



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño y automatización de línea de embotellado
de vino

Wine Bottling Line Design and Automation

Autor

Mario Luis Pacheco Párraga

Director

Pedro Pablo Huerta Abad

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia
2021



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Diseño y automatización de línea de
embotellado de vino

Wine Bottling Line Design and Automation

424.21.66

Autor: Mario Luis Pacheco Párraga

Director: Pedro Pablo Huerta Abad

Fecha: 21/09/2021

INDICE BREVE

1. Resumen.....	1
2. Abstract.....	4
3. Introducción.....	6
4. Desarrollo.....	9
5. Conclusiones.....	130
6. Bibliografía.....	133

INDICE DE CONTENIDO

1. Resumen.....	1
1.1. Palabras clave	3
2. Abstract.....	4
3. Introducción.....	6
4. Desarrollo.....	9
4.1. Estado de la cuestión.....	9
4.1.1. Antecedentes.....	9
4.1.1.1. Breve descripción, Bodega Stratus	11
4.1.1.2. Línea de embotellado en Valladolid	12
4.1.1.3. Línea de embotellado en Segovia	14
4.1.1.4. Sistema automatizado en línea de embotellado	15
4.1.1.5. Automatización general de una línea embotelladora de vino	16
4.1.1.6. Automatización de llenado y taponado	18
4.1.1.7. Proveedores	20
4.1.2. Visita técnica realizada en la “Bodega Stratus”	21
4.1.3. Maro teórico	26
4.1.3.1. El vino y la vinificación	26
4.1.3.2. El vidrio de las botellas	28

4.1.3.3.	Tapón de corcho de las botellas vidrio de vino	32
4.1.3.4.	Proceso de embotellado.....	35
4.1.3.4.1.	Limpieza de botellas	36
4.1.3.4.2.	Llenado	37
4.1.3.4.3.	Encorchado.....	41
4.1.3.4.4.	Encapsulado	43
4.1.3.5.	Sensores	44
4.1.3.5.1.	Características de los sensores.....	46
4.1.3.5.2.	Sensores capacitivos.....	51
4.1.3.5.3.	Sensor inductivo	53
4.1.3.5.4.	Final de carrera.....	55
4.1.3.5.5.	Sensores fotoeléctricos	56
4.1.3.5.6.	Sensores de temperatura	58
4.1.3.5.7.	Sensor ultrasónico	61
4.1.3.6.	Actuadores	62
4.1.3.6.1.	Motores eléctricos.....	62
4.1.3.6.2.	Cilindros.....	63
4.1.3.6.3.	Electroválvulas.....	64
4.1.3.7.	Autómata siemens s7-300.....	65
4.1.3.7.1.	Arquitectura	65
4.1.3.7.2.	Elementos CPU	67
4.1.3.7.3.	Ciclo de trabajo.....	68
4.2.	Selección Maquinaria.....	69
4.2.1.	Despaletizador y mesa de acumulación	69
4.2.2.	Cinta transportadora	70
4.2.3.	Tribloc.....	71
4.2.4.	Secador	73
4.2.5.	Etiquetadora.....	74
4.2.6.	Formadora de cajas, encajonadora y encoladora	75
4.2.7.	Distribución de la maquinaria	76
4.3.	Selección de elementos empleados para la automatización	77
4.3.1.	Autómata.....	77
4.3.2.	Panel de operador	80
4.3.3.	Periferia descentralizada ET200L	82
4.3.4.	Protocolo de comunicación profibus	84
4.3.5.	Sensor para conteo y acumulación de recipientes.....	89



4.3.6.	Distribución de los elementos de control	92
4.4.	Programa simatic step 7	93
4.4.1.	Conexiones y señales de entrada y salida.....	93
4.4.1.1.	Justificación de conexiones del plc en los cuadros de las distintas máquinas.....	95
4.4.1.2.	Esquema eléctrico cuadro general de mando	101
4.4.1.3.	Distribución de entradas y salidas	104
4.4.2.	Organización del programa.....	108
4.4.3.	SCADA	121
5.	Conclusiones	130
6.	Bibliografía.....	133

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquemático de llenado	18
Ilustración 2. Despaletizador, Stratus.....	21
Ilustración 3. Mesa de acumulación y cinta transportadora, Stratus	22
Ilustración 4. 1º fase del tribloc, Stratus.....	22
Ilustración 5. 2º fase del tribloc, Stratus.....	23
Ilustración 6. 3º fase del tribloc, Stratus.....	23
Ilustración 7. Secador, Stratus	24
Ilustración 8. Encajonadora, Stratus	25
Ilustración 9. Formadora de cajas, Stratus.....	25
Ilustración 10. Gotas de vidrio.....	28
Ilustración 11. Moldeo de la gota de vidrio	29
Ilustración 12. Fabricación de las botellas de vidrio	30
Ilustración 13. Tipos de bocas	31
Ilustración 14. Localización del Alcornoque	32
Ilustración 15. Plantilla de espacio vacío	39
Ilustración 16. Transductor	44
Ilustración 17. Salida en relé.....	46
Ilustración 18. Conexionado a 4 hilos	47
Ilustración 19. Simbología sensores	48
Ilustración 20. Sensibilidad sensor	49
Ilustración 21. Campo no homogéneo y homogéneo	51
Ilustración 22. Detector capacitivo	52
Ilustración 23. Conexionado Capacitivo	52
Ilustración 24. Funcionamiento inductivo	53
Ilustración 25. Conexionado inductivo	54
Ilustración 26. Banderola estándar	54

Ilustración 27. Factores de reducción	54
Ilustración 28. Funcionamiento.....	55
Ilustración 29. Concepto de la reflexión	56
Ilustración 30. fotocélula de barrera.....	56
Ilustración 31. fotocélula reflexiva con espejo	57
Ilustración 32. fotocélula autorreflexiva	57
Ilustración 33. Esquema termopar	58
Ilustración 34. Puente de Wheastone con una PT100.....	59
Ilustración 35. Curva termistor NTC	60
Ilustración 36. Curva termistor PTC	60
Ilustración 37. Esquema funcionamiento ultrasonido	61
Ilustración 38. Cilindro simple efecto.....	63
Ilustración 39. Cilindro doble efecto	63
Ilustración 40. electroválvula de mando directo	64
Ilustración 41. Arquitectura PLC	65
Ilustración 42. Tamaño.....	66
Ilustración 43. Direccionamientos	66
Ilustración 44. Elementos de la CPU	67
Ilustración 45. Ciclo de Scan	68
Ilustración 46. Despaletizador y acumulación.	69
Ilustración 47. Cinta transportadora.....	70
Ilustración 48. Tribloc	71
Ilustración 49. Secador.....	73
Ilustración 50. Etiquetadora.	74
Ilustración 51. Conjunto final proceso	75
Ilustración 52. Distribución de la maquinaria seleccionada	76
Ilustración 53. Esquema representativo fuente de alimentación	77
Ilustración 54. Esquema representativo CPU	78



Ilustración 55. Panel de operador Siemens	80
Ilustración 56. Puertos panel de operador	81
Ilustración 57. Conexión profibus panel de operador y autómeta	81
Ilustración 58. ET 200L	82
Ilustración 59. Esquema eléctrico ET200L	83
Ilustración 60. Conexión profibus autómeta y ET200L	83
Ilustración 61. Sistema profibus	85
Ilustración 62. Maestro DP	85
Ilustración 63. Esclavo DP.....	86
Ilustración 64. Tipos de dispositivos DP	87
Ilustración 65. Cable profibus.....	87
Ilustración 66. Conector bus	88
Ilustración 67. Detección posición conteo	89
Ilustración 68. Detección posición acumulación	90
Ilustración 69. Tipo de posición	90
Ilustración 70. Fococélula.....	91
Ilustración 71. Reflector microcelda	91
Ilustración 72. Distribución elementos de control.....	92
Ilustración 73. Portafusible y simbología	95
Ilustración 74. Relé térmico y simbología.....	95
Ilustración 75. Contactor y simbología.....	96
Ilustración 76. Pulsador y simbología	96
Ilustración 77. Seta de emergencia y simbología	97
Ilustración 78. Selector y simbología	97
Ilustración 79. Esquema eléctrico sencillo, cuadro máquina.....	97
Ilustración 80. Esquema eléctrico, cuadro máquina + señal autómeta	98
Ilustración 81. Esquema eléctrico de señalización general.....	100
Ilustración 82. Conexiones módulo entradas y salidas	100

Ilustración 83. Fórmulas para instalaciones eléctricas.....	101
Ilustración 84. Tipos de conductores con carga y naturaleza de aislamiento ...	102
Ilustración 85. Control inicial, desde panel operador	109
Ilustración 86. Marcha y Paro general.....	110
Ilustración 87. Despaletizador	112
Ilustración 88. Mesa de acumulación	113
Ilustración 89. Cinta 1.....	114
Ilustración 90. Triblock.....	114
Ilustración 91. Alimentador de tapones.....	115
Ilustración 92. Cinta 2.....	115
Ilustración 93. Secador.....	116
Ilustración 94. Cinta 3.....	116
Ilustración 95. Etiquetadora	117
Ilustración 96. Cinta 4.....	117
Ilustración 97. Formadora, encajonadora y encoladora	118
Ilustración 98. Detección por acumulación en cintas.....	119
Ilustración 99. SCADA menú principal	122
Ilustración 100. SCADA marcha/paro	123
Ilustración 101. Scada, situación de emergencia.....	124
Ilustración 102. SCADA proceso	125
Ilustración 103. SCADA marcha por acumulación	125
Ilustración 104. SCADA depósito de vino	126
Ilustración 105. SCADA producción	127
Ilustración 106. SCADA historiales	127
Ilustración 107. SCADA historial de producción.....	128
Ilustración 108. SCADA historial de avisos	129

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Partes fuente de alimentación	77
Tabla 2. Partes de la CPU.....	78
Tabla 3. Módulos seleccionados	79
Tabla 4. Interpretación de señales	94
Tabla 5. Cálculos instalación eléctrica.....	102
Tabla 6. Distribución del control de maquinaria por unidad lógica de control ..	104
Tabla 7. Entradas digitales ET 200L, zona despaletizador.....	104
Tabla 8. Salidas digitales ET 200L, zona despaletizador	105
Tabla 9. Entradas digitales ET 200L, zona Formadora de Cajas	105
Tabla 10. Salidas digitales ET 200L, zona Formadora de Cajas	106
Tabla 11. Entradas digitales automática.....	106
Tabla 12. Salidas digitales automática	107
Tabla 13. Entrada analógica automática.....	107
Tabla 14. Salida analógica automática	107

1. RESUMEN

Una línea de embotellado sencilla está compuesta por un despaletizador, cintas transbordadoras para las botellas de vidrio, una maquina compuesta por enjuagado, llenado y encorchado denominado Triblock, un alimentador de tapones de corcho para la misma, una etiquetadora, una formadora de cajas, una maquina cuyo trabajo sea el de introducir las botellas de vino ya finalizadas en cajas y una encoladora capaz de sellar dichas cajas.

Se ha seleccionado la maquinaria obtenida en las diferentes visitas técnicas y se ha decidido cual emplear para el diseño de esta:

Las maquinas seleccionadas son las siguientes:

- Un despaletizador y mesa de acumulación
- Un Triblock, cuyo modelo 20-24-3
- Un secador de botellas, cuyo modelo SONIC-70
- Una etiquetadora, cuyo modelo Autocol 6T S4 E4
- Una formadora de cajas, encajonadora y encoladora, cuyo modelo Totalpack 3000
- Posteriormente se ha realizado una distribución y diseño de la maquinaria seleccionada mediante el programa AutoCAD.

Una vez realizado el diseño se ha comenzado a realizar una selección de elementos empleados para la automatización, de los cuales encontramos el PLC, las periferias descentralizadas, el panel de operador, la comunicación entre el PLC y las estaciones de trabajos, los sensores para el conteo de botellas de vidrio y los sensores para la detección de acumulación. Así como, que hay que tener en cuenta a la hora de la selección, la localización y los grados frente a líquidos debido a que se está trabajando en una zona húmeda al ser una línea de embotellado. La localización y diseño de estos se ha realizado a través del programa AutoCAD.

Una vez realizado todos los pasos anteriores se plantean las conexiones de entradas y salidas que deben ser conectadas al PLC o periferias descentralizadas. Este planteamiento esta sujetado a una optimización de las comunicaciones y de las longitudes de los cables para posteriormente un mejor mantenimiento.

Las entradas y salidas están conectados a contactores de los cuales se recibe o se envía información a los diferentes cuadros de control situados en las maquinarias o al general.

La programación del programa es una implementación extra a la programación individual de la máquina, por lo que no afecta a la programación propia de la máquina. Este programa general elaborado pretende realizar una marcha y paro gradual de la línea de embotellado, dejando el tiempo necesario entre máquina para que esta se encuentre operativa al 100%. También es capaz de realizar paro de emergencia y recibir información sobre estados de emergencia producidos en la línea de embotellado y parar de forma automática, por estado de emergencia, la línea al completo.

Por otro lado, el programa es capaz de realizar un conteo de las botellas de vidrio mediante las fotocélulas seleccionadas, así como la acumulación de estas. Si la detección de acumulación es verificada pasado el tiempo de verificación, dicha información es enviada al PLC y este ordena a las máquinas que pueden ser afectadas por dicha acumulación que se detengan, las que no están afectadas siguen con el sistema productivo para interrumpir toda la producción, es decir envía una señal de paro, pero no general. Una vez solucionada la acumulación es posible arrancar las máquinas desde el punto de acumulación.

Es más, mientras se efectúa el arranque general, si el piloto en marcha no se enciende pasado 5 segundos, el programa da la orden de paro gradual general desde ese mismo punto, ya que puede haber un problema de alimentación en dicha máquina o incluso cualquier otro tipo de problema por el cual el piloto no se encienda.

Se ha realizado el diseño y programación del SCADA, el cual permite al operario o usuario que se encuentre en ese momento interactuar o interaccionar con el programa de control general.

En este se incluye las opciones de poner en marcha y paro la línea al completo, la parada de emergencia y rearme, la visualización de los pilotos en marcha de la maquinaria, de si están en manual o automático, visualización de los litros del tanque de llenado que si está por debajo de un límite el autómatas efectúa un paro general de la línea, visualización de los datos de producción, posibilidad de realizar registros de los datos de producción e imprimirlos, visualización de los estados de emergencia y de si se encuentran solucionados y la opción de imprimirlos, y del arranque desde los puntos de acumulación.

1.1. PALABRAS CLAVE

- Diseño
- Automatización
- Optimización
- Monitorización
- Control

2. ABSTRACT

A simple bottling line consists of a depalletize, transshipment tapes for glass bottles, a machine composed of rinsing, filling, and corking called Triblock, a feeder of cork stoppers for it, a labeler, a box former, a machine whose job is to introduce the bottles of wine already finished in boxes and a gluer capable of sealing said boxes.

The machinery obtained in the different technical visits has been selected and it has been decided which one to use for the design of this:

The machines selected are the following:

- A depalletize and accumulation table
- A Triblock, whose model 20-24-3
- A bottle dryer, whose model SONIC-70
- A labeler, whose model Autocol 6T S4 E4
- A box former, boxing machine and gluer, whose totalpack 3000 model
- Subsequently, a distribution and design of the selected machinery has been carried out through the AutoCAD program.

Once the design has been made, a selection of elements used for automation has begun, of which we find the PLC, the decentralized peripheries, the operator panel, the communication between the PLC and the workstations, the sensors for the counting of glass bottles and the sensors for the detection of accumulation. As well as, that it is necessary to consider when the selection, the location, and the degrees in front of liquids because it is working in a humid area to be a bottling line. The localization and design of these has been done through the AutoCAD program.

Once all the previous steps have been completed, the connections of inputs and outputs that must be connected to the PLC or decentralized peripheries are raised. This approach is subject to an optimization of communications and cable lengths for later better maintenance.

The inputs and outputs are connected to contactors from which information is received or sent to the different control panels located in the machinery or to the general.

Program programming is an extra implementation to the individual programming of the machine, so it does not affect the machine's own programming. This general program developed aims to carry out a gradual march and stop of the bottling line,

leaving the necessary time between machines so that it is 100% operational. It is also capable of performing an emergency stop and receiving information about states of emergency produced on the bottling line and automatically stopping, by state of emergency, the entire line.

On the other hand, the program can count the glass bottles using the selected photocells, as well as the accumulation of these. If the accumulation detection is verified after the verification time, this information is sent to the PLC and it orders the machines that can be affected by said accumulation to stop, those that are not affected continue with the productive system to interrupt all production, that is, it sends a stop signal, but not general. Once the accumulation is solved, it is possible to start the machines from the point of accumulation.

Moreover, while the general start is being carried out, if the running pilot does not start after 5 seconds, the program gives the order of general gradual stop from that same point, since there may be a power problem in said machine or even any other type of problem for which the pilot does not turn on.

The design and programming of the SCADA has been carried out, which allows the operator or user who is at that moment to interact or interact with the general control program.

This includes the options to start and stop the entire line, the emergency stop and rearmament, the visualization of the running pilots of the machinery, whether they are in manual or automatic, visualization of the liters of the filling tank that if it is below a limit the automaton makes a general stop of the line, visualization of the production data, possibility of making records of the production data and printing it, visualization of the states of emergency and if they are solved and the option to print them, and the start from the points of accumulation.

3. INTRODUCCIÓN

El proceso industrial que se ha llevado a cabo en le presente trabajo trata sobre una línea de embotellado de vino. Dicho proceso se puede automatizar, programar y controlar mediante PLC. Por lo que, la realización de dicho trabajo es la de poder automatizar y controlar un proceso productivo industrial. También ha sido seleccionado debido a la posibilidad de poder realizar visitas técnicas por cuenta propia a diferentes líneas de embotellado y analizar en persona el proceso productivo que ha de seguir, así como las maquinarias que se emplean y los elementos de control, si tuviera.

