el último y lleva el nombre de Brew-Magic XL. Este consta de 3 ollas, 3 quemadores, 2 bombas y válvulas manuales para darle el flujo adecuado al líquido y para encender los distintos quemadores. El proceso es controlado permanentemente por el cervecero, el cual sigue una serie de instrucciones dadas por un PLC con pantalla HMI de 7". En este mismo se pueden guardar las recetas y realizar un seguimiento de cada proceso de elaboración. El único control que realiza este PLC es el de la recirculación continua a través de una resistencia para mantener la temperatura estable (con un error de medio grado Fahrenheit) en la etapa de maceración. También controla el accionar de las bombas, pero el recorrido del líquido es elegido por el operario por medio de las válvulas manuales. La pantalla indica cuales abrir para cada etapa y, una vez que están correctamente abiertas, el operario confirma la operación para que el sistema encienda las bombas y comience el trasvase o el recirculado de cada etapa. Esta pantalla puede ser observada desde cualquier Tablet, Smartphone o computadora conectada a la red interna de Internet.



Figura 2: "Brew-Magic XL", capacidad de producción de 200 litros. (Brew-Magic, 2018)

Un segundo equipo encontrado en el mercado es el ofrecido por "Inoxidables Monte Grande" (Argentina). Esta empresa realiza bloques de cocción a medida según lo requerido por el cliente. Además, ofrece un gabinete capaz de controlar de las temperaturas en las ollas de licor y de maceración, permitiendo también modificar las velocidades de las bombas por medio de variadores de velocidad. Al igual que el sistema anterior, las válvulas son manuales y el operario elige el flujo del líquido. En este tipo de configuración, el usuario debe tener bien en claro el proceso de elaboración y qué válvulas accionar en cada paso ya que no se le ofrece información alguna en tiempo real mientras el proceso avanza. Las temperaturas son medidas por termómetros del tipo bimetálico en la parte delantera de cada olla y para controlarla cuenta con 3 quemadores de accionamiento manual. La página oficial del producto no brinda demasiada información acerca de las características del equipo de cocción y lo mismo sucede con el bloque de automatización.



Figura 3: "Inoxidables Monte Grande", capacidad a pedido y sistema de control aparte

En Argentina también existen otras empresas que ofrecen algo muy similar al producto descrito en el párrafo anterior: equipo completo para la elaboración de cerveza y gabinete de control, los cuales se pueden obtener por separado.

Una de ellas es "Medelinox" que dispone de equipos que van desde 150 litros hasta 500 litros. Poseen un tablero general de mando, con los 3 controladores digitales, puesta en

marcha de bombas y sistema de agitación. Sin embargo, y al igual que los sistemas ofrecidos por “Inoxidables Monte Grande”, carecen de una interfaz gráfica amigable para la configuración del sistema y el seguimiento detallado del proceso.



Figura 4: “Medelinox”, capacidad de 400 litros

Finalmente, se encuentra el sistema de 250 litros, 500 litros, 1000 litros y 2000 litros ofrecido por “SlowBeer”. Se trata de una sala de elaboración de cerveza con la posibilidad de realizar cocciones continuas para lograr, por ejemplo, una producción de 2000 litros finales en un tiempo de 14 horas aproximadamente, con un equipo de tan 500 litros. El sistema de encarga de controlar absolutamente todo por medio de un PLC y una pantalla táctil en los equipos de portes mayores a 1000 litros.

El control en los aparatos de menor capacidad es parcialmente completo ya que el operario acciona las válvulas y las bombas de manera manual, así como también la selección de la potencia de las resistencias para calentar el producto dentro de cada olla.

Por lo tanto, los equipos de gran porte ofrecidos por “SlowBeer” son los que más se aproximan a lo que este proyecto plantea: un sistema que controle cada parte del proceso manteniendo la esencia artesanal de la cerveza, dándole al operario la posibilidad de configurar amplia cantidad de variables y, si así lo desea, finalizar etapas automáticas por considerarlas terminadas antes del tiempo previamente establecido/calculado.



Figura 5: "SlowBeer", capacidad de 1000-2000 litros y control total

1.4.4 - Ciclo de vida del producto.

Uno de los hábitos que los argentinos mantienen en el tiempo, es el de tomar cerveza con amigos, en reuniones familiares o a la salida del trabajo. Un estudio del sector reveló que en el país se consumen 43 litros per cápita al año. Sobre un total de más de 3.000 millones de litros consumidos de bebidas alcohólicas por año, la cerveza acapara el 60% del mercado, mientras que el vino tiene una participación del 34%. Por estos motivos, y dado que la fabricación de cerveza artesanal está en constante crecimiento, es que nuestro producto llega para consolidarse. Si a las ventajas que otorga tener un proceso automatizado, le sumamos la facilidad de actualizaciones y adaptaciones de acuerdo con lo que el cliente necesita y el constante desarrollo, los productores locales tendrán la posibilidad de lograr una bebida de excelente calidad, capaz de competir con las marcas artesanales más reconocidas.

Cabe destacar que, si bien la cantidad de productores se va incrementando día a día, la gran variedad de estilos de cervezas puede convivir entre ellas, ya que cada una tiene sus particularidades que atrapan a un porcentaje diferente de consumidores.

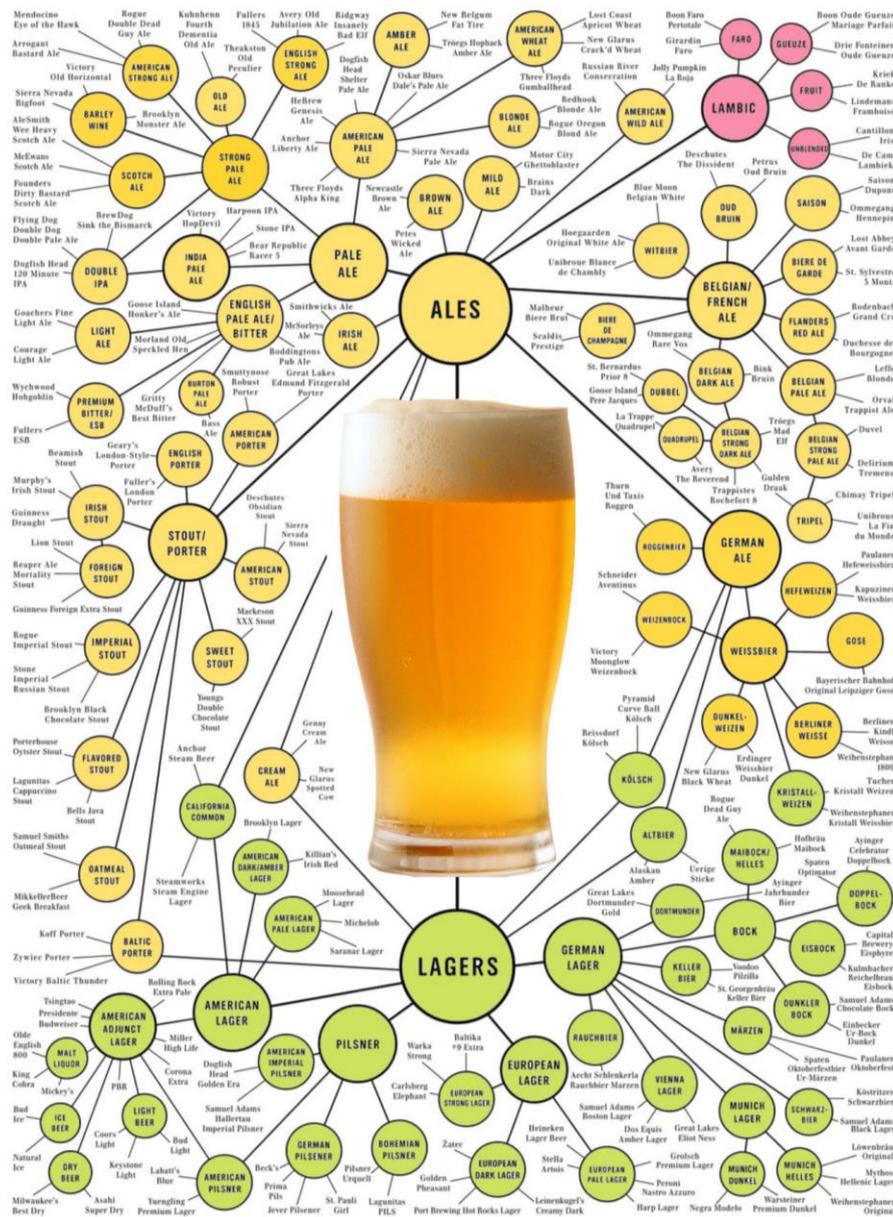


Figura 6: Estilos de cerveza

Capítulo 2: Marco Teórico

Para entender completamente el porqué de la realización de cada parte desarrollada en este proyecto, es necesario presentar al lector un marco teórico detallado correspondiente a la elaboración de cerveza artesanal, contemplando desde las materias primas necesarias hasta las transformaciones que se le producen en cada etapa del proceso.

La fabricación de la cerveza artesanal consta en principio de las siguientes etapas generales:

- Filtración y preparación del agua
- Maceración, recirculado, filtrado y lavado
- Cocción y Whirlpool
- Enfriado
- Fermentación
- Maduración
- Embotellado

A continuación, explicaremos de qué se trata cada una de ellas, qué se debe hacer y que tener en cuenta en cada una para obtener finalmente la cerveza.

Comenzamos mencionando las materias primas básicas y necesarias para la fabricación de la cerveza que son cuatro: agua, malta, lúpulo y levadura.

2.1 - Materias primas

2.1.1 - Agua

El agua es a menudo pasada por alto, pero es la materia prima que se usa en mayor cantidad (entre el 85 y 92%), por lo que, sin duda, desempeña un papel importante en la determinación su sabor, su aroma y su color. Tanto es así que hay casos en los que, sólo las diferencias en la composición del agua distinguen un estilo de otro.

Para la elaboración de cerveza es suficiente que el agua sea potable. Esto quiere decir, mínimamente, que no contenga bacterias patógenas.

Hay algunas cervecerías que cuentan con una fuente de agua propia, pero la mayoría hace uso del agua de red y mediante sistemas de tratamiento fisicoquímicos logran imitar cualquier tipo de agua, manteniendo las características originales de sus cervezas, permitiéndoles, además, elaborar la misma receta en cualquier lugar del mundo.

Algunos minerales presentes en el agua a considerar son:

- Calcio

Influye directamente en la calidad final del producto. Asegura una estabilidad enzimática y buena coagulación proteica. Para aumentar las cantidades se puede agregar sulfato de calcio, más conocido como “Gypsum”, teniendo en cuenta no excederse ya que también facilita la generación de microorganismos indeseados.

- Magnesio

Facilita la isomerización de los lúpulos

- Hierro

Debe tratar de evitarse. Genera efectos adversos en el mosto resultado en un sabor metálico en el producto final, así como también mayor turbidez.

- Zinc

Ayuda a que las levaduras se reproduzcan.

- Cloro

Reacciona con la materia orgánica, deteriorándola y generando clorofenoles, los cuales se reflejarán en un aroma y sabor a plástico fenólico.

Otra cuestión para tener en cuenta es el nivel de pH del agua a utilizar. Si dicho nivel no es el óptimo, en la maceración las enzimas rendirán menos, por lo que la cantidad de litros finales obtenidos será menor. Para aumentar el nivel de pH se puede utilizar ácido fosfórico o cítrico.

Como nombramos anteriormente, para la elaboración de diferentes estilos de cerveza es necesario que el agua tenga las mismas características que el agua de la ciudad donde proviene dicho estilo.

Algunos tipos de agua son:

- Pilsen

Es un agua de dureza y alcalinidad muy bajas, proveniente de Pilsen (Plzen), ciudad ubicada al oeste de la región de Bohemia, en la República Checa. Los niveles, también bajos de sodio, cloruro y sulfatos le dan un perfil general blando, logrando en el macerado un pH óptimo con el sólo uso de maltas base. La escasez de sulfato equilibra el amargor y realza el aroma de los lúpulos.

- Dortmund

Con niveles altos de alcalinidad total y dureza permanente, el agua de esta ciudad situada en la Renania del Norte-Westfalia, Alemania, produce espléndidas lagers rubias, con menos carácter a lúpulo que la de Pilsen. Una mayor presencia de minerales, en especial sulfatos, favorece el sabor de la malta y la hace similar al agua de Vienna, pero las cervezas logradas son más rotundas, seca y de color más claro.

- Vienna

Similar a la anterior, el agua de la capital de Austria no tiene el nivel de calcio necesario para balancear los carbonatos, y cuenta con mucho menos sodio y cloruros que la de Dortmund. En un principio hubo intentos de imitar las cervezas de esa ciudad alemana pero no se logró balancear el macerado hasta que se agregó un porcentaje de maltas tostadas. Fue así que nacieron las famosas lager rojo-ámbar de Vienna. Una concentración bastante alta de sulfato acentúa el tostado de las maltas y contribuye a la obtención de un final seco.

- Munich

Situada en la región de Baviera, esta ciudad dispone de un suministro de agua con un contenido alto en carbonatos y moderado en la mayoría de los otros minerales. Para balancear los carbonatos y hacer más ácida la maceración, las cervecerías optaron por el uso de maltas especiales más oscuras en sus cervezas, obteniendo un perfil más malteado. Esto último se ve favorecido por el bajo nivel de sulfatos del agua local que, a su vez, equilibra el amargor de los lúpulos. Así nacieron las Dunkels, las Bocks, y las Oktoberfests, famosas por sus suaves aromas.

- Londres

Hoy en Londres, capital de Inglaterra, las aguas varían dependiendo del distrito, pero un agua clásica de esa ciudad debe poseer niveles bajos en calcio y altos en carbonatos y sodio.

La característica demasiada alcalina de esta agua dificulta la elaboración de las cervezas más claras, pero es perfecta para producir Porter y otras ales más oscuras. Las maltas tostadas utilizadas en estas cervezas, naturalmente ácidas, logran bajar el pH de la maceración al rango correcto. Por otro lado, el sodio acentúa la maltosidad y suaviza el aroma, haciendo únicas las Porter de Londres.

- Edinburg

El agua de esta ciudad, capital de Escocia, es similar a la de Londres, pero con un nivel de bicarbonato y sulfato más alto. Esto hace que las cervezas elaboradas en esta parte del mundo puedan ser pensadas con una maltosidad más definida y que puedan ser equilibradas usando una cantidad menor de lúpulo.

- Burton-On-Trent

En esta ciudad, ubicada en el centro de Inglaterra, encontramos un agua con niveles de calcio y magnesio notablemente altos. Esto sería perjudicial para la maceración sino fuera que contiene además la cantidad necesaria de carbonatos para balancear los efectos negativos. La relación dureza-alcalinidad, es muy similares a los niveles del agua de Pilsen, pudiendo lograr cervezas más claras. El alto nivel de sulfato y el sodio bajo realzan todas las características del lúpulo produciendo un amargor limpio y definido.

- Dublín

Capital de la República de Irlanda, Dublín es famosa por sus Stouts. Con un alto contenido de calcio y la mayor concentración de carbonatos en todas las islas británicas, su agua es

muy adecuada para el uso de grandes cantidades de maltas oscuras y altamente ácidas. Esto último hizo posible que, en esta ciudad irlandesa, se puedan producir las cervezas más oscuras del mundo. Los niveles bajos de sodio, clorato y sulfato logran que el lúpulo aporte un amargor adecuado para balancear toda la malta.

- Argentina

En países extensos como Argentina seguramente hay muchos lugares con aguas cerveceras óptimas y con características distintas unas de las otras. Muchas de las grandes fábricas de cervezas se han establecido en zonas como Campana, Zárate y Lujan debido a la presencia, a muy poca profundidad, del acuífero Puelche, cuyas aguas tienen características extraordinarias para la elaboración de cerveza.

2.1.2 - Malta

La malta es el alma o la base de la cerveza. Estas se pueden elaborar a base de una sola malta, pero la mayoría utiliza 2 o 3 tipos diferentes, llegando en algunos casos a emplear hasta 8 maltas distintas.

Aporta los azúcares que posteriormente la levadura fermentará. También es el agente principal que le otorga el color a la cerveza y uno de los mayores contribuyentes al sabor, el aroma y el cuerpo de esta. Las proteínas de sus granos dan estructura a la espuma, mientras que los minerales que contiene proporcionan muchos de los nutrientes esenciales que necesita la levadura para desarrollarse.



Figura 7: Tipos de maltas

La malta se compone de granos de cereal, en su mayor parte cebada, que ha pasado por el proceso de malteado. Este proceso, a grandes rasgos, se basa en la germinación controlada de los granos y su posterior secado/horneado. El malteado activa las enzimas diastáticas, que se encargan posteriormente de convertir los almidones de los granos en

azúcares fermentables. Asimismo, la duración de la germinación y la temperatura del secado son los factores que les da a los granos el color y el aroma característicos que después contribuyen al carácter final de la cerveza. Por ejemplo, según la temperatura del secado se llega a una malta más amarilla, tostada o negra, lo que más adelante determinará el color de la cerveza.



Figura 8: Colores de cerveza

Para el proceso de malteado, se seleccionan los granos de la más alta calidad. Esta selección depende, entre otras cosas, de un contenido de almidón alto, del tamaño uniforme del grano, el bajo contenido de nitrógeno y el alto poder diastático. Este último término hace referencia a la habilidad de los granos para descomponer las complejas moléculas de almidón en simples azúcares para elaborar cerveza, y depende de la cantidad de enzimas diastáticas que contiene el grano.

Hay varios granos que se maltean, como el trigo o el centeno. Sin embargo, la cebada es el grano malteado más frecuente, debido a su composición, su riqueza en almidón, su alto potencial enzimático y a que la cáscara de esta se aprovecha como filtro natural en la maceración, encargándose de retener impurezas.

Debido a las diferencias en los procesos, las maltas de tipos similares de distintas malterías pueden otorgarle a la cerveza sabores diferentes. Los cerveceros normalmente suelen seleccionar sus maltas de malterías específicas, con las que ya saben que alcanzarán el resultado deseado. Al igual que el tipo de uva define el vino, existen diferentes tipos de cebada, dependiendo de su país de origen, clima y la estación en la que se siembra.

2.1.3 - Lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta perenne que pertenece a la familia de las Cannabáceas, que también incluye al cannabis, pero no contiene HTC. En su madurez, la planta a tener unos 5 – 8 metros de largo y su flor es la que se recolecta y seca para luego ser utilizada en la elaboración de cerveza. Estas flores, denominadas conos, están compuestas por brácteas verdes y finas, de textura similar al papel y de forma de hoja. En la base de estas brácteas hay glándulas de lupulina amarillas, cerosas, que contienen los alfa-ácidos responsables del amargor y los aceites esenciales que le dan a la cerveza sabor y aroma floral.



Figura 9: Flor de lúpulo

Aunque se pueden encontrar en el mercado como flores secas, el principal modo de comercialización de estos hoy en día, es en forma de “pellets”. Para crear este formato de lúpulo se rallan, se comprimen y se moldean los lúpulos secos, adquiriendo así la forma usual de la comida de conejos. El proceso de rallado elimina una parte de material vegetativo, hecho que permite usar menos volumen que si usáramos lúpulo en flor. Su peso y su compresión también hace que sean mucho más fáciles de almacenar, y menos susceptibles a la oxidación

Los lúpulos otorgan a la cerveza el amargor para equilibrar la dulzura de los azúcares de la malta, así como sabores, aromas, resinas que incrementan la retención de espuma y antisépticos que retardan su degradación. De su calidad depende en gran medida la calidad de la cerveza.

Hay que tener en cuenta que sólo las plantas femeninas desarrollan la flor y contienen las resinas amargas y aceites etéreos que suministran a la cerveza los componentes amargantes y aromatizantes. En las plantaciones de lúpulo las plantas masculinas y femeninas se sitúan por separado. Ello se debe a que, si las plantaciones masculinas polinizaran las flores, éstas producirían semillas y, por lo tanto, ya no serían útiles para la elaboración de cerveza.

Los lúpulos se añaden en un momento u otro del proceso de elaboración en función de la característica que se quiera obtener. Mientras que la mayoría de los lúpulos se añaden en la cuba de hervido, también es posible añadirlos en etapas previas o posteriores a la cocción. La adición temprana de lúpulos en el hervido sirve para proporcionar amargor, mientras que la añadidura tardía permite obtener sabor y aroma a lúpulo.

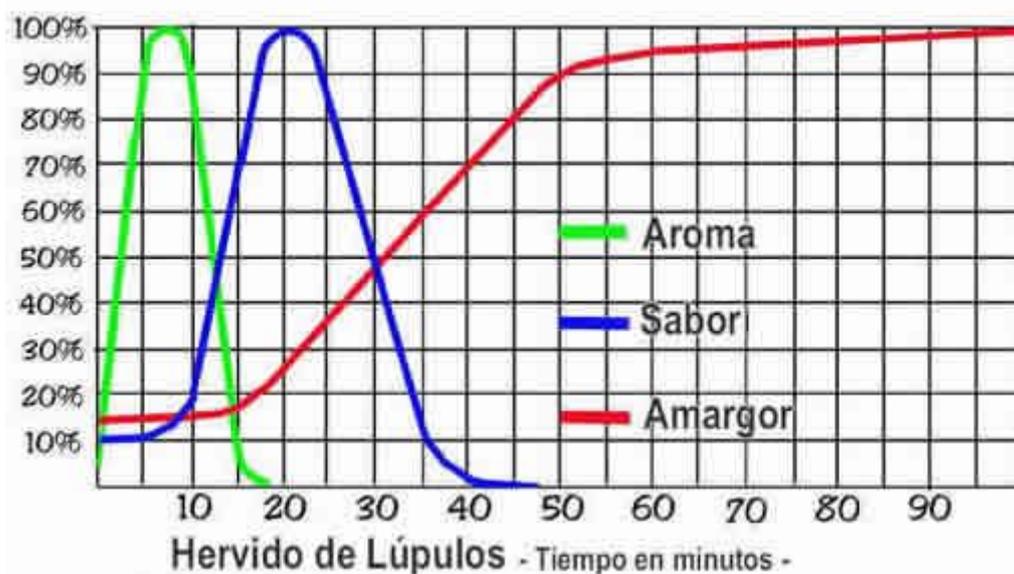


Figura 10: Efectos del lúpulo según tiempo de hervor

2.1.3.A - Lúpulos de amargor

El amargor de los lúpulos proviene de los alfa-ácidos que se encuentran en las glándulas de lupulina de las flores de lúpulo. Para que estos ácidos otorguen amargor a la cerveza tienen que ser químicamente alterados e isomerizados por el proceso de cocción. La isomerización es el proceso químico por el que un compuesto es transformado en otro que tiene la misma composición química, pero una estructura diferente. La transformación de humulona en isohumulona es facilitada por la presencia de iones de magnesio. El porcentaje de alfa-ácidos potenciales que son isomerizados se denomina "utilización". Al aumentar la duración de la cocción, aumenta el rendimiento de isohumulona, por lo que los lúpulos de amargor se suelen añadir al principio del hervor o al menos 60 minutos antes de que termine el proceso.

2.1.3.B - Lúpulos de sabor

El sabor y el aroma a lúpulo provienen de los aceites esenciales que se encuentran en las glándulas de lupulina. Suele contener porciones reducidas de alfa-ácidos. Los sabores son liberados a medida que los aceites se disuelven en el mosto durante la cocción. Se debe considerar, que como los aceites son altamente volátiles y se evaporan fácilmente, los lúpulos de sabor se añaden entre 20 y 40 minutos antes de que termine la cocción.

2.1.3.C - Lúpulos de aroma

De nuevo, debido a que los aceites esenciales son muy volátiles, los lúpulos que proporcionan aroma se añaden en los últimos minutos del hervor para minimizar, así, su evaporación. En muchos casos, se suelen agregar una vez terminado el hervor.

Como nombramos anteriormente, los lúpulos se pueden añadir en otros momentos del proceso de elaboración de cerveza además del hervido, logrando resaltar el sabor y el aroma de la cerveza.

El **Dry Hopping** es, probablemente, la práctica más frecuente relacionada con los lúpulos y que no tiene relación con la cocción. En este proceso se añaden los lúpulos a la cerveza almacenada en los fermentadores una vez esta fermentación ha terminado. Los lúpulos tienen que estar en contacto con la cerveza entre una y dos semanas, permitiendo así que se disuelvan los aceites esenciales. El Dry hopping otorga a la cerveza un aroma fresco y potente a lúpulo, así como también realza un poco su sabor.

El **Hop Back** es otro proceso que tiene como finalidad aumentar el aroma a lúpulo. También se le denomina hop back a un pequeño tanque normalmente situado entre la olla de cocción y el sistema de refrigeración. Este tanque se llena de lúpulos para que el mosto caliente pase por él antes de llegar al sistema de enfriado.

El conocido como **First Wort Hopping** consiste en la adición de lúpulos al mosto caliente antes del hervido, mientras éste circula desde la olla de maceración hasta la olla de cocción. Se dice que se consigue un aroma y un sabor suave a lúpulo, sin incrementar el amargor de forma significativa.

2.1.4 - Levadura

La levadura que se utiliza en la elaboración de la cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) forma parte del Reino Fungi. Ha sido usada durante millones de años, para la conversión del mosto en cerveza verde como para el horneado, y es única entre todas las especies, pues puede crecer y reproducirse con y sin oxígeno. Su forma de reproducción asexual se denomina gemación.

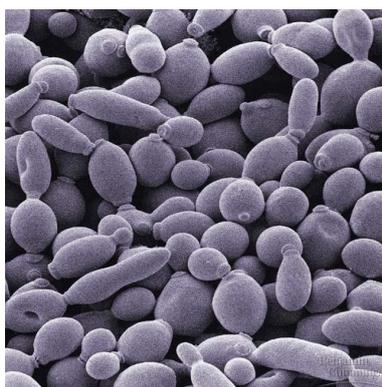


Figura 11: Levaduras a nivel microscópico

La levadura es el microorganismo que se nutre de los azúcares fermentables del mostro produciendo como subproductos alcohol y dióxido de carbono (que mezclado en agua se convierte en anhídrido carbónico) bajo condiciones de ausencia de oxígeno. En caso de

existencia de oxígeno en el mosto, la levadura lo consume para multiplicarse y producir pequeñas cantidades de agua.

Durante este proceso, sin embargo, también se producen otros subproductos que podrían afectar negativamente al sabor y al aroma final de la cerveza, como los fenoles, los ácidos o los ésteres (en función de la temperatura, el estilo de cerveza y el estrés de la levadura, los ésteres serán positivos o negativos). A parte de la fermentación anaeróbica, también es posible que se utilicen otras levaduras o bacterias salvajes, algunas de las cuales trabajan de forma aeróbica.

El nivel de consumo de los azúcares durante la fermentación se suele denominar atenuación. Este porcentaje se determina a partir de la comparación de la densidad exacta del mosto al principio y al final de la fermentación, ya que la densidad mide la cantidad disponible de azúcares a partir de la comparación de la densidad del mosto con la del agua pura.

Un nivel alto de atenuación da como resultado cervezas más secas y de cuerpo ligero, mientras que un nivel bajo permitiría producir cervezas con más cuerpo y un final más dulce.



Figura 12: Levaduras

Hay dos tipos de levaduras principales en la elaboración de cerveza: la **Ale** (o de alta fermentación) y la **Lager** (o de baja fermentación). Se suelen relacionar con su tendencia de formar grumos o flocular en la parte superior o la parte inferior del fermentador antes de finalizar la fermentación. Ambos tipos tienen diferentes características que afectan al sabor, el aroma y la sensación en la boca de la cerveza terminada.

2.1.4.A - Levadura ale (*Saccharomyces cerevisiae*)

La levadura de alta fermentación trabaja a una temperatura de fermentación templada, entre 18 y hasta unos 25 °C. A temperaturas más bajas, la levadura se iría ralentizando

hasta pasar a estado latente (inactiva). Esta cálida fermentación promueve la generación de subproductos que afectan el sabor y el aroma de la cerveza de forma positiva. Dan a la cerveza connotaciones frutales y sabores especiados. Cuanto más alta sea la densidad de la cerveza, más fácil será que las altas temperaturas propicien que la levadura cree alcoholes fusel, traducándose en indeseadas notas a solvente. La levadura Ale permite la obtención de cervezas con una sensación en boca más plena y redonda ya que no fermenta según qué cadenas de azúcares (tal y como sí hace la lager).

2.1.4.B - Levadura lager (*Saccharomyces pastorianus*)

Queriendo elaborar una cerveza con menos carácter y gracias a la aparición de la refrigeración mecánica, a finales del siglo XIX se descubrió el tipo de levadura Lager. Estas fermentan a bajas temperaturas, cercanas a los 10 °C y se deposita en el fondo del fermentador. Son capaces de fermentar ciertas cadenas largas de azúcares que las Ales no pueden fermentar, brindándole a las Lager una sensación en boca mucho más ligera. Asimismo, las temperaturas bajas de fermentación inhiben la producción de ésteres y fenoles, dando a las cervezas un perfil limpio y suave con menos carácter que las Ale, sin notas especiadas o afrutadas derivadas de la levadura ideal para comercializarla para todos los gustos.

Mientras que hay sólo dos tipos de levadura aptos para la fabricación de cerveza, se encuentran multitud de variaciones y familias, por lo que la diversidad de cervezas para elaborar es muy extensa. Cada una de ellas otorga un carácter distinto a la cerveza. Estas cepas son en general mutaciones que se han desarrollado en respuesta a las condiciones de los procesos de elaboración y a los estilos de cerveza creados y desarrollados en cervecerías. La levadura es tan sensible a las condiciones locales que, en el caso de que dos cervecerías usen la misma cepa, producirán cervezas con un carácter de levadura distinto. Aunque esto sea cierto, también lo es que se pueden encontrar características comunes dentro de cada una de las familias de levaduras:

- **Levaduras inglesas.** Dejan un perfil maltoso con altos niveles de ésteres afrutados. Algunas cepas, además, eliminan algunos subproductos de la fermentación, como el diacetilo, que da a la cerveza un ligero carácter a mantequilla. De encontrarse en una concentración elevada, sin embargo, se considera una contaminación de la cerveza.
- **Levaduras belgas.** Cervezas con una particular combinación entre ésteres de banana y de cereza, junto con sutiles notas de ésteres de pimienta negra.
- **Levaduras de trigo alemanas.** Carácter fuerte a plátano y clavo. Además, estas levaduras son de floculación débil, hecho que le da a la cerveza una apariencia turbia, debido a la levadura suspendida.

- **Levaduras americanas.** Perfil limpio, con bajos niveles de ésteres y fenoles. Pueden usarse para producir cervezas lager, aunque su principal uso es de alta fermentación.

2.2 - Proceso de elaboración

El proceso de elaboración de cerveza, contemplando desde los procesos productivos aplicados a la cebada hasta el embotellado, se puede condensar en el siguiente esquema:



Figura 13: Esquema del proceso de elaboración

El sistema planteado por este proyecto abarcará desde la etapa de maceración, habiendo previamente preparado el agua para el resto del proceso, hasta la etapa de enfriado y trasvase al fermentador.

A continuación, se detallará en qué consiste cada parte del proceso, desglosando cada una de ellas en subetapas, para luego entender el porqué de la lógica de control desarrollada.

2.2.1 - Maceración

Es durante el proceso de maceración donde se obtiene lo que llamamos “mosto”, una solución dulce formada, entre otras cosas, por azúcares fermentables, dextrinas, proteínas, aminoácidos y otros elementos disueltos en agua.

El objetivo en esta etapa es convertir el almidón que contienen los granos en azúcares fermentables (el alimento esencial de la levadura, que luego lo convertirá en alcohol y dióxido de carbono como ya hemos explicado).

Existen diferentes tipos de maceración que más adelante se detallarán, pero ahora se explica esta etapa basándose en el tipo más utilizado: la maceración simple.

Primero se llena una olla con agua previamente preparada y calentada a una temperatura entre 62 y 72 °C. Este valor debe ser calculado, teniendo en cuenta la temperatura a la que se quiere hacer la maceración y la temperatura a la que se encuentra la malta que se adicionará a la olla ya que se producirá un equilibrio térmico.



Figura 14: Maceración

Para la preparación del agua, mínimamente, se debe eliminar el cloro considerando que se trabaja con agua potable de red. Para ello, se la puede hervir durante 30 minutos y luego se deja la olla destapada para asegurarse que el cloro se evapore, o directamente (e instantáneo), se coloca un filtro para cloro y partículas evitando la necesidad de hervirla.

La maceración durará entre 60 y 90 minutos, en función de la receta. Sin embargo, se puede realizar un test de yodo el cual nos indicará el momento exacto en el que la maceración ha finalizado ya que el mosto habrá sacarificado completamente y no quedará más almidón disponible para ser convertido en azúcar. Esto será cuando al mezclar una pequeña muestra del mosto con yodo, el mosto mantenga su color y la mezcla no se torne de color azul oscuro, debido a que, de lo contrario, indica que aún existen almidones a procesar.



Figura 15: Test de yodo

Alcanzado este punto, no es conveniente continuar macerando ya que la malta comenzará a desprender taninos, una sustancia orgánica no deseada en la cerveza debido a que produce un cierto gusto a “manteca” en la boca.

Se debe remover constantemente y suavemente la mezcla, cada 10 minutos aproximadamente, para asegurarse que el mosto esté lo más homogéneo posible.

Se controla la temperatura y es importante que esta no disminuya de 62 °C y no supere los 74 °C, el rango de actuación de las amilasas.

A temperaturas inferiores, las enzimas que consumen el almidón son mucho menos activas. En cambio, a temperaturas superiores a 74 °C se mueren.

Hay que tener en cuenta que una maceración de 62-67 °C nos ayudará a conseguir cervezas ligeras, puesto que actúan las betas-amilasas. Este tipo de amilasas producen azúcares más fermentables. En cambio, en el rango 67-74 °C las cervezas resultantes tendrán más cuerpo y serán más dulces. Esta temperatura viene siempre indicada en la receta de cerveza a elaborar.

Otro método de maceración es el escalonado, donde en vez de dejar una temperatura fija, ésta irá aumentando en rangos determinados, manteniéndose en cada valor durante un tiempo asignado. La maceración escalonada se basa en ir combinando diferentes temperaturas para conseguir otros resultados haciendo actuar distintas enzimas, permitiendo descansos de proteínas, beta-glucanos y ácidos entre otros. Sin embargo, este método no produce cambios significativos en el producto final, por lo que es menos utilizado en el mundo de la cerveza artesanal.

2.2.1.A - Paso intermedio: Recirculado y Filtrado.

Este ayudará a deshacerse de las harinas y de los restos sólidos del grano, así como a disolver parte del azúcar que resta en la malta. Para esto hacemos recircular el mosto en la olla de maceración la cual debe tener un fondo falso, así, a medida que se recircula, la cáscara del grano actuará como filtro. Además, es preciso que el mosto caiga por la parte superior en forma de lluvia para no romper la cama de granos o generar canales de circulación dentro del bagazo (empaste formado por la malta y el agua) no permitiendo que este se filtre. El proceso se repite hasta que el mosto que salga por la parte inferior sea cristalino. A nivel teórico, esto se consigue cuando se ha recirculado 3 veces el volumen total de litros.



Figura 16: Recirculado

2.2.1.B - Paso intermedio: Lavado del grano (Sparging)

Una vez que el mosto está libre de partículas, es momento de hacer el sparging. El objetivo es añadir agua a 78 °C para conseguir más litros y seguir aprovechando los azúcares aún presentes en el interior del grano. Por un lado, se saca el mosto por la parte inferior, añadiéndolo a la olla de cocción. Al mismo tiempo, se agrega agua por encima del bagazo en forma de lluvia para evitar romper la cama filtrante al igual que en la etapa de recirculado. Lo ideal es añadir agua cada vez que ésta alcanza el nivel del bagazo para evitar que la malta entre en contacto con el aire. De esta forma el grano no se seca ni oxida, lo que puede generar sabores indeseables en el resultado final. El agua tiene que estar entre 74 y 78 °C.