El presente proyecto se divide en el estado de la cuestión, selección de maquinaria, selección de elementos empleados para la automatización y control de la línea de embotellado, y en la programación.

En el estado de la cuestión se exponen los antecedentes, la visita técnica realizada con más información y el marco teórico.

En los antecedentes es en donde se realiza una breve descripción de la visita técnica, y diferentes líneas de embotellado y automatización que se ha encontrado en la investigación de estas, así como los proveedores de donde se pueden obtener las maquinas que componen las líneas de embotellado.

En la visita técnica, localizada en estado de la cuestión, se expone de forma más detallada la información recogida de la misma.

En el marco teórico se expone la teoría adquirida en base a la investigación de estas. En ella se encuentra los procesos del vino y la vinificación, el proceso de fabricación del vidrio de las botellas y del tapón de corcho empleado para las mismas, el proceso de embotellado que está constituido por la limpieza de las botellas, llenado, encorchado y encapsulado, los diferentes sensores que se podrían emplear en una línea, de la misma forma que los actuadores y el autómatas siemens s7 300 empleado.

Posteriormente del estado de la cuestión se realiza una selección de maquinaria para el posterior diseño de esta mediante AutoCAD. En esta se pueden encontrar el despaletizador, el Triblock, el secador, la etiquetadora, la formadora de cajas, encajonadora y encorchadora, y la distribución y diseño de esta.

Una vez finalizada la selección de maquinaria, da comienzo la selección de elementos empleados para el automatización y control de la línea de embotellado. En esta parte se tiene en cuenta que se trabaja en una zona húmeda por lo que los elementos seleccionados deben estar colocados adecuadamente a la misma y a parte

que presenten una protección frente al líquido los más cercanos a la misma como pueden ser los sensores. Los elementos seleccionados son el autómatas Siemens S7 300, el panel de operador MP 277 10" touch de Siemens, las periféricas descentralizadas ET 200L de Siemens, la comunicación Profibus DP entre el panel de operador, las estaciones de trabajo y el PLC, los sensores de conteo y acumulación, y a su vez el diseño y distribución de los mismos empleando el programa AutoCAD.

Una vez que se tenga los elementos de control y la maquinaria preparada, es necesario identificar las conexiones y señales de entrada y salida entre los elementos de control y la maquinaria a automatizar. Dicho proceso se conecta mediante contactores en los cuadros de control de cada máquina y/o en el cuadro de control general.

Posteriormente se realiza el esquema eléctrico del cuadro general de mando y los cálculos de las secciones de los cables a emplear, donde se alojan los esquemas de mando, potencia, señalización y las conexiones del PLC. En este cuadro general se encuentran las siguientes funciones:

- Paso e interrupción de la alimentación de forma general hacia la línea de embotellado
- Paro e interrupción de la alimentación de forma individualizada por cada máquina
- Marcha gradual para las máquinas que poseen cuadro general, mediante contactores temporizados a conexión, excepto para la cinta 1, 2, 3, 4 y el secador que ha de iniciar la marcha mediante un pulsador en el mismo cuadro general de mando.
- Paro general de la línea de embotellado
- Paro general de emergencia de la línea de embotellado

Ya identificados las conexiones de entrada y salida, comienza el proceso de organización de la programación para la automatización, control y monitorización de la línea. Dicha organización está realizada mediante Grafset para que posteriormente, a la hora de programar, sea mucho más sencillo y organizado.

Y ya, por último, una vez terminada la programación se realiza el SCADA. El cual se encuentra dividido en diferentes pantallas y diferentes funciones. Las cuales son:

- Menú principal
- Marcha/paro
- Proceso



- Historiales
- Historial de producción
- Historial de avisos
- Producción
- Depósito de vino
- Marcha desde el punto de acumulación

4. DESARROLLO

4.1. ESTADO DE LA CUESTIÓN

4.1.1. Antecedentes

En los últimos siglos el impacto tecnológico sobre la sociedad provocó mejoras tanto en términos industriales como en términos del día a día de una persona.

Desde entonces, se han ido transformando y mejorando los procesos industriales. Al principio, estos procesos dependían, esencialmente, de los operarios contratados en la plantilla de la empresa. A medida que transcurrían las décadas, ya por el siglo XVIII, podemos encontrar el primer proceso industrial automatizado, donde se emplearon tarjetas perforadas para automatizar el proceso de tejido en la industria textil.

A medida que transcurrían los siglos, el proceso industrial y la automatización de estos han ido evolucionando de forma exponencial, de modo que se pueden distinguir dos partes en el proceso. La parte operativa, determinada y constituida por los actuadores del proceso y la parte de control, determinada y constituida por un elemento controlador capaz de programar las secuencias y procesos necesarios para realizar correctamente la actuación de los elementos físicos.

La industria del embotellado tampoco se quedó atrás, de la misma forma que las bodegas tradicionales. Para poder progresar y abastecer a la creciente población y sociedad, ambas tuvieron que adaptarse y crecer mediante la constante evolución industrial en la que se encuentra. Es por ello, por lo que si nos desplazamos a una gran bodega de vino podemos encontrarnos todo un proceso automatizado, desde la recepción de la uva hasta la crianza y embotellado, en el que actualmente con una plantilla de operarios reducida se es capaz de abastecer a una gran parte de la población actual.

Por otro lado, una parte importante de todo el proceso de una bodega es también su sistema de embotellado, ya que este antaño se realizaba de forma manual. No obstante, actualmente podemos encontrarnos un sistema totalmente autónomo en el que, con un par de operarios, para encender, apagar y supervisar la línea de embotellado, esta es capaz de forma autónoma recoger, embotellar el vino, etiquetar, encajonar y paletizar.



Se han estudiado diferentes líneas de investigación de antecedentes. De esta forma se puede tener varias perspectivas sobre un único tema.

Los caminos seguidos sobre estas líneas de investigación de antecedentes son los siguientes:

- Mediante trabajos académicos realizados
- Provedores o fabricantes de líneas de embotellado de vino
- Visita técnica

4.1.1.1. Breve descripción, Bodega Stratus

En este apartado veremos de forma general lo captado en la visita técnica realizada en la Bodega Stratus, localizada en la isla de Lanzarote, perteneciente a la provincia de Las Palmas, en las Islas Canarias, España. Para más información sobre este apartado, de forma detallada o explícita, ver el apartado 4.1.2 Visita técnica realizada en la "Bodega Stratus" en la página 21

Al comienzo de la línea de embotellado de vino, se encuentra instalada un despaletizador inox [1], de la empresa Neotest Cordoba SL. El despaletizador inox puede ser controlado de forma manual o de forma automatizada, ya que este mismo se encuentra automatizado mediante un PLC de forma individual.

El despaletizador de botellas de vino se encuentra comunicado con el Tribloc. [2] El Tribloc es el encargado de realizar el enjuagado y soplado, el llenado y el encorchado de las botellas de vino. Esta maquinaria fue facilitada por Gallardo, SL.

Una vez finalizado el proceso del Tribloc, la botella de vino es conducida a la siguiente maquinaria, que es la encargada de realizar el secado de la botella por el exterior. La [3]secadora de exteriores, con marca "ZYSKO" y número de serie M-32, pertenece a la empresa Gallardo, SL.

Una vez finalizado el secado de la botella, es transportada a la etiquetadora. La cual está dividida en 4 estaciones. La primera se encarga del encapsulado (collarín de la botella), en la segunda parte coloca la pegatina principal de la botella, en la tercera parte de la etiquetadora es donde se inserta el consejo regulador y por último la pegatina trasera. El modelo de la [4] etiquetadora es "Autocol 6T S4 E4, con matrícula L04511001, perteneciente al grupo KRONES.

Después del etiquetado pasa al [5] totalpack 3000, que es una maquinaria automática de embalaje, que es por donde tienen que pasar 12 botellas que son contadas por sensores y un contador, son introducidas en una caja de cartón ya formada por la propia maquina y esta misma es transportada a su destino para su propia recepción. Pertenece al grupo Gallardo, SL.

Los sensores más comunes encontrados a lo largo de la línea de embotellamiento son de tipo fotoeléctricos, estos mismos son los encargados de paralizar toda la línea si detectan algún tipo de error en el lugar donde estén colocados, como por ejemplo la presencia de una botella de vino durante más de x segundos, debido a que seguramente esta misma botella interrumpe el recorrido por las razones que sean, como por ejemplo que se haya caído.

4.1.1.2. Línea de embotellado en Valladolid

Para la realización de este apartado se ha consultado un trabajo académico realizado por "Diego Gutiérrez Martínez".

Una línea de embotellado sigue las siguientes fases:

- Limpieza de botellas, [6] donde se realiza un correcto lavado mediante agua caliente y posteriormente es secado para evitar contaminaciones externas.
- El llenado, donde se colocan las botellas de forma automática para su correcto llenado.
- El taponado, donde previamente se realiza una compresión del tapón a un cuarto de su diámetro total, y posteriormente mediante un pistón es introducido en la botella.
- El encapsulado
- El etiquetado, [6] donde la etiqueta debe de presentar mínimo la siguiente información: nombre de denominación de origen, graduación alcohólica, contenido del vino, registro del embotellado, y razón social de la empresa y nombre del vino.
- El encajado, donde puede estar realizado de forma automática mediante un tipo de maquinaria o incluso de forma manual mediante operarios.
- El almacenamiento, donde el vino se encuentra empaquetado y paletizado a la espera de su expedición. En esta línea es importante la monitorización y control de la temperatura y humedad del lugar donde se aloja el vino.

La línea de embotellado presenta un ritmo de unas 1.500 botellas a la hora. El Tribloc, constituido por la enjuagadora, la llenadora y la encorchadora están fabricadas con acero inoxidable y además equipadas con un solo motor. [6] La encapsuladora, también se encuentra fabricada de acero inoxidable. Esta misma posee un cuadro de mando y además un sensor fotoeléctrico capaz de detectar la ausencia de tapón.

[6] La etiquetadora deberá ser capaz de colocar de forma automática la etiqueta, contraetiqueta, el collarín y la orientación. No obstante, la etiquetadora debe de poseer las siguientes características:

- Variador de velocidad
- Estar automatizada y poseer su propio control de mando
- Pantalla de protección para evitar los accidentes innecesarios con acceso a la maquina mediante [6] microinterruptores de seguridad.
- Fotocélula para la presencia del recipiente.



En el encajonado de las botellas, es decir, la forma de introducir las botellas en cajas está realizada de forma manual y no automatizada mediante dos operarios de la empresa.

El área de embotellado posee 30 m² aproximadamente.

4.1.1.3. Línea de embotellado en Segovia

Para la realización de este apartado se ha consultado un trabajo académico realizado por "Lara Fernández-Ocaña".

La línea de embotellado de este apartado maneja [7] botellas de vidrio de 74cl, emplea un corcho natural entero, la capsula consta de una única pieza de estaño y aluminio, y además se encuentra un equipo Tribloc y etiquetadora automatizadas. Posteriormente las botellas se almacenan en cajas y son paletizados.

La maquinaria constituida por el enjugado, llenado y encorchado, es decir el Tribloc, posee las siguientes características:

- Modelo: TLT/12-16-1/FA
- Dimensiones (m): 3.96*1.44*2.25
- Capacidad: 3.000 botellas a la hora

Por otro lado, la etiquetadora-capsuladora presenta las siguientes características:

- Modelo: GAMMA
- Dimensiones (m): 3.55*1.2*2.15
- Capacidad: 2.500 botellas a la hora

El área reservada para el embotellado posee 124 m².

En el enjugado se emplea agua caliente o fría, [7] con una presión de 2-3 bares y un secado o escurrido antes del llenado. En el llenado se emplea una "llenadora isobarométrica de gravedad", es decir, este tipo de funcionamiento emplea la presión atmosférica por lo que el depósito que contiene el vino se encuentra en la zona superior para que de esta forma por el efecto de la gravedad se llenen. Una vez terminada la fase del llenado, la botella es transportada a la encorchadora donde se emplea una bomba de vacío para retirar el aire sobrante del interior de la botella y al mismo tiempo se introduce el corcho.

En el área del embotellado [7] encontraremos el filtro amicróbico, el depósito nodriza, el Tribloc, la etiquetadora-capsuladora botellas de vidrio, corchos y etiquetas.

4.1.1.4. Sistema automatizado en línea de embotellado

Para la realización de este apartado se ha consultado un trabajo académico realizado por "José Gilberto González Monroy" en el D.R. Instituto Politécnico Nacional (IPN).

[8] El sistema de llenado de las botellas de vino comienza en la despaletización de las botellas sobre la cinta transportadora que es la encargada de llevar estas mismas al Tribloc, compuesto primeramente por la maquina encargada del lavado y escurrido de las mismas, posteriormente estas mismas botellas son transportadas a la máquina de llenado, donde antes pasan por un sensor de infrarrojo que detecta si existe alguna impureza en el interior de la botella y si es así la expulsa de la línea automáticamente, donde el vino es transportado por unas tuberías hacía unas boquillas que se insertan dentro de la botella para realizar correctamente el llenado. Una vez finalizado este proceso la botella pasa a la colocación de la tapa corona por presión y posteriormente al etiquetado.

La automatización de la línea de embotellado se puede realizar en lazo cerrado o lazo abierto. La distinción que existe entre ambas formas es que en el control de lazo cerrado existe una realimentación directa entre los sensores con el sistema de control, para que de este modo compruebe si que las ordenes sobre los actuadores se están ejecutando correctamente.

Los actuadores que interviene en el sistema de etiquetado emplean motores a pasos.

En el sistema de empaquetado se emplean cilindros neumáticos de doble efecto. La fuente de energía de este sistema neumático proviene de un compresor accionado por un motor eléctrico.

Para la automatización de la línea se han empleado los PLC de la marca MICROLOGIX, modelo WHIT 100.

Entre los sensores empleados podemos encontrar sensores de posición, captadores, de contacto, de movimiento, de deslizamiento de velocidad, de aceleración, de proximidad, neumáticos de proximidad y de presión.

4.1.1.5. Automatización general de una línea embotelladora de vino

Para la realización de este apartado se ha consultado un trabajo académico realizado por "Josep Armengol Romagosa" en la Universidad politécnica de Cataluña.

El proceso por seguir en una línea de embotellado viene asignado por los diferentes procesos que lo componen. Este proceso comienza con la recepción de la botella de vidrio donde será introducido el vino más tarde. Justo después de la recepción podremos distinguir los siguientes procesos que intervienen hasta el encajonado y paletizado de las propias botellas de vino:

- **Enjuagado y escurrido** de las propias botellas
- **Llenado.** Este proceso consiste en llenar hasta un determinado nivel el recipiente debido a que se debe de dejar un pequeño margen por las posibles dilataciones que puede sufrir el vino. Además, [9] el llenado suele venir acompañado con la introducción de una pequeña atmosfera de nitrógeno o gas carbónico para que de este modo se frene la posible oxidación que se puede producir en el líquido.
- **Taponado** del corcho.
- **Encapsulado.** La composición de esta suele ser una aleación de aluminio y estaño.
- **Etiquetado.** Colocación de la etiqueta y contraetiqueta de forma automática.

Cada proceso mencionado funciona de forma autónoma, es decir, su funcionamiento no depende de las operaciones o procesos que las otras máquinas estén ejecutando, sino que dependen de posibles factores que puedan afectar a su proceso como máquina. Por ejemplo, el Tribloc, compuesto por una llenadora, lavadora y encorchado, puede llegar a parar su funcionamiento si detecta ausencia de botellas de vidrio a la entrada o una acumulación de estas a la salida mediante una fotocélula.

Al poseer sistemas de controles individuales para cada maquinaria, esto puede causar grandes demoras a la parada o a la puesta en marcha, ya que se debe de inicializar o parar cada máquina de forma individual. Para solucionar este problema es necesario generar un sistema de control unificado que pueda [9] llevar a cabo operaciones de arranque, parada, seguimiento de la producción, e incluso la detección de fallos de forma aislada.

Conjunto de máquinas de la línea de embotellado:

1. Enjaulado
2. Alimentación de palets

3. Despaletizador
4. Tribloc
5. Alimentación de corchos
6. Mesa de acumulación
7. Secadora
8. Mesa acumulación en zig-zag
9. Alimentación capsula
10. Etiquetadora
11. Formadora de cajas y encajador
12. Paletizado y embaladora

Componentes empleados para el sistema automático unificado:

1. Autómata programable simatic s7 313 2DP
2. Bus de comunicación profibus
3. Periferia descentralizada ET 200L
4. Panel serie TP 270

Se posee un sistema de conteo de botellas a las entradas y salidas de las maquinarias para que de este modo se sepa el número de rechazo por los controles de calidad o por desprendimientos o cualquier otro factor que influya en el mismo. Este conteo está realizado mediante una célula fotoeléctrica configurada mediante un autómata programable.

4.1.1.6. Automatización de llenado y taponado

Para la realización de este apartado se ha consultado un trabajo académico realizado por "Jhon Romulo Fuentes Calloapaza y Richard Apaza Coila" en Juliaca-Perú.

En este caso, comienza el proceso de embotellado en el llenado de las mismas botellas de vidrio. Para empezar, un sensor de ultrasonido se activa y verifica si el tanque donde se aloja el vino está en un nivel adecuado, si está en el nivel adecuado el proceso da comienzo. Si fuera el caso contrario, se activaría una bomba eléctrica encargada de rellenar el depósito.

Si todo el proceso anterior es verificado, se acciona el motor responsable del movimiento de la banda transportadora, donde se colocarán las botellas de vidrio a rellenar.

[10] Se emplea otro sensor de infrarrojos para la detección de una botella de vino justo en la posición de llenado, cuando esto sucede la cinta transportadora de los recipientes a llenar se para y se mantiene a la espera hasta que la botella sea llenada hasta el nivel óptimo. En este proceso, se acciona a una electroválvula que es la encargada del llenado de los envases. Véase la Ilustración 1. Esquemático de llenado para visualizar un esquemático de lo comentado. El llenado en estos envases es debido por la acción de la gravedad. El nivel óptimo de llenado de la botella se calcula mediante un temporizador.

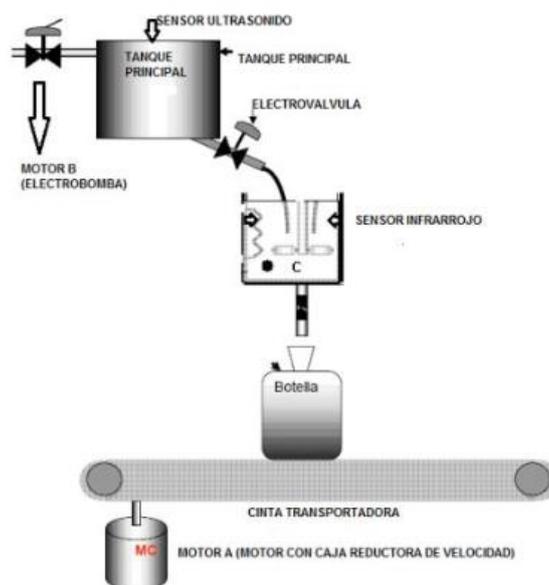


Ilustración 1. Esquemático de llenado

Una vez la botella se encuentre en el nivel correspondiente de vino, la electroválvula se desactiva y se activa la cinta transportadora, transportando la botella desde el llenado hasta el taponado.

[10] Este proceso se ha automatizado mediante un controlador lógico programable, modelo: PLCTWDLCAA24DRF, y ha sido programado en lenguaje Ladder. Además, se ha creado una comunicación PLA-Ordenador.

4.1.1.7. Proveedores

En este apartado se ha realizado una búsqueda de proveedores de línea de embotellado, incluso aquellas empresas que realiza su propia automatización.

- 'Gallardo Ingeniería del Embotellado S.L. Polígono Industrial Arretxe-Ugalde, C/ Lekumberri 18-20,20305 Irun (Gipuzkoa) España'
- 'Krones AG, Böhmerwaldstraße 5, 93073 Neutraubling, Alemania'
- 'DELLA TOFFOLA IBERICA, P.I. Lentiscares, c/La Losa, S/N, 26370 Navarrete la Rioja (Spain)'
- 'TECNOBODEGA INGENIERÍA S.L. Calle Circunde, 8, 26006 Logroño, La Rioja, España'
- 'IRUNDIN, S.L. - INGENIERÍA DE EMBOTELLADO, Arretxe Ugalde, Calle Ezurriki Kalea, nº 12, Pol. Ind, 20303 Irun, Gipuzkoa.'
- 'GESTION COMERCIAL HURTADO, SL - CIF B96779202 - GESTIÓN COMERCIAL HURTADO, S.L. Dirección: C/ Poeta Eduardo Buil, 2. 46020, VALENCIA (Valencia), España'
- 'Arsilac'
- 'MAQUEMBO, S.L. Líneas completas de embotellado, C/ Industria, nº 5, 50410 Cuarte de Huerva (Zaragoza | ESPAÑA)'
- 'Embopack Ibérica S.L., 47610 Zaratán, Valladolid'
- 'AGROVIN, Avda. de los Vinos s/n - P.I.Alces, 13600 Alcázar de San Juan Ciudad Real – España'

4.1.2. *Visita técnica realizada en la "Bodega Stratus"*

Al comienzo de la línea de embotellado se depositan los palets con los recipientes de vidrio vacíos para el vino, véase la Ilustración 2. Despaletizador, Stratus. La función de recogida de las botellas es mediante la manga, que mediante un circuito de aire comprimido se expanden (inflan) para el agarre de las botellas por el cuello y transportarlas a la cinta. En este proceso también intervienen sensores fotoeléctricos que marcan la línea en la que debe de recoger las botellas de los palets y la diagonal.

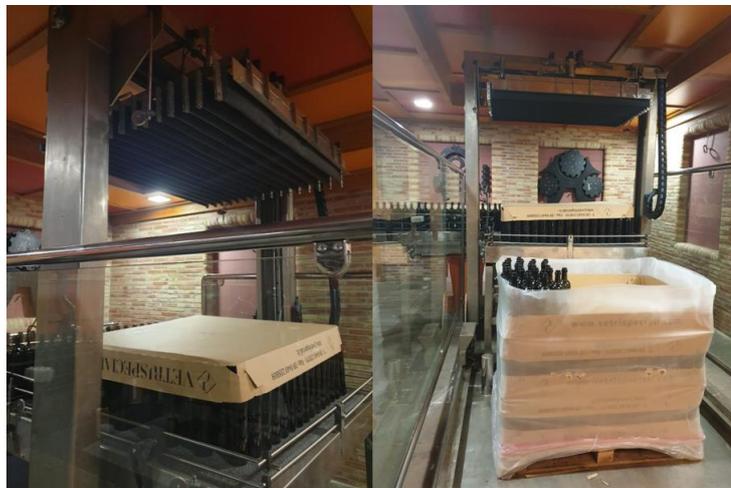


Ilustración 2. Despaletizador, Stratus

Posteriormente, deposita las botellas en la mesa de acumulación donde son transportadas a la cinta transportadora que conecta dicha mesa con el Tribloc. Véase la Ilustración 3. Mesa de acumulación y cinta transportadora, Stratus.

Para que no exista acumulación de botellas de vidrio tanto en la mesa de acumulación y en el comienzo de la cinta transportadora, existen un par de sensores fotoeléctricos que detectan la presencia de las botellas, si la mesa de acumulación se encuentra llena, el despaletizador se detiene hasta que esta mesa esté vacía y además detecte botellas de vidrio en los palets, por otro lado encontramos también otros sensores que detienen la mesa de acumulación si detectan una acumulación de botellas de vidrio al comienzo de la cinta transportadora, cuando esta acumulación ya no se encuentre, la mesa comienza a transportar las filas de botellas hasta la cinta, solo si detecta que posee botellas sobre esta misma, así sucesivamente. También podemos encontrar estos sensores sobre la misma cinta transportadora, cuya función es detenerla si detectan una acumulación de botellas debido a la caída de alguna, e

incluso paran la propia línea periódicamente para que no haya una acumulación en la entrada al Tribloc.



Ilustración 3. Mesa de acumulación y cinta transportadora, Stratus

El tribloc, se compone de un enjuagado y escurrido, llenado y encorchado.

En la entrada del tribloc, encontramos un sensor de arranque y otro de acumulación por si se queda o se aloja alguna botella en el inicio de esta misma. Si esto sucede, la línea se detiene y manda un mensaje de error en el sitio o lugar donde se ha producido mediante una señal lumínica. El sensor de arranque funciona cuando detecta una botella de vidrio a la entrada de esta misma máquina e inicia de forma automática la propia máquina.

La primera fase del tribloc que se encuentra en el comienzo de la propia máquina, véase Ilustración 4. 1º fase del tribloc, Stratus, se encarga de enjuagar y de



Ilustración 4. 1º fase del tribloc, Stratus

voltear la botella para su escurrido. Entre la cinta transportadora que trae las botellas y la máquina de lavado hay una pequeña rueda dentada que es la que se encarga de agarrar o recibir las botellas para llevarlas al proceso de lavado, esta rueda con piñones puede ser cambiada para los diferentes tamaños según las botellas.

Una vez terminado el lavado y secado, la botella es transportada por el mismo mecanismo de rueda hasta el proceso de llenado, que es aquí donde llega el vino después de las 3 filtraciones. Tienen unos pistones, que funcionan a partir de un circuito neumático, que se elevan para encajar la botella sobre el tapón (boquilla) de llenado. Véase la Ilustración 5. 2º fase del tribloc, Stratus.



Ilustración 5. 2º fase del tribloc, Stratus

Una vez finalizado el llenado, la botella es transportada desde este proceso al proceso del encorchador, donde antes de entrar a esta fase hay un sensor que avisa que ha salido una botella del llenado para preparar el corcho hasta que llegue la botella. En esta misma fase, antes de introducir el corcho se hace un pequeño vacío mediante una bomba de vacío y en el ese mismo momento se introduce el corcho. Véase la Ilustración 6. 3º fase del tribloc, Stratus. También hay una fotocélula que detecta que hay corcho en la máquina para ser insertado.



Ilustración 6. 3º fase del tribloc, Stratus

Después de esta fase, ya a la salida del tribloc, nos encontramos un par de sensores fotoeléctricos que realizan la misma función que los que se encuentran a la entrada del tribloc. También cabe decir que el sensor de presencia funciona como un conteo de las botellas que entran y salen de la máquina.

Luego pasa a un secadero de la botella a unos 35º centígrados para que no haya problema en el etiquetado posteriormente. Véase la Ilustración 7. Secador, Stratus.



Ilustración 7. Secador, Stratus

Luego del secado pasa a la etiquetadora, podemos encontrar un sensor a la entrada que detecta y cuenta las botellas que entran a la misma etiquetadora y otro a la salida, que está dividida en 4 fases, collarines, principal delantera, consejo regulador, trasera. Los etiquetados van por sensores que determinan cuanta etiqueta pasa y hasta donde tiene que pasar la etiqueta, es decir un sensor que determina la longitud de etiqueta que ha de pasar y la que ha pasado para el corte y el centrado de la misma en la botella. El centrado se ajusta de forma automática pero también puede ser ajustado manualmente. En la cinta transportadora que conecta la etiquetadora al encajonado encontramos otro sensor de acumulación, cuya función es parar la línea si alguna botella se queda atrapada en la cinta.

Al llegar al encajonado la línea donde se encuentran las botellas se dividen en 2. Antes de que las botellas ocupen una de estas dos líneas son detenidas mediante un freno neumático, el cual solo deja pasar 4 botellas a cada una de las dos líneas. Cuando ambas líneas están llenas la máquina del encajonado se pone en marcha e introduce las botellas en una caja ya formada por la propia máquina. Antes de la bifurcación a las dos líneas podemos encontrar sensores de conteo y de detección de presencias que son los que permiten introducir las 4 botellas en cada línea y el cambio

de línea cuando detecta que una está llena. Véase la Ilustración 8. Encajonadora, Stratus. Cuando las botellas son introducidas en las cajas, un sensor da la señal de que estas están dentro y manda una señal para que los manguitos que han cogido a las botellas mediante un circuito de aire comprimido se desinflen.



Ilustración 8. Encajonadora, Stratus

Por otra parte, tienen otra maquinaria que es la que prepara las cajas mediante ventosas la cogen y cierran uno de los lados y le dan la forma, luego va pasando hasta que se les introducen las botellas y vuelve a cerrar la caja y pasan ya al final que es donde serán recogidas. Véase la Ilustración 9. Formadora de cajas, Stratus.



Ilustración 9. Formadora de cajas, Stratus

4.1.3. *Maro teórico*

4.1.3.1. *El vino y la vinificación*

El vino es aquella sustancia líquida obtenida del mosto de la uva una vez se haya realizado la fermentación.

Nos podemos encontrar tres procesos de vinificación, dependiendo del tipo de uva:

- Vinificación en blanco
- Vinificación en tinto
- Vinificación en rosado

La vinificación abarca todo el proceso desde la recepción de la uva hasta la obtención del vino. En este proceso podemos encontrar las siguientes etapas, en general ya que entre los 3 tipos de vinificación hay pequeñas distinciones:

- Recolección de la uva, en esta etapa es donde se recolecta la uva y se es transportada hacia la bodega para su próximo proceso.
- Recepción de la uva
- Despalillado, desprender el palillo de la uva de esta misma
- Estrujado, desprender la pulpa
- Ecurrado, separación del mosto. Podemos encontrar escurrado estático o escurrado mecánico o dinámico
- Tratamientos del mosto. Se divide en las siguientes etapas: sulfitado, acidificación, enzimas pectolíticos, desfangado estático o dinámico y con clarificantes.
- Fermentación
- Conservación. Se realizan trasiegos periódicos y controles de sustancias químicas propias del vino.
- Clarificación. Sigue las siguientes etapas: adición de sustancias, floculación de la proteína y sedimentación.
- Estabilización tartárica
- Filtración
- Envejecimiento o embotellado

La vinificación en blanco no posee despalillado, entre el escurrado y el tratamiento al mosto se encuentra un proceso de prensado, y todas las demás etapas siguen el mismo proceso.

La vinificación del vino tinto posee el escurrido después de la fermentación, en cambio donde la fermentación se produce también la maceración, después del escurrido se realiza el prensado y de nuevo otra fermentación, pero de tipo meloláctica. Después de esta etapa se realiza el trasiego, la clarificación y desde la estabilización se lleva una parte a crianza y otra directa a la filtración, y por último el embotellado.

La vinificación en rosado lleva el mismo proceso que el vino tinto, pero con ligeros cambios debido a que es una extracción parcial de las uvas tintas. Es decir, las etapas, por ejemplo, posterior al tratamiento del mosto viene la maceración, luego el escurrido, en donde partes de las uvas van al prensado y luego a la fermentación, y otra parte es transportada directamente a la fermentación. Luego de la fermentación pasan por la fermentación maloláctica y trasiego, y otra va directa a la clarificación, y desde ese punto todo el proceso es el mismo.

4.1.3.2. *El vidrio de las botellas*

El vidrio es un tipo de material, cuyas características más generales son las de dureza y fragilidad, también son sustancias translúcidas. Puede adquirir diversas formas dependiendo a la temperatura a la que se encuentre, por ejemplo, a unos 1000°C el vidrio se encuentra en estado líquido, sin embargo, a unos 400°C, aproximadamente, podemos darle diversas formas mediante varios procedimientos, es decir moldearlo.

Mediante otro procedimiento se puede añadir diversas características al vidrio, como por ejemplo 'teñirlo' mediante aditivos, o incluso reducir su índice de translucido mediante decolorantes u opacificantes.

Por otro lado, la fabricación de las botellas de vidrio sigue el siguiente proceso:

1. Recepción, clasificación y almacenamiento de la materia prima
2. Dosificación y pesaje de las sustancias para formar el vidrio
3. Combinación de estas sustancias
4. Acondicionado y fusión del vidrio. Este proceso se realiza introduciendo la mezcla de materia prima en hornos que pueden alcanzar una temperatura de entre 1300°C y 1700°C. El proceso suele durar aproximadamente 1 día desde la recepción de estas. A la salida, por unos caminos de distribución denominados feeders, obtenemos vidrio fundido. Donde dependiendo del peso de este, mediante unos mecheros de gas, se mantiene la temperatura para las posteriores etapas.
5. Formación de "gotas". En esta etapa, nos encontramos en los canales de salida del horno, donde el vidrio es mantenido a la temperatura deseada para ser cortado mediante un sistema de corte automatizado, este corte es el que origina las "gotas" de vidrio, véase la Ilustración 10. Gotas de vidrio.. Estas mismas son transportadas a otros canales que las conducirán a la etapa de fabricación.



Ilustración 10. Gotas de vidrio.

6. Moldeo del vidrio:

Primeramente, se emplea un premolde, que posteriormente será desechado, donde se introduce la gota de vidrio. Como este molde se cierra mediante un molde de boca, que lo que hace es no dejar escapar el vidrio fundido del interior y que además conforma el cuello de la botella. Por otro lado, también crea que orificio por donde poder insertar el aire comprimido para que de esta forma generar una burbuja de aire desde el interior de la gota.

Al desechar ya el premolde, el vidrio ya preconformado está sujeto al molde de boca. Ahora se introduce en el molde de terminación para el cuerpo y el fondo, donde nuevamente se introduce aire comprimido. En esta etapa ya se forma la botella de vidrio.

Y ya, por último, se deja enfriar y se desecha el molde de boca y terminación. Véase Ilustración 11. Moldeo de la gota de vidrio, para visualizar de forma esquemática lo explicado.

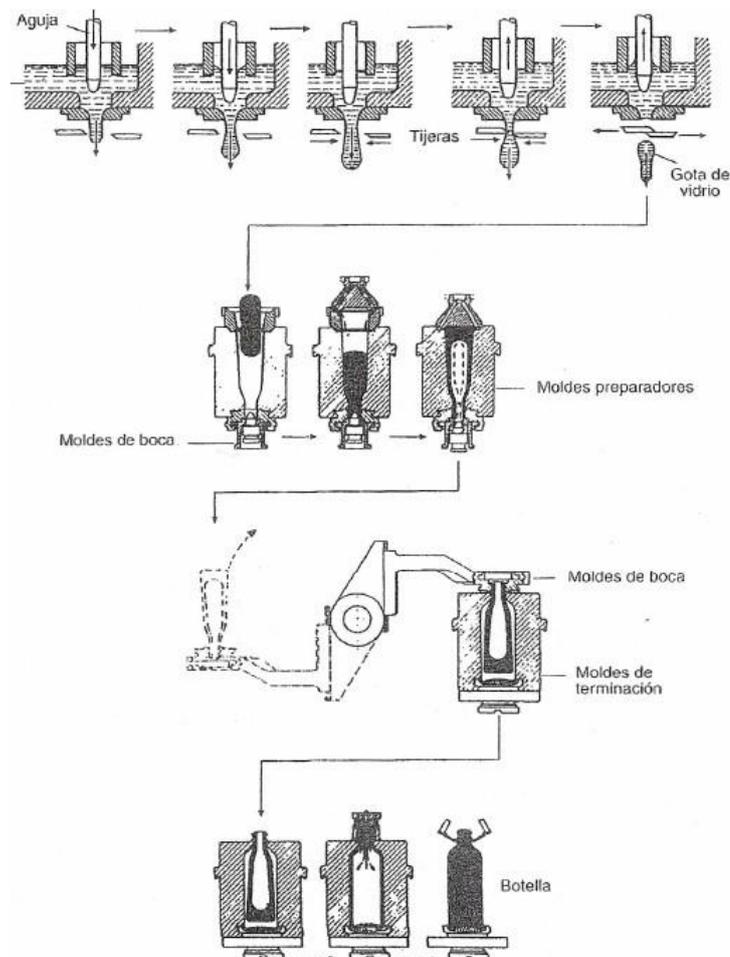


Ilustración 11. Moldeo de la gota de vidrio

7. [11] Después del moldeo, una vez que se obtenga la botella de vidrio, se realiza un tratamiento superficial a unos 550°C aproximadamente, con óxido metálico o cloruro de estaño para aumentar la dureza del vidrio.
8. Recocido. Para evitar roturas durante el enfriamiento, se emplea el recocido que consiste en realizar un enfriamiento homogéneo sobre las botellas de vidrio para evitar estos tipos de inconvenientes.
9. Y ya por último se encuentra el control de calidad, el paletizado, retractilado y expedición de estas.