Se repite este proceso hasta que, con el densímetro, se comprueba que la densidad del mosto se ha reducido dos puntos por debajo de la D.O. (Densidad original), a modo práctico. Estos dos niveles se recuperarán luego, en la ebullición. Sin embargo, si se realiza un cálculo más detallado, se puede calcular el nivel exacto que deberá tomar la densidad antes de comenzar la cocción, para asegurarse lograr la densidad D.O. deseada antes de ingresar al fermentador.



Figura 17: Control de densidad

Además de este proceso de sparging (el más común y utilizado) existen otros: el lavado por etapas y el no lavado. Cada uno tiene su particularidad y su rendimiento, pero el objetivo es siempre el mismo, extraer la mayor cantidad de azúcares ya sea por dilución o arrastre. El uso de uno u otro dependerá del cervecero, los equipos que se dispongan y la receta aplicada.

2.2.2 - Cocción

La principal finalidad de la cocción es balancear el sabor dulzón de los azúcares de la malta con un sabor amargo. En los inicios de la fabricación de la cerveza se usaban todo tipo de plantas y especias para contrarrestar o equilibrar el sabor dulzón de los azúcares de la malta. En los últimos tiempos se generalizó la adición de flores de lúpulo, la cual dará el amargor, sabor y aroma necesario al mosto (en función del momento de adición).

Otra ventaja de este paso es la volatilización de sustancias, aromas o sabores no deseados.

El mosto dentro de la olla se debe calentar hasta alcanzar el hervor y durante éste, se vigila constantemente, ya que puede crearse espuma y desbordarse.

Asimismo, cuando el mosto se acerque a las temperaturas de ebullición, se crea una capa de espuma la cual debe retirarse, ya que generalmente se genera debido a restos de cáscaras de malta, que al hervir generarán los ya nombrados e indeseados taninos.

2.2.2.A - Paso intermedio: Agregado de lúpulos.

Como se nombró en el apartado de materias primas, la adición de lúpulos generará distintos efectos según el momento en el que estos se agreguen en la cocción.



Figura 18: Hervido

Para dar amargor a la cerveza, se añade la cantidad exacta que indique la receta en el tiempo establecido. Normalmente se adicionan 60 minutos antes de que termine el proceso (muchas veces coincide con el inicio del hervor).

Para dar sabor, se agrega el lúpulo correspondiente entre 15 y 20 minutos antes de finalizar el hervido.

Para conseguir el aroma, se incorpora el lúpulo al final del hervido, con el fuego ya apagado. Si se añadiera antes, el aroma se degradaría.

El amargor de la cerveza se mide en IBU's (International Bittering Units), lo que se podría definir como los miligramos de ácidos alfa en un litro de determinada cerveza.

Al finalizar la cocción, se debe medir la densidad. Así sabemos si el mosto ha recuperado los puntos y alcanzado la D.O.

2.2.2.B - Paso intermedio: Whirlpool.

Una vez finalizada la cocción, también se debe crear un remolino que provocará que las partículas y los sólidos del mosto se acumulen en el centro de la olla, logrando de esta forma, extraer un mosto mucho más limpio.



Figura 19: Whirlpool

2.2.2.C - Paso intermedio: Enfriado.

El objetivo de este paso es el de eliminar bacterias indeseadas por medio de un cambio brusco en la temperatura en un tiempo menor a 30 minutos.

Hay varias formas de enfriar la cerveza, sin embargo, las más comunes son:

- **Uso de un serpentín.** Se coloca cuando el mosto aún está hirviendo (10 minutos antes de finalizar la cocción). Así se esteriliza íntegramente. A continuación, comienza a circular agua fría por el interior del serpentín, hasta que el mosto llega a unos 25 °C aproximadamente. Una vez enfriado se trasvasa el mosto al fermentador.
- **Agua en contra corriente.** Consiste en hacer circular el mosto desde la olla de cocción hasta el fermentador mientras que, por una manguera exterior se hace circular agua fría en sentido opuesto a éste.
- **Uso de Enfriador a Placas.** Es uno de los métodos más eficientes y más utilizados ya que la superficie de contacto entre el mosto caliente y el agua fría es mucho mayor que en los métodos anteriores, por lo que se logran tiempos de enfriado muy buenos.

2.3.3 - Fermentación

Con todo el mosto en el fermentador, se agrega un hongo conocido como “*Saccharomyces cerevisiae*” o vulgarmente “Levadura de Cerveza”, que será la encargada de convertirlo en cerveza al inocular los azúcares presentes, generando dióxido de carbono y el alcohol característico de la misma.

Se vierte por encima del mosto, el cual previamente se debe oxigenar durante el trasvase. Una vez alcanzado el nivel deseado, se tapa el fermentador y se coloca el airlock, lo que permitirá la salida del CO₂ producido por la fermentación y a su vez impedirá la entrada de cualquier producto contaminante hacia dentro del fermentador.

En 12-24 horas aproximadamente tendrá que empezar la fermentación, aunque hay cepas de levadura que son más rápidas que otras.



Figura 20: Fermentación

En general, la fermentación dura entre 4 y 15 días. Para cervezas de tipo Ale, la temperatura adecuada es de 18 y 22 °C. En cambio, para las del tipo Lager es de entre 7 y 13 °C. En todos los casos, se coloca el fermentador en un lugar oscuro y fresco, con una temperatura estable.

Para saber si la fermentación ha terminado, se observa si la formación de burbujas en el airlock se ha ralentizado. Otra manera más exacta es tomar muestras de densidad, si no varía en 48 horas, la fermentación habrá terminado.

2.2.4 - Maduración

El propósito de la maduración es transformar la caótica cerveza verde que sale del fermentador en una cerveza atractiva, gentil y equilibrada.

Al término de la fermentación obtenemos una cerveza que tiene la mayoría de las características planeadas en la receta, pero con una excesiva turbidez debido a los residuos de levadura y otros sólidos que aún permanecen en suspensión como restos de lúpulos. Además, queda un porcentaje significativo de azúcares remanentes y una cantidad apreciable de subproductos de la fermentación que no deben percibirse en una cerveza terminada. Estas son las causas, no sólo de un aspecto visual poco atractivo, sino también, de aromas y sabores que no se desean tener.

Durante esta etapa se mantiene la cerveza en reposo, a temperaturas determinadas (0 a 2 °C comúnmente) con el fin de mejorar las condiciones organolépticas de la misma antes de ser finalmente embotellada y consumida. La levadura reduce lentamente los fermentables remanentes (formados en mayor medida por azúcares más pesados) generando CO₂ que suma carbonatación a la cerveza.

2.2.5 - Embotellado

Para finalizar, se llenan las botellas directamente desde el fermentador evitando airearlas demasiado.

Previamente se necesita realizar un priming: acción mediante la cual se da alimento a la levadura para que genere el CO₂ extra sino se obtendría una cerveza casi sin gas y totalmente desbrevada. A nivel casero, se suele usar dextrosa o azúcar normal (este último no es recomendable). La cantidad por añadir es entre 5 a 7 gramos por litro.

Para la adición de la dextrosa o el azúcar, esta se debe disolver en agua caliente pero no hirviendo, luego se añade al fermentador y se debe remover durante 5 a 10 minutos.

Tras media hora, se procede al embotellado.

Una vez que toda la cerveza esta embotellada, la maduración final durará un mes idealmente, aunque generalmente se suele considerar ya madurada para ser consumida, a

partir de la primera semana. Para que tenga lugar, se deja reposar en un sitio oscuro, fresco y con temperatura estable (15-18 °C).

En función de la receta, la temperatura de maduración y la duración variará.

Capítulo 3: Desarrollo

3.1 Desarrollo

Las dos alternativas que se propusieron para realizar el control del proceso fueron:

- Microcontrolador de la familia PIC32 de la firma Microchip y vinculado a una computadora por medio de un software del tipo SCADA.
- PLC industrial vinculado a pantalla HMI.

Para la primera alternativa, se debían diseñar, probar y confeccionar placas electrónicas encargadas de lograr una comunicación estable entre el μC y la PC por medio de cable USB, circuitos impresos de potencia para el control sobre electroválvulas, bombas y resistencias (comandadas por señales de 220 VAC), acondicionamiento de señales para gobernar dichos circuitos de potencia (adaptando las señales de los distintos sensores), desarrollar el firmware para el μC y finalmente un sistema SCADA para la computadora desde donde se pudiese configurar y visualizar el estado del proceso.

A diferencia de esto, la segunda opción solo requería de una correcta selección del equipo para poder controlar y medir todas las variables sin la necesidad de placas de adaptación. Ofrece una mayor robustez, característica necesaria para el mercado de carácter industrial apuntado por nuestro proyecto. Además, a la hora de comercializar el equipo se lograrían mejores tiempos de armado ya que solo basta con interconectar todos los elementos del sistema y descargar el firmware al PLC y HMI, mientras que con la otra alternativa se debería reimprimir todas las placas, soldarlas, probarlas y ensamblar el equipo, aumentando la posibilidad de errores humanos en el montaje del sistema.

Habiendo analizado las opciones anteriormente nombradas, decidimos optar por la segunda, un PLC industrial con configuración y visualización del proceso a través de una pantalla HMI. Es la alternativa más costosa a primera vista, pero teniendo en cuenta sus beneficios como son asegurar un buen grado de confiabilidad debido a su robustez y ahorrar un gran tiempo de conexionado, diseño, pruebas, a mediano plazo se verá claramente amortizado.

Para poder seleccionar correctamente el PLC, debemos elegir las funcionalidades que dispondrá el usuario, así como también, elegir correctamente la cantidad y tipo de entradas y salidas disponibles. Para ello, hicimos un análisis acerca del proceso a implementar, considerando todas las variables a medir y controlar como se observa en el siguiente esquema:

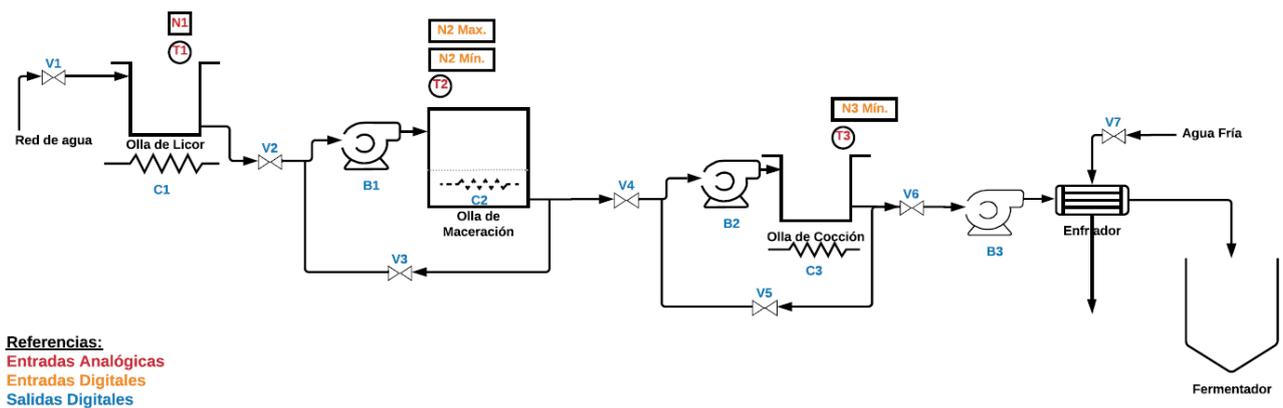


Figura 21: Primer esquema de la planta

ENTRADAS			
Nombre	Símbolo	Tipo necesario	Descripción
Sensor de temperatura N°1	T1	Analógico	Medición de temperatura para la olla de licor
Sensor de temperatura N°2	T2	Analógico	Medición de temperatura para la olla de maceración
Sensor de temperatura N°3	T3	Digital	Medición de temperatura para la olla de cocción
Sensor de nivel N°1	N1	Analógico	Medición de cantidad de líquido dentro de la olla de licor
Sensor de nivel mínimo N°2	N2máx	Digital	Medición de nivel máximo de líquido dentro de la olla de maceración
Sensor de nivel mínimo N°2	N2mín	Digital	Medición de nivel mínimo de líquido dentro de la olla de maceración
Sensor de nivel mínimo N°3	N3mín	Digital	Medición de nivel mínimo de líquido dentro de la olla de cocción
SALIDAS			
Nombre	Símbolo	Tipo necesario	Descripción
Electroválvula N°1	V1	24VDC/220VAC	Electroválvula de llenado olla de licor

Electroválvula N°2	V2	24VDC/220VAC	Electroválvula para trasvase de olla de licor a olla de macerado
Electroválvula N°3	V3	24VDC/220VAC	Electroválvula para recirculado en olla de macerado
Electroválvula N°4	V4	24VDC/220VAC	Electroválvula para trasvase de olla de macerado a olla de cocción
Electroválvula N°5	V5	24VDC/220VAC	Electroválvula para realizar Whirlpool en olla de cocción
Electroválvula N°6	V6	24VDC/220VAC	Electroválvula para trasvase de olla de cocción a fermentador
Electroválvula N°7	V7	24VDC/220VAC	Electroválvula para ingreso de agua al intercambiador de calor
Bomba N°1	B1	220VAC	Bomba asociada a electroválvulas V2 y V3
Bomba N°2	B2	220VAC	Bomba asociada a electroválvulas V4 y V5
Bomba N°2	B2	220VAC	Bomba asociada a electroválvulas V4 y V5
Quemador N°1	C1	Gas	Quemador a gas para olla de licor comandado por electroválvula
Quemador N°2	C2	Resistencia	Resistencia eléctrica para mantener temperatura de macerado comandada por PWM
Quemador N°3	C3	Gas	Quemador a gas para olla de cocción comandado por electroválvulas

Tabla 1: Entradas - Salidas para planta N° 1

De esta manera tenemos un total de 6 entradas (de las cuales 3 deben ser analógicas) y 12 salidas digitales, donde una de ellas es del tipo rápido para el control PWM, mientras que las demás pueden ser a relé o a transistores. El inconveniente de estos últimos es que no pueden manejar tensiones y corrientes alternas, por lo que debemos agregar un relé extra para lograr el control deseado.

En cuanto a la pantalla HMI, nos enfocamos en conseguir una pantalla táctil color, para lograr una mejor interfaz hombre-máquina, mostrando con mejor calidad el estado el proceso y la etapa en la que se encuentra, así como también el tiempo transcurrido y la receta seleccionada (tipo de cerveza) entre otras funciones.

Dentro de las distintas alternativas analizadas, se consideraron PLC y pantallas HMI de las firmas Schneider Electric, Unitronics y Delta. Todos equipos compactos sumados a sus

módulos de expansión y puerto de comunicación para la conexión con la pantalla HMI, a excepción del modelo elegido de Unitronics quien ofrece un PLC con HMI incorporado.

Los equipos comparados fueron:

Marca	PLC	Módulo de expansión	Panel
Schneider Electric 	TM221CE24R-14E/10S	TM3TI4 4E Analógicas Tensión-Corriente- Temperatura	HMISTU655-3.5"
	TM221CE40R-24E/16S	TM3AI2H 2E Analógicas Tensión-Corriente- Temperatura	HMISTU855-5.7"
	TM221CE16R-11E/17S	TM3DQ8R 8S Relé	-
Unitronics 	V350-35-TA24(8-10-12ed/2ea/2tc-pt/10st/2)	EXP. (8ed/8sr) Salidas a Relé	Pantalla incluida de 3.5" con 5 botones de función.
		EXP. (8sr) Salidas a Relé	
		EXP. (4e) Analógicas para temperatura	
		EXP. (16st) Salidas a Transistores	
		EXP. (16ed/16sr) Salidas a Relé	
ADAPTADOR EXPANSION EX-A2X			
Delta 	DVP20SX211T-4 Ent.2 Sal. Anal.12 bit 8 Ent 6 Sal Dig.	DVP08SN11T-8 Sal. a Transistor	DOP-B05S111 – 5.6"
		DVP04PTS-4 Ent. Analógicas para temperatura	DOP-B03S211 – 4.3"

Tabla 2: Comparación de equipos

Realizamos diferentes combinaciones entre los equipos, PLC – Módulos – HMI de distintas marcas en los casos que era posible, para poder comparar precios y prestaciones de cada grupo y seleccionar el que mantenga la mejor relación costo-beneficio y necesitase la menor cantidad de componentes extras y adaptaciones a la hora del armado final.

Debido a esto, optamos por el PLC Unitronics con panel integrado, 2 entradas configurables para conexión directa de PT100, salidas rápidas (PWM) y múltiples lazos PID, el adaptador de módulos de expansión y la expansión de 16 entradas y 16 salidas a relé, que además dispone de 3 entradas analógicas del tipo tensión/corriente. Con esta configuración evitamos conexiones entre el PLC y el panel y, además, dado que las salidas son a relé, podríamos conectar las electroválvulas y bombas directamente a dicho módulo.



Figura 22: PLC V350, Adaptador de expansión, Modulo de expansión.

Para comenzar a explicar el desarrollo detallado de cada etapa a controlar por el PLC, definimos previamente el diagrama en bloques general del proceso que deberá llevar a cabo:

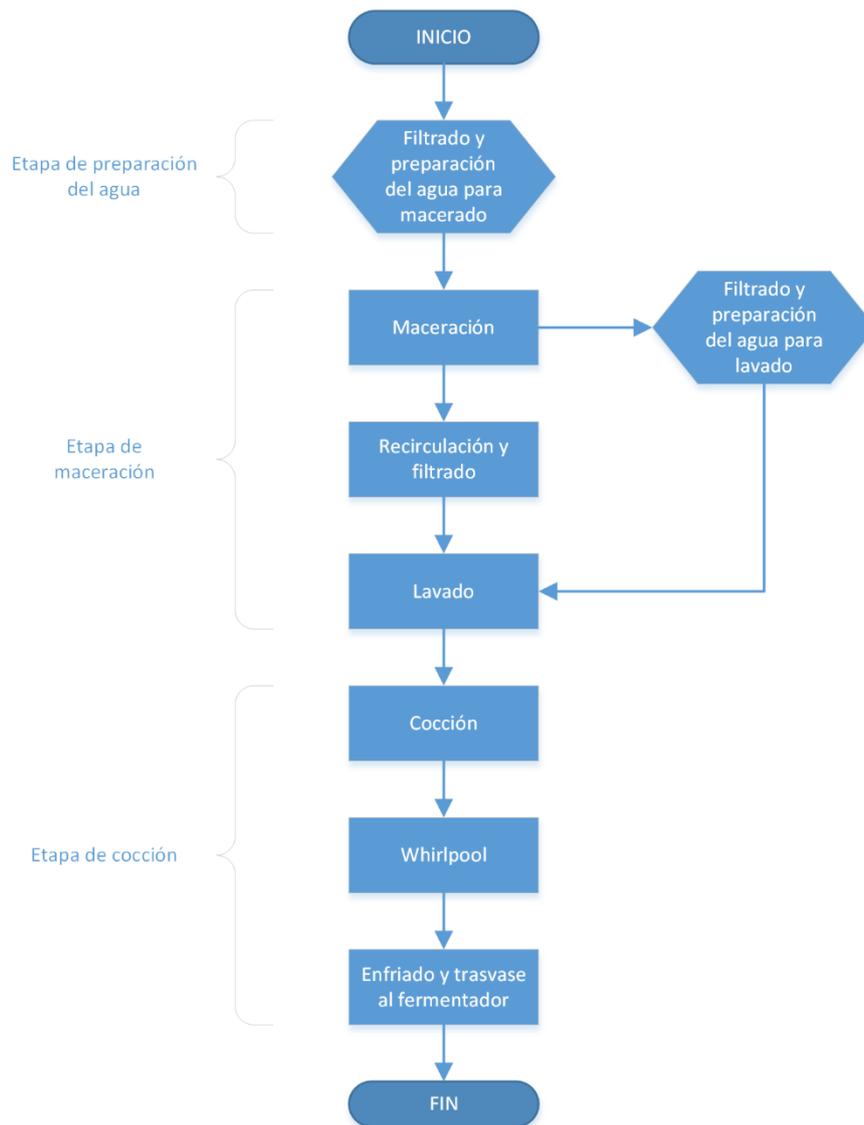


Figura 23: Diagrama de flujo general del proceso

3.1.1 Etapa de preparación del agua

En esta etapa se deberá llenar una olla con agua previamente filtrada, hasta el nivel elegido por el usuario. Esta agua se debe calentar hasta una temperatura definida en la receta elegida. Alcanzado dicho valor de temperatura, se realizará un trasvase completo hacia la olla siguiente, la de maceración.

Debido a esto, en esta etapa entrarán en juego los siguientes sensores y actuadores:

- Sensor analógico de temperatura T1
- Sensor analógico de nivel de líquido N1
- Electroválvulas para líquido V1 y V2
- Bomba B1
- Quemador: mechero C1 con electroválvula de gas

3.1.1.A Investigación de componentes

3.1.1.A.I Análisis y selección de sensor analógico de temperatura T1

Para este caso se plantearon dos opciones: medición por medio de una entrada analógica (o PT100/Termocupla) o bien un equipo configurable al cual se le indique una temperatura consigna y una vez alcanzado dicho valor, mediante una salida digital propia, active una de las entradas digitales del PLC para indicar que la temperatura del agua dentro de la olla está en el valor deseado. La temperatura por alcanzar puede tomar múltiples valores, por lo que la segunda opción se convierte en la más costosa y poco práctica. Esto es debido a que el instrumento debería tener un puerto de comunicaciones para interactuar con el PLC y conocer de esta manera la configuración que debería adoptar, un sensor para medir la temperatura y, además, utilizaría una entrada digital extra del PLC. Debido a esto, optamos por un sensor de temperatura del tipo PT100, considerando que el PLC elegido elegido cuenta con 2 entradas dedicadas para estos tipos de sensores y no sería necesario realizar ningún tipo de escalamiento y linealización por firmware, que sí tendríamos que haber hecho si utilizáramos algún sensor que nos entregue una señal analógica de tensión o corriente.



Figura 24: Sensor PT100

Este sensor tiene una resistencia eléctrica de 100 ohm a 0 °C, la cual se incrementa al aumentar la temperatura de este. Si bien, no se produce un aumento lineal, el PLC es capaz de linealizarlo automáticamente con solo informarle su coeficiente de temperatura. Su rango es más que suficiente, ya que va desde -20 °C hasta 500 °C, cuando en esta etapa del proceso nunca se superarán los 80 °C.

3.1.1.A.II Análisis y selección de sensor analógico de nivel de líquido N1

Es de suma importancia conocer con exactitud la cantidad de litros que contiene la olla de licor, dado que a partir de esta se calculan los litros que se derivan a las siguientes. Analizamos diferentes opciones de sensores analógicos para obtener el valor de la altura de líquido contenido dentro de la olla, y así, a partir de un cálculo indirecto conocer la cantidad de litros. Los sensores que evaluamos fueron del tipo industrial, principalmente ultrasónicos y de presión. Los primeros se colocan en la parte superior de la olla y los segundos (mayormente) en la parte inferior, lo cual representa un gran inconveniente ya que se encontraría próximo al quemador Q1, pudiendo alcanzar altas temperaturas. Por este motivo nos decidimos por la opción de colocar sensores de ultra sonido, pero en la búsqueda y análisis de precio y proveedores, consideramos que los modelos ofrecidos eran muy limitados y muy costosos. Debido a esto, optamos por buscar alguna alternativa más rentable utilizando un dispositivo electrónico que, realizando las adaptaciones correspondientes, nos ofrezca un valor de tensión entre 0 y 10 V.

El sensor seleccionado fue uno de presión de aire del tipo diferencial de la familia MPX de Freescale, más precisamente el MPX5999D.



Figura 25: Sensor de presión MPX5999D

Con este sensor y utilizando el principio del manómetro en “U”, se logra calcular la altura del líquido dentro de la olla de licor:

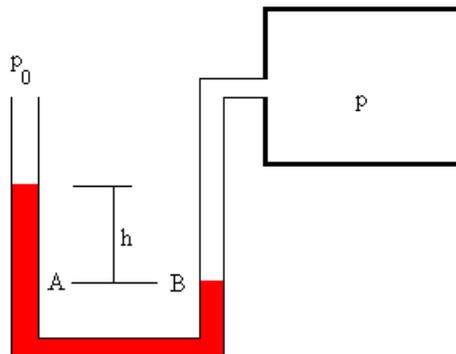


Figura 26: Manómetro en U de tubo abierto

$$P = P_0 + \rho * g * h$$

Siendo para nuestro caso:

- P: Presión dentro del tubo conectado al sensor
- P₀: Presión atmosférica
- g: Fuerza de gravedad
- h: Altura del líquido dentro de la olla
- ρ: Densidad del líquido dentro de la olla

Despejando la altura obtenemos la siguiente ecuación:

$$h = \frac{P - P_0}{\rho * g}$$

El sensor que utilizamos nos brinda una tensión proporcional a la diferencia de presión en

entre sus dos orificios $(P_1 - P_2) = \frac{V_{out} - ERROR}{V_s} - 0.04$
 0.000901 .

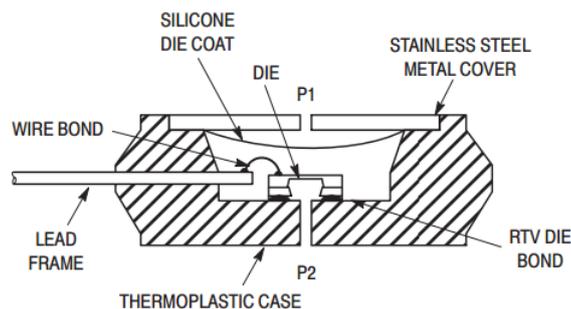


Figura 27: Estructura MPX5999D

De esta manera, si colocamos el lado de P1 en un tubo sellado, y dejamos P2 libre, obtendremos P-P₀, correspondiente a la ecuación del manómetro y solo necesitamos dividir por la densidad y la constante de gravedad.

La ecuación final para el cálculo de altura, combinando la ecuación del manómetro y la del sensor es:

$$h = \frac{\frac{V_{out} - ERROR}{V_s} - 0.04}{0.000901 * \rho * g}$$

Al disponernos a realizar un análisis más profundo acerca de este método de medición, previmos que la precisión en ollas de gran volumen no sería la suficiente. Esto es debido a que, para dos ollas de igual capacidad y altura, donde su única diferencia es el diámetro, un mismo nivel de líquido equivale a distintas cantidades de litros, siendo el caso de la olla con mayor diámetro estimada con menor precisión.

Las primeras pruebas se realizaron en una jarra de 1 litro (0.2 metros de alto por 0.08 metros de diámetro). La variación fue de aproximadamente 0.001 volts por cada 1.5 centímetros de altura, con lo cual podíamos estimar el volumen de líquido con una precisión 75 mililitros, lo cual era más que aceptable.

Posteriormente al colocar el mismo sistema de medición en una olla de 50 litros (0.4 m de alto por 0.4 m de diámetro, diámetro similar al de una olla de 300 litros), podíamos estimar la cantidad de líquido con una precisión de apenas 1.875 litros aproximadamente lo cual no es para nada aceptable, por lo que descartamos completamente este método de medición de nivel.

Debido a esto, nos vimos obligados a optar por otra alternativa tecnológica para realizar la medición de nivel. La opción elegida y más conveniente para solucionar este problema fue la utilización de un caudalímetro electrónico, logrando la medición indirecta pero instantánea del nivel de olla, a través del caudal de líquido que ingresa y egresa a la misma. La precisión de este dispositivo es de 2 mililitros, ofreciéndonos 500 pulsos por cada litro de líquido que fluye a través de él.



Figura 28: Caudalímetro electrónico

La capacidad de caudal varía desde un mínimo de 1 litro hasta 30 litros como máximo, en los modelos más comercializados.

Para conocer en todo momento el nivel de agua dentro de la olla de licor, colocaremos 2 de estos sensores, uno a la entrada y otro a la salida de esta.

3.1.1.A.III Análisis y selección de electroválvulas para líquidos V1 y V2

Se investigó y contactó con diferentes representantes técnicos de electroválvulas, hasta encontrar una que se adapte a las necesidades de nuestro equipo:

- Accionamiento mediante 220 volt o 24 volt de alterna
- Sin caudal mínimo requerido para su apertura
- Temperatura mínima soportada por el asiento: 80 °C
- Caudal mínimo de trabajo 20 litros/minuto

Si bien en la actualidad no existe una reglamentación específica para la fabricación de cerveza artesanal, tomamos la decisión de prever ciertas consideraciones, previendo que en un corto plazo se legislará algo al respecto debido al auge y constante crecimiento del sector. Tomamos como referencia una guía de BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) para pequeños establecimientos cerveceros, del Ministerio de Agroindustria de la Nación, así como también el CAA (Código Alimenticio Argentino) para definir los materiales a utilizar que estarán en contacto con el producto alimenticio dentro de nuestro proceso: agua y mosto.

Es por esta razón, que definimos utilizar electroválvulas con cuerpo de acero inoxidable. Dicho material es, además, de fácil limpieza.

El asiento más común para altas temperaturas es de vitón. El diámetro es de 1/2" para garantizar que las bombas funcionen en velocidades económicas.

Considerando las características previamente nombradas, es que se optó por la electroválvula de la industria brasilera "Thermoval", cuyo código es "220086".



Figura 29: Electroválvulas para líquidos

3.1.1.A.IV Análisis y selección de bomba B1

La bomba elegida en este apartado se utilizará, además, en la etapa de recirculación y filtrado luego de la maceración. El caudal mínimo requerido se definió en base a la decisión de realizar los trasvases de una olla a otra en un tiempo aproximado de 15 minutos. Considerando que se pretende trabajar con volúmenes de 300 litros, esto da un caudal de 20 litros/minuto, caudal acorde también para la etapa de recirculación.

Además, teniendo en cuenta lo nombrado anteriormente, se investigó por una bomba de materiales de calidad alimentaria capaces de soportar temperaturas cercanas a los 80 °C.

El tipo de bomba elegido fue de accionamiento magnético, para garantizar que ningún rodamiento lubricado entre en contacto con el líquido que bombea, evitando así cualquier tipo de contaminación.

Contemplando cada una de las características descritas, es que optamos por la bomba "MKII" del fabricante australiano "Keg-King".



Figura 30: Bomba B1, MKII de Keg-King

Sus características principales son:

- Alimentación: 220 volt
- Carcasa: acero inoxidable
- Impulsor interior: polisulfona de grado alimenticio resistente hasta 140 °C
- Flujo máximo: 19 litros/minuto

3.1.1.A.V Análisis y selección de quemador: mechero C1 con electroválvula de gas

Debemos considerar que se tendrán que calentar 300 litros de agua a una temperatura cercana a los 80 °C. Se definió un tiempo apropiado de 30 minutos para lograr este objetivo. Tomando como referencia una temperatura inicial del agua de 13 °C, será necesario un quemador de 50000 kcal para alcanzar la meta establecida.

Se investigó y se encontró un mechero de 50000 kcal, con electroválvula de encendido automático, piloto, válvula de seguridad y filtro de gas incluido de la marca "Cofaco". El modelo "QPL300C", es el cual cumplía todos los requisitos para esta etapa, pero su precio nos resultó algo elevado.

Debido a esto, es que se optó por investigar la compra de los componentes de manera individual de manera de reducir los costos. Luego de un extenso análisis, se decidió comprar 2 mecheros estándar de 24000 kcal de la compañía "Bazar Gastronómico Rosario" y colocarlos en paralelo.



Figura 31: Quemador mechero 24000 kcal

Para el accionamiento de estos, se seleccionó una electroválvula combinada de la marca "Honeywell" con sistema de seguridad por termocupla y piloto. El modelo escogido es "VR8300A4805" y no posee encendido automático, por lo que, el usuario deberá encender el piloto antes de comenzar a utilizar el equipo, para que luego el PLC pueda encender los mecheros.



Figura 32: Electroválvula de gas "Honeywell"

3.1.1.B Análisis del funcionamiento

Esta etapa del proceso es la de lógica más sencilla. Como nombramos anteriormente, sólo se deberá calentar cierta cantidad de agua a una temperatura deseada.

El proceso se puede concentrar en el siguiente diagrama de flujo:

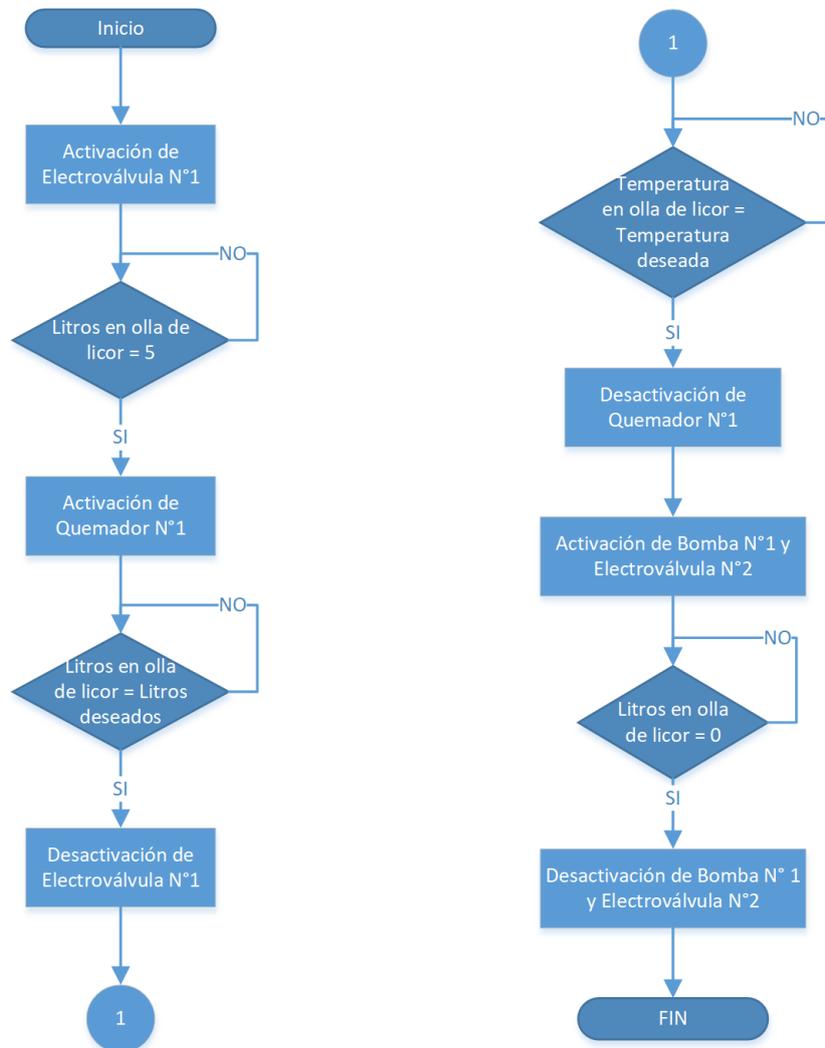


Figura 33: Diagrama de flujo etapa de preparación del agua

Se activará la electroválvula V1, la cual permitirá el ingreso de agua a la olla de licor previamente pasando por un filtro de carbón activado y polipropileno para acondicionar la misma a los requisitos mínimos a tener en cuenta para la elaboración de cerveza, el cual principalmente es eliminar el cloro al considerar que se utiliza agua potable de red.



Figura 34: Filtro utilizado para agua

Una vez que la lógica constata que ingresó un mínimo de 500 ml a la olla de licor, activa la electroválvula de gas para encender los mecheros C1.

Alcanzada la cantidad de litros de agua deseada, el PLC desactivará la electroválvula V1, pero continuará calentando la olla hasta llegar a la temperatura definida por el usuario en su receta.

Cuando se logre esta temperatura deseada, el sistema desactivará la electroválvula de gas C1 (los mecheros quedarán encendidos en piloto) y activará la electroválvula V2 y la bomba B1 para comenzar con el trasvase del agua caliente hacia la olla de maceración.

La lógica planteada hará que una vez comenzado el trasvase, de inicio a la siguiente etapa que desarrollaremos en breve, manteniendo la temperatura del agua que está ingresando a la olla de maceración.

Detectado un mínimo de agua en la olla de licor menor a 500 ml, se dará por finalizada esta etapa.

3.1.1.C Desarrollo del firmware

Para la realización de esta etapa se debe configurar en especial una entrada exclusiva para sensor tipo PT100 y 2 entradas rápidas (HSC) a las que estarán asociados los caudalímetros de entrada y salida de líquido de la olla de licor.

3.1.1.C.I Entrada analógica para PT100

Para la utilización de las entradas del tipo PT100, debemos seleccionar en el software de programación una entrada analógica disponible para el tipo PT100. Elegimos el valor del coeficiente α que corresponde para la PT100 comprada y le asignamos una ubicación de

memoria MI para almacenar el dato de conversión, el cual ya estará linealizado por el PLC al valor de temperatura correspondiente.

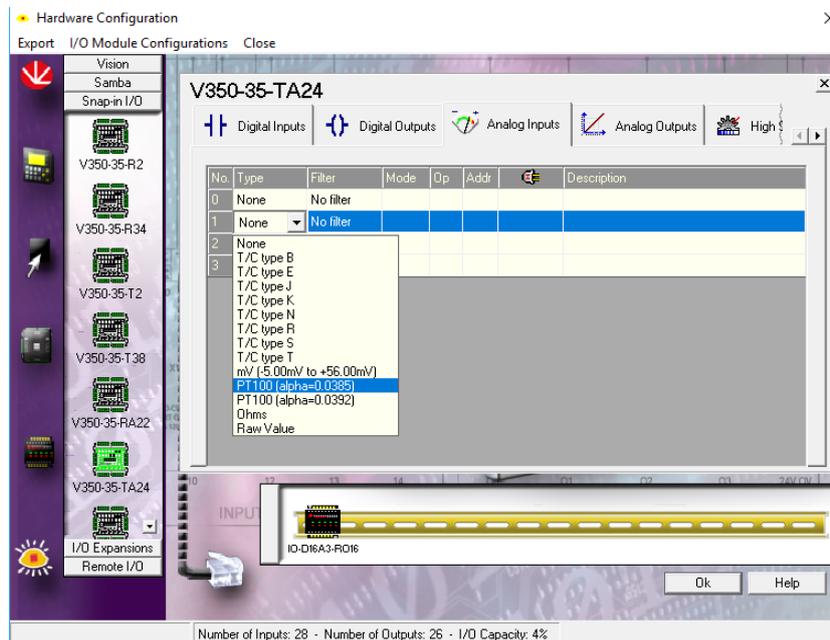


Figura 35: Configuración entrada tipo PT100

3.1.1.C.II Entrada digital rápida HSC

Para la etapa de preparación del agua se comentó que es necesario el uso de caudalímetros, los cuales arrojan 500 pulsos por cada litro que circula a través de ellos. Para poder medir estos pulsos es necesario utilizar las entradas rápidas del PLC. Este tipo de entradas admite diferentes configuraciones tales como:

- Contador rápido.
- Contador rápido con reseteo.
- Contador rápido con recarga.
- Contador para encoders (2 y 4 hilos).
- Medición de frecuencia.

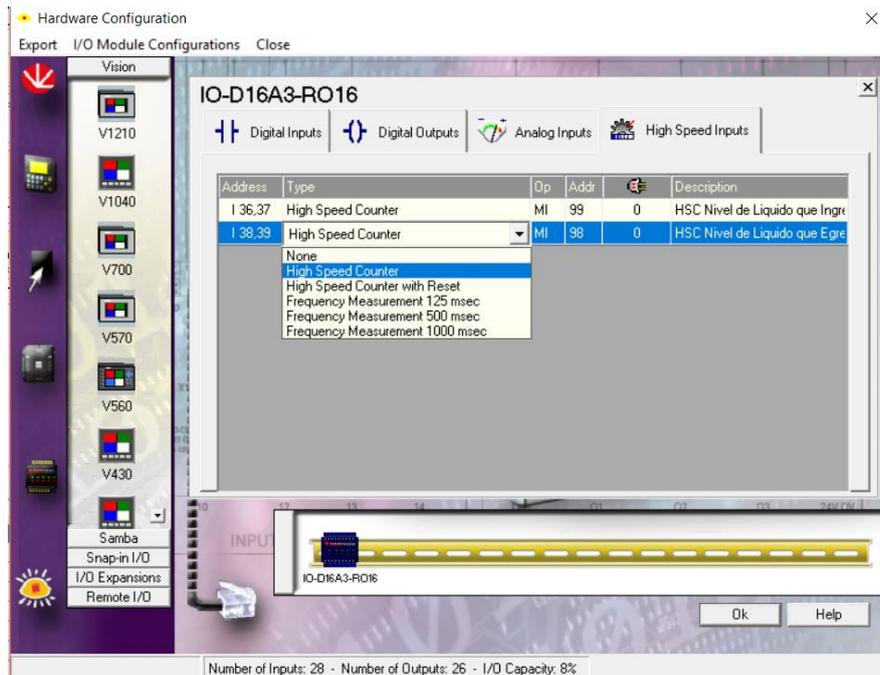


Figura 36: Configuración entrada tipo HSC

Su configuración se realiza por medio de 2 parámetros: selección de modo de trabajo y asignación de un sector de memoria MI para guardar el valor del conteo. Para cubrir nuestra necesidad utilizamos el contador rápido únicamente. Utilizaremos las dos entradas HSC disponibles, asignando dos MIs: uno que acumulará el conteo de los pulsos debido al agua que ingresa a la olla y el otro el agua que egresa de esta.

3.1.2 Etapa de Maceración

Esta parte del proceso consiste en realizar la mezcla de agua con malta, formando lo que se conoce como mosto. Se deberá mantener la temperatura de este en un valor definido por el usuario. A la par, se estará calentado agua en la olla de licor para el lavado. Cumplido el tiempo de macerado, se realizará una recirculación durante cierto tiempo. Posteriormente, se comenzará a realizar el trasvase a la olla de cocción mientras se va incorporando el agua calentada en la olla de licor a la olla de maceración. Esta etapa finalizará cuando estas últimas ollas no posean más líquido.

Debido a esto, en esta etapa entrarán en juego los siguientes sensores y actuadores:

- Sensor analógico de temperatura T1 y T2
- Sensor analógico de nivel de líquido N1
- Sensor digital de nivel de líquido N2mín y N2máx
- Electroválvulas para líquido V1, V2, V3 y V4
- Bomba B1 y B2
- Quemador: mechero C1 con electroválvula de gas
- Quemador: resistencia eléctrica de potencia C2

Como se observa, la gran mayoría de los componentes ya fueron utilizados en la etapa de preparación del agua por lo que no serán analizados nuevamente. Así mismo, la bomba B2 y las electroválvulas V3 y V4 son de iguales características a sus pares.

3.1.2.A Investigación de componentes

3.1.2.A.I Análisis y selección de sensor digital de nivel de líquido N1mín

En cuanto al nivel de líquido en dicha olla, es necesario:

- Saber cuándo exista un nivel mínimo de líquido para comenzar a mantener la temperatura o bien cuándo esta se ha vaciado por completo para asegurarnos de que en la olla de cocción se encuentra todo el mosto listo para comenzar con la etapa siguiente.
- Conocer cuando se está alcanzando el nivel máximo de la olla (utilizado para control de etapas siguientes), así como también de seguridad para evitar desbordes.

El sensor utilizado para conocer este nivel de líquido mínimo dentro de la olla es del tipo discreto y se conocen comúnmente como bombas de nivel.

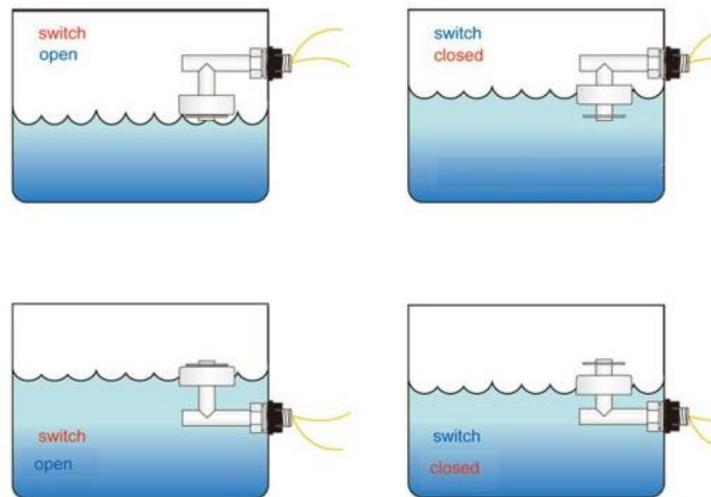


Figura 37: Funcionamiento de las boyas

Como vemos en la imagen, la boya puede ser colocada en diferentes posiciones según lo requiera la aplicación, permitiéndonos versatilidad a la hora de decidir dónde y cómo colocarlo. Actúan como llaves por lo que se pueden conectar directamente entre la fuente de 24 V del PLC y las entradas digitales correspondientes a este.

Las boyas de nivel elegidas fueron de acero inoxidable para garantizar la compatibilidad con el trabajo con productos alimenticios, por su pequeño tamaño (45 mm de largo), por su facilidad de limpieza, por soportar hasta 125 °C y por su gran durabilidad.



Figura 38: Sensor digital de nivel

3.1.2.A.II Análisis y selección de quemador: resistencia eléctrica de potencia C2

En este caso optamos por una resistencia eléctrica de potencia y no por un mechero, debido a que solo hay que mantener la temperatura del agua que ya se encuentra calentada por la etapa anterior.

La potencia de esta es pequeña, debido a que, para el cálculo de esta se tuvo en cuenta que la olla contará con una capa de aislante térmico de poliuretano. Con un espesor de 12 mm garantizamos que se mantenga la temperatura y no descienda más de 1 grados en 60 minutos.

Por lo tanto, para contrarrestar esta posible pérdida se necesita una potencia ideal de 370 watts.

Al igual que los sensores digitales de nivel, se consideró que el material de la resistencia debe ser de carácter alimenticio como puede ser el acero inoxidable 304.

Luego de investigar en el mercado se optó por utilizar 2 resistencias de potencia de la compañía "Hissuma", las cuales son de acero inoxidable y entregan una potencia máxima de 2 kW cada una.



Figura 39: Resistencia eléctrica de potencia "Hissuma"

3.1.2.B Análisis del funcionamiento

Esta etapa se considera vital, ya que influye directamente en el rendimiento y características del mosto. Es de suma importancia garantizar una estabilidad en la temperatura elegida, debido a que, según este valor, se le dará prioridad de trabajo a distintos tipos enzimas en base a la receta que el usuario desee elaborar.

El proceso se puede concentrar en el siguiente diagrama de flujo:

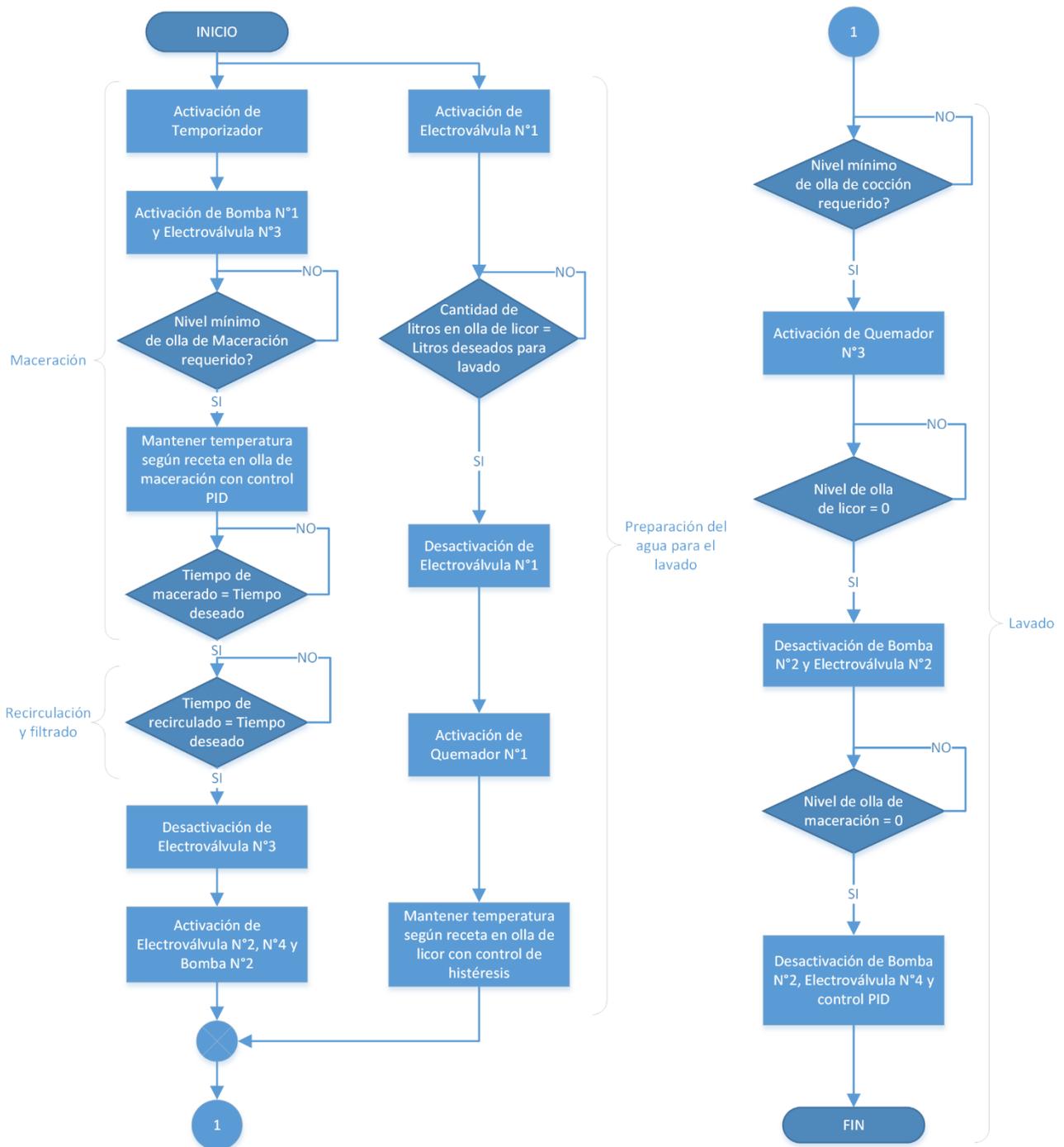


Figura 40: Diagrama de flujo etapa de maceración

Como se observa, esta etapa consta principalmente de 3 subetapas además de la propia maceración: recirculación y filtrado, preparación del agua para el lavado y lavado propiamente dicho.

La olla de maceración comenzará a llenarse mediante la electroválvula V1 y la bomba B1 debido a la etapa anterior. Una vez que el sensor digital de nivel de líquido N2mín cambie de estado, indicando que ya existe un nivel mínimo de líquido dentro de la olla de maceración, el PLC activará el control de temperatura PID sobre las resistencias de potencia C2, para mantener la temperatura de macerado lo más estable posible.

Cuando la olla de licor se haya vaciado por completo, se dará inicio a la maceración, activando un temporizador preconfigurado. Aquí el PLC solicitará al usuario la incorporación de maltas base, maltas especiales, avena u otros elementos típicos de la maceración en los tiempos preestablecidos por la receta. Emitirá un sonido cada vez que se deban incorporar elementos en la maceración, enseñando, además, la cantidad a agregar y solicitando al operario la confirmación de haber realizado dicha operación para registrar el momento exacto en el que se produjo la incorporación.

En paralelo, se calentará agua en la olla de licor para la subetapa de lavado. La temperatura de esta agua es generalmente lo más cercana a 80 °C, pero nunca por encima, ya que si no podría destruir las enzimas que aún están presentes en el bagazo disminuyendo el rendimiento del mosto. Debido a esto, y considerando que se cuenta con un quemador mechero a gas controlado por una electroválvula, es que se optó por realizar un control SI/NO sobre el mismo con histéresis: se apagará el mechero cuando la temperatura sea de 80 °C y se encenderá cuando esté por debajo de 76 °C.

Finalizado el tiempo de maceración, se activará el temporizador correspondiente, y comenzará la etapa de recirculado y filtrado mediante la electroválvula V3 y la bomba B1. Esto se realizará mediante un temporizador con un tiempo preestablecido por receta.

Por último, habiendo completado dicha subetapa, comenzará el lavado. En un principio se activará la electroválvula V2 y la bomba B1 para incorporar el agua de lavado a la olla de maceración. A la par se activará la electroválvula V4 y la bomba B2 para ir trasvasando el mosto de la olla de maceración a la olla de cocción. Aquí, el control de niveles líquido se realizará constatando el estado de los sensores digitales de nivel N2mín y N2máx. En caso de que alguno de estos cambie de estado y se mantenga en él durante cierto tiempo, se dará por finalizada la incorporación de agua para lavado o el trasvase de mosto a la olla de cocción para que, cuando se cumplan ambas condiciones, se dé comienzo a la próxima etapa.

3.1.2.C Desarrollo del firmware

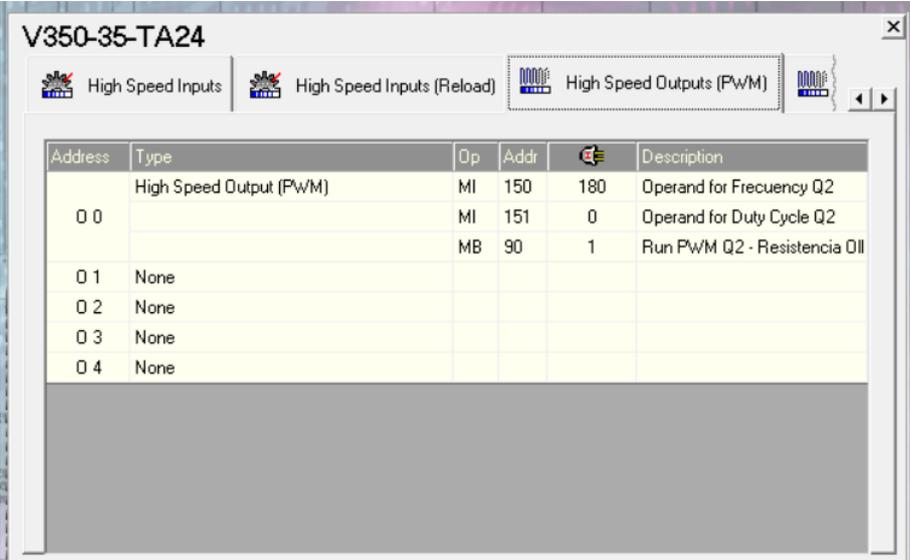
Para la realización de esta etapa son necesarias las configuraciones de ciertos bloques especiales en la programación Ladder los cuales nos permitirán trabajar utilizando el control PID interno que ofrece el PLC accionando sobre una salida digital rápida (HSO). Al igual

que en la etapa anterior, se hace uso de una entrada configurada para PT100, ya descrita en el apartado 3.1.1.C.

3.1.2.C.I Salida digital rápida HSO

Las salidas rápidas del PLC son las utilizadas comúnmente para el control del actuador del lazo PID. A través de estas podemos obtener una señal PWM (modulación por ancho de pulso) permitiéndonos modificar la frecuencia y el ciclo de trabajo de esta.

Las salidas PWM tienen entonces 3 parámetros de configuración: frecuencia de trabajo (5 Hz a 200 kHz), ciclo de trabajo (0 a 100%) y un bit de control para activar o desactivar la salida HSO.



Address	Type	Op	Addr		Description
Q 0	High Speed Output (PWM)	MI	150	180	Operand for Frecuency Q2
		MI	151	0	Operand for Duty Cycle Q2
		MB	90	1	Run PWM Q2 - Resistencia OII
Q 1	None				
Q 2	None				
Q 3	None				
Q 4	None				

Figura 41: Configuración de salida tipo HSO

Por defecto elegimos una frecuencia de trabajo de 180 Hz que actuará sobre un relé de estado sólido encargado de controlar las resistencias eléctricas de potencia. El ciclo de trabajo inicial será 0 (equivalente a 0%) para que dicha salida se encuentre apagada.



Figura 42: Ejemplo de salida HSO

Si vinculamos este parámetro a distintos valores dentro del programa, se podría modificar en tiempo real. De esta manera, asociamos el ciclo de trabajo de la salida HSO con el valor de salida para controlar el actuador calculado por el PID. Así, actuará sobre el relé permitiendo el paso de la corriente alterna hacia la resistencia que controlará la temperatura

en la etapa de maceración. A mayor ciclo de trabajo mayor potencia se disipará en la resistencia y más se calentará el mosto dentro de la olla.

3.1.2.C.II Lazo de control PID

Para la maceración es necesario realizar un control PID el cual asegure que la temperatura en la olla se mantiene estable y en el valor indicado. De este control se encarga el PLC, el cual cuenta con un total de 24 lazos independientes de PID.

La configuración de cada uno de estos lazos se realiza desde la programación Ladder del PLC. Existen 2 tipos: Configuración PID y configuración PID AutoTune. La primera opción permite al usuario establecer los valores de K_p , K_i y K_d de manera manual, mientras que la segunda ofrece, además, una configuración por medio de un algoritmo realizado por el PLC para analizar el sistema a controlar y obtener dichos parámetros de manera automática.

Optamos por esta última opción debido a su practicidad a la hora de instalar el sistema en equipos que difieran levemente en su tamaño, diseño, sensores y actuadores. Para ello, demostraremos en el siguiente apartado como realizar asimismo la configuración del bloque PID Run AutoTune.

Dicho esto, primero debemos enfocarnos en insertar el bloque de configuración de PID AutoTune. De manera automática aparecerá un cuadro para vincular cada operando con una dirección de memoria.

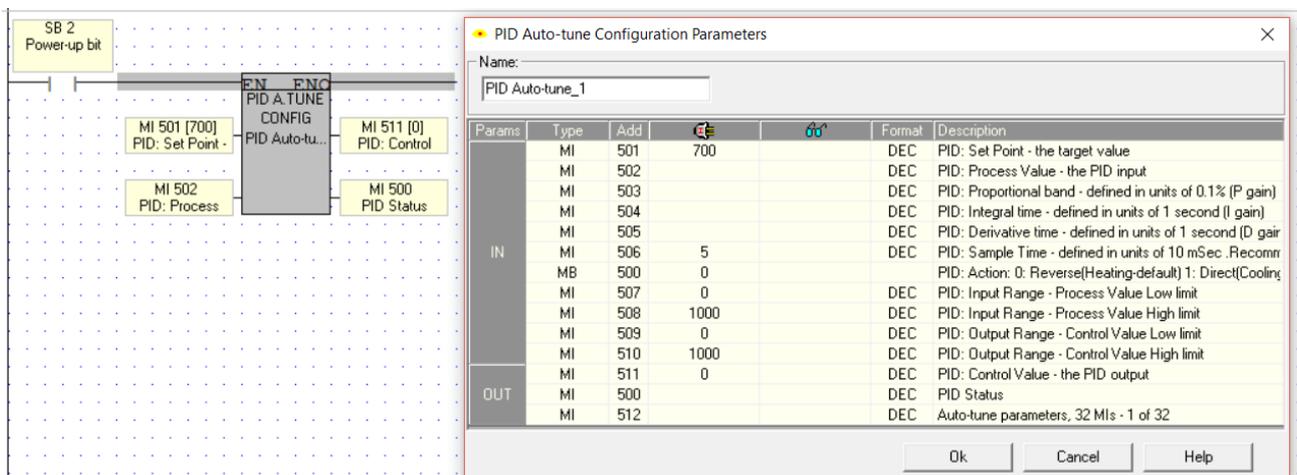


Figura 43: Bloque de configuración de PID AutoTune

Como podemos ver la configuración consta de 14 parámetros, 11 de entrada y 3 de salida. Siendo estos los siguientes:

- Valor de consigna.
- Valor actual de la variable a controlar.
- Valores de K_p , K_d y K_i .
- Tiempo de actualización del valor de PID.
- Acción de enfriado o calentado.
- Rango de variación de la entrada, alto y bajo.

- Rango de variación de la salida, alto y bajo.
- Valor de salida para controlar el actuador.
- Estado de PID
- Parámetros del Auto-tune.

De los valores de entrada solo el valor consigna y el valor actual de la variable, cambian a cada momento, mientras que los demás permanecen constantes. En cuanto a las salidas, solo los valores de Auto-tune permanecen fijos y el estado del PID variará según corresponda. Este último parámetro toma valores enteros que van desde -13 hasta 13, siendo los siguientes los más importantes:

- 0 - Lazo OK.
- 1, 2, 3 - Auto-tune en proceso.
- 4 - PID activo.

Con dicho el bloque ya configurado podemos indicar cuándo iniciar el control PID cambiando de estado el valor del MB "Run/Stop PID" (estado alto). Este MB la única acción que realiza es habilitar la copia en cada ciclo de escaneo del MI con el valor de salida para controlar el actuador (definido en el bloque de configuración PID) al MI asociado al ciclo de trabajo del HSO desarrollado en el apartado anterior.

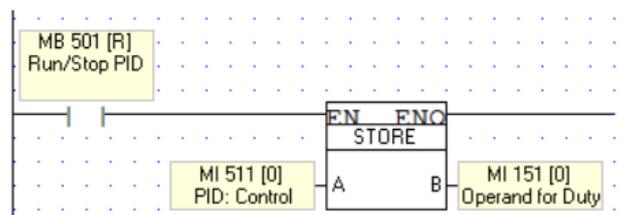


Figura 44: Asociación de salida para controlar el actuar del PID con el ciclo de trabajo del HSO

Debemos asegurarnos de que en el momento de cumplirse las condiciones para activar el control PID, el estado de este sea mayor a 0, dado que los de numeración negativa indican problemas o incompatibilidades en el lazo.

Para dar por finalizado el control debemos volver la variable "Run/Stop PID" al estado anterior, es decir resetear el valor de dicha variable (estado bajo).

3.1.2.C.III AutoTune para Lazo de control PID

Como hemos mencionado, el PLC seleccionado incorpora una herramienta denominada Auto-tune que se encarga de sintonizar el lazo PID, almacenando en su configuración los parámetros Kp, Kd y Ki.

Para poder ejecutar esta herramienta es necesario establecido los parámetros en la configuración del PID AutoTune: rango de variación de la entrada alto y bajo, rango de variación de la salida alto y bajo y valor de consigna.

El parámetro de configuración que requiere el bloque PID Run AutoTune es la cantidad de etapas que se ejecutan para determinar los valores de sintonización.

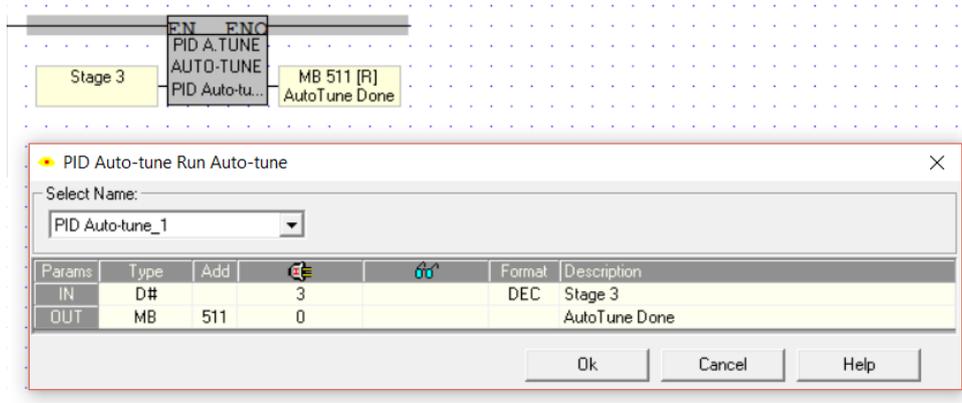


Figura 45: Bloque de configuración de PID Run AutoTune

Habiendo seleccionado esto, se puede ejecutar el bloque, asegurándonos nuevamente de que el estado del lazo PID es mayor a cero.

Una vez que finaliza, el proceso el bit denominado “AutoTune Done” se pone en alto. Este bit es de suma importancia ya que, al ponerse en alto, nos asegura que los parámetros fueron copiados con éxito a la configuración del lazo PID. Además, con este bit debemos anular la ejecución de este bloque hasta que el usuario lo vuelva a solicitar.

Durante el proceso de AutoTune, la salida del lazo se ajusta al límite superior del rango de salida hasta que el valor de la variable a controlar supere el valor de consigna. Pasado esto, el sistema espera a que la variable a controlar esté por debajo del valor consigna y vuelve a aplicar el máximo valor a la salida. Esto se repite el número de etapas seleccionado. En este proceso, el PLC determina la inercia del sistema y calcula automáticamente los valores del PID.

3.1.3 Etapa de Cocción

Esta etapa consiste en hervir el mosto entre 60 y 90 minutos, agregándole los lúpulos en ciertos tiempos preestablecidos para aportarle a la cerveza su amargor característico, sabor y aroma. Luego se procede a realizar una especie de remolino (más conocido como whirlpool) para forzar a todas las partículas y sólidos del mosto a acumularse en el centro y fondo de la olla, permitiéndonos obtener un mosto mucho más limpio. Reposado unos minutos para garantizar que haya sedimentado correctamente, se procede a realizar el enfriado. Esto consiste en realizar el trasvase de la olla de cocción al fermentador, pasando previamente por un enfriador a placas por el que circula agua fría. Se debe considerar que el intercambiador debe ser capaz de reducir la temperatura del mosto (de unos 100 °C aproximadamente) a unos 20 °C en un tiempo no mayor a 30 minutos.

B1 y B2 soportan un caudal de hasta 19 litros por minuto temperaturas superiores a los 100 °C).

Sin embargo, como se proyecta incorporar en un futuro un sistema de limpieza CIP (cleaning in place) es que debemos prever la colocación de una bomba de mayor potencia. Este sistema consiste en una rutina especial de limpieza, controlada por el PLC. Bombeará unas sustancias detergentes y sanitizantes que se colocarán en la olla de cocción, las cuales pasarán por unos cabezales multi perforados que generarán chorros de alta presión sobre las 3 ollas, cubriendo toda la superficie a tratar durante un tiempo determinado.

Considerando que debe ser apta para el uso de carácter alimenticio, se investigó por una bomba de materiales y características similares a las analizadas anteriormente.

En este caso se optó por una bomba centrífuga con cabezal de acero inoxidable de la compañía nacional "Argentec". El modelo elegido "BT-220NX" es capaz de soportar hasta 150°C y entrega una potencia de hasta 1200 watts con un caudal regulable de 0 a 133 litros por minuto, casi 10 veces más que las bombas B1 y B2.



Figura 47: Bomba B3. Modelo "BT220NX" de la compañía "Argentec"

3.1.3.A.III Análisis y selección del enfriador a placas

Se optó un enfriador a placas por ser este el más eficiente y veloz para grandes volúmenes de líquidos. El funcionamiento es muy sencillo, posee dos entradas: una para el líquido a enfriar y otra por donde se debe hacer circular líquido a menor temperatura (agua por ejemplo). De esta manera se produce un intercambio de calor que permitirá el enfriamiento de nuestro mosto. Además se pretende utilizar el agua caliente que saldría del enfriador colocándola en la olla de licor para la próxima elaboración de cerveza, disminuyendo el consumo del quemador C1 y haciendo un uso razonable de nuestros recursos naturales.

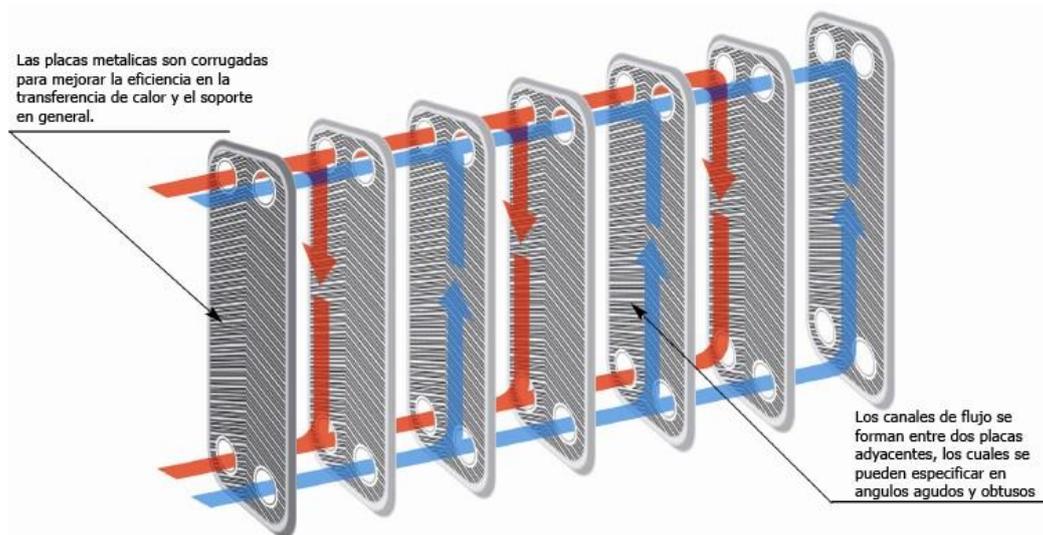


Figura 48: Funcionamiento enfriador a placas

Para la correcta elección de estos, debe considerarse que las capacidades de enfriamiento que indican vienen expresadas en horas. Por lo que, si deseamos enfriar 300 litros de mosto en media hora, debemos optar por uno de 500 a 600 litros. Se debe tener en cuenta, además, el caudal de agua que requiere que circule a través de este y a qué temperatura debe estar para garantizar el correcto enfriado.

Es muy importante la calidad del enfriador elegido debido a que por él circulará el mosto una vez finalizado el hervido. Debe ser de material de carácter alimenticio y de fácil limpieza. Es por esta razón que nuevamente investigamos por un intercambiador de material de acero inoxidable.

Optamos por el enfriador a placas de la compañía sueca “Alfa Laval”, modelo “Cb20-40h”, el cual tiene una capacidad de diseño para 500 litros, pero permite el enfriado de volúmenes mayores, siempre y cuando se le provea de un mayor caudal de agua.



Figura 49: Enfriado a placas de la compañía “Alfa Laval”, modelo “Cb20-40h”

3.1.3.B Análisis del funcionamiento

En esta etapa es vital controlar el momento exacto en el que comienza el hervor para solicitar al usuario la incorporación de los lúpulos en los tiempos definidos por la receta. Es de gran importancia agregarlos al instante que el PLC lo solicite ya que según cuando sea el momento de incorporación, los lúpulos proporcionarán amargor, sabor o aroma como se explicó en el marco teórico. Una subetapa muy importante también es la de enfriado, debido a que se debe realizar lo más rápido posible para impedir la proliferación de bacterias indeseadas.