Podemos visualizar, en modo de resumen, la Ilustración 12. Fabricación de las botellas de vidrio para ver etapas de forma simplificada.

Como ya se dijo, el vidrio es una sustancia incolora y hay que añadir ciertos aditivos para generar un color sobre el mismo. Según el tipo de vino se emplean unos colores u otros. Para los vinos blancos y rosados se emplea el vidrio blanco, para los vinos tintos el verde oscuro o esmeralda, para determinados vinos el ámbar o topacio y para vinos generoso el negro o topacio oscuro.

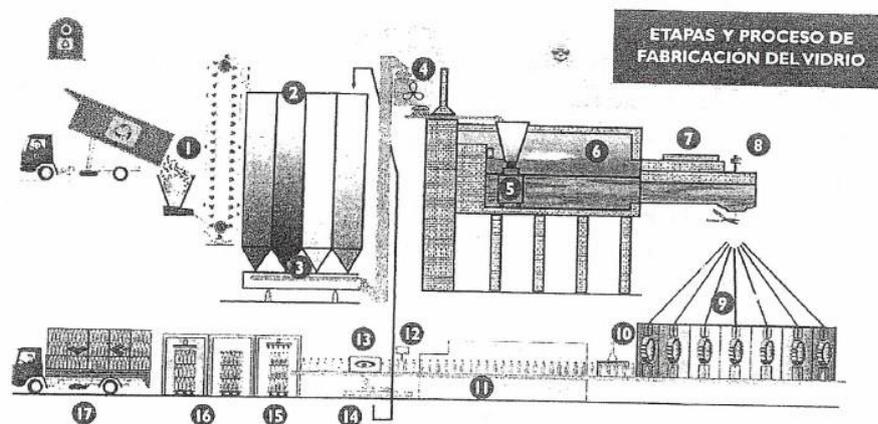


Fig. 2: Esquema general de la fabricación de las botellas.

- | | |
|--|--|
| 1. Recepción y control de materias primas. | 10. Tratamiento superficial en caliente. |
| 2. Almacenamiento de materias primas. | 11. Recocido de las botellas. |
| 3. Dosificación y pesaje. | 12. Tratamiento superficial en frío. |
| 4. Mezcla. | 13. Control de calidad. |
| 5. Alimentación al horno de fusión. | 14. Rechazo. |
| 6. Fusión y acondicionamiento del vidrio. | 15. Paletizado. |
| 7. Regulación de temperatura. | 16. Fundas protectoras y retractilado. |
| 8. Formación de las gotas. | 17. Almacenamiento y expedición. |
| 9. Moldeo. | |

Ilustración 12. Fabricación de las botellas de vidrio

A parte del color del vidrio, también hay diferencias en las bocas que se emplean, que tienen que ver según el sistema de cierre, de la clase de líquido a embotellar o la capsula que la empresa emplea, véase la Ilustración 13. Tipos de bocas:

- Boca para corcho: este tipo de boca es la más estandarizada

- Boca Oporto: vinos generosos
- Boca para tapón cabezudo
- Boca cuadrada y de corona, generalmente para vinos espumosos o carbónicos
- Boca de rosca

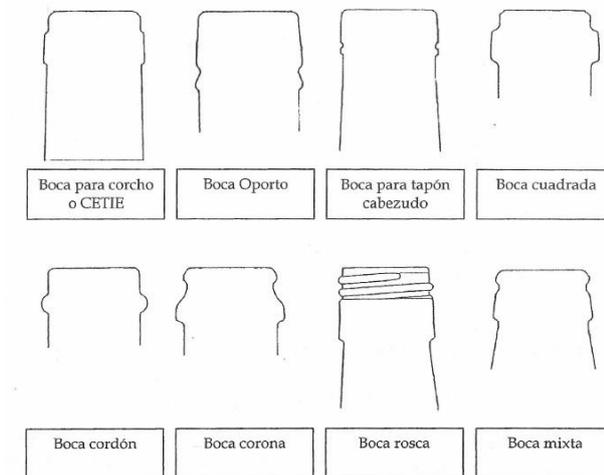


Ilustración 13. Tipos de bocas

4.1.3.3. Tapón de corcho de las botellas vidrio de vino

El corcho del tapón de las botellas de vidrio suele obtenerse del Alcornoque mediterráneo, un árbol originario de Europa y del norte de África. Podemos apreciar, aproximadamente, las localizaciones donde se encuentra este árbol en la Ilustración 14. Localización del Alcornoque. El corcho se obtiene de su gruesa corteza que puede llegar hasta un espesor de 15cm, aparte entre sus características es ligero y esponjoso.

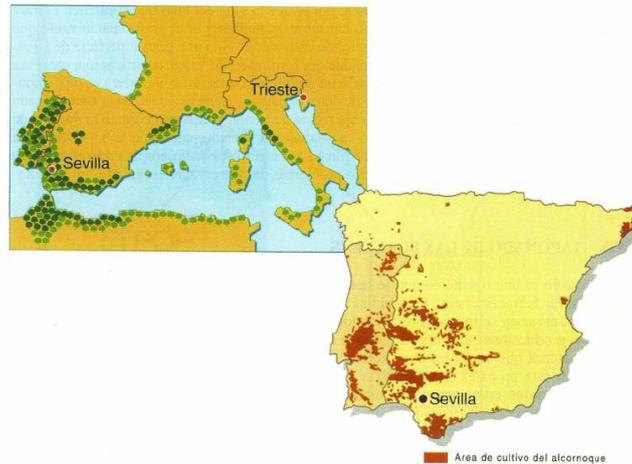


Ilustración 14. Localización del Alcornoque

El proceso de fabricación del tapón de corcho para las botellas de vidrio de vino sigue las siguientes etapas:

1. Primeramente, hay que realizar un descortezado del tronco para obtener de esta forma la corteza, que posteriormente se emplea para la formación del tapón de corcho. Cuando el árbol posee unos 20 años, se extrae la primera capa de corteza y se desecha debido a que esta primera extracción de corteza genera un corcho de mala calidad, es entonces que se deja 11 años más, aproximadamente, hasta la siguiente extracción de la corteza. Que en este caso si se emplea.
2. Posteriormente se consiguen hacer planchas mediante esta corteza obtenido, su espesor varía según la edad y la calidad de la corteza. Este rango oscila entre los 30 y 80 mm.
3. La siguiente etapa es la de maduración, donde ya obtenidas dichas planchas se dejan en el exterior durante 1 o 2 años.
4. [11] Una vez pasado este tiempo de maduración, se cuecen las planchas con agua para eliminar defectos de estas, como pequeños organismos. También para dotarlas con mayor elasticidad, posteriormente se recortan y se calibran.

5. Se almacenan en el exterior o en una zona habilitada para extraer la humedad que posean durante medio mes, aproximadamente.
6. La clasificación de estas planchas se basa según su espesor y calidad. Una vez realizada esta etapa se almacenan y se envían a la fábrica para la obtención del corcho.
7. [11] Una vez que la fábrica reciba las planchas de corteza las almacena para eliminar posibles microorganismos y desinfectarlas completamente. Posteriormente son cortadas en tiras con la altura que va a poseer el tapón, y después son taladradas con el diámetro estándar, que es 24 ± 4 mm.
8. Posteriormente se clasifican los corchos según la calidad de este, esto se basa según la cantidad de lenticelas. Las lenticelas son aquellos diminutos orificios que pueden llegar a generar, por ejemplo, moho en un futuro. Cuanto mayor sea este número de orificio peor será el corcho.
9. Una vez clasificación, se lavan para su esterilizado empleando determinados compuestos químicos.
10. En algunos casos, algunos tapones de corchos suelen ser marcados, es decir se realiza algún tipo de símbolo o dibujo para representar a la marca que haya encargado los tapones si así lo solicita.
11. Y ya, por último, se someten a tratamientos superficiales para reducir el coeficiente de fricción a la hora de introducirlo en la botella de vidrio, posteriormente se realiza un control de calidad, y ya un envasado y exportación.

El corcho posee buenas propiedades físicas: elástico, ligero, totalmente impermeable, puede ser comprimido sin llegar a la rotura y puede llegar hasta un 80% del volumen inicial. Buena capacidad de adherencia. Ausencia de sabor en contacto con el vino y además es 100% natural.

Tipos de tapones de corcho:

- Tapón de corcho natural. Este tapón se obtiene mediante el proceso de fabricación que anteriormente se ha expuesto.
- Colmatado. También es un tapón de corcho natural, pero la diferencia es la de emplear la técnica del colmatado para rellenar aquellos pequeños orificios denominados [11] lenticelas mediante una mezcla de cola y polvo de corcho.
- De dos piezas. Estos tapones se consiguen mediante dos planchas que no poseían las características necesarias por sí solas, es decir, se usan dos planchas de bajas características para formar un tapón de corcho.



- Aglomerados. Estos se obtienen de los restos en el troquelado de la obtención de los corchos naturales.

Podemos llegar a encontrar tres problemas relacionados con el tapón del corcho.

El primer problema que nos encontramos, que afecta a un pequeño porcentaje de los tapones de corcho, es el caso del "sabor a corcho" en el vino. Esto se produce debido a una pequeña bacteria, o mejor dicho un pequeño hongo.

Por otro lado, [11] podemos llegar a encontrar una acumulación de polvo, microorganismos o hendiduras en los corchos debido a que la corteza del árbol habría podido sufrir ciertas enfermedades, que llegan a afectar a la porosidad de la misma.

Y, por último, el corcho puede llegar a producir turbideces en el vino debido a ciertos aspectos químicos.

4.1.3.4. *Proceso de embotellado*

El proceso de embotellado generalmente consiste en el llenado de una botella de vidrio para vino según normativa, puesta del tapón de corcho y de su etiquetado en base a la normativa vigente.

En este proceso es donde actúa la línea de embotellado que está constituida por diferentes etapas. Principalmente una línea de embotellado debe de poseer las siguientes etapas, pudiendo añadir otras etapas diferentes:

- **Limpieza de botellas.**
- **Llenado**
- **Encorchado**
- **Encapsulado**
- **Secado**, es la encargada de secar el exterior de la botella a unos 35°C centígrados secar la superficie de la botella para el etiquetado.
- **Etiquetado**, es la encargada de realizar el etiquetado sobre la botella. Normalmente se colocan las etiquetas de los collarines, la principal delantera, el consejo regulador y la etiqueta trasera.

Estas son las etapas más normales en una línea de embotellado, a estas mismas se les puede añadir por ejemplo una recepción de la botella de vino automatizada como por ejemplo una despaletizadora que se encarga de recoger las botellas de vino, que un operario deposita en la máquina, y transportarlas a una cinta transportadora en dirección a la limpieza de botellas. También se pueden añadir una encajonadora al después del etiquetado, que se encarga de introducir botellas de vino ya terminadas en cajas.

4.1.3.4.1. *Limpieza de botellas*

En este proceso, las botellas de vidrio de vino nuevas son introducidas en una maquina cuya función es las de enjuagar y escurrir las botellas para la limpieza de polvo.

Las botellas nuevas procedentes de la fábrica ya suelen estar totalmente esterilizadas, sin embargo, entre el trayecto hasta la recepción en la bodega se habrán podido contaminar. Es por ello por lo que antes del llenado de estas son enjuagadas mediante un chorro a presión de agua primeramente con agua sulfitada y posteriormente con agua esterilizada, y posteriormente escurridas.

Normalmente los ciclos de lavado son los siguientes:

- Un primer enjuague con agua
- Posteriormente mediante una solución de sosa en caliente
- Enjuague con agua a una temperatura de 70°C
- Y ya, por último, otro enjuague con agua a temperatura ambiente (20°C).

Una vez terminado el ciclo de lavado, viene el ciclo del escurrido que es donde se dejan escurrir aproximadamente 20 segundos.

[11] Esta etapa posee distintos depósitos donde albergan las diferentes soluciones de agua para no estar mezclándolas entre ellas. También posee electroválvulas de suministro con control de temperatura.

Mediante el primer enjuague eliminamos las impurezas más gruesas como por ejemplo el polvo, con la segunda disolución de sosa conseguimos esterilizar la botella de vidrio. Con el tercer enjuague eliminamos la disolución anterior de la propia botella y ya por último se enjuaga con agua a temperatura ambiente para no dañar el vino cuando se introduzca en la botella ya que este viene a temperatura ambiente.

4.1.3.4.2. Llenado

Este proceso consiste en introducir el vino, después de que haya pasado por 3 filtraciones, [12] acompañado de una atmosfera de nitrógeno o gas carbónico para impedir la leve oxidación durante todo el trayecto hasta su llenado.

En esta etapa también hay que tener en cuenta que el vino se debe introducir a cierto nivel en la botella de vino para dejar un determinado espacio en vacío que permita la dilatación del propio vino a la hora de introducir el tapón del corcho.

Toda máquina llenadora posee tres partes:

Una parte donde se encuentra el depósito, normalmente en la posición superior de la máquina, que es donde se aloja el líquido a insertar en las botellas de vidrio. Este proceso suele hacerse por acción de la gravedad, por presión o vacío en las botellas.

Otra parte es el sistema formado en las maquinas autónomas o semiautomáticas para la circulación de las botellas, estas suelen ser depositadas sobre una base formada por un pistón en una base giratoria.

Y ya la última parte es el sistema de llenado, es decir, esto puede estar formado por un conjunto de grifos o más comúnmente por boquillas. En las llenadoras manuales están colocadas en línea, sin embargo, en las automáticas o semi, están colocadas en circunferencia.

• TIPOS DE LLENADO

- **Llenadora por sifón:** se basan en el principio físico del mismo. Entre sus ventajas podemos destacar que consigue transportar el vino hacia dentro de la botella con un ritmo lento y constante por el cual consigue no producir ningún tipo de turbulencia o turbidez sobre el vino, y, además, gracias al dióxido de carbono se genera una capa protectora sobre la superficie interior de la botella. La desventaja es la carencia de precisión en la altura del líquido dentro de la botella.
- **Mediante vacío o presión diferencial:** en este tipo de llenadoras podemos apreciar un flujo lento y constante del vino por el cual genera poca turbulencia, en este caso si se posee la precisión necesaria para la altura del vino en el interior de la botella. [11] Como la anterior, es fácil de esterilizar y limpiar. Sin embargo, no son capaces de prevenir la absorción del oxígeno y además no pueden ser empleadas para los vinos espumosos. Son difíciles de limpiar, pero al menos evitan el goteo.

Este tipo de llenadoras, mediante vacío o presión diferencial consisten en generar vacío en el interior de la botella una vez que esta esté unida con la boquilla, no obstante, se debe de crear una total estanqueidad o hermeticidad entre botella y boquilla para que no se genere ningún tipo de fuga a la hora de generar el vacío en el interior. Una vez generado la diferencia de presión entre el interior de la botella y la presión atmosférica que se encuentra en el depósito del líquido hace que este sea transportado o insertado en el interior de la botella de vidrio.

- **A presión constante:** este tipo de llenado mantiene la misma presión en el interior de la botella que en el depósito, y durante toda la trayectoria y recorrido del vino hasta que se encuentra en el interior de la botella. No obstante, antes de introducir el vino en el interior de la botella debe de existir una hermeticidad completa cuando la botella se engancha a la boquilla de llenado, y también cuando se ha realizado un vacío en la misma e insertado un gas inerte a la misma presión que se encuentra el depósito.
- **Volumétricas:** estas se encargan de rellenar las botellas mediante un volumen ya determinado, sin embargo, no son muy precisas a la hora de la altura del vino en la botella ya que poseen un margen de error del 2%.
- **Isobarométrica:** estas poseen el mismo funcionamiento que las llenadoras a presión constante, es más, se puede decir que es un tipo de llenadora a presión constante ya que como la misma se encarga de mantener durante todo el proceso de llenado la presión a un determinado nivel sin variar. En este caso nos podemos encontrar de tipo por gravedad, por depresión y por contrapresión.

La del tipo por gravedad es aquella que el depósito se mantiene sobre las boquillas de llenado y se introduce mediante la acción de la gravedad. La llenadora por depresión es aquella que funciona por debajo de la presión atmosférica, y la llenadora por contrapresión es aquella que funciona a una presión superior a la atmosférica, solo que tiene que descomprimir la botella al final de su proceso.

Para evitar la disolución del oxígeno en el líquido, es decir en el vino, mediante el llenado es preferible emplear un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno debido a su índice reducido de solubilidad. [11] No obstante si se emplea gas carbónico lo ideal es emplear una llenadora isobarométrica.

• BOQUILLAS

Las boquillas de llenado son aquellas que se encuentran entre la botella de vidrio y el depósito donde se alberga el vino. Estas deben ser de acero inoxidable, además

de que deben de no producir turbulencias durante el llenado, así como emulsiones. También deben dejar que el líquido circule por las paredes de la botella.