El proceso se puede concentrar en el siguiente diagrama de flujo:

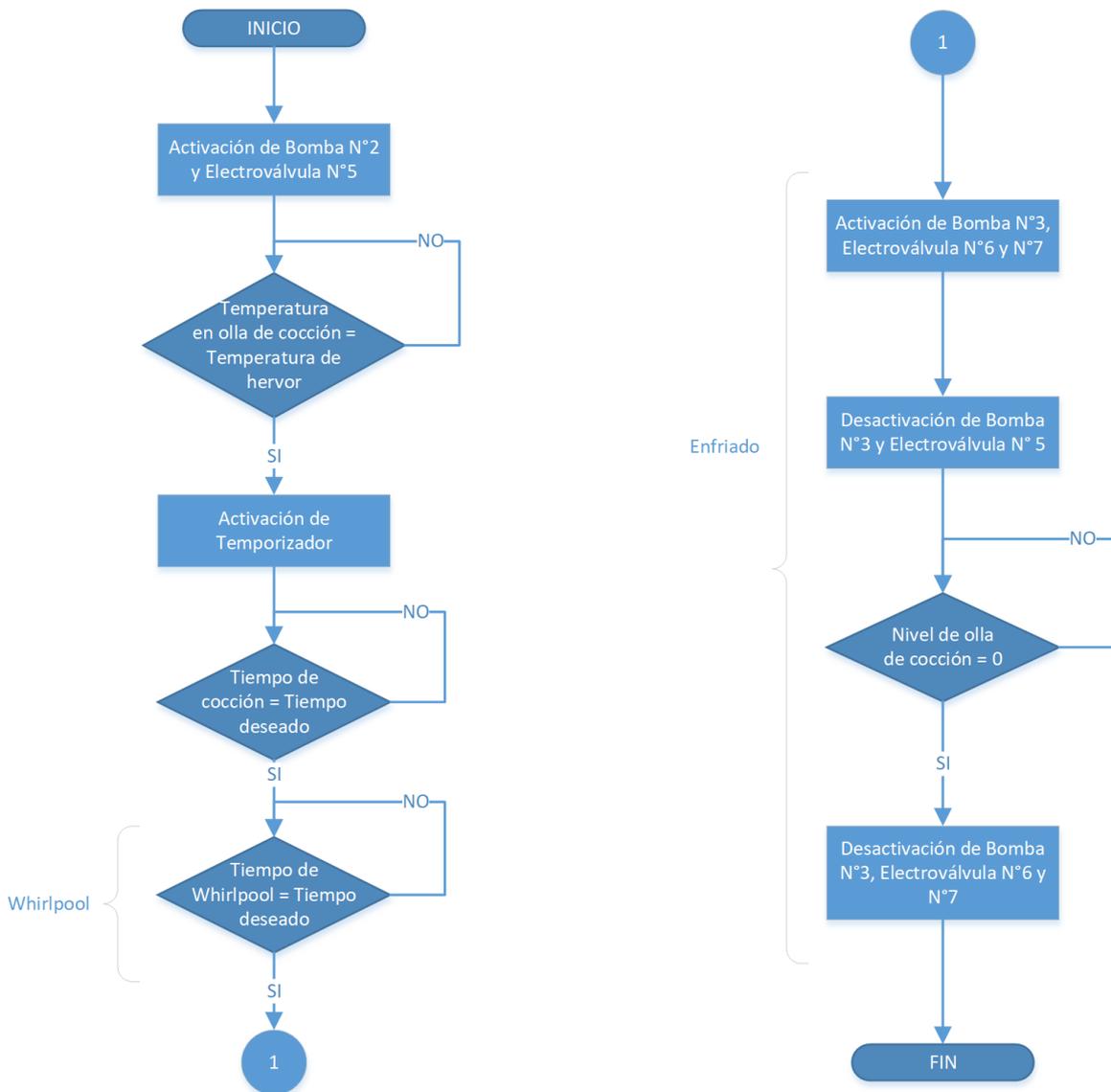


Figura 50: Diagrama de flujo etapa de cocción

Como se observa, esta etapa consta principalmente de 2 subetapas además de la propia cocción: whirlpool y enfriado.

La olla de cocción comenzará a llenarse mediante la electroválvula V4 y la bomba B2 debido a la etapa anterior. Una vez que el sensor digital de nivel de líquido N3mín cambie de estado, indicando que ya existe un nivel mínimo de líquido dentro de la olla de cocción, el PLC activará el quemador mechero C2, para comenzar a calentar el mosto.

Cuando haya finalizado el lavado correspondiente a la etapa anterior, la olla de cocción se encontrará llena y seguirá calentando hasta llegar al hervor, momento en el que se activará un temporizador preconfigurado. Aquí el PLC solicitará al usuario la incorporación de lúpulos, Irish Moss u otros elementos típicos en la etapa de cocción, teniendo en cuenta los tiempos preestablecidos por la receta. Emitirá un sonido cada vez que se deban incorporar dichos elementos en la cocción, enseñando, además, la cantidad a agregar y solicitando al operario la confirmación de haber realizado dicha operación para registrar el momento exacto en el que se produjo la incorporación. La lógica planteada para este caso es la misma que en la etapa de maceración.

Finalizado el hervor, comenzará la subetapa de whirlpool, en donde se deberá generar un remolino en la olla para lograr sedimentar todas las partículas y sólidos presentes. Esto se logra mediante la recirculación del mosto a través de la electroválvula V5 y la bomba B2, ingresando a la olla de manera tangencial durante cierto tiempo. Se deja reposar unos minutos, y comienza el enfriado y trasvase mediante la electroválvula V6 y la bomba B2. En simultáneo el PLC activará la electroválvula V7 para permitir el paso de agua a través del enfriador.

Cuando el sensor digital de nivel N3mín cambie de estado, el enfriado y trasvase se ha completado, dando por finalizado el proceso de elaboración de cerveza.

3.1.3.C Desarrollo del firmware

En esta etapa es necesario configurar una entrada analógica de tensión para el sensor de temperatura T3. Además, debemos convertir dicho valor en su valor correspondiente de temperatura, por lo que utilizaremos un bloque especial de linealización.

3.1.3.C.I Entrada analógica para tensión

Para definir en el software una entrada analógica para tensión, simplemente seleccionamos en el apartado de entradas analógicas la que deseamos utilizar e indicamos que es del tipo 0-10 volts. A su vez, le asignamos un lugar de memoria MI para almacenar el valor de la conversión. La resolución que nos ofrece el PLC es de 10 bits.

Para facilitar la programación, es conveniente realizar una linealización de dicho MI para obtener el valor directo de la temperatura en nuestro caso, permitiendo una lógica más sencilla y comprensible.

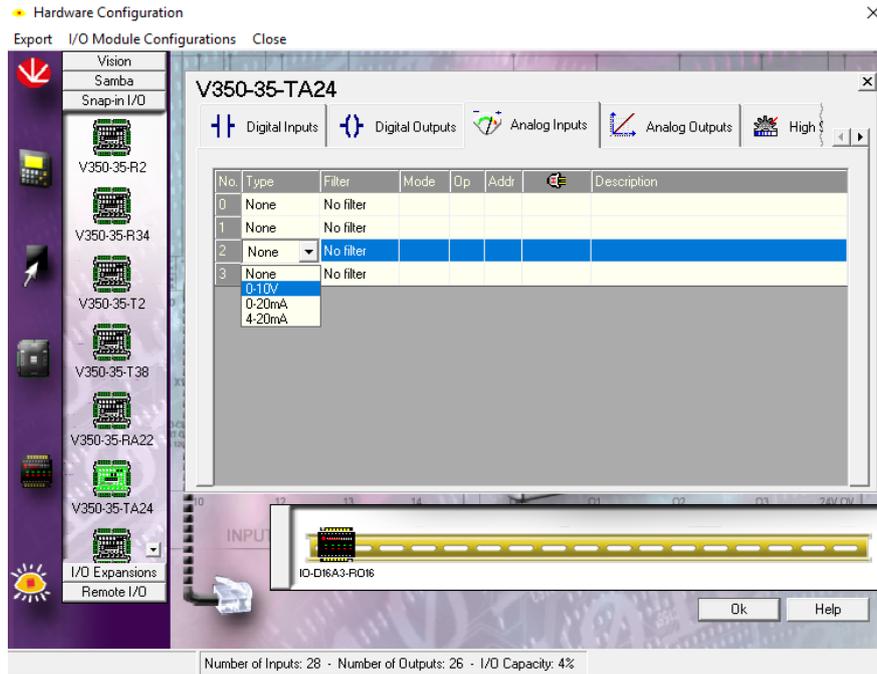


Figura 51: Configuración entrada analógica de tensión

3.1.3.C.II Linealización

Como nombramos recientemente, cuando se utilizan entradas analógicas relacionadas a sensores de temperatura, por ejemplo y como en nuestro caso, se suele emplear un bloque de función provisto por el software de programación el cual permite la linealización automática de variables para lograr la transducción de un valor de corriente o tensión en valores de fácil interpretación para el usuario y programador. En la lógica planteada, linealizamos el valor de tensión directamente a su valor proporcional de temperatura.

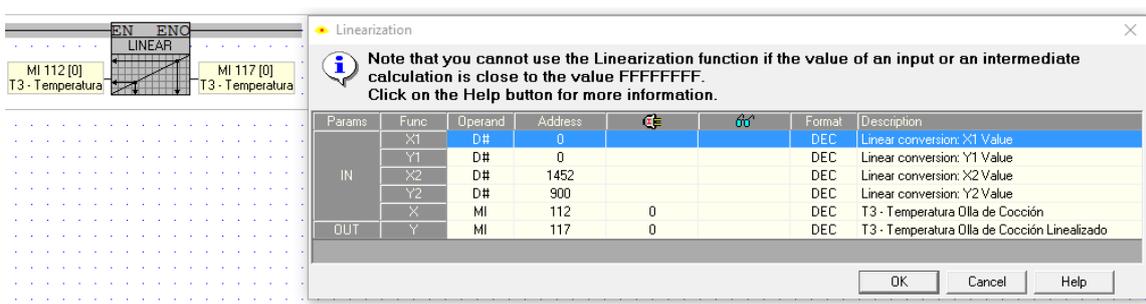


Figura 52: Configuración del bloque de función de linealización

Este bloque se encuentra dentro de la lista de funciones matemáticas, consta de 6 parámetros y hace uso de la ecuación matemática de la recta que pasa por dos puntos:

$$Y = \frac{(Y_{max} - Y_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \cdot (X - X_{min}) + Y_{min}$$

Los valores fijos de los extremos de las rectas son Y_{max} , Y_{min} , X_{max} y X_{min} , el valor de la señal de entrada a linealizar es X y el de la salida ya convertida es Y.

3.2 Diseño completo

Esta sección se enfocará en el diseño del sistema completo haciendo un breve análisis de las modificaciones realizadas respecto al diseño original, presentando el montaje físico, exhibiendo las funcionalidades de la interfaz HMI y resaltando las prestaciones del equipo.

3.2.1 Diseño final

Comenzaremos por presentar el esquema final:

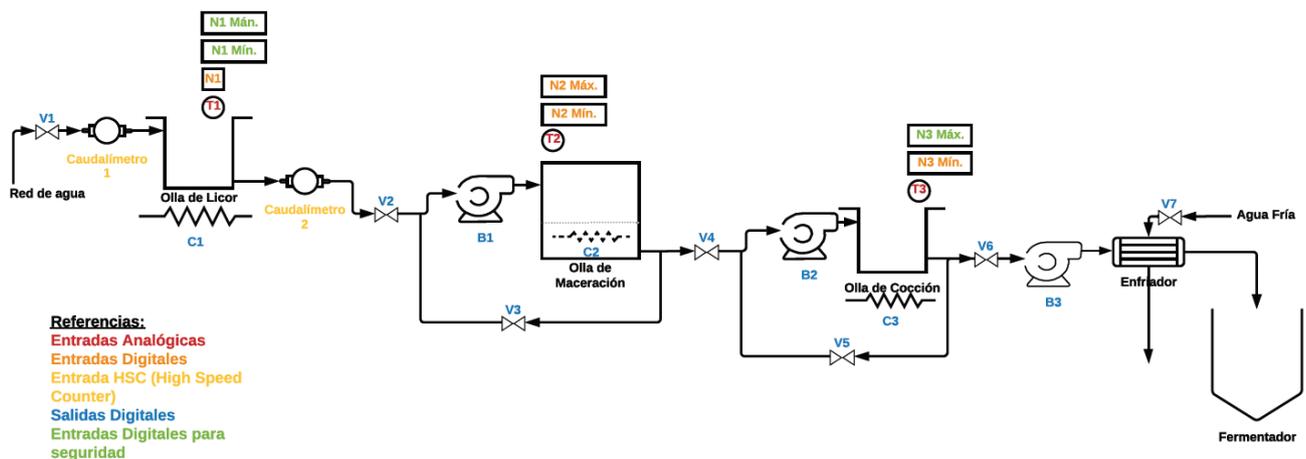


Figura 53: Esquema final completo de la planta

Como se puede observar, en esta nueva versión reemplazamos el sensor analógico de nivel para la olla de licor, por los respectivos caudalímetros a la entrada y salida de esta, tal como se desarrolló en el apartado anterior. Cabe recordar que estos deberán ir conectados a entradas digitales rápidas del PLC (HSC) debido a que entregan una señal de 500 pulsos por litro, lo que, considerando un caudal de 20 litros por minuto, da un aproximado de 167 pulsos por segundo, es decir, una señal de 167 Hz.

Además, otro cambio que se observa respecto al esquema original es la incorporación de sensores de niveles mínimos y máximos por seguridad. Estos sensores son del mismo tipo que sus pares utilizados en la olla de maceración y cocción previamente analizados. Los que controlan el nivel máximo cumplen la función de evitar que se produzca un desbordamiento de líquido en las ollas por falla, mientras que, los de nivel mínimo, se utilizan para desactivar las bombas cuando la cantidad de líquido es insuficiente, para evitar que estas trabajen en vacío y puedan dañarse.

El resto del sistema conserva el diseño planteado originalmente.

3.2.2 Hardware

En el anexo se encontrarán todos los planos eléctricos multifilares para comprender correctamente el conexionado de los elementos.

Para el montaje del sistema de control se utilizó un gabinete de 40 centímetros de alto por 44 centímetros de ancho con una profundidad de 12 centímetros. En las conexiones hacia el exterior se colocaron conectores prensa cables. El PLC se ubicó en la parte superior de la tapa, con la pantalla hacia afuera, para darle al usuario un fácil acceso a esta.

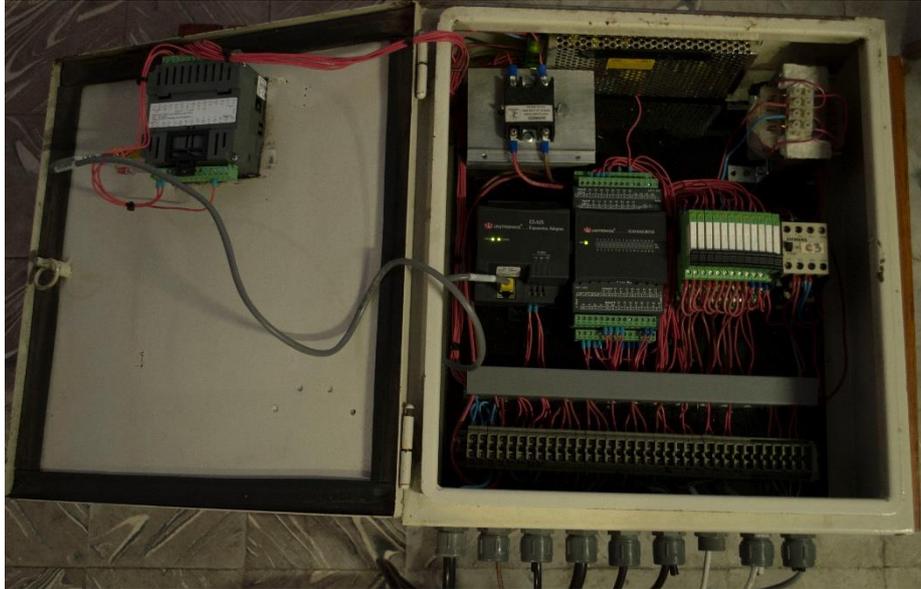


Figura 54: Interior del gabinete de control

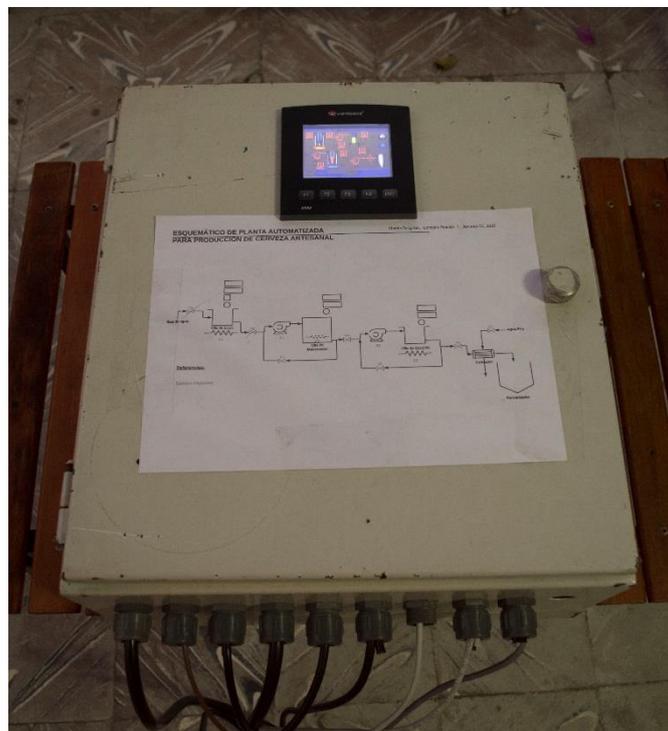


Figura 55: Tapa delantera del gabinete de control

Desde el gabinete se conexionan cables de 3.5 metros que se dirigen hacia una caja estanca colocada detrás de la estructura que soporta las ollas. Esto fue de gran utilidad para organizar el cableado ya que todos los actuadores y sensores llegan hasta esta y se

conectan por medio de borneras con los cables que van hacia el PLC. Así se logró concentrar todos los sensores, actuadores y la conexión con el tablero en un solo lugar.

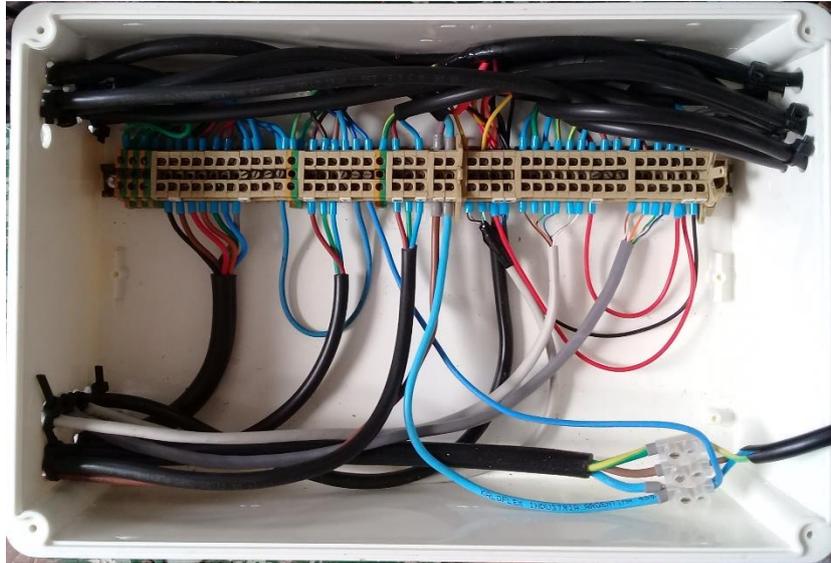


Figura 56: Caja estanca para la conexión de los sensores y actuadores

Por otra parte, para la instalación de gas se utilizó gas envasado dado que no se contaba con una instalación de gas natural cercana al equipo. Para lograr encender dos quemadores con una sola electroválvula, se conectó una “Te” en la salida de la misma y desde ahí se alimentó a cada quemador por medio de caños de cobre. En esta etapa tuvimos algunos inconvenientes con la presión del gas y los picos utilizados en cada quemador, los cuales tenían un orificio demasiado pequeño (0,5 mm). Haciendo diversas consultas, los proveedores de los mecheros nos sugirieron colocar picos de mayor diámetro (1,5 mm) y realizando esta modificación se logró que los quemadores enciendan. Luego se ajustó el regulador de gas propio de la electroválvula para obtener una llama óptima color azul.



Figura 57: Instalación de gas y quemadores en etapa de prueba

Para el control de nivel mínimo y máximo se colocaron boyas y se calibraron de acuerdo con los niveles deseados de cada una. En la parte posterior, el cableado se realizó con cables siliconados para protegerlos de las altas temperaturas que rodean las ollas.



Figura 58: Boyas de nivel dentro en la olla de cocción



Figura 59: Boya de nivel mínimo en olla de maceración

En la Figura 59 también podemos observar una de las resistencias utilizadas para mantener la temperatura de maceración por medio del control PID.

En cuanto a los caudalímetros, uno fue colocado a la salida de los filtros de agua y otro junto a la electroválvula número 2.



Figura 60: Electroválvula N° 2 y caudalímetro N° 2.

Las bombas fueron ubicadas de manera tal que quedaran por debajo del nivel mínimo de las ollas garantizando que no funcionen en vacío. Las demás electroválvulas fueron conectadas junto a las ollas o las bombas para que no resistan movimientos indeseados que puedan afectar el proceso.

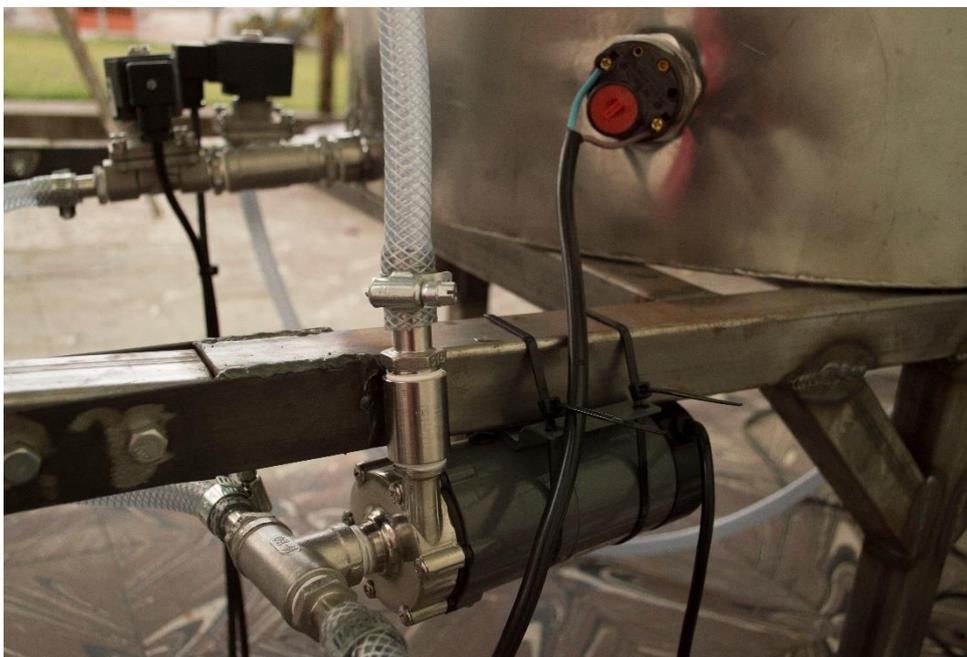


Figura 61: Posición de la bomba N° 2 y electroválvulas N° 3 y 4.

Finalmente, el equipo quedo correctamente instalado y funcionando.



Figura 62: Equipo completo instalado y funcionando

3.2.3 HMI

Diseñamos diversas pantallas para permitir la mayor flexibilidad del usuario al interactuar con la máquina. Se conseguirá obtener la configuración que mejor se adapte al cervecero, teniendo en cuenta también la practicidad del sistema para lograrlo.

Al iniciar el PLC en la pantalla se muestra una animación y luego un mensaje de bienvenida que permanecerá hasta que el usuario presione en cualquier lugar del HMI.



Figura 63: Pantalla de Bienvenida

Una vez hecho esto aparecerá la siguiente pantalla:

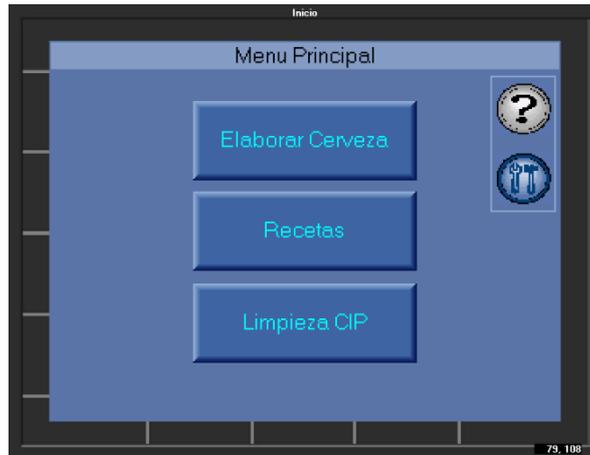


Figura 64: Pantalla de Menú Principal

Desde este menú principal se puede acceder a la ayuda, configuraciones, elaborar cerveza (se habilitará si se ha seleccionado una receta previamente), recetas y limpieza CIP. Así mismo, cuenta con un semáforo de luces, que indicará el estado del equipo.

En la ayuda se mostrará un breve resumen de lo que se puede hacer desde la pantalla actual. Este botón se encuentra en todas las pantallas y sirve de guía para el usuario.

El botón de "Limpieza CIP" está sin efecto actualmente, pero el objetivo de este es que se pueda realizar una limpieza completa del sistema (ollas, cañerías, bombas, enfriadores y electroválvulas) mediante una futura rutina automática a implementar.

Para poder presionar "Elaborar Cerveza" y comenzar con el proceso de elaboración, primero se debe haber configurado una receta, lo cual se logra por medio del botón "Recetas".

Por último, se encuentra el botón de configuración desde el cual se accede a las configuraciones generales del sistema o a una configuración avanzada destinada a personal capacitado para realizar diversas pruebas y corroborar el correcto funcionamiento de los distintos sensores y actuadores, así como también del sistema en general.

A continuación, se explicará con mayor detalle cada una de las pantallas a las cuales se puede acceder desde el menú principal.

3.2.3.A - Configuración



Figura 65: Pantalla de configuraciones generales

En esta pantalla se puede activar o desactivar el sonido de un buzzer interno de ciertos avisos/alarmas presionando el botón "Beep ON". Si el sonido está activo aparecerá "Beep ON" en color verde y si esta desactivado "Beep OFF" en color rojo.

El botón de selección de idioma se encuentra en desarrollo por lo que está sin efecto en estos momentos. Su función será la de intercambiar diversos idiomas para la interfaz gráfica, de manera que el usuario pueda seleccionar el lenguaje deseado para interactuar correctamente con el sistema.

Los botones de "Borrar Todas las Recetas" y "Configuración Avanzada" llevan a otras pantallas correspondientes.

Si se desea retornar al menú principal, se debe presionar la tecla de función externa F1 debajo de la pantalla.

3.2.3.A.I - Borrar Todas las Recetas

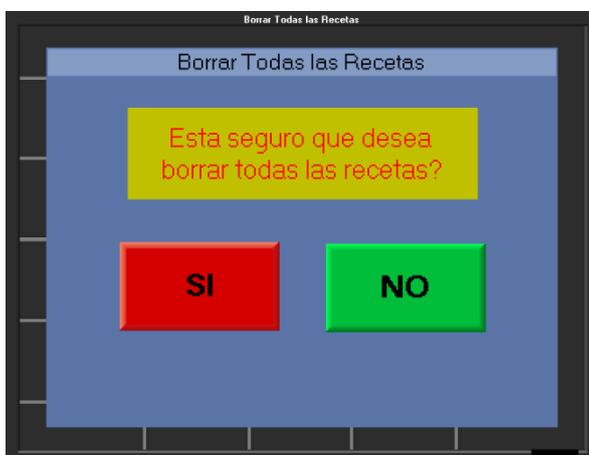


Figura 66: Pantalla de confirmación para eliminar todas las recetas

En la pantalla de “Borrar Todas las Recetas” solo nos pedirá la confirmación de esta operación. Si presionamos “SI” se borrarán todas y ya no se podrán recuperar, en cambio, sí presionamos “NO”, se volverá a la pantalla de configuraciones sin efectuar cambio alguno.

3.2.3.A.II - Configuración Avanzada



Figura 67: Pantalla de configuración avanzada

Para lograr ingresar a dicha pantalla, primero se debe colocar correctamente una contraseña de acceso.



Figura 68: Pantalla de ingreso de contraseña

Si se ingresa incorrectamente 3 veces dicha contraseña, se volverá a la pantalla de configuraciones generales.

En el caso de ingresar una contraseña válida, se podrá cargar de manera rápida una receta preestablecida por medio de la opción “Testeo a Velocidad Aumentada”. Esto servirá para realizar una prueba rápida de todo el sistema en un proceso completo que solo dura 7 u 8 minutos. En virtud de esto, se puede conocer si hay algún problema al realizar una verificación exhaustiva de todos los sensores y actuadores de manera rápida, sin tener que realizar un proceso completo de elaboración.

Si se desea retornar a la configuración general, se debe presionar la tecla de función externa F1, ubicada debajo de la pantalla.

Los botones “AutoTune” y “Pruebas de Entradas/Salidas” se desarrolla a continuación.

3.2.3.A.II.I - AutoTune

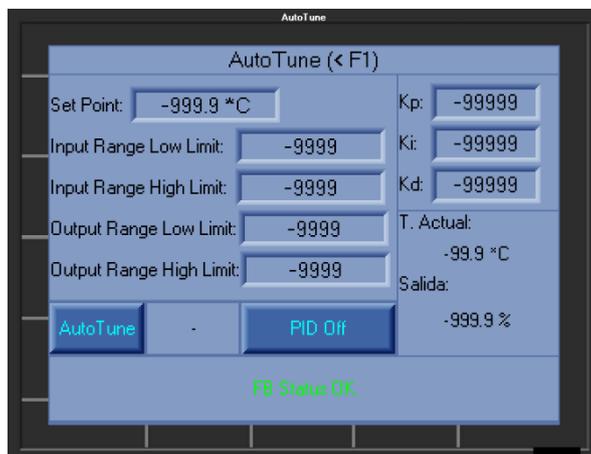


Figura 69: Pantalla de AutoTune (PID)

Esta pantalla sirve para calibrar y corroborar el funcionamiento del lazo PID encargado de mantener la temperatura de maceración a través de la resistencia de potencia C2.

Se pueden cargar los valores de Kp, Ki y Kd manualmente o bien, ejecutar el AutoTune, el cual realizará un ajuste automático en base a una evaluación del sistema a controlar. Para ello, el PLC coloca la salida de control PWM en su máximo valor, hasta que la variable que se está controlando llega al valor de Set Point, momento en el cual reduce la salida de control al mínimo. Esto lo repite aproximadamente 6 veces hasta que logra calcular los valores de las constantes correspondientes del lazo. Una vez hecho esto, el funcionamiento del PID se puede corroborar presionando el botón “PID Off” el cual cambiara a “PID On” indicando que se está ejecutando el lazo de control.

En la barra de estado se puede observar en qué situación se encuentra al lazo en todo momento. Además, en los valores de “T. Actual” y “Salida” se puede ver la temperatura actual y el porcentaje del Duty (ciclo de trabajo) que se está aplicando a la salida.

Si se presiona la tecla F1, se vuelve a la pantalla de “Configuración Avanzada”.

3.2.3.A.II.II - Prueba de Entradas/Salidas

Esta sección cuenta de tres pantallas consecutivas que se utilizan para poder observar con claridad el estado de cada entrada y salida digital y analógica, así como también accionar estas últimas manualmente.

La primera pantalla corresponde a las entradas de los sensores asociados a cada olla:



Figura 70: Pantalla de prueba entradas y salidas (1 de 3)

Los niveles máximos y mínimos corresponden al estado de las boyas. Si la lámpara está en rojo, indica que la boya no se encuentra activa, caso contrario, se pondrá color verde.

El resto de los valores corresponden a las temperaturas en cada olla y al nivel de la primera, el cual variará según la cantidad de agua que ingrese/egrese por los caudalímetros colocados a la entrada y salida de esta.

Presionando F1 se vuelve a la pantalla de Configuración Avanzada, mientras que si se oprime la tecla F2 accedemos a la siguiente pantalla.

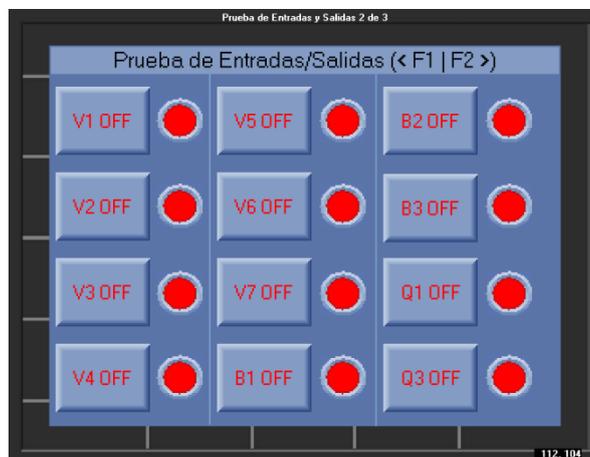


Figura 71: Pantalla de prueba entradas y salidas (2 de 3)

En esta, se encuentran botones asociados a cada una de las salidas y lámparas indicadoras del estado de estas. Si se presiona un botón, el MB internamente asociado a cada salida se pondrá en "1" y la etiqueta cambiará de rojo a verde. Si la salida asociada a este bit se activa, la lámpara cambiara a color verde indicando que la asociación interna del firmware es correcta y no existe incompatibilidad alguna dentro de la lógica planteada. Gracias a esto, en caso de fallas se puede detectar fácilmente dónde se encuentran, en el propio PLC o en el actuador accionado, dado que si la lámpara se encuentra encendida pero el actuador no responde, es éste el que funciona defectuosamente o bien el hardware intermedio.

Presionando F1 se retorna a la primera pantalla de Prueba de Entradas/Salidas y si se oprime la tecla F2 se accede a la última pantalla de pruebas.



Figura 72: Pantalla de prueba entradas y salidas (3 de 3)

En esta última pantalla se tiene acceso a la salida digital relacionada con la salida del PID. Se puede activarla o desactivarla como si se tratara de una simple salida digital, presionando el botón Q2 OFF y corroborando el estado con la lámpara. Así mismo, se puede seleccionar una frecuencia y un ciclo de trabajo para el PWM y corroborar su comportamiento como HSO.

Nuevamente si se presiona F1, se vuelve a la pantalla anterior de Prueba de Entradas/Salidas.

Para salir de esta secuencia de pantallas, se debe presionar F1 hasta que se regrese a la pantalla de "Configuración Avanzada".

3.2.3.B - Recetas

Si en el menú principal selecciona el botón "Recetas", se accede a la siguiente pantalla:



Figura 73: Pantalla de recetas

Desde aquí se puede crear una nueva receta o bien seleccionar una ya guardada para elaborarla o eliminarla.

Presionando F1, se regresa al menú principal.

3.2.3.B.I - Seleccionar/Eliminar Recetas

La selección o eliminación de una receta se hace desde las mismas pantallas ya que en la final se elige que se desea hacer con esta: seleccionarla o eliminarla.



Figura 74: Pantalla para seleccionar o eliminar una receta (1 de 3)

En la primera pantalla se debe seleccionar la receta. Para esto se utilizan las flechas de navegación o, si se conoce en qué número se había guardado la misma, se lo puede escribir directamente en el recuadro de “Receta N°.”.

En los demás campos solo se podrán verificar los valores de la receta seleccionada, pero no modificarlos.

Para continuar a la siguiente pantalla, se debe presionar F2.



Figura 75: Pantalla para seleccionar o eliminar una receta (2 de 3)

Al igual que en la pantalla anterior, solo se podrán observar los valores de la receta para corroborar que sea la indicada, pero no se está habilitado para modificarlos.

Si se desea regresar a la pantalla de selección se debe presionar F1, mientras que, si se oprime F2 se continúa a la siguiente.



Figura 76: Pantalla para seleccionar o eliminar una receta (3 de 3)

En esta pantalla final, se observan los últimos parámetros de la receta. En la parte inferior se encuentran la opción para seleccionar la receta, lo que se logra simplemente al presionar "Menú principal" con el cual, además, se regresa a la pantalla del menú principal y la opción de eliminar la receta siempre y cuando se presione previamente el interruptor de seguridad de la derecha y luego el botón "Borrar Receta".

Si se oprime F1, se regresa a la pantalla anterior.

3.2.3.B.II - Agregar Receta

Las pantallas usadas para agregar una receta son muy similares a las utilizadas para la selección o eliminación de estas. Se deben rellenar todos los campos y navegar por las distintas pantallas con las teclas F1 y F2.

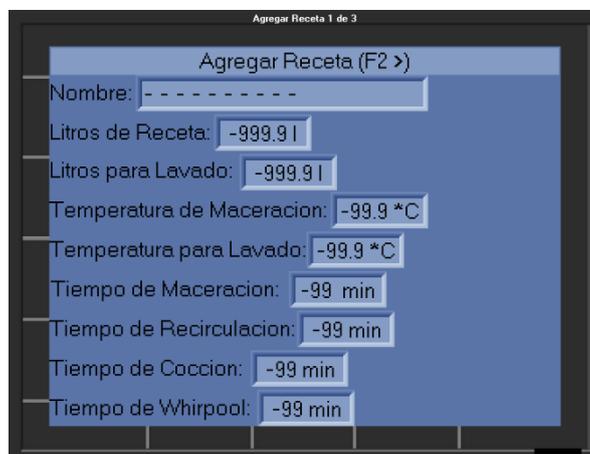


Figura 77: Pantalla para agregar una nueva receta (1 de 3)

En la sección de agregados y maltas se pueden ingresar hasta 5 agregados (lúpulos, clarificadores u otros) y 3 tipos de maltas (maltas base, maltas especiales, avena u otros) con sus correspondientes cantidades en gramos y kilogramos respectivamente. Además, se debe ingresar el dato del tiempo en el que queremos que el sistema avise que se tienen que introducir en la olla de cocción y maceración según corresponda. En el caso de los agregados, este tiempo se mide como el tiempo que deben estar en la olla antes de que finalice del hervor, considerando este punto como el minuto 0, mientras que cuando comienza el hervor, será el minuto 60 o 90 generalmente. Para la maceración se utiliza la misma lógica, aunque lo que se toma como referencia no es el hervor, sino la temperatura de maceración preestablecida.

Nombre	Cantidad	Tiempo
-----	-9999 g	-99 min
-----	-9999 g	-99 min
-----	-9999 g	-99 min
-----	-9999 g	-99 min
-----	-9999 g	-99 min

Figura 78: Pantalla para agregar una nueva receta (2 de 3)

Nombre	Cantidad	Tiempo
-----	-9999.9 kg	-99 min
-----	-9999.9 kg	-99 min
-----	-9999.9 kg	-99 min

Guardar Receta Menu Principal

Receta Guardada N*: 999 Error. Verifique valores ingresados.

Figura 79: Pantalla para agregar una nueva receta (3 de 3)

En la pantalla final, se debe guardar la receta y luego presionar “Menú Principal” para acceder a este inmediatamente y seleccionar la receta automáticamente. En la parte inferior se muestra el número asignado para la receta guardada.

Si alguno de los campos de datos no se completa, o se completa incorrectamente, el sistema informará que hubo un error en la parte inferior derecha de la pantalla. Si se

presiona sobre este mensaje, se mostrarán los datos cargados erróneamente en color rojo. Para corregirlos se debe navegar por las pantallas con las teclas F1 y F2.

Variables de Receta a Agregar (< F1)	
Nombre de Receta	Tiempo a Hervir Agregado 3
Litros a Elaborar	Tiempo a Hervir Agregado 4
Litros para el Lavado	Tiempo a Hervir Agregado 5
Temperatura de Maceración	Cantidad Agregado 1
Temperatura para Lavado	Cantidad Agregado 2
Tiempo de Maceración	Cantidad Agregado 3
Tiempo de Recirculación	Cantidad Agregado 4
Tiempo de Cocción	Cantidad Agregado 5
Tiempo de Whirlpool	Cantidad de Malta:
Cantidad de Agregados:	Nombre Malta 1, Cantidad Malta 1
Nombre Agregado 1	Nombre Malta 2, Cantidad Malta 2
Nombre Agregado 2	Nombre Malta 3, Cantidad Malta 3
Nombre Agregado 3	Tiempo a Macerar Malta 1
Nombre Agregado 4	Tiempo a Macerar Malta 2
Nombre Agregado 5	Tiempo a Macerar Malta 3
Tiempo a Hervir Agregado 1	
Tiempo a Hervir Agregado 2	

Figura 80: Pantalla de error en agregado de receta

3.2.3.C - Elaborar Cerveza

Una vez cargada o seleccionada la receta a elaborar, se habilitará el botón “Elaborar Cerveza” en el menú principal. Si se presiona sobre este, se ofrecerá la opción de escalado mediante el cual, el cervecero podrá adaptar la receta elegida ingresando únicamente la cantidad de litros a elaborar. De esta manera los datos que son escalados aparecerán en un recuadro verde, y sus respectivos valores anteriores (correspondientes a la receta original) en un recuadro rojo. Este proceso no modificará la receta guardada en el sistema, solo la modifica para el actual proceso de elaboración.

Escalado Receta (F2 >)

Nombre: - - - - -

Litros de Receta: -999.9 l | Litros a Elaborar: -999.9 l

Litros para Lavado: -999.9 l | -999.9 l

Temperatura de Maceración: -99.9 °C

Temperatura para Lavado: -99.9 °C

Tiempo de Maceración: -99 min

Tiempo de Recirculación: -99 min

Tiempo de Cocción: -99 min

Tiempo de Whirlpool: -99 min

Figura 81: Pantalla para escalado de receta (1 de 3)



Figura 82: Pantalla para escalado de receta (2 de 3)

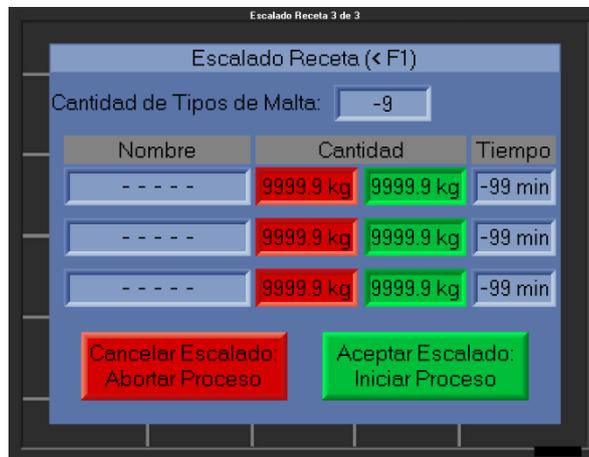


Figura 83: Pantalla para escalado de receta (3 de 3)

Una vez corroborados todos los parámetros de la receta a elaborar, se acepta el escalado para el proceso. Si el usuario no está de conforme con algún valor, debe cancelarlo y crear una nueva receta con los valores deseados.

En el caso que se haya aceptado, iniciará proceso de elaboración y se accederá la pantalla de “Esquema General” de manera automática.

3.2.3.C.I - Esquema General

Desde esta pantalla, se puede observar el estado actual de cada actuador, el nivel de las distintas ollas e información básica del proceso en la barra de estado inferior: el nombre de la receta, la etapa en la que se encuentra (preparación del agua, maceración, recirculado extra, lavado y cocción, cocción: hervor, whirlpool, enfriamiento) y la fecha y hora actual.

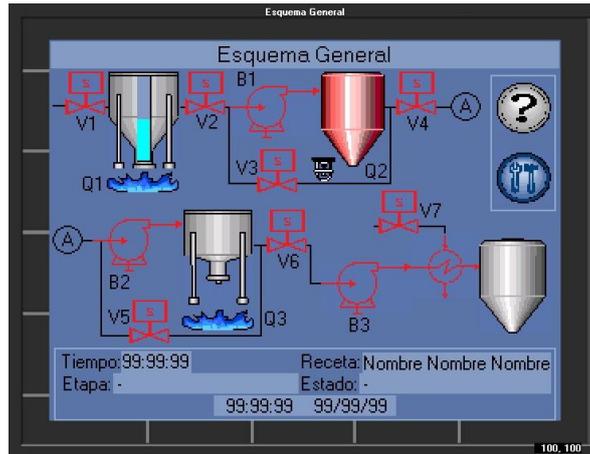


Figura 84: Pantalla de esquema general

Las bombas y electroválvulas se encontrarán en color rojo cuando estén desactivadas y en color verde en el caso contrario.

Si se presiona sobre el nombre de la receta, se pueden observar sus parámetros. Esto es de gran utilidad para recordar los distintos tiempos de la receta y las cantidades de agregados y maltas a preparar para tenerlas listas al momento de incorporarlas.

Una vez iniciado el proceso, sonará una alarma cada 10 minutos para que el cervecero esté al tanto de cuánto tiempo ha transcurrido desde el comienzo de cada etapa. Este sonido será breve y la cantidad corresponderá con la unidad de la decena de los minutos transcurridos en cada etapa.

Además, se puede observar con más detalle lo que sucede en cada tanque si se presiona sobre cada uno ellos. En cada pantalla se visualizará el nivel, la temperatura y el estado de cada actuador asociado a la olla correspondiente.

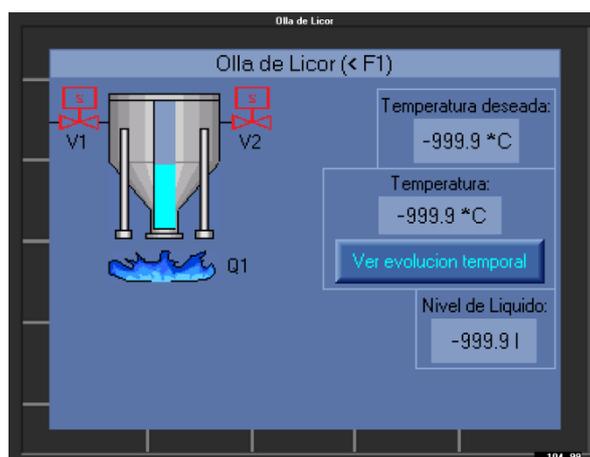


Figura 85: Pantalla para olla de licor



Figura 86: Pantalla para olla de maceración



Figura 87: Pantalla para olla de cocción

Si se oprime el botón “Ver evolución temporal”, se accederá a una pantalla que mostrará un gráfico XY de la temperatura en función del tiempo.

3.2.3.C.1.1 - Evolución temporal

Aquí, se puede observar la variación temporal en tiempo real de la temperatura de la olla correspondiente, en un gráfico XY.

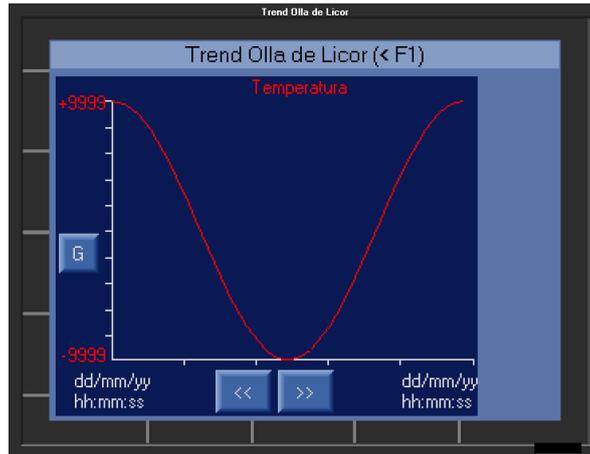


Figura 88: Pantalla para visualización de evolución temporal de la temperatura

Si se presiona sobre el botón “G”, el usuario activará una grilla para facilitar la lectura de los valores de temperatura. Además, si se utilizan las flechas ubicadas en la parte inferior de la pantalla, se puede desplazar a través del tiempo. Se muestra sólo una pantalla, ya que se utiliza el mismo diseño para las 3 ollas.

3.2.3.C.I.II - Incorporación de agregados y maltas

Como nombramos anteriormente, a medida que el proceso avance será necesario incorporar las maltas y los lúpulos, según los tiempos cargados en la receta. El sistema avisará cuando se deban incorporarlos a través de una pantalla especial y una alarma sonora.

En la pantalla se comunicará el tipo de malta o agregado a incorporar y la cantidad necesaria de este. Es por esto por lo que, el cervecero, deberá contar con las maltas y los agregados previamente preparados para lograr incorporarlos en el momento justo.

Una vez que se incorpora lo que el sistema indica, se debe presionar el botón “Malta Incorporada” o “Agregado Incorporado” según corresponda. Hecho esto, el sistema registrará el momento exacto de la incorporación y nos llevará nuevamente a la pantalla del esquema general.



Figura 89: Pantalla de aviso para la incorporación de malta

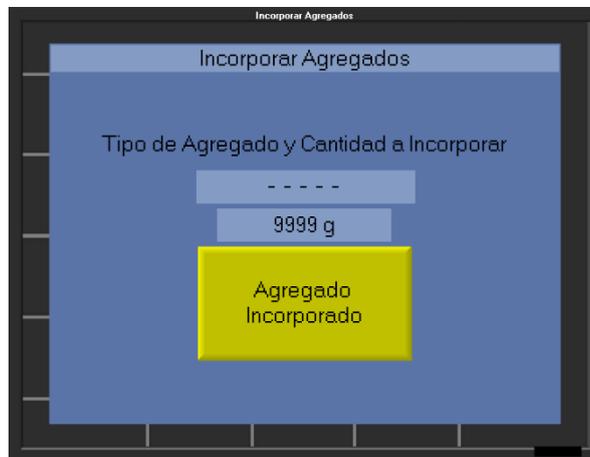


Figura 90: Pantalla de aviso para la incorporación de agregado

3.2.4 Extras

En esta sección analizaremos algunos detalles del firmware que no afectan directamente a la lógica del proceso para la elaboración de cerveza, pero que sí conllevan a una mejoría destacable en sus funcionalidades y prestaciones.

3.2.4.A - Registro de datos en memoria extraíble tipo SD

Una gran ventaja que se le ofrece al maestro cervecero es la posibilidad de registrar en un archivo del tipo CSV ciertos datos relevantes acerca de la elaboración de un lote de cerveza.

Para ello consideramos dentro de la lógica de programación, la utilización de diversos bloques que permiten llevar a cabo esta acción.

Se requieren 2 bloques para cada escritura en la SD, los cuales se deben ejecutar controlando previamente que no se esté escribiendo en esta en otra parte del código mediante un bit del sistema normal cerrado (SB 344).

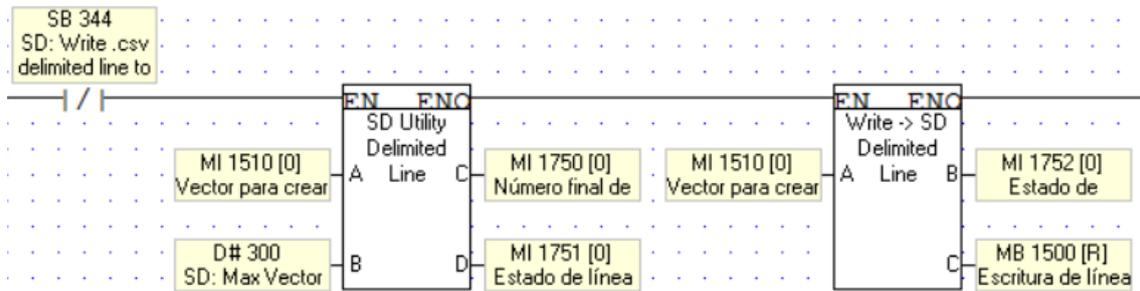


Figura 91: Código Ladder para escritura en SD

Con el primer bloque creamos un vector en donde apilaremos todos los datos que deseamos escribir en el archivo CSV. Su nombre es “Create Excel Delimited Line” y se encuentra en SD-SD Excel Utilities:

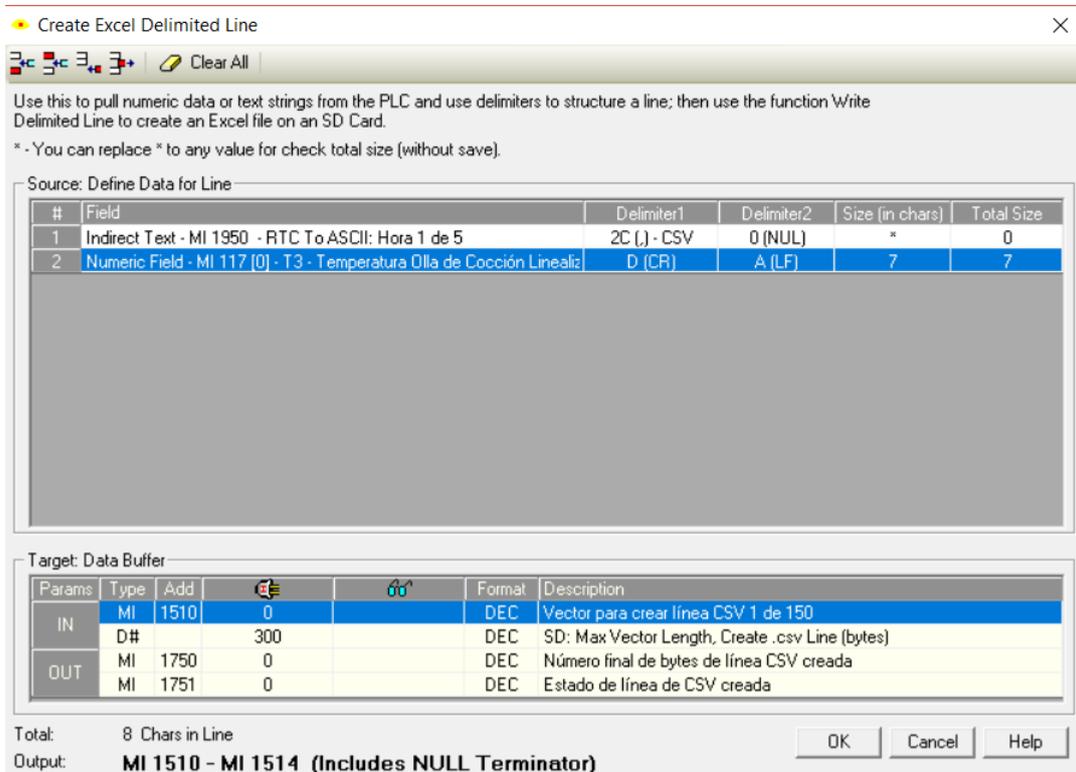


Figura 92: Creación de vector para archivos CSV a escribir en SD

Este bloque solicita que le ingresemos 4 parámetros, 2 de entrada y 2 de salida como buffer de datos. Ellos son: dirección de comienzo del vector y largo este en bytes y 2 MI para que podamos controlar la cantidad de bytes a escribir en el CSV y su estado.

Además, debemos seleccionar las fuentes de datos que queremos copiar en el vector. Esto lo logramos agregando líneas a las cuales debemos asignarles un tipo de dato y su lugar de memoria. Es necesario que por cada fuente que elijamos, seleccionemos un delimitador para que, al abrir el archivo tipo CSV en una PC con cualquier software procesador de planilla, esta lo interprete y ofrezca al usuario una interfaz sencilla y práctica. Lo más conocidos son:

- “,”: El cual hará que el próximo dato se muestre en la misma línea, pero columna a su derecha.
- “(CR)” + “(LF)”: Esta combinación producirá un salto de línea.

Habiendo completado esto, debemos configurar el bloque de escritura en SD. Su nombre es “Write Delimited Line” y, al igual que el anterior, se encuentra en SD-SD Excel Utilities:

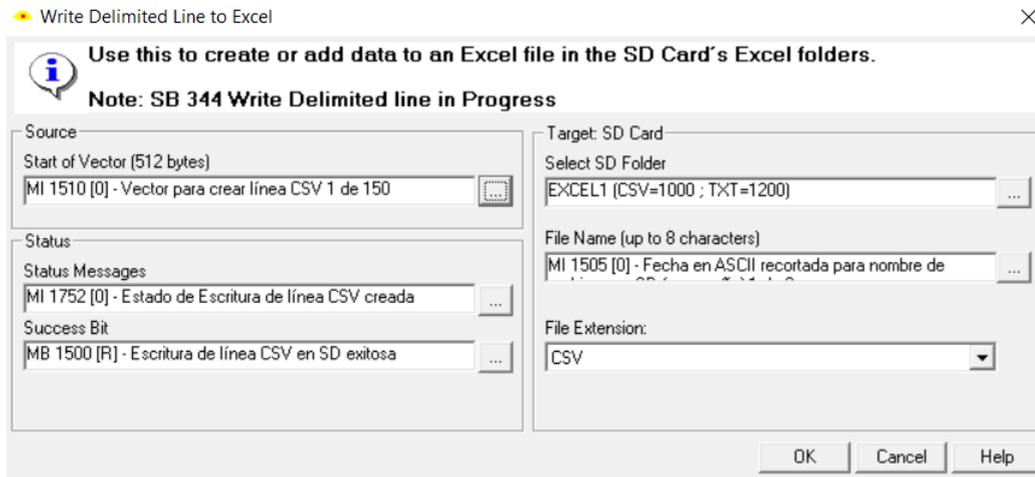


Figura 93: Configuración de escritura de archivos CSV en SD

En este caso, debemos indicarle la dirección de memoria del inicio del vector a escribir, la carpeta de destino en donde se ubicará el archivo dentro de la SD, el nombre del archivo y el formato de este: “CSV”. Además, nos solicitará un lugar de memoria MI para indicarnos el estado de la escritura del vector y un MB para asegurarnos que esta se realizó correctamente.

Luego solo resta realizar la lógica necesaria para decidir en qué momentos y qué datos se desean escribir en la tarjeta SD.

3.2.4.B - Trends

Para permitir la visualización de la evolución temporal de la temperatura dentro de cada olla en tiempo real, creamos un gráfico XY donde se mostrarán las distintas curvas asociadas a estas.

En primera instancia, generamos el espacio donde se dibujarán las misma. Este espacio se denomina “Trend” en el software de programación.

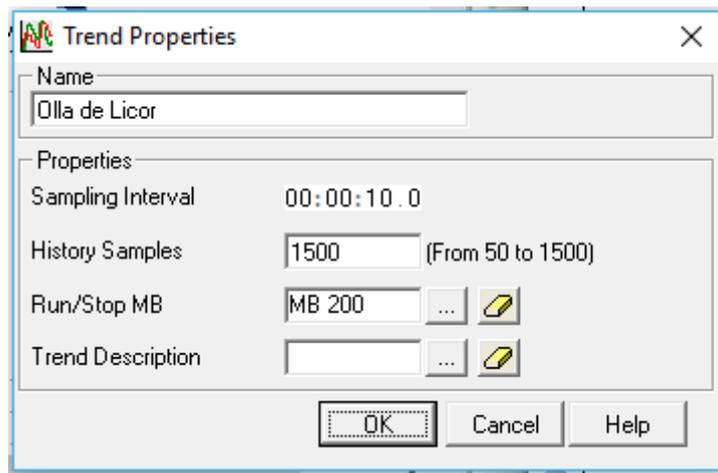


Figura 94: Propiedades del Trend

En el cuadro de propiedades, debemos asignarle un nombre al gráfico de tendencias, seleccionar el tiempo de muestreo de las variables a dibujar, la cantidad de muestras que se guardarán en el historial, un bit de memoria MB que dará inicio a graficar y, finalmente, seleccionar un espacio de memoria MI donde se almacenará un comentario sobre este bloque.

Una vez configurado el espacio donde se graficarán las curvas, tendremos que configurar cada una de estas por medio de su cuadro de propiedades.

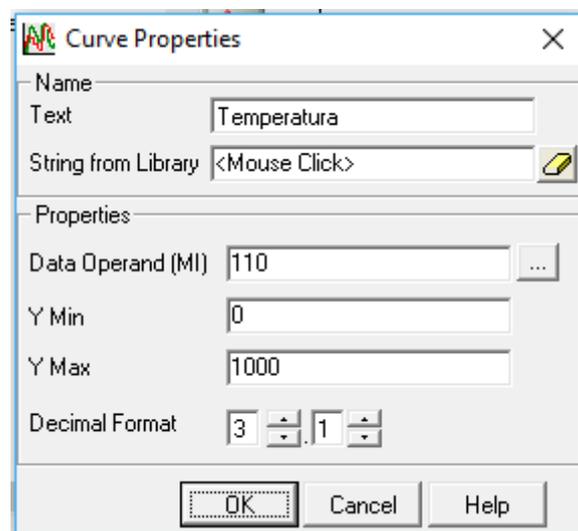


Figura 95: Propiedades de las Curvas

Desde este, asignamos un nombre a la curva, seleccionamos en qué espacio de memoria se encuentra la variable a graficar y definimos el valor máximo y mínimo que esta puede tomar. Además, es necesario indicar el formato decimal que se mostrara en el gráfico.

Luego de realizar todas estas configuraciones, solo resta colocar el gráfico en la pantalla HMI deseada y seleccionar un color para cada curva. La activación de este cuadro de

curvas se realiza desde la programación ladder. En nuestro caso, em base a qué etapa esté activa, se graficará una curva u otra.

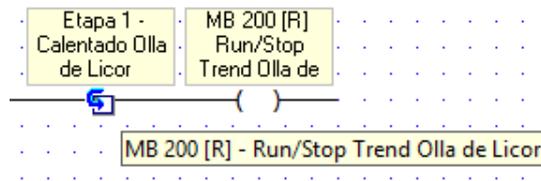


Figura 96: Activación de Trend por Ladder

3.2.4.C - Contraseñas

En todo sistema resulta útil poder realizar una configuración avanzada y probar entradas/salidas desde el equipo mismo, sin necesidad (en primera instancia) de conectarse a algún aparato externo, como puede ser una PC. Sin embargo, esto podría resultar crítico si se le permite el acceso a usuarios no técnicos o no capacitados para trabajar en ese nivel. Es por ello por lo que decidimos implementar una pantalla que solicite una clave de acceso para que el usuario común no pueda interactuar con determinados parámetros de control.

Para lograr esto hicimos uso de la función "Password" en la sección HMI, la cual, por medio de un botón, nos permite solicitar el ingreso de una contraseña.

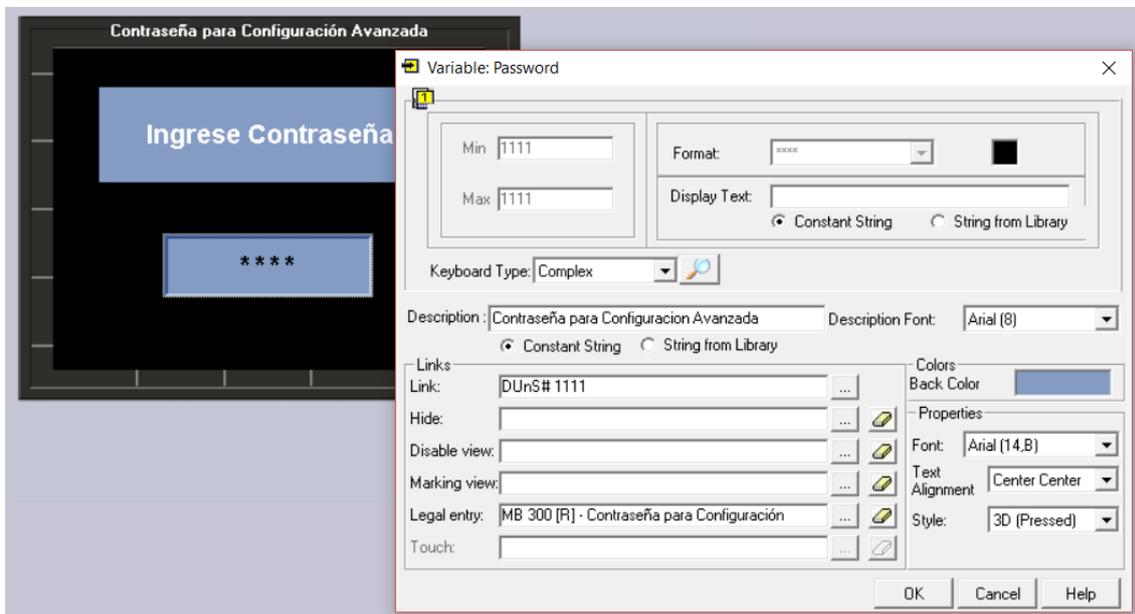


Figura 97: Configuración de contraseña para HMI

Desde el cuadro de configuración, introducimos el nombre que se mostrará en el botón, el tipo de teclado a utilizar, la clave numérica que será la que se tome como válida (link) y el bit que se pondrá en estado alto cuando se ingrese correctamente la contraseña. Precisamente será este último bit, el que se utilizará para decidir en la programación, si se acciona el salto a la pantalla protegida.

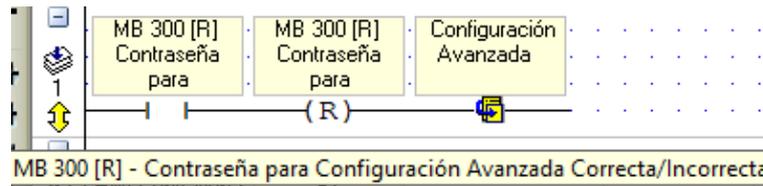


Figura 98: Validación de contraseña para HMI en Ladder

Así mismo, si queremos limitar la cantidad de intentos permitidos, podemos utilizar la variable del sistema “SI 45”, la cual nos indica el número de veces que el usuario ha ingresado una contraseña no válida. Si la comparamos con un valor fijo, podemos determinar la cantidad de casos erróneos máximos admitidos para regresar a la pantalla anterior en caso de superarlo.

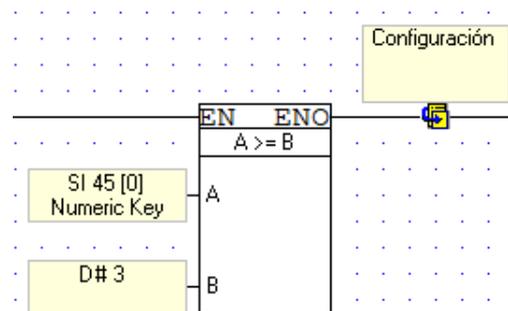


Figura 99: Cantidad de ingresos inválidos de contraseña para HMI en Ladder

3.2.4.D - Animaciones

En ciertas ocasiones, se decidió colocar animaciones en la pantalla para darle un aspecto más llamativo y dinámico al sistema. Dado que el PLC no cuenta con la posibilidad de reproducir videos o imágenes tipo GIF, debemos crearlos. Para esto es necesario desglosar la animación en imágenes para luego concatenarlas una detrás de otra cada determinado tiempo, logrando así un efecto de continuidad asemejándose a lo que sería un video.

Este efecto lo utilizamos en la pantalla de inicio, en la pantalla del esquema general para animar las llamas cuando los quemadores están activos y en la pantalla de finalización del proceso. Para esto, cada una tiene una subrutina especial dentro de la programación que es ejecutada según corresponda. El tiempo de espera entre cada imagen lo da un pulso comandado por un temporizador de 100 [mS]. Cada uno de estos pulsos incrementa el valor que indica que imagen mostrar. Una vez alcanzado el total de las imágenes, este valor de índice se reinicia para volver a comenzar desde cero, dándole un aspecto de continuidad permanente cuando sea necesario.

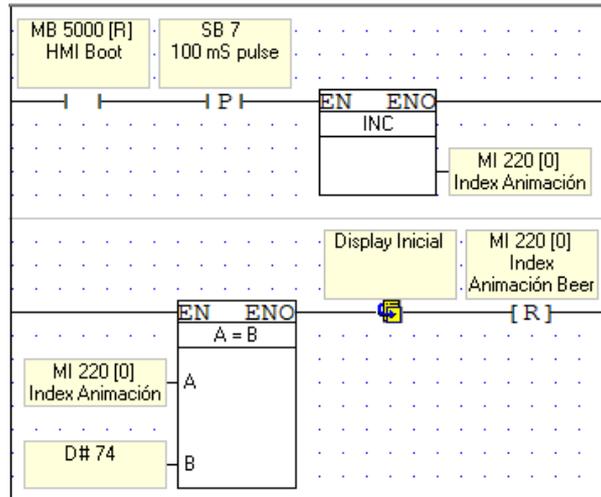


Figura 100: Lógica implementada para el índice de la animación de inicio

Debemos crear una pantalla HMI con un objeto llamado “List of Images”, que no es otra cosa que una lista de imágenes a la que se le asocia un lugar de memoria MI el cual representará el índice de imagen a mostrar. En la parte superior tendremos que agregar todas las imágenes deseadas para la animación en un orden lógico correspondiente. El número máximo permitido para cargar es: 100.

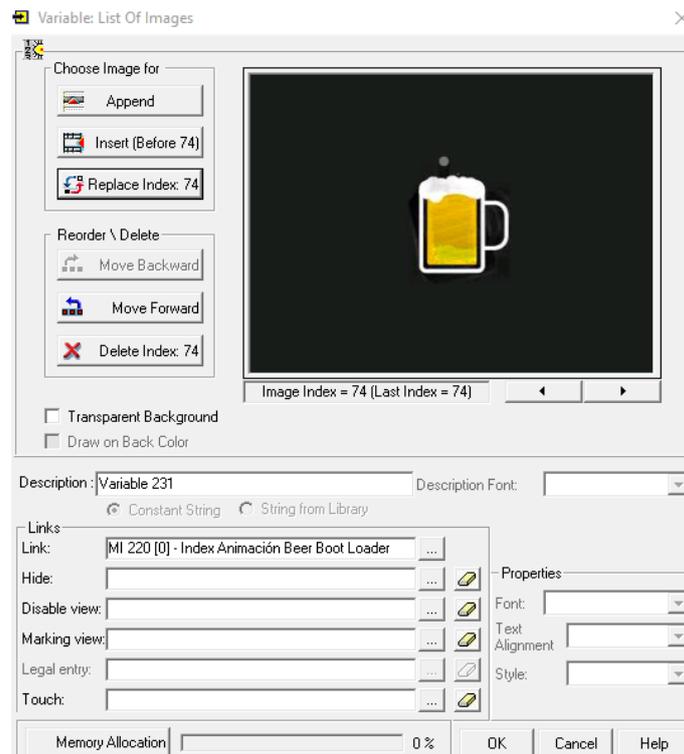


Figura 101: Configuración de lista de imágenes para animación

3.2.5 Prestaciones

Nuestro equipo fue especialmente diseñado para favorecer al cervecero en la realización de una cerveza artesanal que se ajuste adecuadamente a sus gustos y que, además, sea de excelente calidad, garantizando la repetitividad en la producción de diferentes lotes.