Por otro lado, deben ser elementos con buena facilidad a la hora de limpiar y además deben de poseer una correcta estanqueidad o hermeticidad a la hora de engancharse con la botella de vidrio para su consiguiente llenado.

• NIVEL DE LLENADO

El nivel de embotellado hay que tenerlo bastante en cuenta debido a que hay que respetar el volumen expuesto en la etiqueta y a parte hay que tener en cuenta las dilataciones que se producen en el vino debido a la variación de temperatura, tal como las contracciones de este también. Por esto mismo, existen plantillas reguladas donde aparece el espacio vacío que se debe de dejar antes de introducir el tapón de corcho. Como podemos observar el espacio vacío que se debe dejar para una botella tipo borgoña y otra bordelesa en la Ilustración 15. Plantilla de espacio vacío.

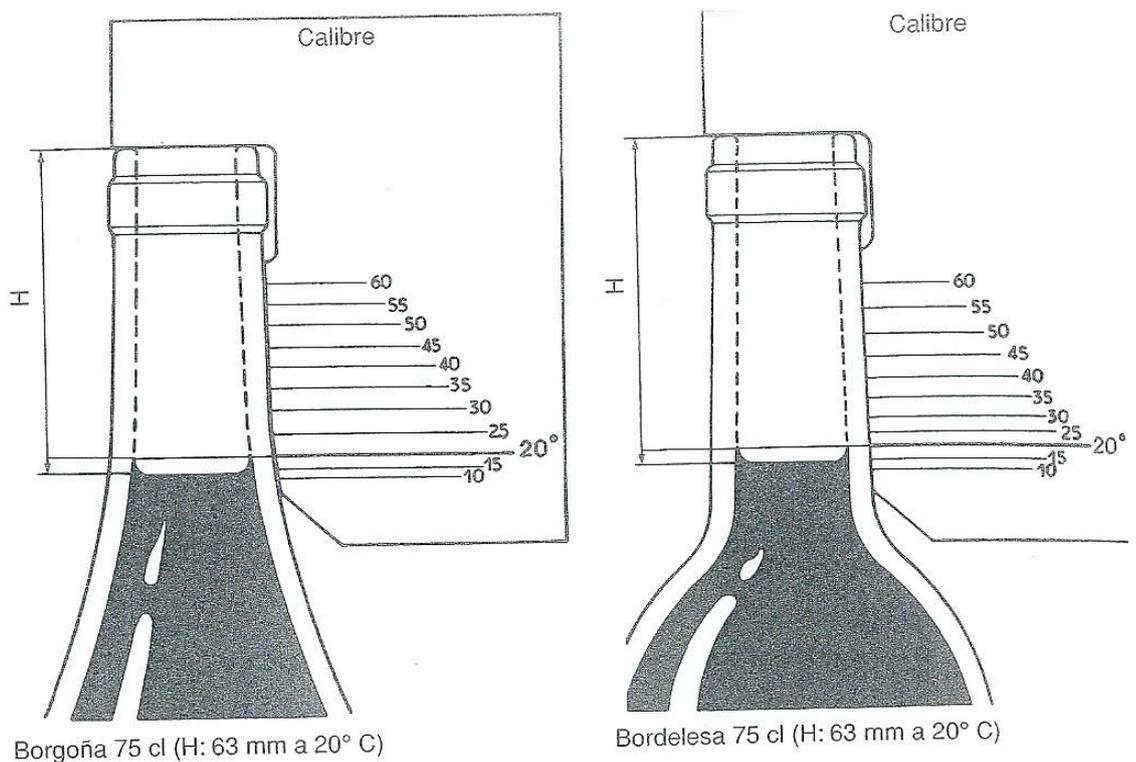


Ilustración 15. Plantilla de espacio vacío

Estos espacios son para evitar los problemas que puede ocasionar una subida de temperatura, como pueden ser por ejemplo que el tapón de corcho salga "disparado" debido al incremento de presión en el interior o que parte del líquido se filtre por el corcho. O por otro lado si disminuye la temperatura puede llegar a generar una disminución de la presión produciendo una fuerza sobre el tapón de corcho hacia el interior de la botella de vidrio.



Para ello hay que tener bastante en cuenta las condiciones de embotellado del vino para reducir en gran medida los problemas que pueden llegar a ocasionar. Por estas razones el vino debe presentar las siguientes estabilidades: [11] tartárica y estabilidad frente a las quiebras metálicas en toda clase o tipo de vino, para vinos tintos únicamente estabilidad para soportar las precipitaciones de materia colorante y en los blancos estabilidad proteica.

Por último, cabe decir que el embotellado, es decir la temperatura del vino en el proceso de inserción a la botella de vidrio debe rondar los 20°C como máximo y como mínimo unos 15°C.

4.1.3.4.3. Encorchado

Esta etapa consiste en la de introducir el tapón de corcho o de otro material, ya que existen sintéticos, en la botella de vino justo después del llenado. Además de introducirlo debe quedar perfectamente estanco y dejando una burbuja de aire entre el tapón de corcho y el vino.

Generalmente el taponado con corcho sigue las siguientes dos fases:

Primeramente se realiza una compresión del propio tapón justo en el momento en el que debe ser introducido en el gollete de la botella y [11] a parte se debe de realizar un cálculo de la fuerza o esfuerzo de compresión realizada o ejercida sobre el corcho para que este no pierda la capacidad de compresión. Se suelen emplear mordazas.

Una vez realizada la compresión del corcho se realiza la inserción del tapón del corcho en el gollete de la botella. En este proceso se emplea un pistón que es accionado cuando se vaya ya a introducir el corcho en el gollete, y el tiempo de recorrido y la velocidad deben de estar adecuadamente ajustadas para que el corcho quede correctamente colocado.

La maquinaria que se encarga del encorchado o taponado está constituida por diferentes maquinarias. La primera de ellas es la alimentadora de tapones, es decir la tolva, que es donde se acumula una cierta cantidad de estos y son expulsados mediante un mecanismo hacia las mordazas.

También poseen un mecanismo de posicionamiento y centrado de las propias botellas al llegar al encorchado. Es decir, cuando llega una botella de vidrio de vino mediante una base o banquillo son situadas bajo la mordaza y centrada para que queden perfectamente alineadas a la hora de insertar el tapón.

Y por último los cabezales de taponado. Aquí es donde se realiza la compresión y la inserción del tapón. Cuando se realiza la penetración hay que tener en cuenta que la superficie de arriba del tapón debe quedar perfectamente alineada con la boca de la botella o a 1 o 2 mm de esta.

Si se pretende reducir la presión que se genera dentro de la botella y facilitar la recuperación del corcho se puede taponar mediante gas carbónico o mediante vacío.

El gas carbónico reduce la oxidación del vino, este proceso debe ser realizado justo antes de realizar la penetración del corcho. Para ello se inyecta un chorro de gas carbónico en el interior de la botella y en ese mismo momento se introduce el corcho, reduciendo así la presión que se genera durante el taponado.



Si se realiza el taponado mediante vacío, hay que saber que este caso consigue una notable hermeticidad en comparación a los demás métodos. Este método consiste en emplear una bomba de aspiración o de vacío que lo que hace es eliminar la burbuja de aire que quedaría entre el tapón y el vino, este proceso se realiza mientras se realiza la penetración del tapón.

El taponado mediante corcho puede llegar a producir varios defectos como puede ser una mala colocación de este, filtraciones del líquido por el corcho y además de que pueden realizar modificaciones sobre el sabor del vino si posee microorganismo.

[11] Se pueden emplear otros tipos de tapones que no sea de corcho, estos pueden ser de plástico, metálicos de corona o rosca y tapones de vidrio.

4.1.3.4.4. *Encapsulado*

Esta máquina se coloca justamente después del encorchado, es más puede llegar estar dentro de la máquina de etiquetado siendo la primera etapa. Se encarga de revestir mediante una capsula el cuello y boca de la botella de vidrio. No obstante, se en ciertas líneas de embotellado se coloca justo después del proceso de secado para conseguir un mejor agarre y revestimiento de esta al haber ausencia de cualquier partícula de humedad o agua o vino.

Los tipos de capsulas más empleados pueden ser: [11] capsulas monopiezas de estaño y aluminio, de aluminio complejo multipiezas que se suelen emplear en vinos espumosos y tranquilos, y de plástico retráctil multipiezas, de plástico inyectado monopiezas que se suelen emplear en vinos generosos y dulces.

4.1.3.5. Sensores

Un sensor es un elemento o dispositivo capaz de señalar y detectar una condición de cambio, también cabe decir que un sensor es todo aquel dispositivo que puede transformar una señal de entrada física a una señal de salida eléctrica, que pueden ser por cambio de tensión, de corriente o de resistencia.

Coloquialmente se les denomina sensor, pero realmente se les denomina transductores, ya que un transductor es aquel que está constituido por un elemento sensor que es el encargado de recibir la señal física de entrada, que puede ser temperatura, presión o cualquier otra magnitud física, y transformarla en una señal eléctrica que es conducida a un circuito electrónico acondicionador de la señal, lo podemos visualizar en la Ilustración 16. Transductor.



Ilustración 16. Transductor

Los sensores pueden llegar a ser separados en base al tipo de detección que emplean. Si son sensores que detectan únicamente presencia o ausencia de un objeto físico se les denomina por detección discreta, en cambio, aquellos sensores que son capaces de medir una cantidad física, tal como la temperatura o presión, se les conoce como detección analógica o continua.

Por otro lado, los transductores también pueden ser clasificados de la siguiente forma:

- Según la información: pueden ser según la detección discreta o continua
- Según el tipo de señal: pueden ser digitales o analógicos
- Según el principio físico: pueden ser resistivos, capacitivos, inductivos, piezoeléctrico, piroeléctrico...
- Según la magnitud a medir: pueden ser de temperatura, aceleración, de fuerza, de presión, de peso, de humedad, de distancia...

Los sensores suelen alimentarse entre 10 V y 150 V, no obstante, los más empleados son los de 24V y 48V en la industria. La intensidad máxima de salida que un sensor puede llegar a dar son 150mA, e incluso en algunos de mayor tamaño pueden llegar hasta los 250mA. Hablamos de un sensor "mini" cuando su diámetro es inferior a los 8mm, sin embargo, es un sensor estándar cuando el diámetro de este está en un rango de entre los 10mm y superior a los 22mm.



En la industria nos podemos encontrar sensores tipo Namur, capacitivos, inductivos, fotoeléctricos, encoder (incremental o absoluto), de presión, galgas extensométricas, de temperatura, magnéticos, ultrasónicos, piezoeléctricos, anemómetros y de humedad.

4.1.3.5.1. Características de los sensores

Estas características se pueden clasificar en eléctricas, mecánicas, dinámicas y estáticas

La calibración en un sensor es el ajuste que se realiza en los datos de salida mediante valores previamente conocidos.

- **Características eléctricas:**

Las características eléctricas hacen referencia a las interfaces eléctricas del sensor.

- La salida se puede definir como la señal obtenida en función de la magnitud física medida de entrada.
- Alimentación: señal externa, normalmente eléctrica, que suministra energía al sensor para este pueda ser capaz de activarse.
- Impedancia de entrada: [13] impedancia que presenta el sensor a la fuente de alimentación
- Impedancia de salida: [13] impedancia medida en los terminales de salida del sensor
- Tipos de salida: en relé (Nc o NA), a transistor con colector abierto, a triac.

Las salidas a relé pueden ser PNP o NPN dependiendo de la polaridad, véase la Ilustración 17. Salida en relé.

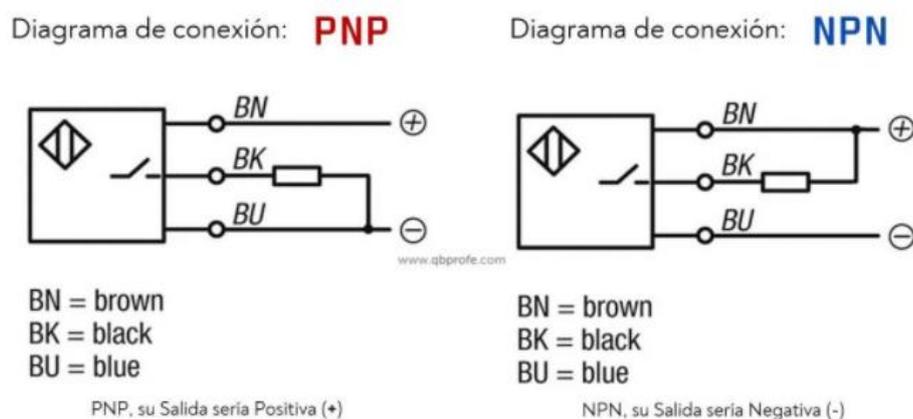


Ilustración 17. Salida en relé

La salida PNP es aquella salida que cuando el sensor detecta presencia introduce en la salida 24V, si el sensor es de 24V claro, o que es lo mismo un 1 en bits, y si lo que detecta es ausencia, es decir que no detecta nada introduce en la señal de salida en bit un 0 o que es lo mismo 0 voltios.

La salida NPN funciona totalmente al contrario que la salida PNP, esta misma salida manda un 1 a la señal de salida cuando detecta ausencia, y si detecta presencia introduce un 0.

Observando también la Ilustración 17. Salida en relé, podemos ver el conexionado a 3 hilos según sea PNP o NPN. Este tipo de conexionado presenta 3 cables, siendo el primero, empezando por la parte de arriba, de color marrón, el del centro de color negro y el de debajo de color azul. El cable de color marrón es el cable que se conecta en la alimentación positiva, que pueden ser los 24V, el cable de color azul es aquel cable que se conecta en tierra, es decir en los 0V y el cable central de color negro es aquel que proporciona la señal de salida NPN o PNP.

Por otro lado, también se encuentran sensores a 4 hilos véase la Ilustración 18. Conexionado a 4 hilos, la única diferencia a los sensores de 3 hilos, aparte de tener un cable más, es que este tipo de sensor o conexionado nos puede proporcionar una salida tipo PNP o NPN. Los cables de los extremos marrón y azul siguen siendo los mismo, en cambio ahora nos encontramos con 2 cables centrales, en este caso uno de color negro y otro de color blanco. El cable de color negro proporciona una señal de salida tipo PNP, en cambio el cable de color blanco una señal de salida NPN.

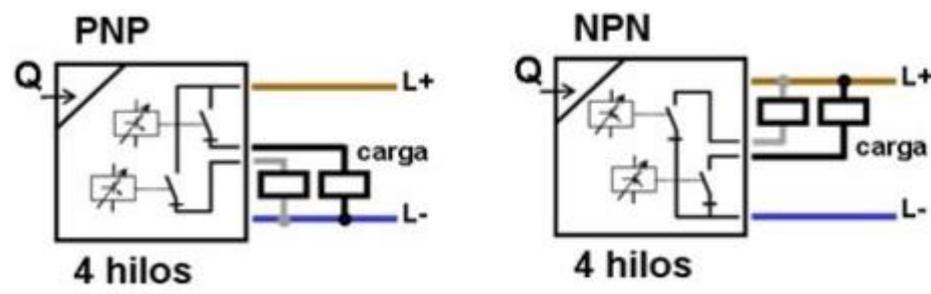


Ilustración 18. Conexionado a 4 hilos

En la siguiente Ilustración 19. Simbología sensores, podemos observar la simbología que se emplea para los sensores inductivo, capacitivo, ultrasonidos y ópticos.

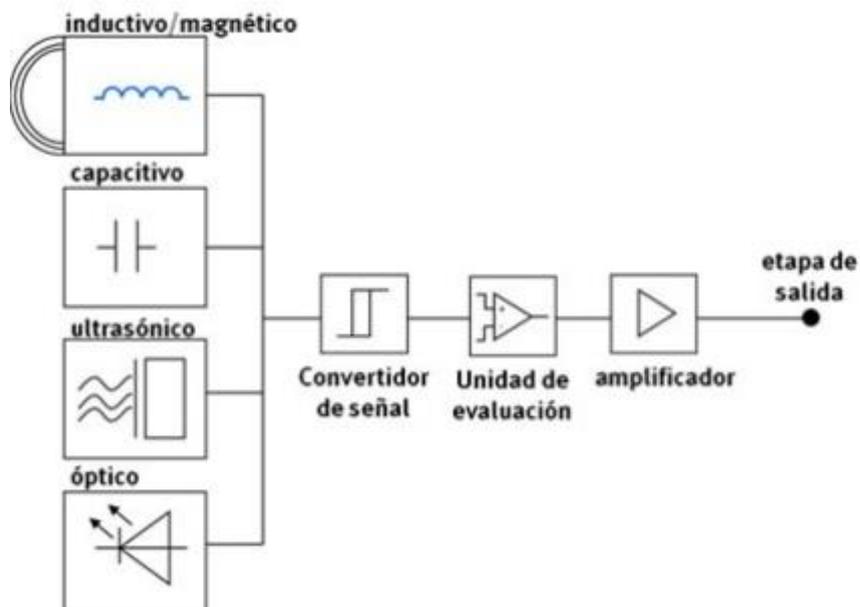


Ilustración 19. Simbología sensores

- **Características mecánicas:**

En estas características se pueden distinguir [13] el peso, la configuración de los sensores tal como las partes eléctricas y mecánicas, y la identificación que se señala mediante una nomenclatura en base a la norma.

- **Características dinámicas:**

Dentro de este apartado podemos distinguir distintos aspectos, entre ellos podemos encontrar el error dinámico y la velocidad de tiempo de respuesta.

El error dinámico son aquellos datos erróneos que el sensor muestra en un lapso corto de tiempo hasta que muestra un dato estable, es decir, es el error producido hasta que se obtiene una respuesta estable.

La velocidad de tiempo de respuesta es el tiempo que tarda un sensor desde que detecta un objeto o mide una cantidad hasta que se produce un cambio en el valor de salida.