El sistema funciona de manera semi-automática requiriendo intervención mínima del usuario, el cual debe incorporar las maltas y lúpulos (entre otros) en los momentos indicados por la receta creada/elegida. El equipo se encargará del llenado y trasvase de líquido entre las distintas ollas, mantendrá las temperaturas estables dentro de cada una de ellas y controlará los tiempos de cada etapa según el estilo de cerveza que se esté fabricando. Se optimizan los tiempos de producción ya que el sistema no esperará confirmación para avanzar a la siguiente etapa al no requerir accionamiento manual de válvulas. Esto es posible ya que el diseño consta de electroválvulas y bombas de accionamiento automático comandadas inteligentemente para garantizar el correcto flujo de líquido permitiendo que este circule en el sentido y hacia el lugar que requiera la etapa. Por esto el usuario nunca tendrá que estar en contacto con válvulas o bombas para accionarlas y continuar con el proceso, evitando de esta manera posibles errores humanos.

Además, durante el proceso completo, el sistema almacena en tiempo real todos los datos relevantes de este en un archivo CSV dentro de una tarjeta extraíble SD. Estos pueden ser analizados posteriormente a la elaboración, desde una PC con cualquier software procesador de planillas, como por ejemplo Excel. De esta manera, si el cervecero nota alguna anomalía en la producción de un lote específico, podrá realizar un análisis profundo de los registros de la receta elaborada o comparar estos datos registrados con otros utilizados como referencia para verificar dónde se encuentra el error. Esto resulta una gran ventaja ya que dicha anomalía no siempre generará un impacto negativo en el lote producido, sino que muchas veces uno consigue resultados distintos pero positivos ya sea en sabor, aroma, aspecto, etc. y no logra detectar cual fue la variación. De esta manera, y gracias al constante registro de datos, se podrá observar dónde se encuentran las diferencias en el proceso realizado con el objetivo de crear una nueva receta que replique dichas variaciones. Estos archivos contienen la información de toda la receta elegida, la fecha y hora de elaboración, la evolución temporal de la temperatura en cada olla durante todo el proceso, la variación de niveles de líquidos en la olla de licor y, además, registra el momento en que se inicia cada etapa y se incorporan las maltas y agregados. Se generará un archivo CSV por mes, en donde se almacenarán todos los registros de las recetas elaboradas en dicho período.

Actualmente, el equipo cuenta con la posibilidad de almacenar un total de 500 recetas. Esta cantidad podría ser mayor si algún cliente así lo deseara. Cada receta consta de los distintos tiempos empleados para cada etapa, los tiempos precisos donde se deben incorporar las maltas y los lúpulos o agregados, la cantidad que se requiere de cada uno de estos y las temperaturas que se requieren dentro de cada olla. Estas recetas se pueden escalar para

que el usuario pueda producir distintas cantidades de litros partiendo siempre de la misma fórmula.

Todas las configuraciones generales del sistema y carga de recetas se realizan desde la pantalla HMI. La interfaz es muy intuitiva y cada pantalla cuenta con una sección de ayuda para guiar al operario en el caso que lo necesite. Una vez iniciado el proceso, se muestra el estado de las electroválvulas bombas y quemadores, la etapa actual y el tiempo transcurrido. Conjuntamente se puede observar el estado de cada olla (temperatura y actuadores asociados) y gráficos de evolución temporal de las temperaturas, el nivel de líquido en olla de licor. Así mismo y en todo momento, se permite revisar la receta que se está elaborando para recordar las cantidades a agregar de maltas y lúpulos y los tiempos configurados.

El equipo también cuenta con un sistema sonoro de alarmas para dar aviso al cervecero acerca del tiempo transcurrido desde el inicio de cada etapa y en el momento en el que debe incorporar las maltas y los lúpulos.

Finalmente, pero no por eso menos importante, el equipo está construido con materiales de grado alimenticio. Las ollas fueron fabricadas en acero inoxidable AISI-304 apto para contacto con alimentos. Las electroválvulas y bombas que están en contacto con el producto asimismo son de acero inoxidable y las conexiones están hechas con manguera atóxica sanitaria para evitar contaminaciones en los líquidos transportados. Las instalaciones de gas se realizaron con equipos aprobados por el Instituto del Gas Argentino y cuentan con un sistema piloto permanente y corte de seguridad por termocupla o corte en el suministro de gas.

Capítulo 4: Resultados

Realizando un balance final, obtuvimos un equipo que ofrece un control prácticamente total sobre las variables involucradas en el proceso de elaboración de cerveza y que, al finalizar este, almacena el mosto frío en un fermentador listo para que el operario introduzca la levadura y comience el proceso de fermentación. Es un sistema que se posiciona en un nivel algo más elevado que los actuales equipos ofrecidos en el mercado nacional, ya que cuenta con una automatización completa y el cervecero interviene solo en algunas partes del proceso, mientras que la competencia no tiene automatización alguna y el artesano debe hacerse cargo de todo.

Logramos obtener sistema que es adaptable a la capacidad de producción y puede tomar las dimensiones que sean necesarias de acuerdo con lo solicitado por el cliente, requiriendo modificaciones mínimas como pueden ser el tamaño de las ollas y el diámetro de las tuberías. Además, el control ofrecido permite ser instalado en equipos que ya se encuentren en funcionamiento y requieran de este. Esto también lo diferencia del resto debido a que actualmente este tipo de sistemas no son comercializados en nuestro país, obligando al usuario a recurrir a la importación de algún equipo similar sin asesoramiento local o un trabajo ingenieril exclusivo para cada caso, lo cual resultaría muy costoso.

Por otra parte, el módulo de cocción ofrecido fue diseñado previendo todas las posibles mejoras a incorporar en el futuro, por lo que, cuando estas estén disponibles para ser implementadas, no requerirán de grandes cambios con respecto al sistema actual, solo se agregarán algunos dispositivos, pero nada de lo previamente instalado será reemplazado o quedara obsoleto. Esto es muy destacable ya que cada actualización no afectará al sistema anterior por lo que no existirán inversiones muertas para el cliente por descarte de equipamiento.

Hemos logrado además un precio competitivo con respecto a sistemas de igual o inferiores características a nivel internacional.

Finalmente, remarcamos que el equipo fue diseñado considerando el avance que está teniendo el mercado de la cerveza y que el gobierno nacional planea moderar esta actividad a través de regulaciones bromatológicas inexistentes hoy en día. Debido a esto, utilizamos materiales aprobados por el Código Alimentario Argentino para que, en el futuro, el equipo cumpla con las condiciones bromatológicas sin requerir cambios en el equipamiento.

Capítulo 5: Análisis de costos

Para la realización de este proyecto se necesitaron un total aproximado de tres meses. Este tiempo fue necesario para:

- Analizar las distintas alternativas que presenta el proceso de fabricación de la cerveza artesanal. Reuniones con distintos productores para que nos comenten sus experiencias y sus métodos de elaboración. De esta manera, logramos un sistema que se adapte a la gran mayoría de los procesos discutidos, para así, obtener mayores alcances.
- Contactar proveedores de materiales y equipamientos que ofrezcan variedad de productos y buenos precios. Con cada uno de ellos se estableciendo un contacto para futuras compras, logrando en algunos casos, rebajas en la compra de materiales para este proyecto a cambio de nombrarlos en la presentación.
- Desarrollar la lógica programación sobre un hardware elegido por permitir la sencilla expansión en futuras versiones.
- Diseñar y calcular los distintos equipos a utilizar, teniendo en cuenta la versatilidad del sistema planteado.
- Realizar pruebas, reprogramación y ensamble del equipo final para garantizar su correcto funcionamiento.

Además del valor económico debido a este tiempo de trabajo, se ha invertido un total aproximado de \$136000 para desarrollar el sistema completo, que se detallará próximamente.

Se decidió diseñarlo de manera tal que sea apto para las exigencias de Nación sobre producciones alimenticias ya que, a pesar de no encontrarse regulado actualmente, en un futuro cercano el Estado comenzará a regularizar la producción de la cerveza artesanal y será necesario cumplir con distintas cuestiones sanitarias. Es por esto por lo que todo elemento que esté en contacto con el mosto debe ser de acero inoxidable, el cual se encuentra aprobado por el Código Alimenticio Argentino para tal fin. Esto ha elevado el costo de producción de nuestro producto, pero lo consideramos una cuestión vital a la hora de elaborar de manera consciente y segura una bebida que no solo será consumida por el maestro cervecero, sino que será además será comercializada y adquirida por un gran número de personas.

Así mismo, el sistema incorpora dos quemadores de gas natural los cuales cuentan con su correspondiente válvula de seguridad para evitar que, en caso de que la llama se extinga estando encendido, siga circulando gas eludiendo así todo tipo de inconveniente y brindando máxima seguridad al operario, una cuestión prioritaria en el diseño de un equipo industrial.

Es por esto por lo que su diseño resultó ser seguro, robusto y sencillo. Solo requiere de una instalación eléctrica y de gas en óptimas condiciones para su funcionamiento.

A continuación, se detallan los gastos que fueron necesarios para la realización de este proyecto y posteriormente se expresará el costo final del equipo para el público en general.

5.1 - Detalle de costos

5.1.1 - Materiales

Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
PLC completo (con adaptador y expansor)	1	\$31.200	\$31.200
Relé de estado sólido	1	\$500	\$500
PT100	3	\$140	\$420
Filtro de partículas para agua (con porta filtro)	1	\$700	\$700
Filtro de cloro para agua (con porta filtro)	1	\$700	\$700
Resistencias de acero inoxidable 2kW	2	\$1.340	\$2.680
Boya de nivel	6	\$300	\$1.800
Caudalímetro	2	\$365	\$730
Termómetros bimetálicos (analógicos)	3	\$245	\$735
Bombas magnéticas (19L/H)	2	\$2.890	\$5.780
Bomba centrifuga	1	\$6.500	\$6.500
Ollas de acero inoxidable (300 L)	3	\$12.670	\$38.010
Quemadores 24000 kcal	4	\$1.125	\$4.500
Relé Interface Phoenix Contact	12	\$215	\$2.580
Electroválvulas para agua de acero inoxidable	6	\$3.002	\$18.016
Electroválvulas para gas con válvula de seguridad	2	\$2.859	\$5.719
Electroválvulas para agua de aluminio	1	\$1.616	\$1.616
Filtro macerado (Bazooka) - 30cm	1	\$420	\$420
Estructura	1	\$4.500	\$4.500
Accesorios gas	2	\$847	\$1.694

Accesorios acero inoxidable	1	1	\$5.941
Cableado	1	1	\$1.518
TOTAL			\$136.259

Tabla 3: Costo de materiales

Se debe tener en cuenta que estos productos fueron comprados en calidad de minorista, por lo que, si se compran en cantidad, el costo de cada componente será considerablemente menor y mejorará el valor final para la fabricación de los equipos.

5.1.2 - Mano de obra

Actividad	Horas	Precio hora	Precio total
Desarrollo	500	\$350	\$175.000
Compra de materiales	30	\$250	\$7.500
Montaje y pruebas	70	\$300	\$21.000
TOTALES	600	\$950	\$203.500

Tabla 4: Costo de mano de obra

Como se observa, el impacto que tendría este costo sobre el costo final del producto sería muy fuerte, siendo este casi el doble del costo de materiales de un equipo, arrojando un total de \$339.759 para este.

5.1.3 - Total

El valor aproximado de \$340.000 se compone de un 60% por mano de obra y un 40% por materiales. Sin embargo, al considerar un estimativo de ventas para el primer año de comercialización en 15 unidades, el valor de producción de cada una sería \$150.000 aproximadamente, lo cual es un costo mucho más razonable. Inclusive, este valor, se vería reducido al comprar los componentes en el mercado mayorista, como bien nombramos anteriormente. La proporción en este caso sería de 91% por materiales y 9% por mano de obra.

5.2 - Plan de ventas

Nuestro sistema está orientado principalmente a micro cervecerías en expansión o en proceso de semiautomatización de equipos. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que pequeños productores con menor capital para invertir puedan adquirir el equipo para mejorar su producto e incrementar su producción. Además, una vez insertados en el

mercado y aprovechando el contacto con distintos proveedores, se proyecta vender kits de menor volumen de producción (50 litros) para los que deseen iniciarse en el rubro de la cerveza artesanal, cerveceros novatos o amateurs.

En este proyecto se presenta un equipo con capacidad de producir 300 litros de cerveza lista para fermentar. Esta cantidad de litros no es fija, se puede escalar a casi cualquier volumen, sea menor o mayor, requiriendo este último de olla de mayor tamaño.

Así mismo, se pueden realizar equipos con cantidades variables de producción, como por ejemplo un sistema capaz de producir entre 500 litros como máximo y 100 litros como mínimo. Esto es fundamental ya que el artesano suele experimentar con distintas recetas por lo que suele producir pocos litros hasta que, una vez satisfecho con el resultado, la escala para obtener más litros.

De esta manera nuestros potenciales clientes podrán seleccionar entre una gran variedad de configuraciones y sistemas de control que se adapten perfectamente a lo que desean. Esta gran versatilidad en la configuración del equipo nos permite ofrecer el producto a múltiples escalas de productores en expansión de producción.

En el caso de los grandes productores artesanales o pymes ya establecidas y con equipos en funcionamiento, podremos ofrecer diferentes opciones de automatización. Existe la posibilidad de adaptar el sistema que esté en funcionamiento actualmente agregando solo un tablero de comando donde el operario pueda controlar todo el proceso y registrar sus variables de manera asegurándole que replicar una receta sea una tarea mucho más sencilla. Además, si se modifican determinadas partes del sistema existente, como por ejemplo válvulas manuales por electroválvulas, el cervecero tendrá un equipo de iguales características al aquí presentado, pero con un costo de inversión inicial menor.

Otro sector de ventas contemplado es el de los productores amateurs o usuarios por iniciarse en la fabricación. Para ellos podemos ofrecer kits de volúmenes de producción menores y con una automatización mínima sin que esto signifique sacrificar el sistema de control principal. Para estos casos se planea vender kits de 20, 30 y 50 litros finales en configuraciones de dos ollas con una bomba o bien tres ollas con dos bombas y en ambos casos válvulas manuales y tablero de monitoreo y control. Incluirán termómetros, densímetros y fermentadores para los que busquen iniciarse y no cuenten con equipo alguno.

Para todos los clientes se ofrecerá asesoramiento postventa y se les informará acerca de las distintas actualizaciones que se agreguen al actual firmware, ofreciendo un descuento a los primeros 15 usuarios como retribución a la confianza depositada.

Contaremos con un servicio técnico para trabajos de capacitación en el uso de equipo y para ofrecer diversas rutinas de mantenimiento si algún cliente así lo solicita.

El sistema se diseñó de manera tal que en un futuro pueda controlar fermentadores al mismo tiempo que se elabora cerveza. Cuando esta característica esté disponible, el cliente

que ya cuente con un equipo podrá adquirir solamente el nuevo segmento sin la necesidad de comprar todo un sistema nuevo. Lo mismo sucederá con el sistema de lavado CIP.

Finalmente, para hacer llegar toda esta información a nuestros potenciales clientes utilizaremos como principal medio de promoción el contacto directo por medio de visitas programadas y las redes sociales. Se creará una cuenta exclusiva en cada una de ellas donde se presentará el equipo funcionando y se subirán fotos de todos los trabajos realizados. Además, serán utilizadas para realizar todo tipo de consultas y recibir cualquier sugerencia sobre nuestro sistema.

Otra de las estrategias de promoción, serán las cocciones abiertas a todo público a cargo de distintos maestros cerveceros de manera que los interesados puedan observar cómo se configura el sistema y cómo es el proceso completo de cocción utilizando nuestro equipo. Además, en bares de la región que así lo permitan, se colocarán distintos spots publicitarios y, en eventos referidos a la cerveza artesanal, se solicitará permiso para poder exponer nuestros productos para que toda la comunidad cervecera esté al tanto de este trabajo.

5.3 - Retorno de Inversión (ROI)

En este punto analizaremos el ROI contemplando una venta de 15 unidades en el plazo de 1 año. Cabe aclarar, que los costos de los materiales se encuentran en precio minorista, por lo que le aplicaremos un descuento general del 10% para aproximarnos a un cálculo más certero.

Debemos considerar, además, gastos de asesoramiento y atención al cliente, publicidad y transporte.

Dicho esto, podemos desglosar los costos correspondientes de la siguiente manera:

- Materiales

Por unidad minorista: \$136.259

Considerando un 10% de descuento general por unidad mayorista: \$122.633

Total, por 15 unidades: \$1.839.495

- Montaje

Considerando unas 3 jornadas de 8 horas: \$2.400 por unidad.

Total, por 15 unidades: \$36.000

- Diseño (única vez)

\$203.500

- Publicidad

Contemplando visitas personales a posibles clientes y administración de redes sociales: \$25.000

- Transporte

Abarcando logística y envíos: \$60.000

Lo que nos entrega un valor total por las 15 unidades de \$2.163.995, es decir un costo unitario de producción de 144.266.

Consideramos que el valor de venta al público del producto será de \$275.000, por lo que el ingreso total en el primer año será de \$4.125.000 considerando la venta de las 15 unidades.

Esto nos da como ganancias netas: $\$4.125.000 - \$2.163.995 = \$1.961.005$.

Calculando el ROI obtenemos:

$$\text{ROI} = \text{Beneficios} / \text{Inversión total} = \$1.961.005 / \$4.125.000 = 47.5\%$$

Capítulo 6: Discusión y conclusión

El equipo fabricado cumplió ampliamente las expectativas del grupo de trabajo a pesar de haber sufrido diferentes modificaciones a lo largo del proyecto debido a algunos inconvenientes y cambios que fueron necesarios para lograr el resultado final. Se logró idear, diseñar y plasmar un equipo de elaboración de cerveza artesanal, que acompañe al maestro cervecero íntegramente para alcanzar mejores estándares en su producción.

Para alcanzar estos resultados fue necesario estudiar detenidamente el proceso de elaboración de cerveza y reunirnos con distintos maestros cerveceros para que nos compartan sus métodos de trabajo, logrando así un sistema único que integre las opiniones de cada uno. Además, fue preciso modificar el diseño inicial dado que en algunos casos los componentes seleccionados no eran los apropiados o bien sus costos eran demasiado elevados.

Por otra parte, al diseñar el equipo de manera tal que para actualizaciones futuras no sea necesarios grandes cambios, debimos agregar algunos componentes que no habíamos contemplado en el inicio de este proyecto. Más allá de esto no se presentaron grandes inconvenientes en cuanto a los componentes utilizados, más bien los problemas fueron encontrar los dispositivos adecuados para el equipo que se adapten a nuestras necesidades y expectativas. Esta fue una de las etapas más dificultosas: conseguir todo lo necesario en el menor tiempo posible. Para ello nos contactamos directamente con los distintos proveedores, generando un vínculo con estos para que en un futuro adquirir nuevos componentes sea más rápido y económico.

De esta manera, obtuvimos un producto altamente competitivo en el mercado nacional e internacional ya que muy pocas empresas ofrecen algo similar y en muchos casos sus características no igualan a las expuestas en este proyecto. Si además tenemos en cuenta los costos de estos equipos en lo que algunos llegan a tener un precio similar a lo que ofrecemos, estos no igualan las prestaciones y el operario debe ser muy cauteloso con lo que hace ya que tiene mayores posibilidades de cometer algún error o desvío de la receta original.

Se prevén múltiples mejoras a futuro y, por el diseño planteado (el cual ya contemplaba este punto), no será necesario realizar grandes cambios en la configuración actual del hardware, sólo simples adiciones con respecto a esto y desarrollo de firmware.

Como primera medida, está planeado añadir una rutina que implemente limpieza CIP. Este tipo de limpieza es fundamental en la producción de alimentos y requiere de un movimiento mínimo del equipamiento para realizar la limpieza del sistema completo. En nuestro caso, solo bastaría con retirar toda la malta de la olla de maceración y preparar una solución química específica en la olla de licor para luego hacerla circular por todas las cañerías, electroválvulas, bombas, ollas restantes y, finalmente, por el enfriador a placas. Además, está planteando realizar el control de la temperatura de fermentadores, otra de las etapas

críticas de la fabricación de la cerveza. Con el hardware actual es posible controlar hasta tres fermentadores y al mismo tiempo continuar produciendo más cerveza con el mismo equipo.

En cuanto a la interfaz con el usuario, se realizarán las modificaciones necesarias para permitirle un mayor control del proceso en tiempo real, como por ejemplo finalizar la maceración antes de tiempo habiendo realizado algún test o bien controlar la cantidad de líquido que se está empleando en el lavado para que la densidad final del mosto sea la deseada. Además, se agregarán campos para ingresar datos una vez finalizada la producción como densidad final y cantidad de levadura utilizada, para que el cervecero tenga toda la información de una receta elaborada en un solo lugar.

Se trabajará también para ofrecer al usuario la posibilidad de controlar el sistema a través de una PC, Tablet o celular que posea conexión a internet.

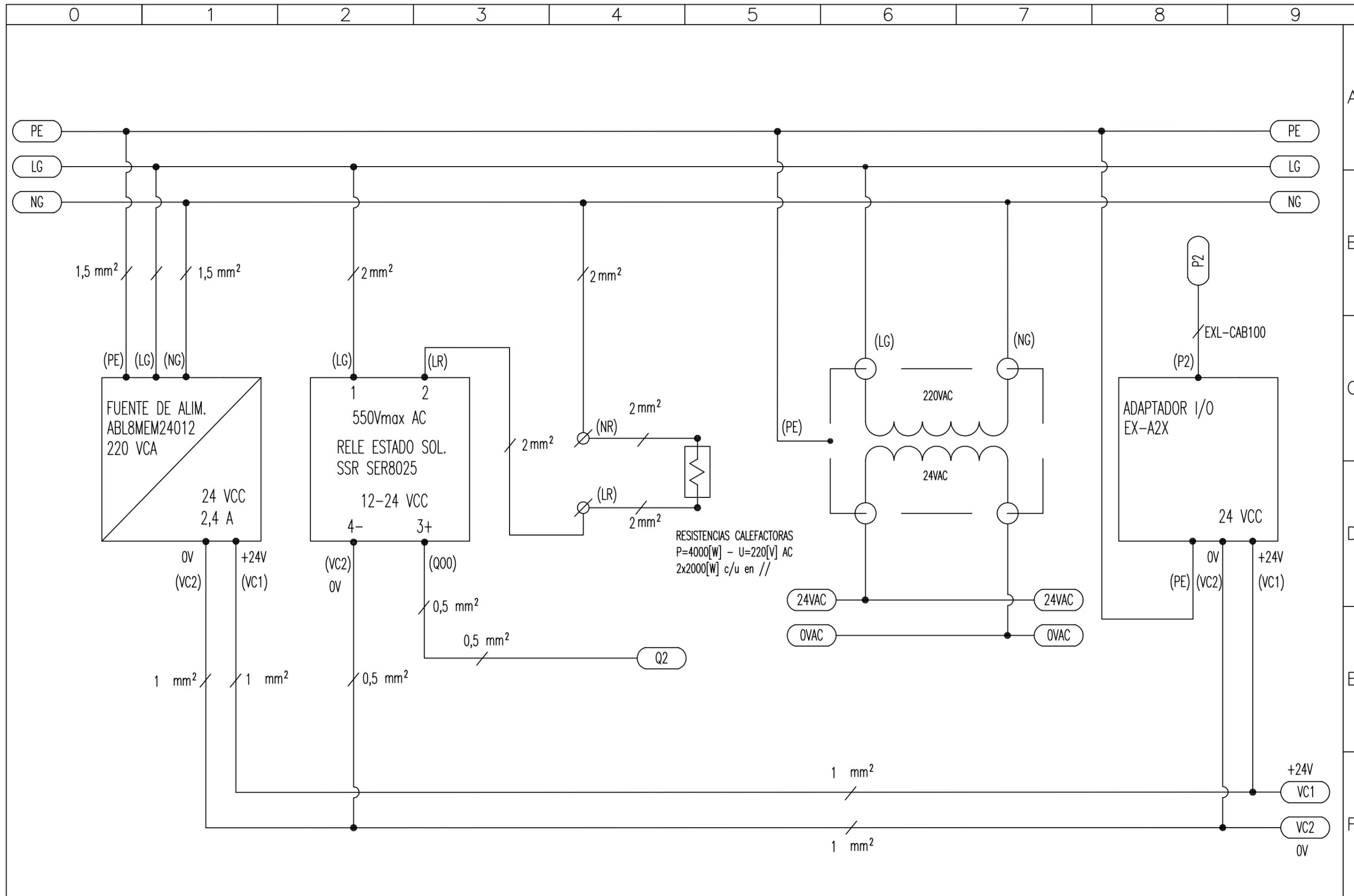
Actualmente se está trabajando en la incorporación de campos extras al momento de elaborar una cerveza, en la que se le solicite al usuario la temperatura de las maltas a incorporar para realizar un cálculo automático de la temperatura a calentar el agua de lavado considerando la temperatura de maceración deseada. Así mismo, campos que indiquen los % de alfa ácidos de los lúpulos para brindar una idea de la cantidad de IBU's que tendrá la cerveza elaborada.

Como vemos, el campo de mejoras es muy amplio, por lo que consideramos que al continuar desarrollando e implementando nuevas prestaciones sin detenernos, el equipo será lo más práctico y completo del mercado.

Capítulo 7: Literatura citada

- Unitronics. (2018). Technical library | unitronics. Recuperado de <https://unitronicsplc.com/support-technical-library/>
- Wolfgang, K, (2006), *Tecnología para cerveceros y malteros*, Berlín, Alemania: VLB Berlín.
- Barbado, JL, (2017), *Cervezas artesanales: Cómo elaborar tu propia variedad*, Ciudad autónoma de Buenos Aires, Argentina: Albatros.
- Cerveza Artesana. (19 de septiembre de 2014). La guía definitiva de la malta [Blog post]. Recuperado de <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>
- Cerveza Artesana. (17 de septiembre de 2014). La guía definitiva del lúpulo [Blog post]. Recuperado de <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-del-lupulo.html>
- Cerveza Artesana. (26 de septiembre de 2014). La guía definitiva de la levadura [Blog post]. Recuperado de <https://www.cervezartesana.es/blog/post/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>
- Gigliarelli, P. (2014, 17 de agosto). Noventa Por ciento AGUA. *REVISTA MASH*. Recuperado de <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=406>
- Gigliarelli, P. (2009, 30 de septiembre). El Hervor. *REVISTA MASH*. Recuperado de <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=364>
- Gigliarelli, P. (2016, 17 de octubre). No todo lo que Brilla. *REVISTA MASH*. Recuperado de <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=429>
- Ministerio de Salud, Presidencia de la Nación. (2017). Código Alimentario Argentino: Capítulo IV. Recuperado de: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_IV.pdf
- Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. (2016). Guía BPM para pequeños establecimientos cerveceros. Recuperado de: www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/documentos/guias/Guia_Cerveza_2016.pdf
- Tkach, D. (13 de febrero de 2018). La cerveza avanza donde el vino pierde. *La voz*. Recuperado de <http://www.lavoz.com.ar/negocios/la-cerveza-avanza-donde-el-vino-pierde>

Anexos



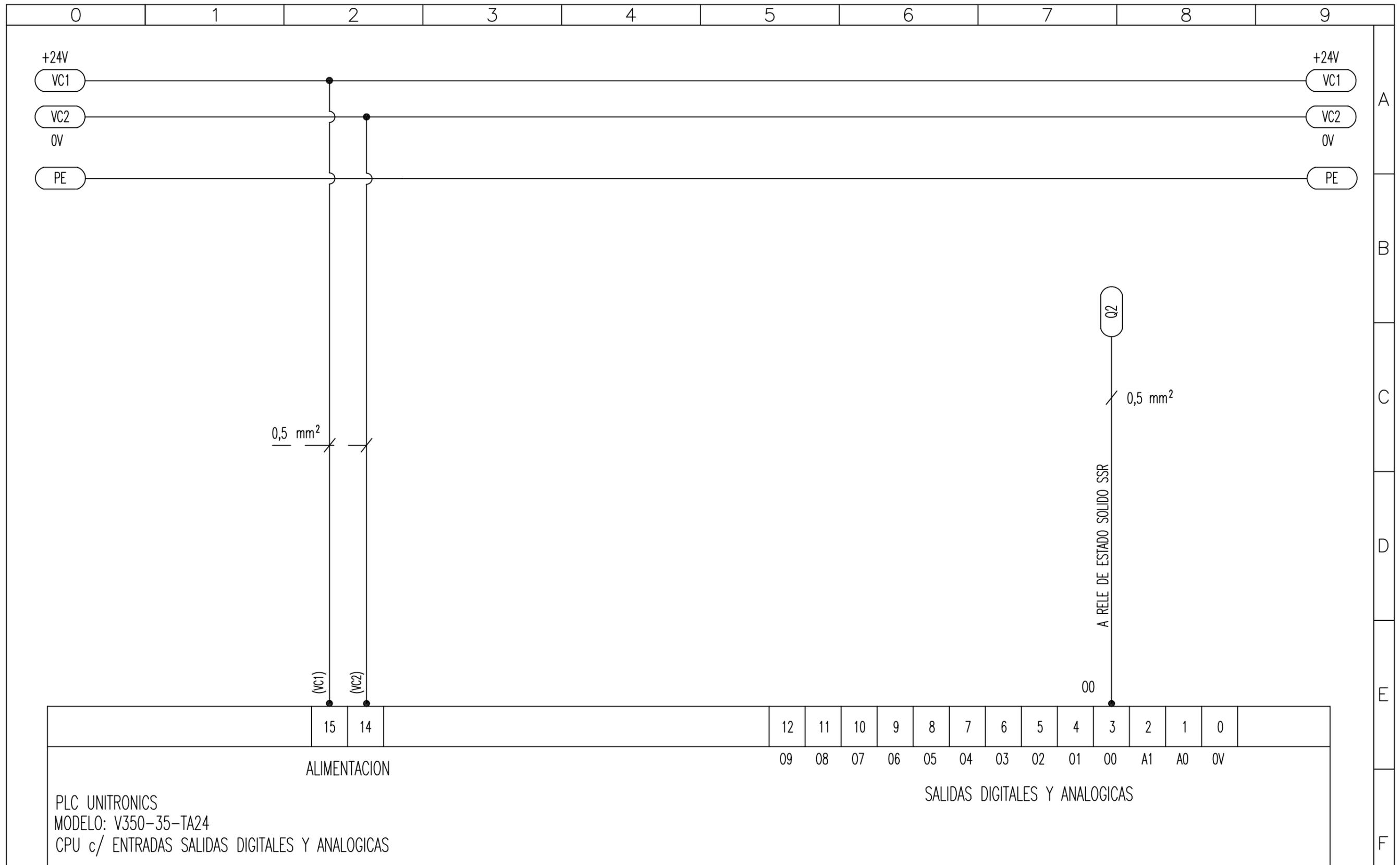
DIBUJO	ELC	MAQUINA	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-
REVISO		FECHA	AÑO 2018
APROBO		REV. N°	1

PROYECTO FINAL
INGENIERIA ELECTRONICA

U.T.N.
F.R.P.

SECTOR:
AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA
ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL
ESQUEMA_MULTIFILAR_ALIMENTACIONES

DOCUMENTO N°:	-	PLANO:	
TOTAL DE PLANOS		HOJA:	



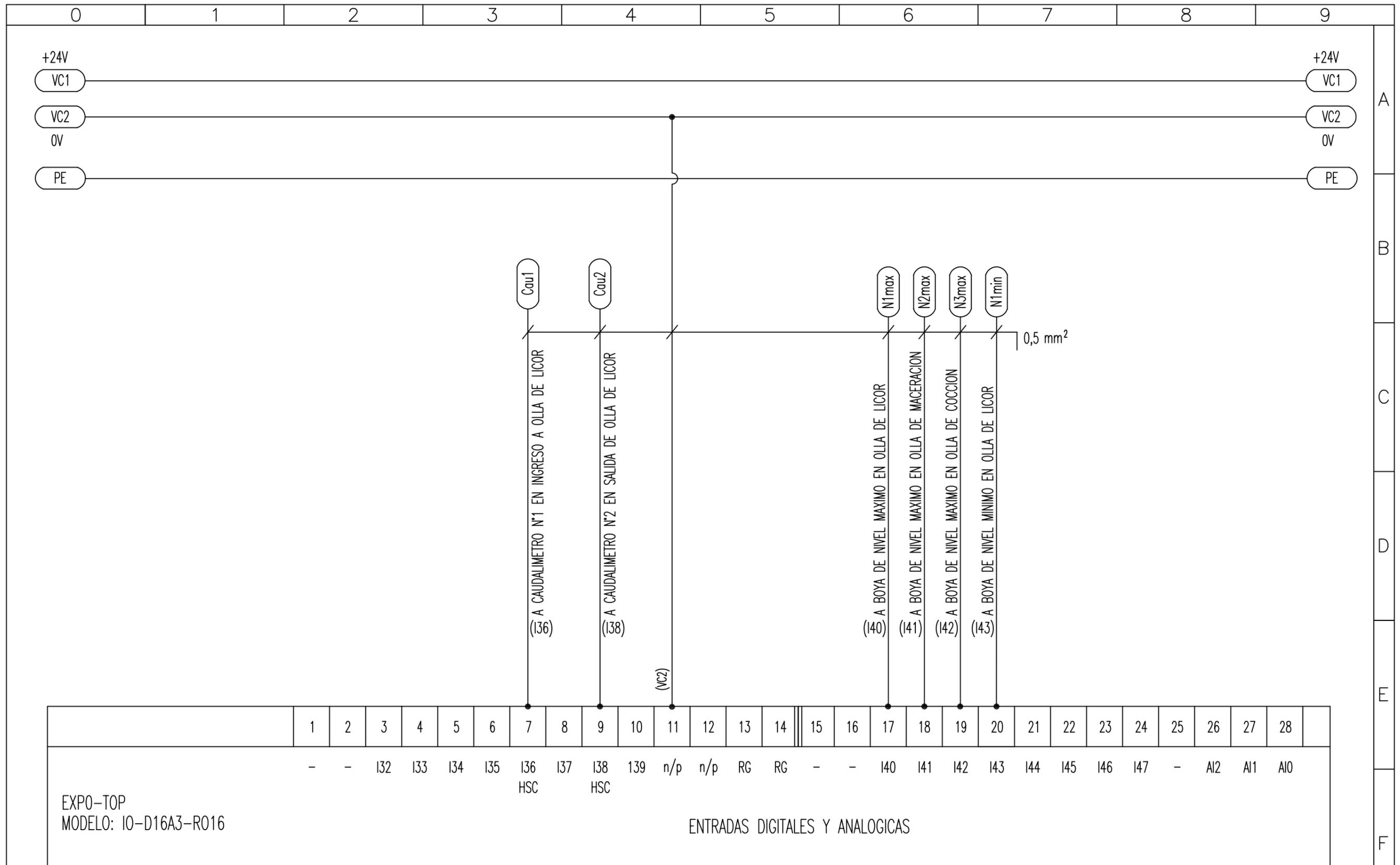
DIBUJO	ELC	MAQUINA	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-
REVISO		FECHA	AÑO 2018
APROBO		REV. N°	1

PROYECTO FINAL
INGENIERIA ELECTRONICA

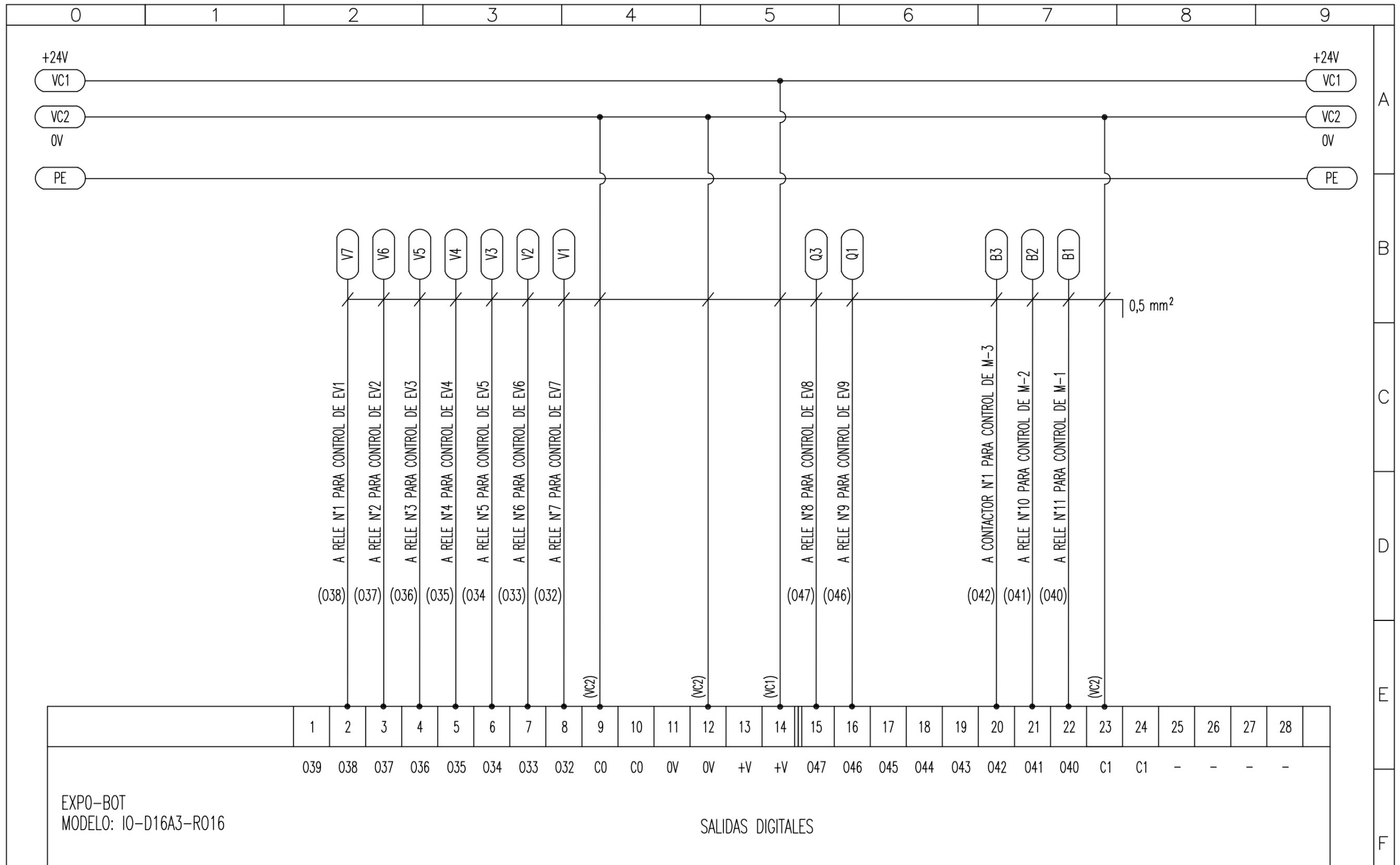
U.T.N.
 F.R.P.

SECTOR:
 AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA
 ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL
 ESQUEMA_MULTIFILAR_PLC_SALIDAS

DOCUMENTO N°: -
 PLANO:
 HOJA:
 TOTAL DE PLANOS



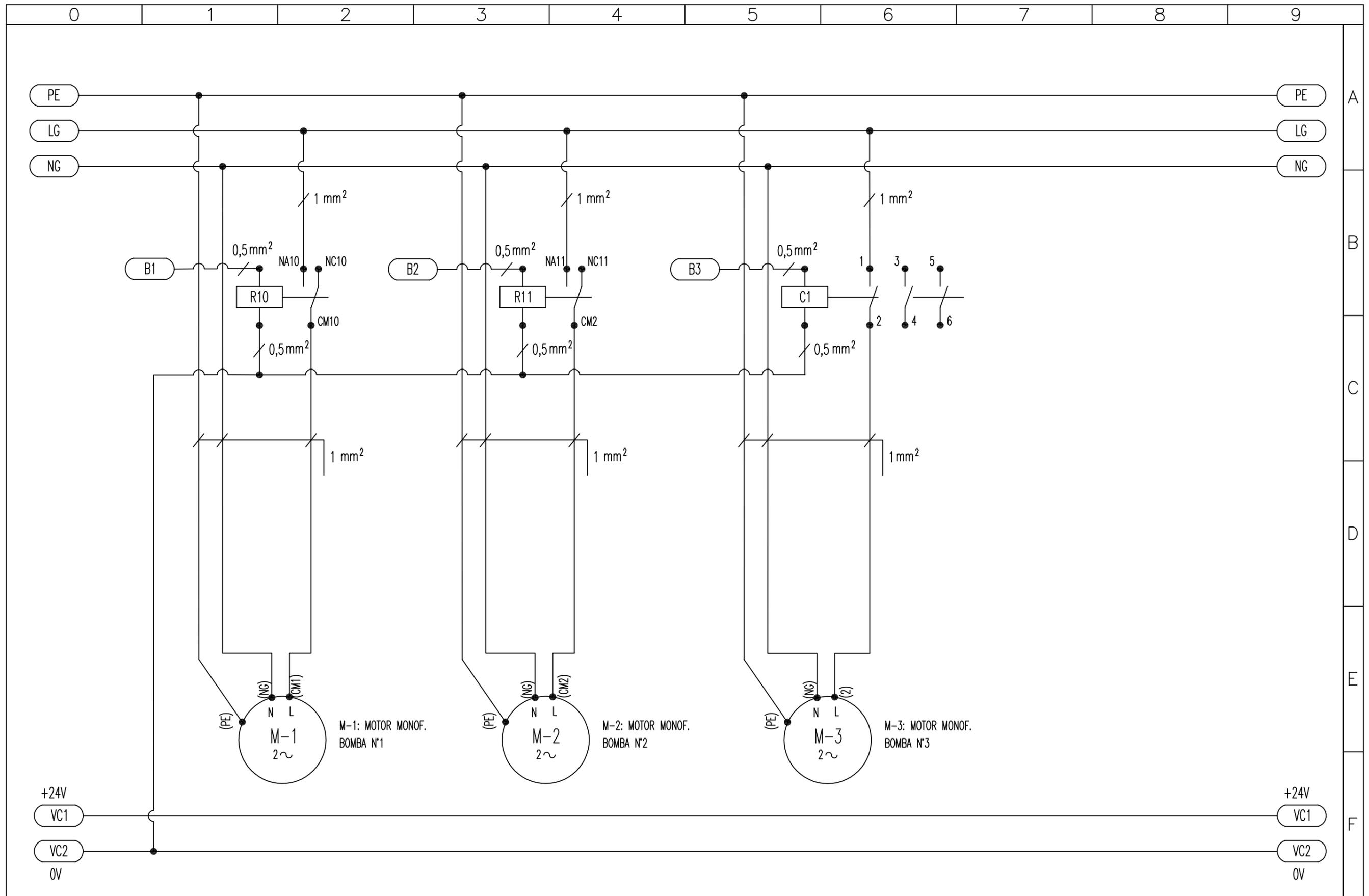
DIBUJO	ELC	MAQUINA	-	PROYECTO FINAL INGENIERIA ELECTRONICA	U.T.N. F.R.P.	SECTOR:	DOCUMENTO N°:	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-			AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA		PLANO:
REVISO		FECHA	AÑO 2018			ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL		HOJA:
APROBO		REV. N°	1			ESQUEMA_MULTIFILAR_EXPANSOR_ENTRADAS		TOTAL DE PLANOS



EXPO-BOT
 MODELO: IO-D16A3-R016

SALIDAS DIGITALES

DIBUJO	ELC	MAQUINA	-	PROYECTO FINAL INGENIERIA ELECTRONICA	U.T.N. F.R.P.	SECTOR:	DOCUMENTO N°:	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-			AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA		PLANO:
REVISO		FECHA	AÑO 2018			ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL		HOJA:
APROBO		REV. N°	1			ESQUEMA_MULTIFILAR_EXPANSOR_SALIDAS	TOTAL DE PLANOS	



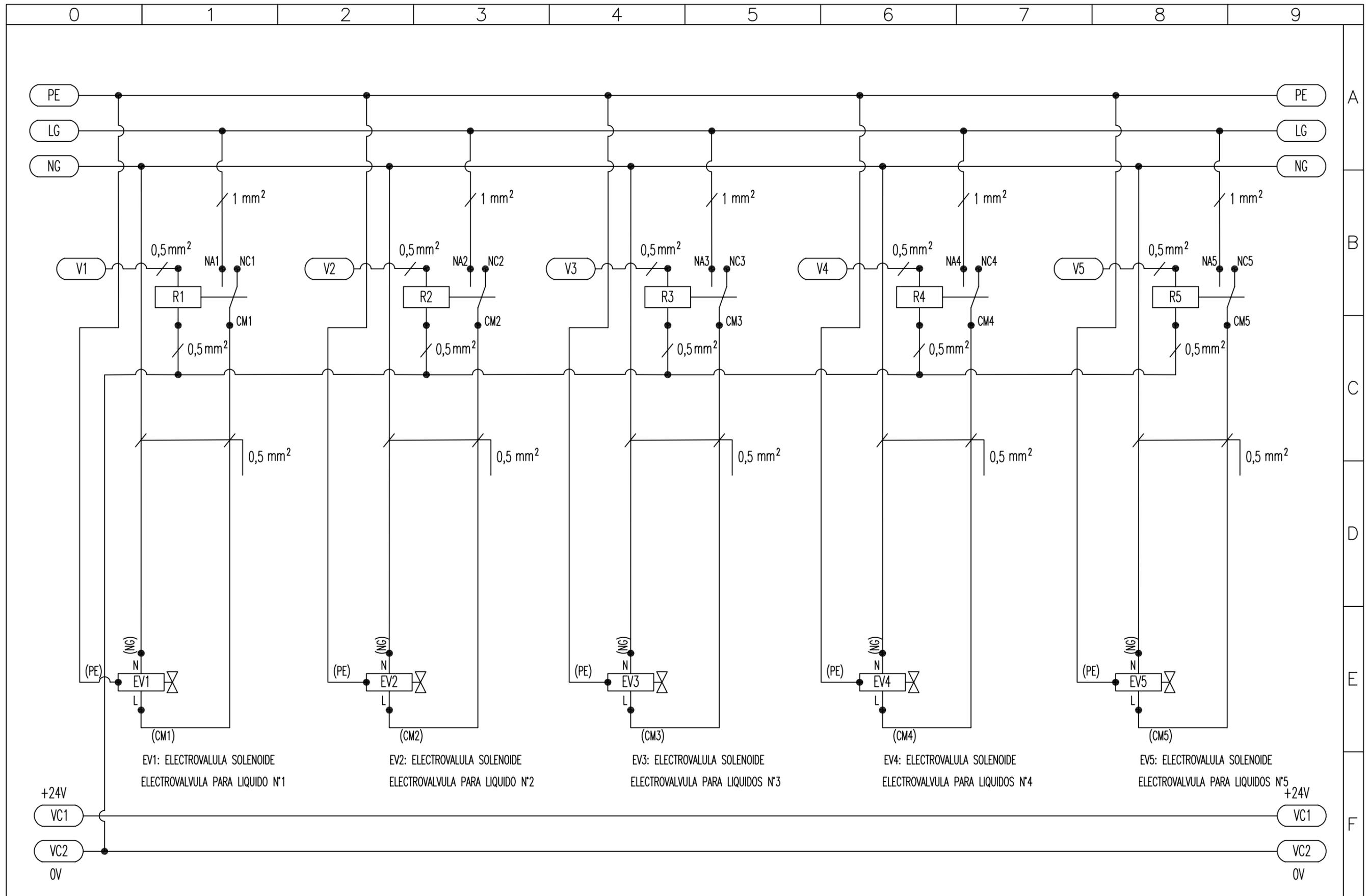
DIBUJO	ELC	MAQUINA	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-
REVISO		FECHA	AÑO 2018
APROBO		REV. N°	1

PROYECTO FINAL
INGENIERIA ELECTRONICA

U.T.N.
F.R.P.

SECTOR:
AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA
ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL
ESQUEMA_MULTIFILAR_BOMBAS

DOCUMENTO N°:	-	PLANO:	
TOTAL DE PLANOS		HOJA:	



EV1: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDO N°1

EV2: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDO N°2

EV3: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDOS N°3

EV4: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDOS N°4

EV5: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDOS N°5

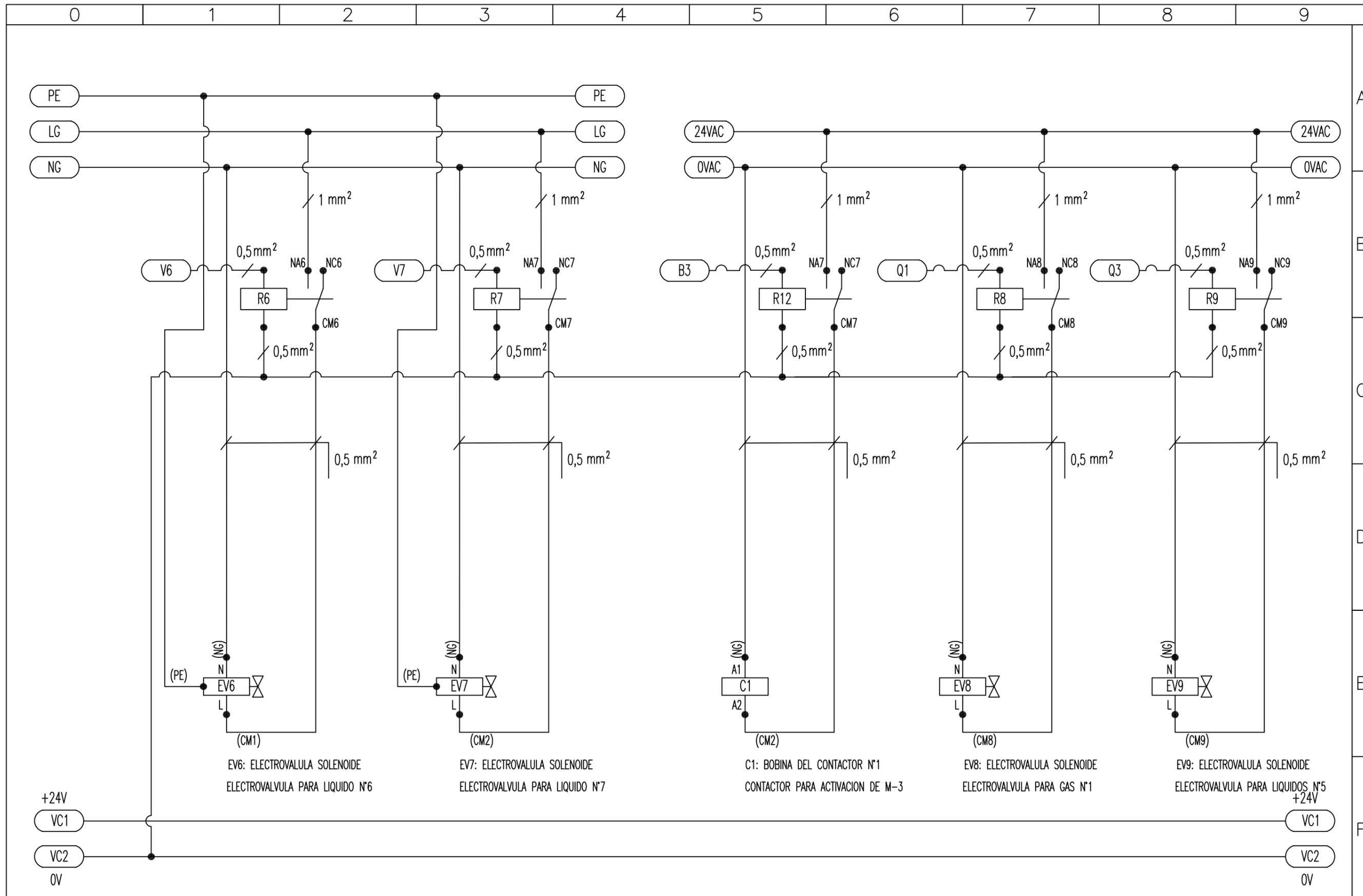
DIBUJO	ELC	MAQUINA	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-
REVISO		FECHA	AÑO 2018
APROBO		REV. N°	1

PROYECTO FINAL
INGENIERIA ELECTRONICA

U.T.N.
F.R.P.

SECTOR:
AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA
ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL
ESQUEMA_MULTIFILAR_ELECTROVALVULAS_1

DOCUMENTO N°: -
PLANO:
HOJA:
TOTAL DE PLANOS



EV6: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDO N°6

EV7: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDO N°7

C1: BOBINA DEL CONTACTOR N°1
CONTACTOR PARA ACTIVACION DE M-3

EV8: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA GAS N°1

EV9: ELECTROVALVULA SOLENOIDE
ELECTROVALVULA PARA LIQUIDOS N°5
+24V

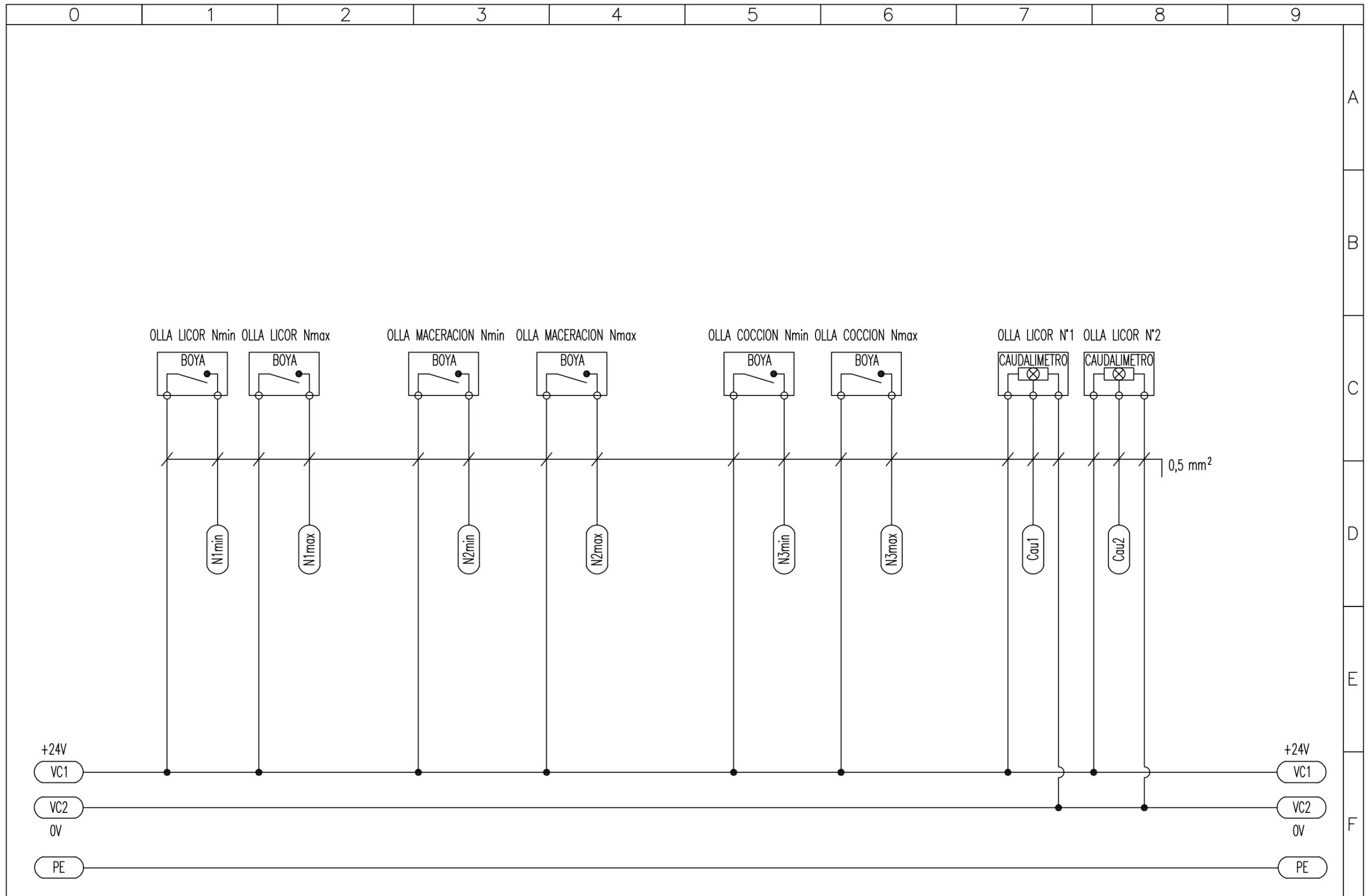
DIBUJO	ELC	MAQUINA	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-
REVISO		FECHA	AÑO 2018
APROBO		REV. N°	1

PROYECTO FINAL
INGENIERIA ELECTRONICA

U.T.N.
F.R.P.

SECTOR:
AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA
ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL
ESQUEMA_MULTIFILAR_ELECTROVALVULAS_2

DOCUMENTO N°: -
PLANO:
HOJA:
TOTAL DE PLANOS



DIBUJO	ELC	MAQUINA	-
PROYECTO	ELC	MATRICULA	-
REVISO		FECHA	AÑO 2018
APROBO		REV. N°	1

PROYECTO FINAL
INGENIERIA ELECTRONICA

U.T.N.
F.R.P.
SECTOR:
AUTOMATIZACION_DE_PROCESO_PARA
ELABORACION_DE_CERVEZA_ARTESANAL
ESQUEMA_MULTIFILAR_BOYAS_Y_CAUDALIMETROS

DOCUMENTO N°:	-	PLANO:	
		HOJA:	
TOTAL DE PLANOS			

Calculo potencia calorífica olla licor

Se calculó la potencia calorífica necesaria en la olla de licor para calentar la mayor cantidad de agua requerida por el proceso, que corresponde a la etapa de maceración.

$$m_{\text{agua}} = 300l = 300kg$$

$$cp_{\text{agua}} = 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \text{ Calor específico del agua}$$

$$t_1 = 13^\circ C \text{ Temperatura de entrada del agua en invierno}$$

$$t_2 = 80^\circ C \text{ Temperatura máxima final del agua}$$

$$Q = m_{\text{agua}} \cdot cp_{\text{agua}} \cdot \Delta t = 300kg \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (80^\circ C - 13^\circ C) = 84139kJ$$

Siendo el calor necesario que debemos aportar $84139kJ$, calculamos la potencia de los quemadores considerando un tiempo para realizar el calentamiento en $30\text{min}=1800s$.

$$P_{\text{cal}} = \frac{Q}{t} = \frac{84139kJ}{1800s} = 46,75kW = 40201 \frac{kcal}{h}$$

Se adoptaron 2 quemadores de $24000kcal$.

Calculo potencia calorífica olla cocción

Para la etapa de cocción calculamos la potencia calorífica necesaria según los siguientes datos:

$$\delta_{\text{mosto}} = 1050 \frac{kg}{m^3} \text{ Densidad promedio del mosto}$$

$$cp_{\text{mosto}} = 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \text{ Calor específico adoptado igual al del agua.}$$

$$Vol_{\text{mosto}} = 320l \text{ Volumen del mosto a cocinar}$$

$$m_{\text{mosto}} = 336kg \text{ Masa del mosto a cocinar}$$

$$t_1 = 65^\circ C \text{ Temperatura de entrada del mosto a la olla de cocción}$$

$$t_2 = 107^\circ C \text{ Temperatura final del mosto.}$$

$$Q = m_{\text{mosto}} \cdot cp_{\text{mosto}} \cdot \Delta t = 336kg \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (107^\circ C - 65^\circ C) = 59073kJ$$

Siendo el calor necesario que debemos aportar $59073kJ$, calculamos la potencia de los quemadores considerando un tiempo para realizar el calentamiento en $20\text{min}=1200s$.

$$P_{\text{cal}} = \frac{Q}{t} = \frac{59073kJ}{1200s} = 49,23kW = 59073kJ \frac{kcal}{h}$$

Se adoptaron 2 quemadores de $24000kcal$.

Calculo potencia de la resistencia de la olla de maceración

En el proceso de maceración se realizará la infusión del agua caliente proveniente de la olla de licor junto con la masa de malta necesaria. Cabe destacar que se consideró la temperatura de entrada del agua menor a la requerida por el proceso de maceración como un caso hipotético que podría suceder en la realidad por lo que la potencia de la resistencia debería estar calculada para poder brindar la suficiente potencia calorífica ante este hecho.

$$m_{\text{agua}} = 300\text{kg} \text{ Masa de agua}$$

$$cp_{\text{agua}} = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}} \text{ Calor específico del agua}$$

$$m_{\text{malta}} = 75\text{kg} \text{ Masa de malta}$$

$$cp_{\text{malta}} = 0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ Calor específico de la malta}$$

$$t_{1\text{agua}} = 70^{\circ}\text{C} \text{ Temperatura entrada del agua}$$

$$t_{1\text{malta}} = 13^{\circ}\text{C} \text{ Temperatura de entrada de la malta en invierno}$$

$$t_2 = 75^{\circ}\text{C} \text{ Temperatura final de la infusión}$$

$$Q = m_{\text{agua}} \cdot cp_{\text{agua}} \cdot \Delta t_{\text{agua}} + m_{\text{malta}} \cdot cp_{\text{malta}} \cdot \Delta t_{\text{malta}}$$

$$Q = 300\text{kg} \cdot 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot (75^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}) + 75\text{kg} \cdot 0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot (75^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}) = 10185\text{kJ}$$

Siendo el calor necesario que debemos aportar 10185kJ , calculamos la potencia de la resistencia considerando un tiempo para realizar el calentamiento en $10\text{min}=600\text{s}$.

$$P_{\text{resistencia}} = \frac{Q}{t} = \frac{10185\text{kJ}}{600\text{s}} = 17\text{kW} = 14620 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Calculo aislante térmico olla maceración

Se calculó el espesor de aislante térmico de manera que la transferencia de calor intercambiada con el medio ambiente sea la mínima posible y admitida por el proceso. Con lo cual garantizamos la estabilidad térmica del mosto y además un ahorro de energía eléctrica.

El control de la temperatura en la etapa de maceración es de suma criticidad, por lo que la resistencia será comandada mediante un sistema de control de lazo cerrado PID.

$m_{agua} = 300kg$ Masa agua

$cp_{agua} = 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$ Calor específico del agua

$m_{malta} = 75kg$ Masa de malta

$cp_{malta} = 0,84 \frac{kJ}{kg}$ Calor específico del agua

$\Delta t_{admisible} = 1^\circ C$ Temperatura cedida admisible

$$Q = (m_{agua} \cdot cp_{agua} + m_{malta} \cdot cp_{malta}) \cdot \Delta t_{admisible} =$$

$$Q = (300kg \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} + 75kg \cdot 0,84 \frac{kJ}{kg}) \cdot (1^\circ C) = 1319kJ$$

Siendo $1319kJ$ el calor admisible cedido al medio ambiente, calculamos la potencia calorífica admisible cedida al medio ambiente teniendo en cuenta que todo el proceso de maceración dura como máximo $60min=3600s$.

$$P_{adm.cedida} = \frac{Q}{t} = \frac{1319kJ}{3600s} = 0,37kW = 318 \frac{kcal}{h}$$

ambiente

Datos aislante térmico

Espuma poliuretano

$$k = 0,023 \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$$

Volumen olla maceración

$Vol = 300l$ Volumen olla

$d_{ext} = 0,65m$ Diámetro exterior de la olla

$$Vol = \frac{\pi \cdot d_{ext}^2 \cdot l}{4}$$

$$\Rightarrow l = \frac{Vol \cdot 4}{\pi \cdot d_{ext}^2} = \frac{0,300m^3 \cdot 4}{\pi \cdot 0,65^2 m} = 0,91m$$

$$A = \frac{2\pi \cdot d_{ext}^2}{4} + \pi \cdot d_{ext} \cdot l = \frac{2\pi \cdot 0,65^2}{4} + \pi \cdot 0,65m \cdot 0,91m = 2,52m^2$$

$A = 2,52m^2$ Área total de la olla incluyendo la tapa

Calculo espesor aislante

L= espesor aislante

$t_{\text{int}} = 80^{\circ} C = 353^{\circ} K$ Temperatura en el interior de la olla

$t_{\text{ext}} = 13^{\circ} C = 286^{\circ} K$ Temperatura exterior en invierno

$$P_{\text{adm.cedida}} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta t}{L}$$

$$L = \frac{k \cdot A \cdot \Delta t}{P_{\text{adm.cedida}}} = \frac{0,023 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 2,8m^2 \cdot (353^{\circ} K - 286^{\circ} K)}{370W} = 0,012m = 12mm$$

Adopto aislante:

Espesor comercial próximo superior a 12mm

Material poliuretano expandido.

Cálculo de diámetros de la cañería de la instalación

Para el cálculo de los diámetros de la cañería utilizaremos el método de las velocidades económicas por las siguientes consideraciones:

- Ausencia de equipos que demanden una determinada presión de funcionamiento
- Longitudes de cañerías ínfimas
- Perdida de carga mínima
- Menor costo de instalación y funcionamiento

Cañerías de succiones de bombas

$$V_{económica} = 1,5 \frac{m}{s}$$

$$Q = 1140 \frac{l}{h} = 3,17 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$Decon = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,17 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 1,5 \frac{m}{s}}} = 0,0164m = 16,4mm$$

Adopto: Caño acero inoxidable 316L

Con costura

Diámetro comercial 1/2"

Diámetro exterior 21,5mm

Diámetro interior 19,1mm

Espesor 1,20mm

Cañerías de succiones de bombas

$$V_{económica} = 3 \frac{m}{s}$$

$$Q = 1140 \frac{l}{h} = 3,17 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$Decon = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,17 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 3 \frac{m}{s}}} = 0,0116m = 11,6mm$$

Adopto: Caño acero inoxidable 316L

Con costura

Diámetro comercial 1/2"

Diámetro exterior 21,5mm

Diámetro interior 19,1mm

Espesor 1,20mm

Cálculo de potencia de bombas

Bombas de recirculado y trasvase

Para el cálculo de la potencia de las bombas de recirculado y trasvase se hicieron las siguientes consideraciones:

- h_a = Altura elevación del líquido = 2m
- Densidad máxima correspondiente al mosto $1080 \frac{kg}{m^3}$
- g = Aceleración = $9,8 \frac{m}{s^2}$
- Q = caudal de líquido

$$P_A = h_a \cdot \rho \cdot Q = 2m \cdot 1080 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 3,17 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 6,8W$$

Se adopta bomba magnética con las siguientes características:

- $Q_{max} = 22 \frac{l}{min} = 3,17 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s}$
- Altura máxima de elevación 3,4m
- Voltaje de entrada 220V
- Material Acero inoxidable

Vision™ PLC+HMI

Installation Guide

V130-33-TA24/V130-J-TA24
V350-35-TA24/V350-J-TA24
V350-S-TA24/V350JS-TA24
V430-J-TA24

- 12 Digital Inputs, including 2 Analog, 2 PT100/TC, 1 HSC/Shaft-encoder input
- 10 Transistor Outputs, 2 Analog Outputs

General Description

All of the controllers covered in this guide are micro-PLC+HMIs, rugged programmable logic controllers that comprise built-in operating panels and on-board I/Os.

Item	V130-TA24 V130-J-TA24		V350-TA24/V350-J-TA24 V350-S-TA24/V350JS-TA24		V430-J-TA24
On-board I/O	Model Dependent				
Screen	2.4"		3.5" Color Touch		4.3" Color Touch
Keypad	Yes		None		
Function Keys	None		Yes		
Com Port, Built-in					
RS232/485	Yes	Yes	Yes*	Yes*	Yes*
USB device, mini-B	None	None	Yes*	Yes*	Yes*
Com Ports, separate order, user-installed	The user may install a CANbus port (V100-17-CAN), and one of the following: <ul style="list-style-type: none">• RS232/RS485 port (V100-17-RS4/V100-17-RS4X)• Ethernet (V100-17-ET2)• Profibus Slave (V100-17-PB1)				
* V430J/V350/V350J/V350S/V350JS comprises both RS232/485 and USB ports; note that only one channel may be used at a time.					

Standard Kit Contents

Item	V130-TA24 V130-J-TA24		V350-TA24/V350-J-TA24 V350-S-TA24/V350JS-TA24		V430-J-TA24
Controller	Yes				
Terminal Blocks	Yes				
Battery (installed)	Yes				
Slides (2 sets of key labels)	None		Yes		None
Mounting Brackets	Yes (2 parts)				Yes (4 parts)
Rubber Seal	Yes				
Programming cable + RS232 adapter	Yes		None		
USB programming cable	None		Yes		

Vision™ PLC+HMI

V130/V130J-TA24 V350/V350J-TA24 V350S/V350JS-TA24 V430J-TA24 Technical Specifications

Order Information

Item

V130-33-TA24	PLC with Classic panel, Monochrome display 2.4"
V130-J-TA24	PLC with Flat panel, Monochrome display 2.4"
V350-35-TA24	PLC with Classic panel, Color touch display 3.5"
V350-J-TA24	PLC with Flat panel, Color touch display 3.5"
V350-JS-TA24	PLC with Flat panel, Color touch display 3.5"
V350-S-TA24	PLC with Classic panel, Color touch display 3.5"
V430-J-TA24	PLC with Flat panel, Color touch display 4.3"

You can find additional information, such as wiring diagrams, in the product's installation guide located in the Technical Library at www.unitronics.com.

Power Supply

Item	V130-TA24 V130J-TA24	V350-TA24/V350J-TA24 V350S-TA24/V350JS-TA24	V430J-TA24
Input voltage	24VDC		
Permissible range	20.4VDC to 28.8VDC with less than 10% ripple		
Max. current consumption	See Note 1		
npn inputs	225mA@24VDC	240mA@24VDC	240mA@24VDC
pnp inputs	190mA@24VDC	200mA@24VDC	200mA@24VDC

Notes:

- To calculate the actual power consumption, subtract the current for each unused element from the maximum current consumption value according to the values below:

	Backlight	Ethernet card	Relay Outputs (per output)	All Analog Outputs, voltage/current
V130/J	10mA	35mA	5mA	48mA/30mA*
V350/J/S/V/430J	20mA	35mA	5mA	48mA/30mA*

*If the analog outputs are not configured, then subtract the higher value.

Digital Inputs

Number of inputs	12. See note 2
Input type	See note 2
Galvanic isolation	None
Nominal input voltage	24VDC
Input Voltage	
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'
npn (sink)	17-28.8VDC for Logic '0' 0-5VDC for Logic '1'
Input Current	3.7mA@24VDC
Input impedance	6.5KΩ
Response Time	10ms typical, when used as normal digital inputs
Input Cable length	
Normal digital Input	Up to 100 meters
High Speed Input	Up to 50 meters, shielded, see Frequency table below

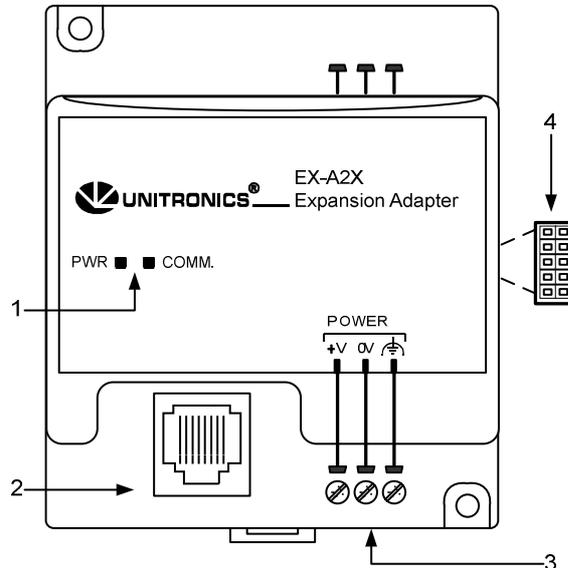
EX-A2X I/O Expansion Module Adapter, Isolated

The EX-A2X interfaces between a variety of I/O expansion modules and specific Unitronics' OPLCs.