- **Características estáticas:**

Estas características son aquellas que nos muestran parámetros, en condiciones de temperatura normales, del sensor.

Entre estas características podemos observar las siguientes:

- La sensibilidad es aquella relación o cociente que existe entre la variación de la señal de salida y la variación de la señal de entrada, véase la Ilustración 20. Sensibilidad sensor.

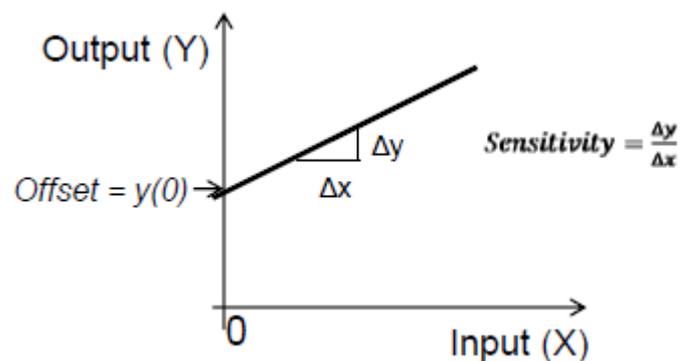


Ilustración 20. Sensibilidad sensor

- La resolución es aquel mínimo cambio que se puede apreciar o detectar en la entrada.
- El umbral [13] es el mínimo valor de entrada que produce una señal de salida no nula.
- La exactitud es el valor que nosotros medimos menos el valor real.



- La precisión es el error de medida máximo esperado
- Repetitividad. La cantidad de repeticiones de los valores obtenidos, es decir, de los valores medidos.
- La linealidad es la proporcionalidad que existe entre las señales de entrada y las de salida.

4.1.3.5.2. Sensores capacitivos

El sensor capacitivo es aquel tipo de sensor capaz de detectar cualquier tipo de material, e incluso puede llegar a detectar líquido, y a través de ciertos materiales.

Estos sensores no requieren contacto directo para llegar a detectar la presencia o incluso ausencia, eso sí, la distancia de detección se encuentra aproximadamente a 2 pulgadas.

El funcionamiento del sensor consiste en la detección de la variación del dieléctrico y de la frecuencia de resonancia cuando un objeto es introducido en el campo eléctrico que generan los condensadores. Véase la Ilustración 21. Campo no homogéneo y homogéneo, aquí podemos observar cómo se forma el campo eléctrico no es homogénea y además la variación de este cuando un material, en este caso conductor, interfiere en dicho campo. Dicha variación es detectada mediante un circuito interno. También no podemos encontrar un campo homogéneo, este se produce cuando las placas de los condensadores están colocadas de forma paralela.

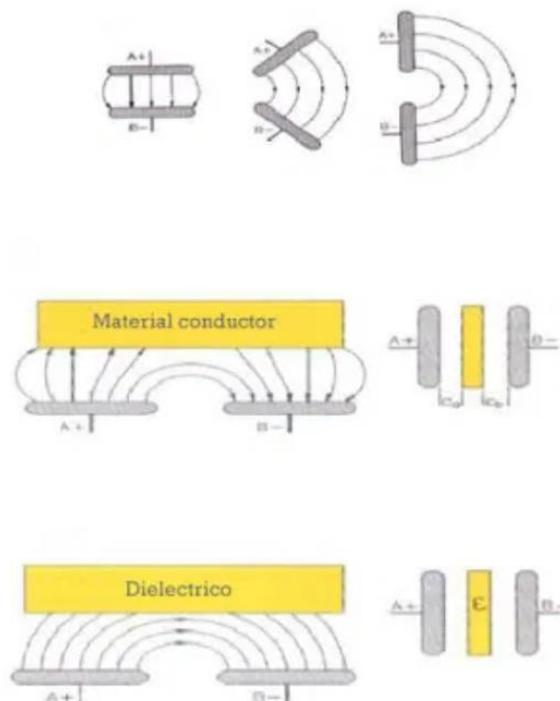


Ilustración 21. Campo no homogéneo y homogéneo

Por otro lado, cabe decir que este tipo de sensor posee una gran sensibilidad ya que es capaz de poder detectar pequeñas variaciones en el campo que se ha explicado anteriormente. Todo esto es gracia a la capacidad que poseen descrita por la siguiente formula:

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

Siendo:

- C: la capacidad
- Q: la carga
- ΔV : la diferencia de potencial entre las placas del condensador

En la Ilustración 22. Detector capacitivo, podemos visualizar el aspecto físico de un sensor capacitivo, [14] así como el diagrama de bloque que lo conforma. La cabeza del sensor posee un par de electrodos, como mínimo, donde se encuentran las placas del condensador. Es ahí donde se genera el campo eléctrico.

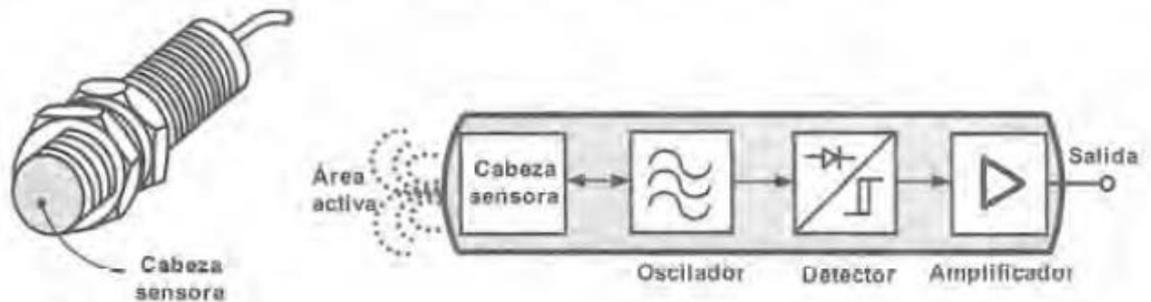


Ilustración 22. Detector capacitivo

Según los conexionados podemos encontrar circuitos con salida NPN o PNP, como podemos visualizarlo en la siguiente Ilustración 23. Conexionado Capacitivo.

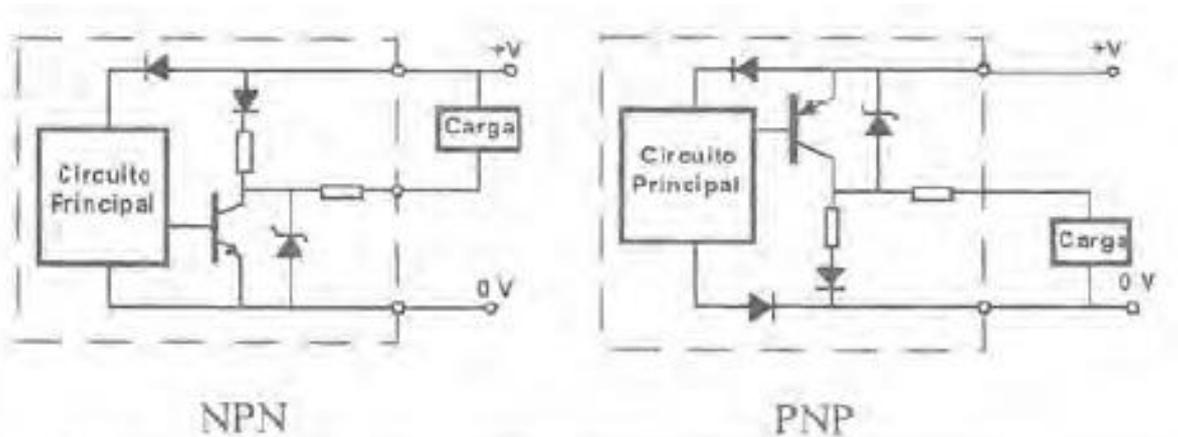


Ilustración 23. Conexionado Capacitivo

4.1.3.5.3. Sensor inductivo

Este tipo de sensor, en comparación con el anterior únicamente es capaz de detectar materiales ferromagnéticos, y como el capacitivo los puede llegar a detectar sin contacto físico.

La distancia de detección de estos sensores ronda los 45 mm aproximadamente. Algunos más u otros menos, todo esto depende de la superficie activa del sensor, es decir, cuanto mayor sea el diámetro de la superficie activa de este podrá detectar a mayor distancia, y si es menor a menos distancia.

Si el sensor capacitivo se basaba en la detección mediante las variaciones dieléctrico, el sensor inductivo es capaz de detectar los metales ferromagnéticos en base a la variación del campo magnético. Es decir, la amplitud de oscilación que encontramos en este sensor llega a su máximo valor si no detecta la presencia de ningún metal, sin embargo, esta misma se va reduciendo hasta quedarse próxima a ser nula cuando se va acercando a un objeto metálico, y cuando esta amplitud es inferior a un determinado nivel entonces el sensor detecta el objeto, véase la Ilustración 24. Funcionamiento inductivo.

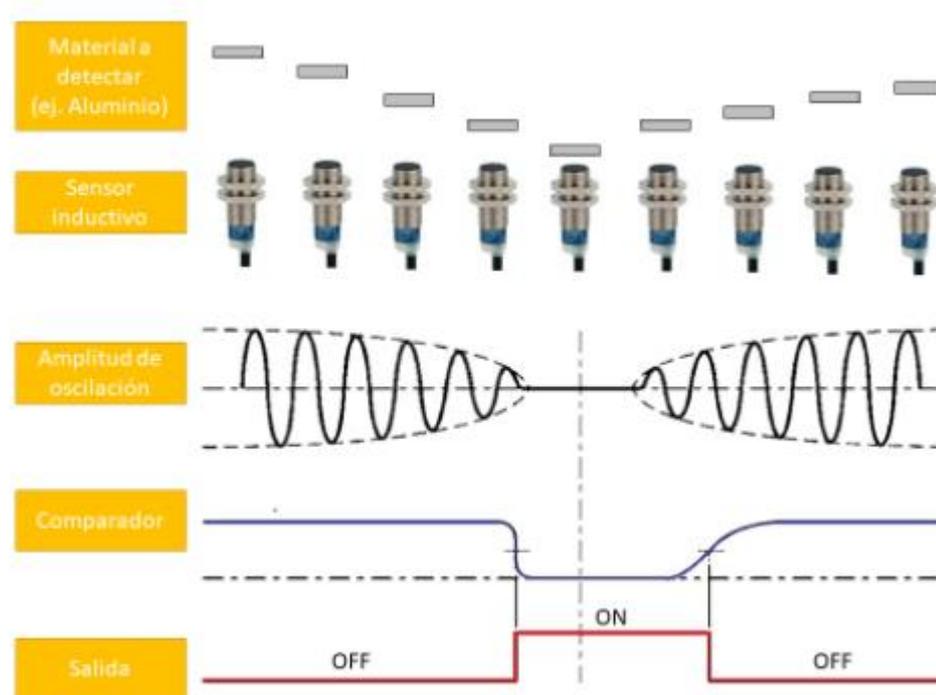


Ilustración 24. Funcionamiento inductivo

El conexionado de estos sensores es similar, por no decir igual, que el conexionado en los sensores capacitivos, en la Ilustración 25. Conexionado inductivo, podemos observar la forma más común de conexionado a 3 hilos de la carga.

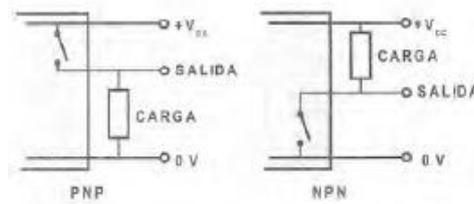


Ilustración 25. Conexión inductivo

Este transductor puede ser empleado para la detección de ruptura de brocas, la detección de presencia de latas de refresco por ejemplo o incluso para detectar el giro de un engranaje empleando dos sensores inductivos.

Para que todos los fabricantes de sensores o transductores facilitasen una tabla estándar con la distancia de detección de los sensores, se ha establecido una banderola estándar como referencia para la obtención de la distancia de detección. Esto sirve tanto para los sensores capacitivos como inductivos.

Esta banderola estándar, véase la Ilustración 26. Banderola estándar, posee un milímetro de espesor, los lados de esta es el diámetro de la superficie activa del sensor que se vaya a obtener la distancia de detección, y además esta banderola está compuesta de hierro 360. De este modo, cada fabricante posee la misma pieza de referencia para hallar la distancia de detección de sus sensores. Las características de esta banderola las podemos encontrar en la norma ISO 630:2012.

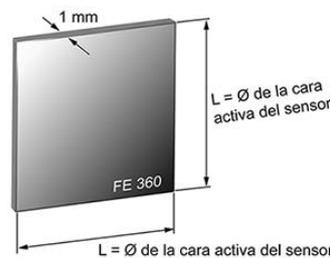


Ilustración 26. Banderola estándar

Por otro lado, si se quiere saber la distancia de detección respecto a otros materiales se emplea una tabla de reducción que la podemos visualizar en la Ilustración 27. Factores de reducción, y emplear la siguiente fórmula:

$$\text{DISTANCIA REAL} = \text{DISTANCIA NOMINAL} * \text{FACTOR REDUCCIÓN}$$

Metal	FE360	St37	CrNi	V2A	V4A	Ms	Al	Cu	Au
Factor	1	1	0,85	0,75	0,7	0,45	0,4	0,3	0,24

Ilustración 27. Factores de reducción

No obstante, esta tabla es orientativa, ya que cada fabricante posee las suyas propias ya además con una gran variedad de materiales.

4.1.3.5.4. Final de carrera

Realmente no es un tipo de sensor, es un interruptor mecánico. Este es capaz de detectar presencia, ausencia, paso y posicionamiento. La diferencia con un sensor es que la detección, es decir la señal de entrada es un movimiento mecánico, véase la Ilustración 28. Funcionamiento, en vez de una magnitud física, por ejemplo. Es decir, el final de carrera transforma un movimiento mecánico en una señal eléctrica.

Cabe destacar que sus componentes mecánicos pueden llevar a errores de detección, además no se pueden emplear para todas las aplicaciones. No obstante, posee una carcasa robusta, son fáciles de emplear, poseen una gran resistencia a cambios climáticos adversos y por último ausencia de corriente de fuga.

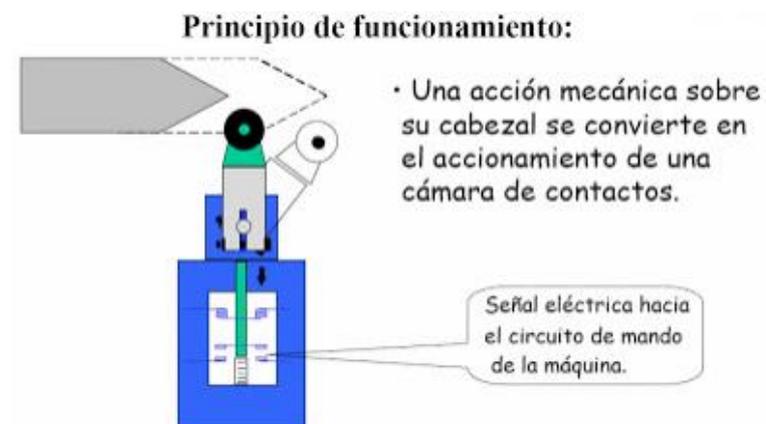


Ilustración 28. Funcionamiento

La desventaja de los finales de carrera es que al emplear contacto físico reduce bastante su vida útil en comparación con los sensores que no necesitan contacto físico para la detección.

Nos podemos encontrar diversos tipos de finales de carrera, pero entre ellos deben de tener como mínimo el actuador, cabeza, bloque de contactos y el de terminales. Entre los diferentes tipos de final de carrera los más destacados son los de palanca, rodillo o resorte.

4.1.3.5.5. Sensores fotoeléctricos

Si la luz incide sobre una superficie pulida los rayos rebotan (reflejan) ordenados y en un determinado ángulo, si la superficie no está pulida estos rebotan desordenados y en cualquier ángulo. Véase la Ilustración 29. Concepto de la reflexión.

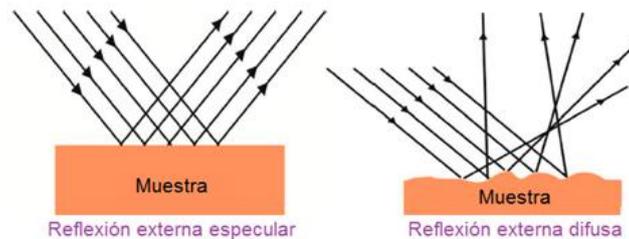


Ilustración 29. Concepto de la reflexión

Existen diversas longitudes de ondas, generalmente las visibles y no visibles por el ojo humano. En los objetos de color blanco se reflejan todas y unas de estas longitudes de onda, sin embargo, las de color negro absorben todas. Los demás colores los podemos apreciar debido a que reflejan determinadas longitudes.

Así que bien, la estructura de estos tipos de sensores se basa en un emisor de luz y un receptor. El emisor es aquel constituido por una fuente luminosa y el receptor es aquel elemento que recibe dicha señal reflejada sobre el objeto. Los receptores pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR.

Los sensores fotoeléctricos pueden estar contruidos, por así decirlo, en tres formas diferentes:

1. Fotocélula de barrera. Está constituido por dos piezas separadas, por un lado, el emisor y por el otro de forma alineada con el emisor el recetor. De tal forma que si un objeto se pone entre ambos elementos interrumpe la señal luminosa y por lo tanto está detectando que existe algo en medio. Véase la Ilustración 30. fotocélula de barrera.