A single adapter can be connected to up to 8 expansion modules.

The EX-A2X may either be snap-mounted on a DIN rail, or screw-mounted onto a mounting plate.

Component identification	
1	Status indicators
2	COM port, EX-A2X to OPLC
3	Power supply connection points
4	EX-A2X to expansion module connection port



- Before using this product, it is the responsibility of the user to read and understand this document and any accompanying documentation.
- All examples and diagrams shown herein are intended to aid understanding, and do not guarantee operation. Unitronics accepts no responsibility for actual use of this product based on these examples.
- Please dispose of this product in accordance with local and national standards and regulations.
- Only qualified service personnel should open this device or carry out repairs.

User safety and equipment protection guidelines

This document is intended to aid trained and competent personnel in the installation of this equipment as defined by the European directives for machinery, low voltage, and EMC. Only a technician or engineer trained in the local and national electrical standards should perform tasks associated with the device's electrical wiring.

Symbols are used to highlight information relating to the user's personal safety and equipment protection throughout this document. When these symbols appear, the associated information must be read carefully and understood fully.

Symbol	Meaning	Description
	Danger	The identified danger causes physical and property damage.
	Warning	The identified danger can cause physical and property damage.
Caution	Caution	Use caution.



- Failure to comply with appropriate safety guidelines can result in severe personal injury or property damage. Always exercise proper caution when working with electrical equipment.

IO-D16A3-RO16

XL I/O Expansion Module Installation Guide

The Unitronics® IO-D16A3-RO16 is an XL I/O expansion module for use in conjunction with specific Unitronics controllers. XL modules comprise enhanced I/O configurations and detachable I/O connectors. A local or remote I/O adapter module is required to interface between the expansion module and the PLC controller and provide power to the expansion modules in the system.

The I/O expansion module provides:

- 16 digital inputs, including 2 HSC
- 3 analog inputs
- 16 relay outputs

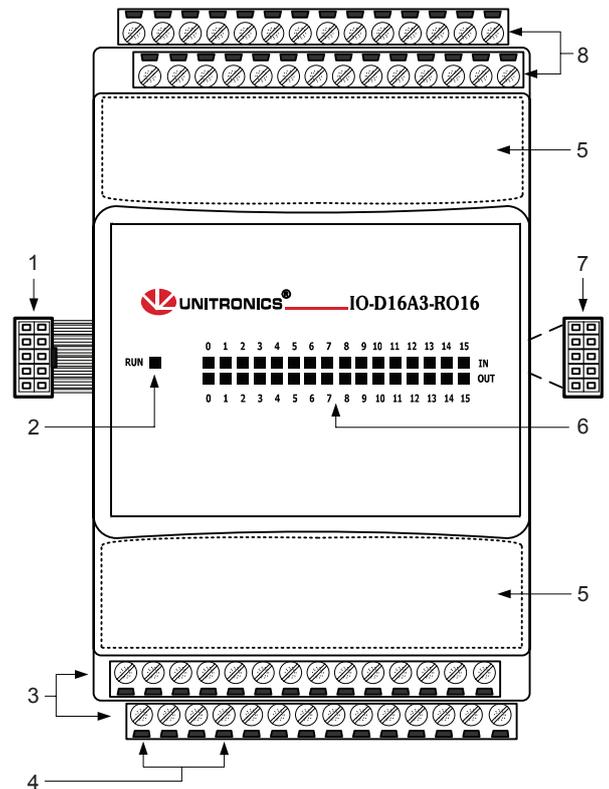
For additional information and technical specifications, visit the Technical Library at www.unitronicsplc.com

Component Identification

1	Module-to-module connector
2	Status indicator
3	Output connectors
4	Output power supply connection points
5	I/O address labels (provided with module)
6	Input/output status indicators
7	Module-to-module connector port
8	Input connectors

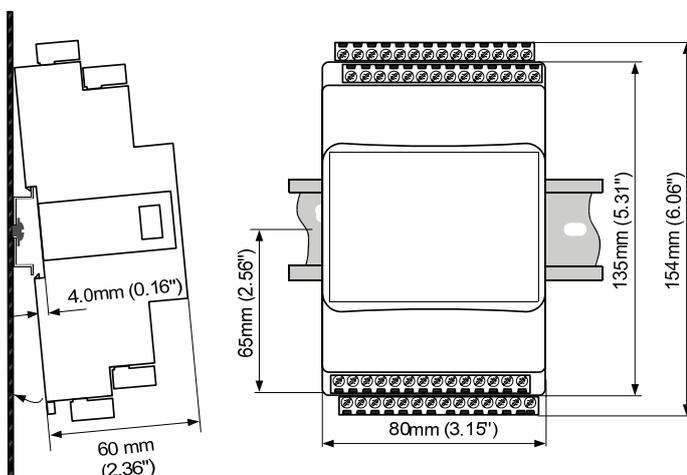
-  Failure to comply with appropriate safety guidelines can cause severe personal injury or damage to property.

-  Only qualified personnel should service and operate this device.
-  When power is turned on, do not connect or disconnect the device to avoid damaging the system.



Mounting the Module

To mount the module on a 35mm DIN-rail, snap it squarely onto the DIN-rail, as shown below.

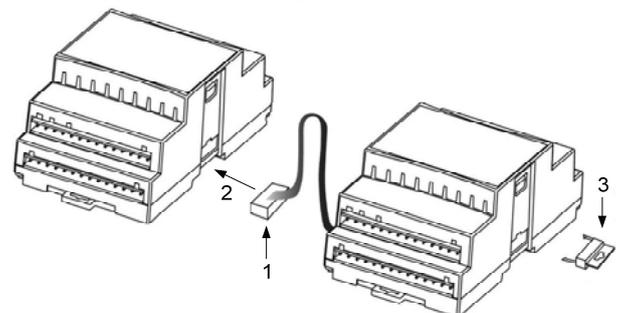


- Install the module in an upright position.
- To ensure good ventilation, leave at least 50mm between the device and all other objects above or below it.
- Install at a maximum distance from high-voltage cables and power equipment.

Connecting Modules

To connect a module to the adapter or expansion module:

1. Push the module-to-module connector (1) into the port (2) located on the right side of the module or adapter.
2. Push the protective cap (3) into the connector port of the last module. The cap is supplied with the adapter.



The Unitronics® IO-D16A3-RO16 is an XL I/O expansion module for use in conjunction with specific Unitronics controllers. XL modules comprise enhanced I/O configurations and detachable I/O connectors. A local or remote I/O adapter module is required to interface between the expansion module and the PLC controller and provide power to the expansion modules in the system.

The I/O expansion module provides:

- 16 digital inputs, includes 2 HSC
- 3 analog inputs
- 16 relay outputs

For additional information and wiring diagrams, visit the Technical Library at www.unitronics.com.

Technical Specifications

General

Maximum current consumption	70mA (provided by the adapter 5VDC supply for I/O modules)
Status indicator	
RUN: Green LED	<ul style="list-style-type: none">▪ Lights when a communication link is established between the module and the PLC or remote I/O adapter▪ Blinks when the communication link fails

Digital Inputs

Number of inputs	16 (in a single group)
Input mode	pnP (positive logic) or npN (negative logic) – configurable by hard-wiring
Galvanic isolation	None
Status indicators	
IN: Green LEDs	<ul style="list-style-type: none">▪ One green LED for each input: Lights when the input is active, see note 1
Nominal input voltage	24VDC
Input voltage	
pnP (positive logic)	0–5VDC for logic state 0 17–28.8VDC for logic state 1
npN (negative logic)	17–28.8VDC for logic state 0 0–5VDC for logic state 1
Input current	3.7mA @ 24VDC
Input impedance	6.5k Ω
Response time	10ms typical
High-speed inputs	The specifications in this section apply when inputs are configured as high-speed counters or frequency measurers. If they are configured as general purpose digital inputs, the specification is as above. See notes 2, 3, and 4.
Resolution	16-bit or 32-bit, depending on the PLC or remote I/O adapter
Frequency	30kHz maximum (at 24VDC \pm 10%)
Minimum pulse width	14 μ s

Notes:

1. If the input is active but there is no communication with the PLC or the remote I/O adapter (RUN blinks), the status LED does not light.
2. Inputs 4 and 6 can function either as high-speed counters, frequency measurers, or general purpose digital inputs.
3. Inputs 5 and 7 can function either as counter reset inputs or general purpose digital inputs. In both cases, the specifications of these inputs are those of a general purpose digital input.
4. If input 4 or 6 is set as a high-speed counter and no reset input is configured, input 5 or 7 functions as a general purpose digital input.

Analog Inputs

Number of inputs	3
Input type	0–20mA or 4–20mA
Input impedance	191Ω
Maximum input rating	28mA, 5.3VDC
Galvanic isolation	None
Cable type	Shielded twisted-pair
Conversion method	Successive approximation
Resolution (0-20mA)	10-bit (1024 units)
Resolution (4-20mA)	204 to 1023 (820 units)
Conversion time	Each configured input is sampled once per 1.67ms. For example, if 3 inputs are configured, it takes $3 \times 1.67 = 5$ ms to sample all the analog inputs. See note 5.
Accuracy	±0.9% of full scale
Status indication	In software: If a specific input value is 1024, a single analog input deviates above the permissible range. If all the input values are 1024, either all the inputs deviate above the permissible range or the RG signal is not connected.

Notes:

5. The conversion time does not include communication time with the PLC and PLC scan time.

Digital Outputs

Number of outputs	16 relays, see note 6
Output type	SPST-NO (Form A)
Isolation	By relay
Status Indicators	
OUT: Red LEDs	▪ One red LED for each output: Lights when the corresponding output is active
Type of relay	Tyco PCN-124D3MHz or compatible
Maximum output current	3A per output (resistive load) 8A total for common (resistive load), see note 6
Rated voltage	250VAC / 30VDC
Minimum load	1mA, 5VDC
Life expectancy	100k operations at maximum load
Response time	10ms (typical)
Contact protection	External precautions required (see <i>Increasing Contact Life Span</i> in the Installation Guide)
Output power supply	
Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Maximum current consumption	80mA @ 24VDC

Notes:

6. Outputs 0–7 share the common signal C0 and outputs 8-15 share the common signal C1.

Dimensions

Size (W x H x D)	80 x 135 x 60mm (3.15 x 5.31 x 2.36"). For exact dimensions, refer to the product installation guide.
Weight (approximate)	394g (13.9oz)

Environmental

Operating temperature	0° to 50°C (32° to 122°F)
Storage temperature	–20° to 60°C (–4° to 140°F)
Relative Humidity (RH)	10% to 95% (non-condensing)
Mounting	Snap-mounted on 35mm DIN-rail (IP20/NEMA1)

The information in this document reflects products at the date of printing. Unitronics reserves the right, subject to all applicable laws, at any time, at its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, designs, materials and other specifications of its products, and to either permanently or temporarily withdraw any of the foregoing from the market. All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Unitronics assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document. In no event shall Unitronics be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information. The tradenames, trademarks, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Unitronics (1989) (R*G) Ltd. or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Unitronics or such third party as may own them.

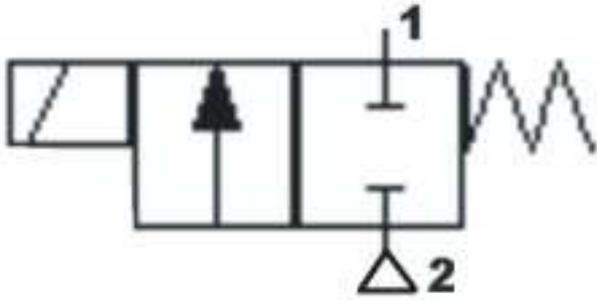
VALVULA: VS-01.090.33.24.36.027-20.13.35.45

CÓDIGO: 22086

BOBINA: 11777

REPARO: 20732

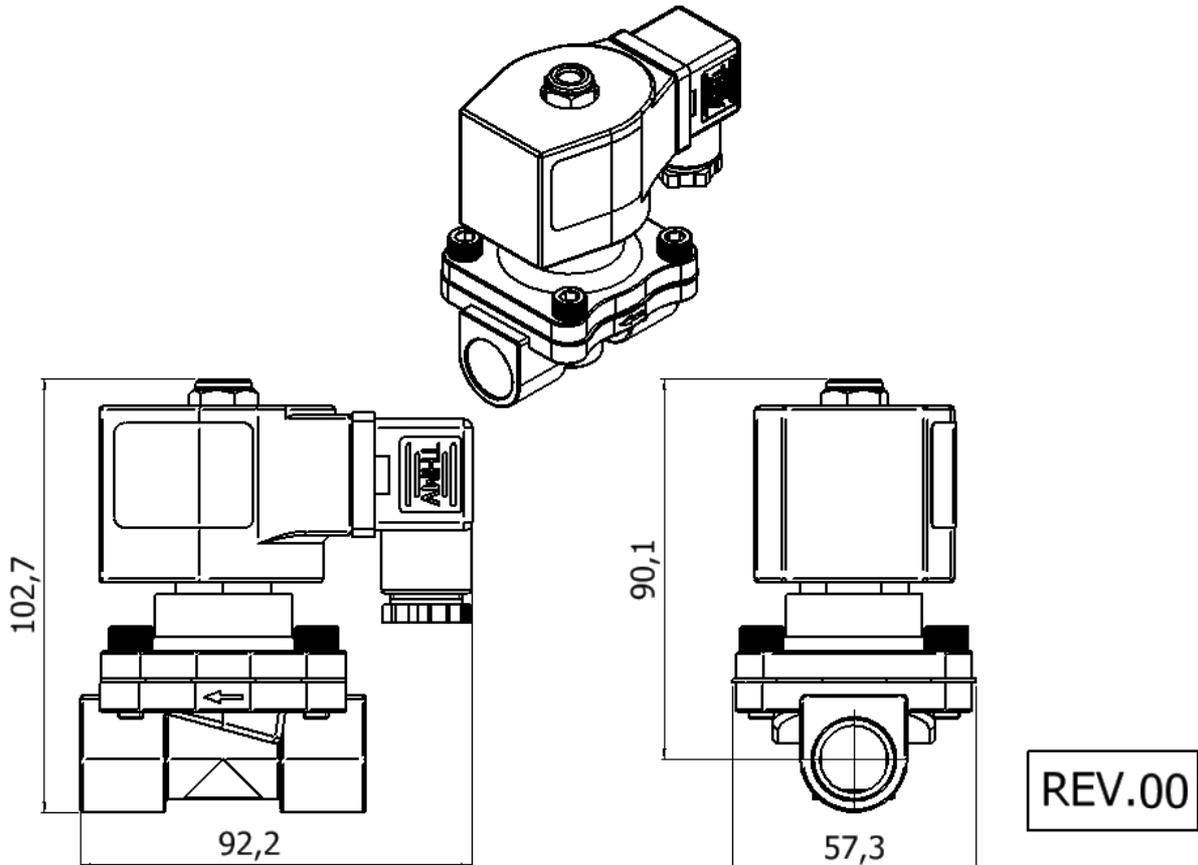
DIAGRAMA



FOTO



DIMENSIONES



Email: atendimento@thermoval.com.br – Sitio WEB: www.thermoval.com.br
Fábrica: Estrada Municipal CRV 09, Km 01, SN, – Teléfono: +55 (16) 3951-9100 – Fax: +55 (16) 3951-9110
Código Postal: 14140-000 – Cravinhos – SP – Brasil

Nota: Toda la información contenida en este folleto están sujetas a cambios sin previo aviso.

VALVULA: VS-01.090.33.24.36.027-20.13.35.45	CÓDIGO: 22086
BOBINA: 11777	REPARO: 20732

OBS.:

OPERACIÓN	2 Vias Normalmente Cerrada ---> Abrir cuando energizado.
CONEXIÓN	Rosca Hembra 1/2" BSP (ISO 228/1) - Entrada. Rosca Hembra 1/2" BSP (ISO 228/1) - Salida.
AGUJERO	Ø 16,0 mm - (Kv 4,65) Factor del Flujo.
MATERIAL	Cuerpo/Tubo del Solenoid - Acero Inoxidable (AISI 316). Embolo/Polo - Acero inoxidable (AISI 430 Fr). Resorte - Acero Inoxidable (AISI 302). Hilo - Cobre Esmaltado Clase HR 200°C (IEC 60317-8).
VEDA	Veda - Elastômero de Fluorcarbono (Viton)
PROPIEDADES ELÉTRICAS	Ancho 47,5 x Alto 42,5 x Largo 59,5 x Diam. Núcleo 17x34mm e 10,5x3mm. Grado de protección:IP54(DIN conector DIN43650A IP65) IP-66 Encapsulación: Poliamida 6 (30% de fibra de vidrio de color negro) 220/240 V 50/60 Hz 20 W Conexión Eléctrica DIN 43650A
APLICACIONES PRINCIPALES	Fluidos de silicona, aire, lubricantes a la base de Di-Ester, agua, GLP, gas natural y oxigeno. * Otras aplicaciones consultar compatibilidad
PRESIÓN (PSI)	Mín. 0 / Máx. 150
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
PESO (KG)	0,81300

Email: atendimento@thermoval.com.br – Sitio WEB: www.thermoval.com.br
Fábrica: Estrada Municipal CRV 09, Km 01, SN, – Teléfono: +55 (16) 3951-9100 – Fax: +55 (16) 3951-9110
Código Postal: 14140-000 – Cravinhos – SP – Brasil

Nota: Toda la información contenida en este folleto están sujetas a cambios sin previo aviso.

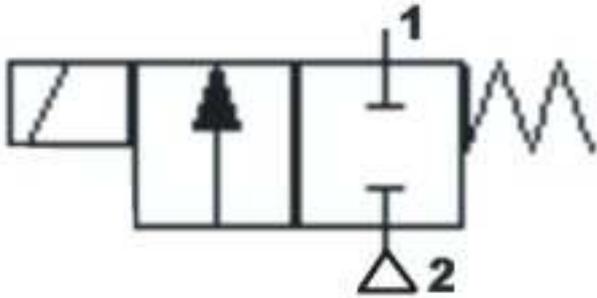
VALVULA: VS-01.090.33.24.16.027-20.04.35.45

CÓDIGO: 22101

BOBINA:

REPARO:

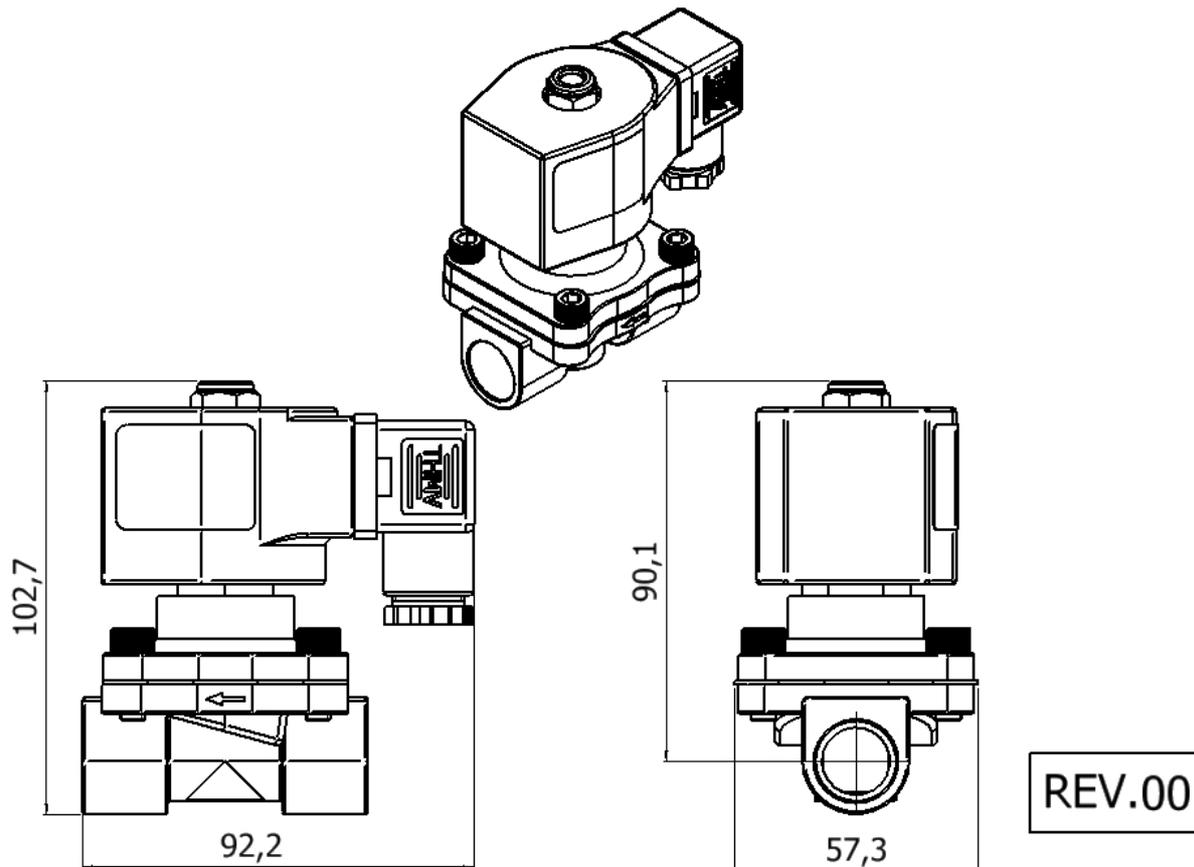
DIAGRAMA



FOTO



DIMENSIONES



Email: atendimento@thermoval.com.br – Sitio WEB: www.thermoval.com.br
Fábrica: Estrada Municipal CRV 09, Km 01, SN, – Teléfono: +55 (16) 3951-9100 – Fax: +55 (16) 3951-9110
Código Postal: 14140-000 – Cravinhos – SP – Brasil

Nota: Toda la información contenida en este folleto están sujetas a cambios sin previo aviso.

VALVULA: VS-01.090.33.24.16.027-20.04.35.45	CÓDIGO: 22101
BOBINA:	REPARO:

OBS.:

OPERACIÓN	2 Vias Normalmente Cerrada ---> Abrir cuando energizado.
CONEXIÓN	Rosca Hembra 1/2" BSP (ISO 228/1) - Entrada. Rosca Hembra 1/2" BSP (ISO 228/1) - Salida.
AGUJERO	Ø 16,0 mm - (Kv 4,65) Factor del Flujo.
MATERIAL	Cuerpo - Aluminio (ASTM B211) - Anodizado. Embolo/Polo - Acero inoxidable (AISI 430 Fr). Resorte - Acero Inoxidable (AISI 302). Hilo - Cobre Esmaltado Clase H 180°C (IEC 60317-8).
VEDA	Veda - Elastômero de Fluorcarbono (Viton)
PROPIEDADES ELÉTRICAS	Ancho 47,5 x Alto 42,5 x Largo 59,5 x Diam. Núcleo 17x34mm e 10,5x3mm. Grado de protección:IP54(DIN conector DIN43650A IP65) IP-66 Encapsulación: Poliamida 6 (30% de fibra de vidrio de color negro) 220 V 50/60 Hz 20 W Conexión Eléctrica DIN 43650A
APLICACIONES PRINCIPALES	Fluidos de silicona, aire, lubricantes a la base de Di-Ester, agua, GLP, gas natural y oxígeno. * Otras aplicaciones consultar compatibilidad
PRESIÓN (PSI)	Mín. 0 / Máx. 150
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
PESO (KG)	0,55400

Email: atendimento@thermoval.com.br – Sitio WEB: www.thermoval.com.br
Fábrica: Estrada Municipal CRV 09, Km 01, SN, – Teléfono: +55 (16) 3951-9100 – Fax: +55 (16) 3951-9110
Código Postal: 14140-000 – Cravinhos – SP – Brasil

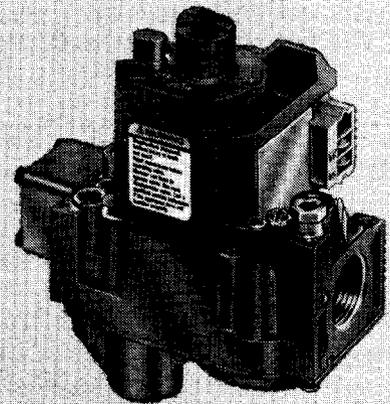
Nota: Toda la información contenida en este folleto están sujetas a cambios sin previo aviso.

Honeywell

THE VR8300 CONTINUOUS PILOT DUAL AUTOMATIC VALVE COMBINATION GAS CONTROLS ARE USED IN GAS-FIRED, STANDING PILOT APPLIANCES. THEY INCLUDE SAFETY SHUTOFF, A MANUAL VALVE, TWO AUTOMATIC OPERATORS, AND A PRESSURE REGULATOR.

- For use with 24 Vac heating appliances that burn natural or liquefied petroleum (LP) gas.
- Capacity rated up to 200 feet³/hour at 1 inch wc pressure drop [5.7 meters³/hour at 0.25 kPa]. Maximum capacity rated up to 300 feet³/hour [8.5 meters³/hour]. Minimum capacity rated at 30 feet³/hour [0.8 meters³/hour].
- Solenoid operated first automatic valve opens on thermostat call for heat and closes when call for heat ends.
- Diaphragm-operated second automatic valve opens under control of the regulator and closes if gas or power supply is interrupted.
- Three-position manual gas control knob has ON, OFF and PILOT positions.
- Separate reset button must be held down to permit gas flow while lighting pilot, can be pushed down only in PILOT position.
- All adjustments, wiring connections and pilot outlet are accessible from the top of the control.
- Compact size.
- Straight-through body pattern; right angle adapters available for inlet and outlet.
- Available in 1/2 and 3/4 inch inlet and outlet. 1/2 and 3/4 inch straight and angle flanges available.
- Adjustable servo regulator effectively maintains almost constant gas output pressure under wide fluctuations in gas supply pressure.
- Inlet screen included.
- Pilot filter included.
- Wiring terminal block color-coded beige to identify standing pilot models.
- May be installed at any angle between 0 and 90 degrees from the upright position, including vertically.
- 1/4 inch male quick-connect terminals for electrical connections.
- 0° F to +175° F [-18° C to +79° C] temperature range standard; -40° F to +175° F [-40° C to +79° C] available.
- Inlet and outlet pressure taps included; both taps accessible from top of control.
- Standard-, slow-, and step-opening models available.
- Natural/LP gas conversion kits available for standard and slow-opening models.

CONTINUOUS PILOT DUAL AUTOMATIC VALVE COMBINATION GAS CONTROLS



VR8300

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full –55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates From 4 V to 30 V
- Less Than 60-μA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

3 Description

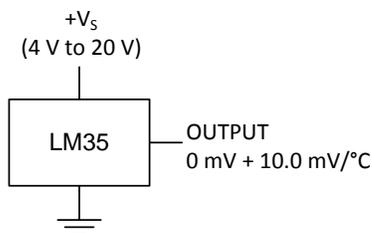
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature devices with an output voltage linearly-proportional to the Centigrade temperature. The LM35 device has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 device does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full –55°C to 150°C temperature range. Lower cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 device makes interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 device draws only 60 μA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 device is rated to operate over a –55°C to 150°C temperature range, while the LM35C device is rated for a –40°C to 110°C range (–10° with improved accuracy). The LM35-series devices are available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D devices are available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D device is available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

Device Information⁽¹⁾

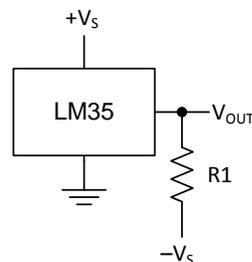
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Basic Centigrade Temperature Sensor (2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



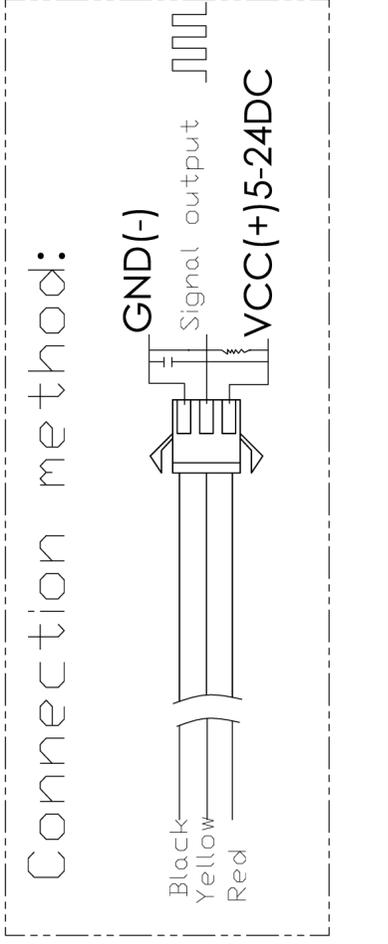
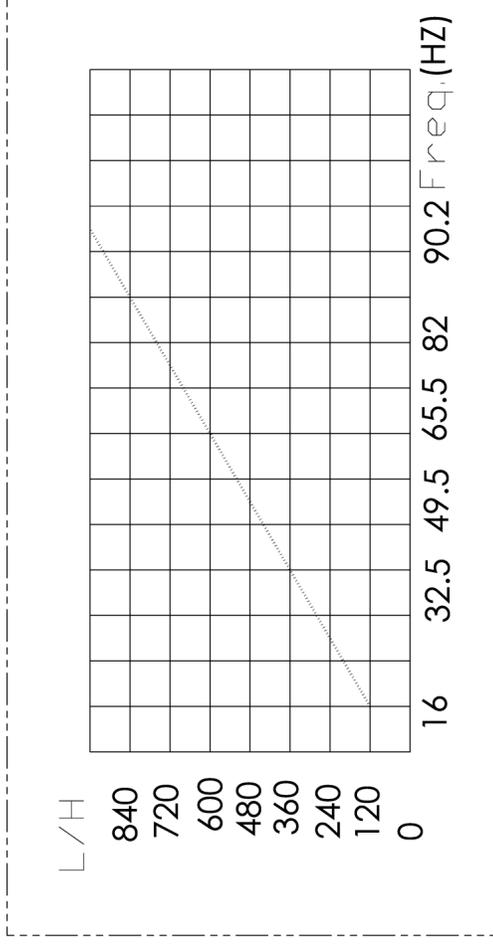
Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{\text{OUT}} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{\text{OUT}} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$



Flow-Pulse	Flow-Curve	Connection method
------------	------------	-------------------

—Flow Range:100L/H-/1800H-L/H

Flow (L/H)	Frezq.(HZ)	Erro range
120L/H	16	±10
240L/H	32.5	
360L/H	49.3	
480L/H	65.5	
600L/H	82	
720L/H	90.2	

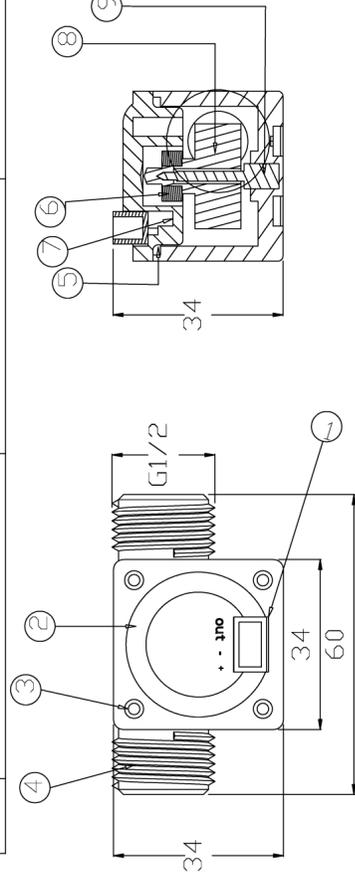


YIFA the plastics Ltd Product Introduction

- 1.Modle:YF-21
 - 2.Product Name:Hall sensor
 - 3.Flow Range: 1-30L/MIN
 - 4.(1)Connection Method
-
- (2)>Voltage Range 3.5-24VDC, Pulse Characteristic:F=7Q(L/MIN).
 (3)>Extent of error:±5%.
 (4)Flow-Pulse
 2L/MIN=16HZ 4L/MIN=32.5HZ 6L/MIN=49.3HZ
 8L/MIN=65.5HZ 10L/MIN=82HZ

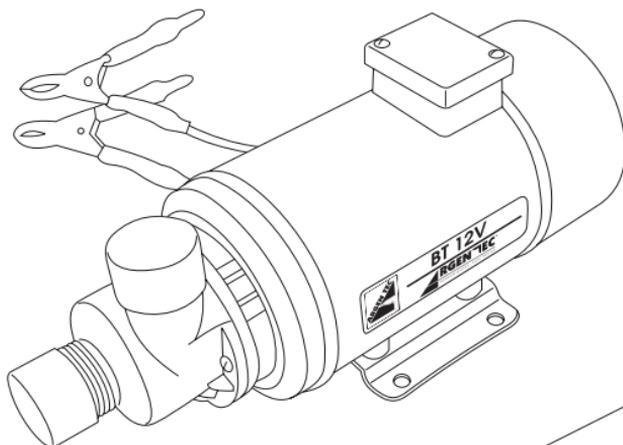
5.Bom

No.	Item	Material	Qty.
1	Connection wire		1
2	Bonnet	PA	1
3	Screw		4
4	Valve body	PA	1
5	Leak press valve		1
6	Magnet		1
7	Hall		1
8	Impeller	POM	1
9	Rustless steel axis	SUS304	1
10			
11			



Hecho con orgullo en Argentina

BOMBA TRANSVASADORA MOD. 12V / 220V

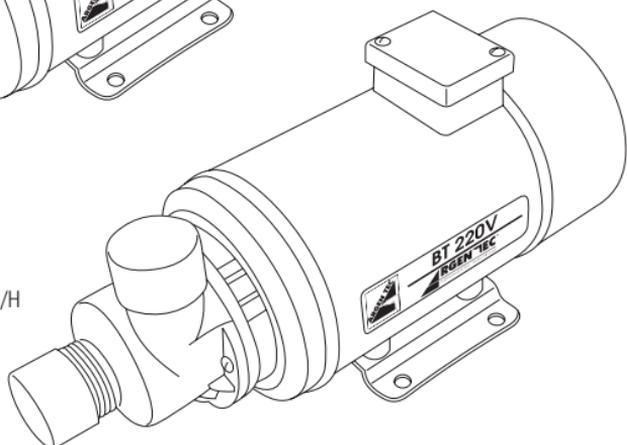


MODELO BT 12 V

Caudal máximo	5000 Lts/H
Altura máxima	15 mts
Succión máxima	1 mts
Consumo máximo	18 A

MODELO BT 220 V

Caudal máximo	8000 Lts/H
Altura máxima	28 mts
Succión máxima	3 mts
Consumo máximo	4,5 A



Manual de Instrucciones para el Usuario



Servicio Técnico Oficial

Peribebuy 2957 • (B1754GMM) San Justo • Pcia. de Buenos Aires
Horario de Atención: 8.00 a 12.00 hs y de 13.00 a 17.00 hs



ATENCIÓN

Antes de poner en funcionamiento su nuevo artefacto **ARGENTEC** lea atentamente este manual en su totalidad