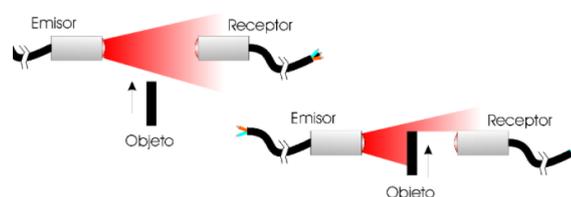


Ilustración 30. fotocélula de barrera

2. Fotocélula reflexiva con espejo. Este caso es similar al anterior, pero con la única diferencia de que el emisor y receptor se encuentran en la misma pieza, y que la forma de enviar la emisión al receptor es por medio de un

Reflector colocado alineado a estos. Véase la Ilustración 31. fotocélula reflexiva con espejo.

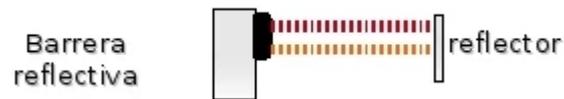


Ilustración 31. fotocélula reflexiva con espejo

3. Fotocélula autorreflexiva. Este tipo de montaje dependen bastante del objeto al cual quieren detectar, ya que funciona exactamente igual que el montaje anterior, pero con la diferencia de que el haz de luz es reflejado sobre el objeto a detectar y no sobre un reflector. Véase la Ilustración 32. fotocélula autorreflexiva

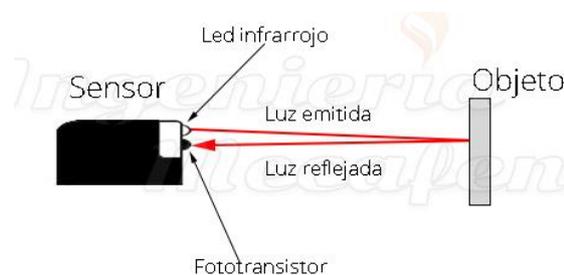


Ilustración 32. fotocélula autorreflexiva

4.1.3.5.6. Sensores de temperatura

Si la luz incide sobre una superficie pulida los rayos rebotan (reflejan) ordenados y en un determinado ángulo, si la superficie no está pulida estos rebotan desordenados y en cualquier ángulo.

Estos tipos de sensores son aquellos capaces de cuantificar la temperatura, es decir, son capaces de medir la magnitud física de la temperatura y transformarla en una señal eléctrica.

Entre estos sensores podemos destacar los: termostatos, termorresistencia, termopares, termistores y pirómetros.

- **Termostato:**

Este tipo de sensor es aquel elemento o dispositivo que abre o cierra un circuito debido a la temperatura, es decir que conmuta en función de las variaciones de temperatura. Puede haber termostatos digitales, de parafina, electrónicos o bimetálicos manual.

- **Termopares:**

Un termopar es aquel sensor que está formado por dos hilos de dos metales diferentes o de diferentes características, unidos por un extremo, véase la Ilustración 33. Esquema termopar. Miden la diferencia de temperatura que existe entre la unión (T1) y la de los extremos (T2). Esto produce una tensión proporcional a su diferencia:

$$V = K(T1 - T2)$$

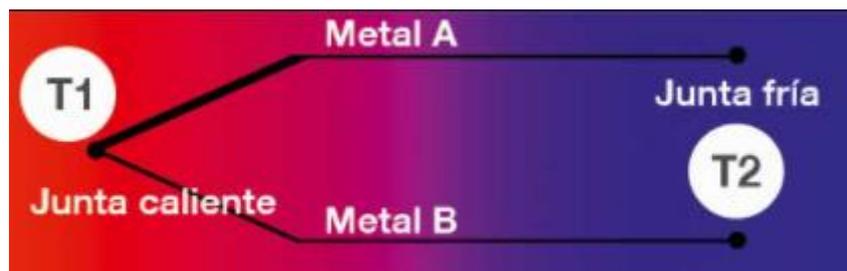


Ilustración 33. Esquema termopar

En su funcionamiento podemos apreciar tres tipos de fenómenos, el efecto Seebeck, Peltier o Thomson. Los termopares más comunes son los de tipo K o J.

Las uniones en los termopares pueden ser a masa, aisladas o expuestas.

- **Termorresistencia:**

Estos tipos de sensores están basados en la variación de resistencia en función de la temperatura. Existen varios tipos de RTD, pero la más empleada es la fabricada

de platino, cuya denominación es PT100, ya que ofrecen muy buena linealidad y estabilidad. Este RTD posee 100 ohmios a una temperatura de 0 grados centígrado.

Un gran porcentaje de estos sensores se pueden encontrar con una estructura de hilo enrollado, de elemento en espiral o de una película fina.

El modelo matemático para la curva de calibración de una RTD, de forma estática es:

$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Donde:

- R_0 es la resistencia a 273 grados kelvin
- ΔT es la variación de temperatura
- Alpha es el coeficiente de temperatura 0.00385

[14] Podemos clasificar las RTD según su forma constructiva, tamaño, características del medio, tipo de metal empleado, valor del R_0 , y precisión.

Si se busca un acondicionador de señal de salida, véase la Ilustración 34. Puente de Wheastone con una PT100, se emplea el puente de Wheastone alimentado con fuentes de tensión o de corriente.

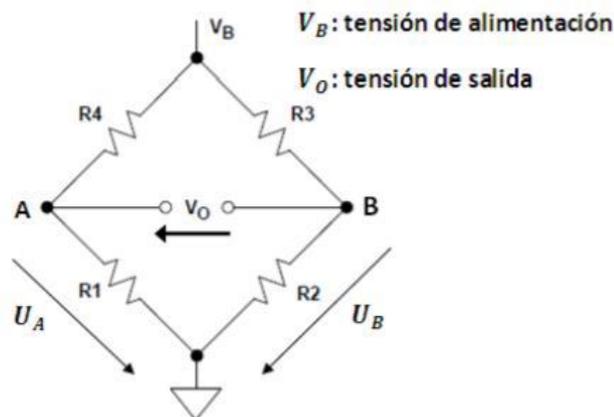


Ilustración 34. Puente de Wheastone con una PT100

Los puentes de Wheatstone poseen una pequeña peculiaridad, la tensión V_0 será cero cuando las resistencias R_4 y R_3 sean iguales, y la resistencia R_1 y el RTD que sería R_2 sean iguales, es decir las dos superiores supongamos que valgan 1 kilo-ohmio, y las dos inferiores sean de 100 ohmios, en este contexto la V_0 sería cero. La V_0 vale 1 cuando las 4 resistencias poseen el mismo valor. Todo esto es muy bonito, pero siempre es sobre el papel, es decir teóricamente, no obstante, en la realidad de forma experimental nunca encontraremos dos resistencias que valgan precisa y exactamente lo mismo.

- **Termistores:**

Un termistor es un tipo de sensor de temperatura por resistencia. Son de un material semiconductor donde su resistencia varía en función a la temperatura aplicada.

Pueden ser de dos tipos: NTC o PTC. [14] Los NTC están compuestos por una mezcla de óxidos metálicos, en cambio el PTC están fabricados con materiales cerámicos policristalinos dopados con impurezas.

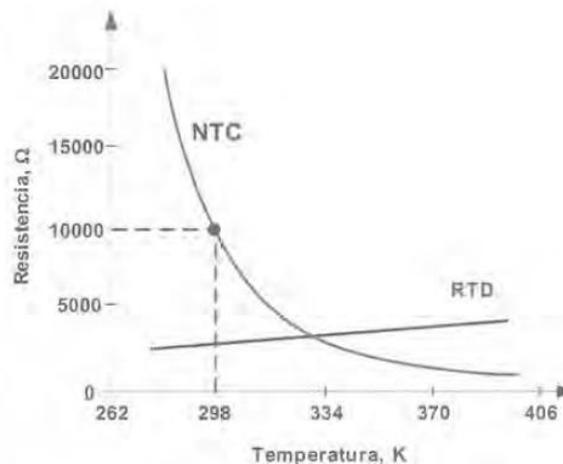


Ilustración 35. Curva termistor NTC

Como puede apreciarse en la Ilustración 35. Curva termistor NTC, un sensor NTC de temperatura la variación de resistividad disminuye en función del aumento de temperatura.

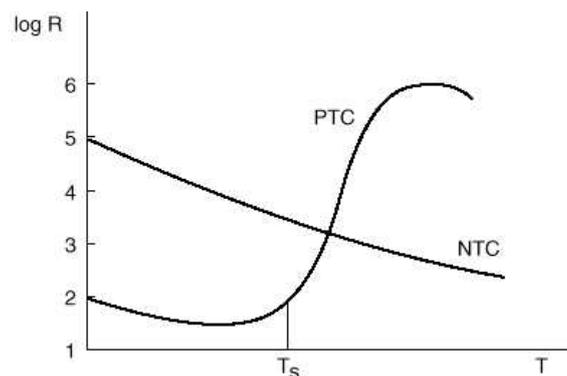


Ilustración 36. Curva termistor PTC

Se puede apreciar en la Ilustración 36. Curva termistor PTC, que la variación de resistencia aumenta en función del aumento de temperatura.

4.1.3.5.7. Sensor ultrasónico

El principio de funcionamiento de estos tipos de sensores se basa en los ultrasonidos. Los ultrasonidos es aquella frecuencia que se encuentra por encima del rango de frecuencia audible por un ser humano. Este rango se encuentra entre los 20Hz y 20KHz.

Como los sensores capacitivos e inductivos, los ultrasónicos pueden detectar sin contacto físico e incluso llegando a una distancia de 8 metros.

Estos sensores están compuestos por un emisor y un receptor, véase la Ilustración 37. Esquema funcionamiento ultrasonido, el emisor es el encargado de emitir un pulso ultrasónico, normalmente el medio por el que se transmite es el aire, aunque también se pueden emplear en el agua. El receptor es el encargado de recibir la señal ultrasónica si esta ha sido rebotada en un objeto. Es decir, cuando el emisor dispara el pulso y este rebota sobre un objeto, el receptor recibe el eco producido convirtiéndolo en señales eléctricas, además es capaz de calcular mediante el tiempo transcurrido desde que se emitió hasta que se recibió la distancia en la que el objeto se encuentra.

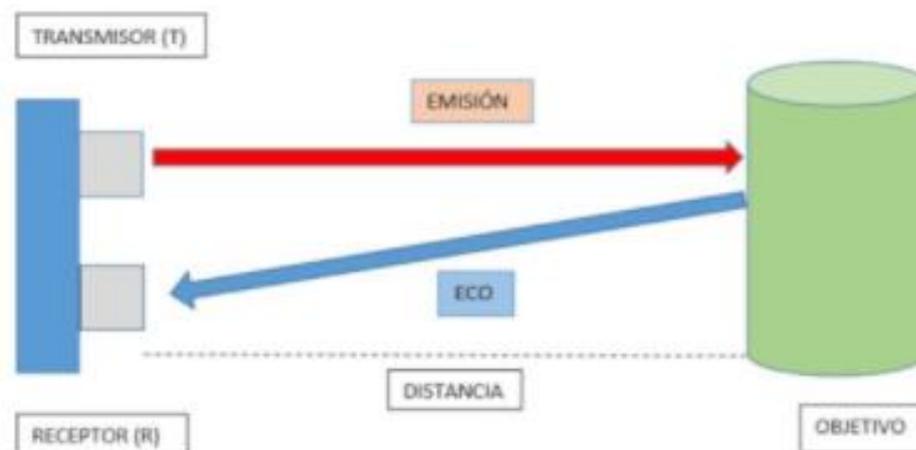


Ilustración 37. Esquema funcionamiento ultrasonido

Se pueden emplear en el control del nivel de un depósito, en detectar distancias, control de anticolidión...

4.1.3.6. Actuadores

4.1.3.6.1. Motores eléctricos

Los motores eléctricos son aquellos dispositivos, más bien máquinas, que transforman la energía eléctrica que absorben por los bornes en mecánica.

Los motores eléctricos tienen tres partes fundamentales, la carcasa, el inductor y el inducido.

El funcionamiento de estos motores se basa principalmente en dos principios. [8] El principio de inducción por Michael Faraday, que explica que si un material u objeto conductor se mueve por un campo magnético o se encuentra cerca de otro conductor por el que circula una corriente variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el otro principio es el de André Ampère que explica que, si una corriente atraviesa a un conductor que se encuentra en el interior de un campo magnético, este mismo ejerce una fuerza mecánica o electromotriz sobre el conductor.

Podemos encontrar dos tipos de motores eléctricos, normalmente: los de corriente continua y corriente alterna.

Los **motores de corriente continua** se suelen emplear en casos donde se utiliza corriente directa sobre los mismo. Estos casos son donde encontramos, por ejemplo, pilas o baterías. Entre sus aplicaciones lo podremos encontrar en ventiladores, bombas o medios de transporte. Por último, pueden ser de tres tipos: Serie, paralelo o mixto.

Los **motores de corriente alternan** son los más empleado en términos industriales, ya que la alimentación de estos motores procede de la red de alimentación. En este caso, nos podemos encontrar según el tipo de alimentación: monofásico con una fase, bifásico con 2 fases y trifásicos con 3 fases.

Los **motores universales**, que son aquellos que pueden ser empleados tanto con corriente alterna o continua.

4.1.3.6.2. Cilindros

Nos podemos encontrar los cilindros de simple o doble efecto. La velocidad en estos cilindros depende del caudal del aire. La fuerza que genera el vástago es igual a la presión del aire que es introducida por la sección del vástago.

Los cilindros de simple efecto son aquellos donde la presión es aplicada únicamente en uno de sus extremos. Suelen emplear, generalmente un muelle mecánico cuya función es la de devolver el vástago a su posición inicial. [8] cuando la corriente atraviesa el solenoide, la válvula cambia de posición por lo que el aire comprimido genera una presión sobre el vástago produciendo un desplazamiento en él hasta su posición final. Cuando esta válvula se cierra el vástago regresa a la posición inicial debido a un resorte. Véase la Ilustración 38. Cilindro simple efecto.

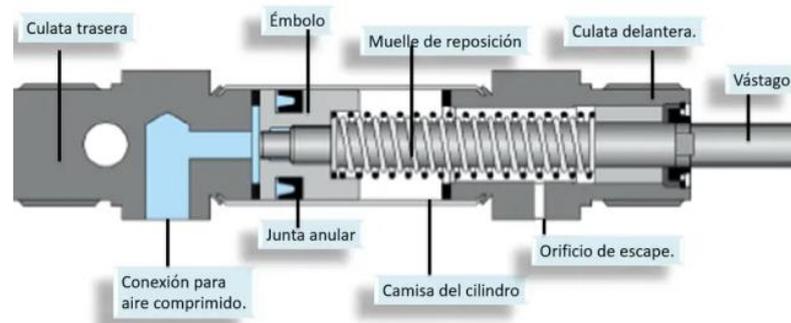


Ilustración 38. Cilindro simple efecto

En cambio, el cilindro de doble efecto posee el mismo concepto que el anterior, sin embargo, en este caso primeramente se ejerce presión en el primer extremo para desplazar el vástago a su posición final y para que regrese se cierra la presión en el primer extremo y se genera otra presión en el otro extremo para que el vástago regrese a su posición inicial, véase la Ilustración 39. Cilindro doble efecto.

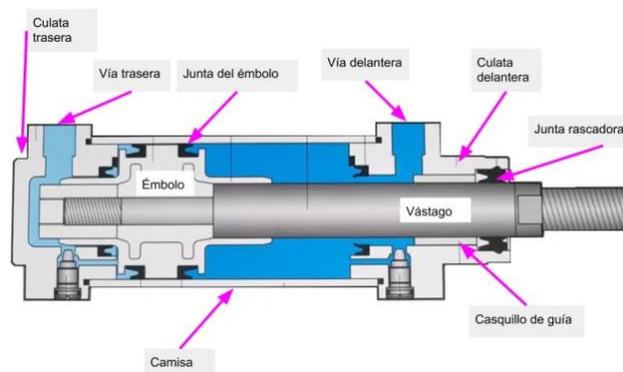


Ilustración 39. Cilindro doble efecto

También se suelen emplear sensores magnéticos para detectar la posición del vástago.

4.1.3.6.3. Electroválvulas

Las válvulas se pueden agrupar en tres grupos:

- Válvulas de interceptación: [15] estas bloquean o cambian el sentido del aire comprimido
- Válvulas de regulación: están regulan el caudal del aire comprimido
- Válvulas de distribución: estas desvían el flujo del aire, sin embargo, no varía ni la presión ni el caudal.

Según las señales que reciben para su funcionamiento se pueden clasificar en válvulas monoestables o biestables. Las válvulas monoestables son aquellas que requieren un único accionar. Por ejemplo, el accionamiento mediante una palanca, o un pulsador o elemento neumático como el diferencial. En cambio, las válvulas biestables necesitan dos señales de entrada, es decir dos accionamientos, por ejemplo, pueden emplear un pulsador de dos posiciones.

Nos podemos encontrar dos tipos de electroválvulas, [15] las de mando directo y las de mando indirecto.

Las electroválvulas de mando directo [15] están compuestas por un conducto de latón o de acero inoxidable sobre el cual se inserta la bobina. Dentro del conducto se desplaza un núcleo móvil que es accionado por el campo magnético de la bobina. También encontramos un núcleo fijo que sirve como amplificador del mismo campo. Véase la Ilustración 40. electroválvula de mando directo.

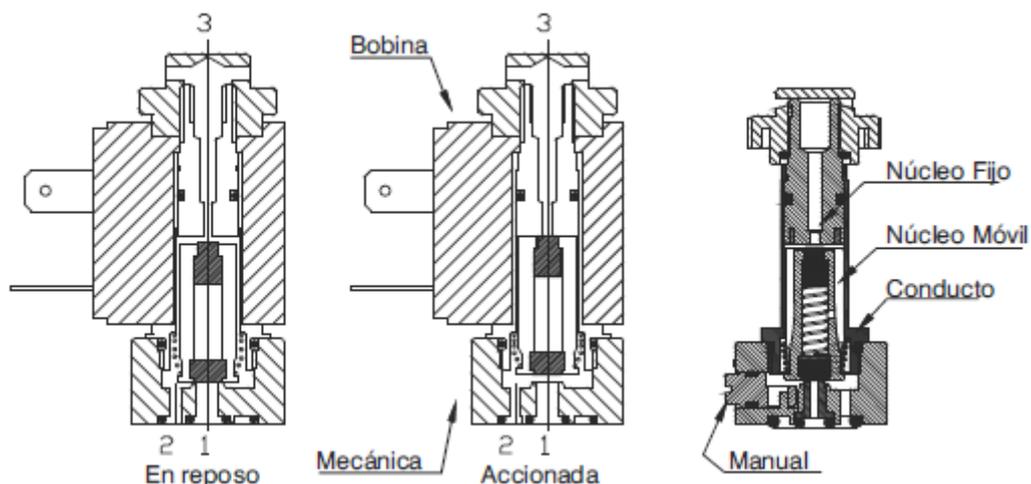


Ilustración 40. electroválvula de mando directo

Por otro lado, también encontramos la electroválvula de mando indirecto. [15] Estas poseen también una de mando directo que bajo tensión alimenta un operador neumático. Nos podemos encontrar servoasistidas o alimentadas externamente.

4.1.3.7. Autómata siemens s7-300

El PLC, controlador lógico programable, son dispositivos electrónicos empleador para automatizar procesos industriales, generalmente.

4.1.3.7.1. Arquitectura

El modelo de autómata de siemens S7-300 posee los siguientes elementos que intervienen en su arquitectura, véase la Ilustración 41. Arquitectura PLC:

- CPU: donde se alojan la memoria RAM, Memoria ROM, ALU y Unidad de control
- Canal serie
- Módulo de memoria externa
- El bus periférico: modulo digitales, analógicos y funcionales.
- Rack, elemento donde se conectan todos los módulos.
- Fuente de alimentación

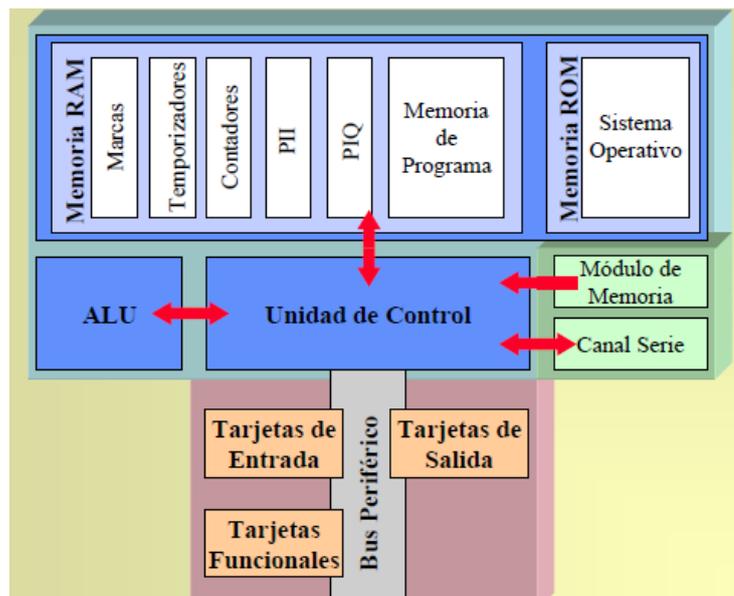


Ilustración 41. Arquitectura PLC

Los tamaños de los registros van desde el bit hasta el DWORD. El bit ocupa una casilla, el byte ocupa 8 casillas (del 0 al 7), el Word 16 casillas, en cambio el doble Word ocupa 32 casillas. Cada dirección de memoria se compone de 8 casillas, es decir de 8 bits. Este autómata posee 255 direcciones de memoria. Véase la Ilustración 42. Tamaño.

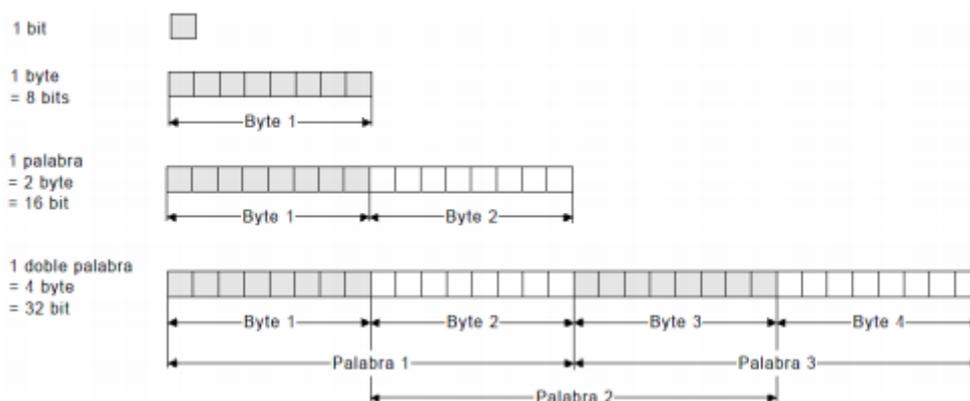


Ilustración 42. Tamaño

En el direccionamiento digital, las direcciones de entradas y salidas comienzan con la dirección 0 para el primer módulo del rack, a cada módulo se le asigna 4 bytes. En cambio, para el direccionamiento analógico comienzan con la dirección 255 y cada módulo posee 16bytes.

Acceso al área	Abrev.	Máx.
entrada / salida bit	E / A	0.0 a 65,535.7
entrada / salida byte	E / AB	0 a 65,535
entrada / salida palabra	EW / AW	0 a 65,534
entrada / salida doble palabra	ED / AD	0 a 65,532
bit de memoria	M	0.0 a 255.7
byte de memoria	MB	0 a 255
palabra de memoria	MW	0 a 254
doble palabra de memoria	MD	0 a 252
byte E/A, periferia	PEB / PAB	0 a 65,535
palabra E/A, periferia	PEW/PAW	0 a 65,534
doble palabra E/A, periferia	PED/PAD	0 a 65,532
Temporizador (T)	T	0 a 255
Contador (C)	C	0 a 255
Módulo de dato (DB)	DB	1 a 65,532
Abierto con AUF DB		
Bit,byte,palabra,doble palabra	DBX,DBB DBW,DBD	0 a 65,532
Abierto con AUF DI		
Bit,byte,palabra,doble palabra	DIX,DIB DIW,DID	0 a 65,532

Ilustración 43. Direccionamientos

4.1.3.7.2. Elementos CPU

Los elementos de la CPU son los que se muestran en la Ilustración 44. Elementos de la CPU.

En los indicadores de estado y errores podemos encontrar los siguientes elementos según el led que se nos encienda:

- SF: indica si existe algún tipo de error en el hardware, firmware o en el programa, fallo de batería.
- BF: únicamente nos indica que existe un error en el bus.
- DC5V: la alimentación de 5 V para la CPU y bus es correcta.
- FRCE: petición de forzado activo
- RUN: se ejecuta el programa
- STOP: se para la ejecución del programa

El selector de modo de operación sirve para poner en run la CPU, en stop o incluso en MRES que significa borrado total del programa.

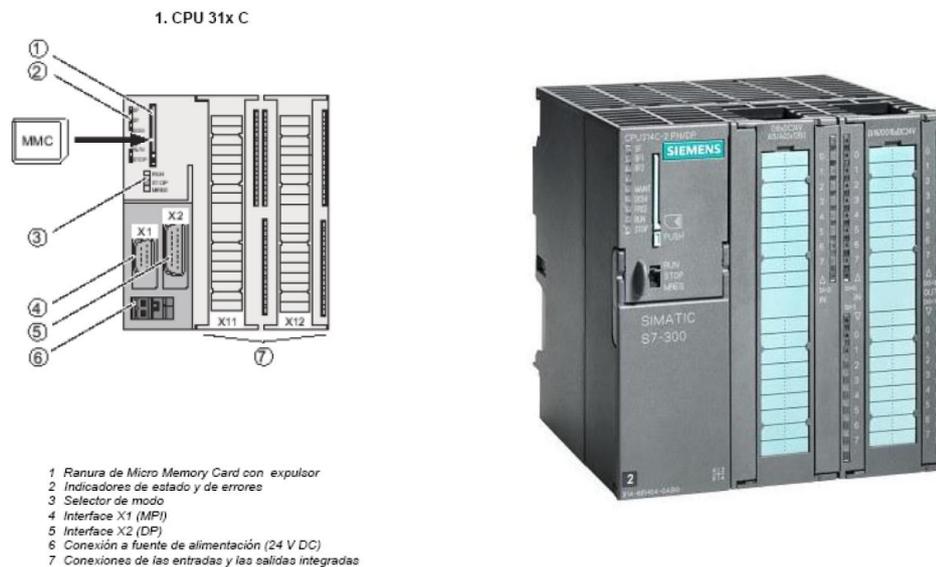


Ilustración 44. Elementos de la CPU

4.1.3.7.3. Ciclo de trabajo

El ciclo de trabajo en los autómatas se le denomina ciclo de SCAN. Es el tiempo que tarda el autómata sobre la lectura de entradas, la ejecución del programa y la actualización del estado de las salidas. Véase la Ilustración 45. Ciclo de Scan



Ilustración 45. Ciclo de Scan

Es decir, en otras palabras, el proceso del ciclo de scan comienza sobre la lectura del estado de las entradas, a continuación, ejecuta el programa empleando el último estado leído, una vez termine la ejecución, la CPU ejecuta los diagnósticos y comunicación, y por último actualiza las salidas.

El tiempo del ciclo depende del tamaño del programa, del número de entradas y salidas, y de la cantidad de comunicación requerida.

4.2. SELECCIÓN MAQUINARIA

4.2.1. *Despaletizador y mesa de acumulación*

En la Ilustración 46. Despaletizador y acumulación. Podemos visualizar una representación gráfica realizada para la distribución en planta de la línea. Tanto el despaletizador como la mesa de acumulación se encuentran al principio de la esta.

- Potencia máxima instalada: 1.7 Kw.
- Consumo medio de aire: 120l/min.
- Alimentación: 3F 380V+N+T

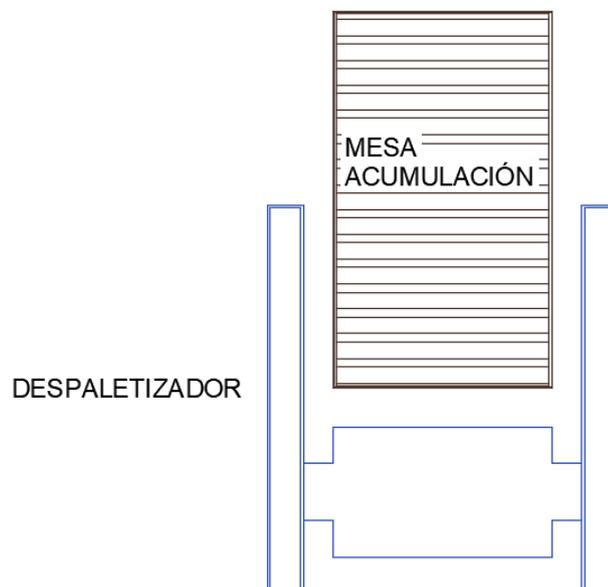


Ilustración 46. Despaletizador y acumulación.

El despaletizador es el encargado de suministrar las botellas de vidrio de forma automática o manual desde los palets hasta la mesa de acumulación. Esta máquina de forma independiente posee un sistema de mando individualizado, en el cual podemos encontrar un selector para la selección entre manual y automático, otro de marcha, de rearme y de parada de emergencia.

El pulsador de marcha realiza la función de marcha de la máquina siempre y cuando esté en condiciones de funcionamiento. El selector selecciona entre un modo manual o automático. El botón de rearme realiza el rearme de la máquina tras una parada mediante el pulsador de emergencia.

4.2.2. Cinta transportadora

Para conectar las diversas maquinas se ha empleado el uso de varias cintas transportadoras específicas para vidrio. Véase la Ilustración 47. Cinta transportadora.

Para el presente proyecto se ha necesitado de 4 cintas transportadoras, en la cinta propuesta se puede seleccionar varias al proveedor de entre 10 a 99 metros.

- Voltaje: 380V, 220V, 415V, 440V.
- Potencia: 0.75KW
- Modelo: OK-067



Ilustración 47. Cinta transportadora

4.2.3. Tribloc

El siguiente conjunto de máquinas, tras el despaletizador, se encuentra conectado a través de una cinta transportadora al Tribloc y alimentador de tapones de corcho. Véase la Ilustración 48. Tribloc.

El Triblock también está automatizada de forma individual. En la propia maquina se encuentra un cuadro de mando general en el cual se puede seleccionar entre manual o automático. En este mismo cuadro puede ser ajustada la velocidad a la que la maquina funcionará, con esto podremos conseguir la sincronización con las diferentes maquinas que componen la línea de embotellado.

- Modelo: Tribloc 20-24-3
- Potencia 12 KW
- Alimentación 380V + N +T

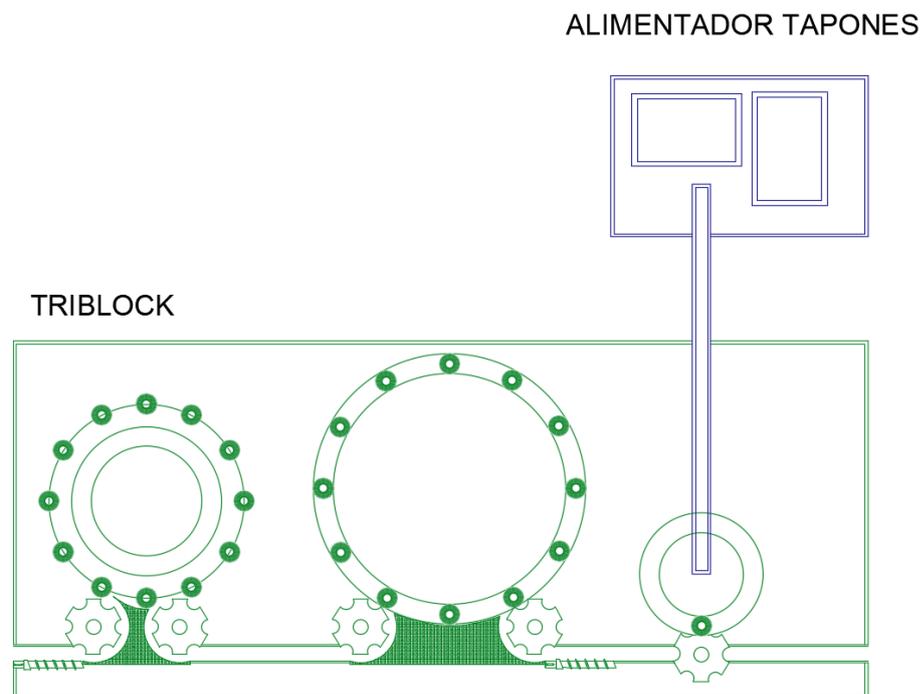


Ilustración 48. Tribloc

El tribloc está formado por una enjuagadora, llenadora y encorchadora. La primera fase de la maquinaria es la enjuagadora, esta se encarga de enjuagar el interior de la botella mediante chorros de agua y posteriormente las voltea para escurrirlas y transportarlas a la segunda fase, donde se encuentra el proceso de llenado del producto al interior. Una vez realizada estas dos fases, es transportada a la tercera para su posterior encorchado, en esta fase se encuentra la encorchadora la



cual introduce el corcho al interior de las botellas una por una y a su vez los corchos son alimentador por una maquina externa al conjunto.

Este conjunto se encuentra automatizado de forma individual, así que será introducido a la automatización general de marcha y paro de la línea.

4.2.4. Secador

Una vez la botella finaliza en el tribloc, debe de pasar por el secador, véase la Ilustración 49. Secador, antes de llegar a la etiquetadora. Es necesario eliminar aquellas pequeñas partículas de líquido que pueda presentar la botella en el exterior, a aparte de la posible humedad que puedan tener, para una mejor colocación de la etiqueta sobre la botella.

- Marca: ZYSKO
- Nº de serie: M-32
- Modelo: SONIC 70
- Alimentación: 380 V

SECADOR

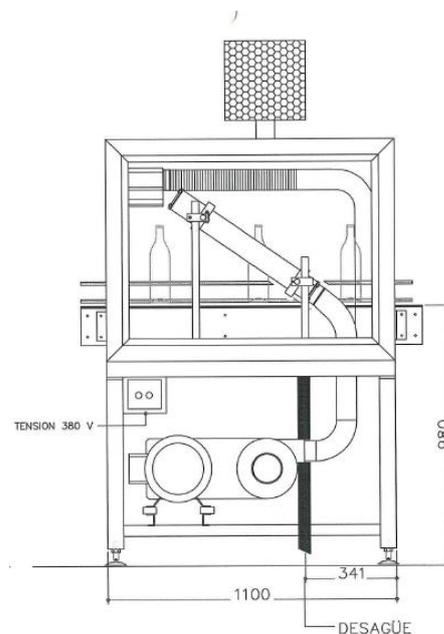
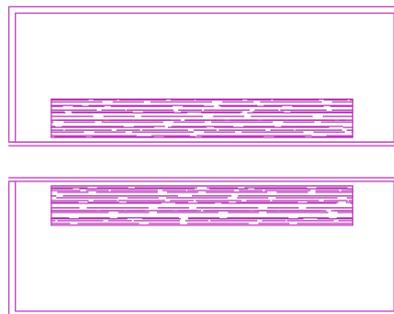


Ilustración 49. Secador

Posee una automatización propia. La automatización para realizar será la de marcha y paro general.

4.2.5. *Etiquetadora*

La etiquetadora es la última fase para que la botella de vino se encuentre completamente lista para su distribución. En esta fase, se inserta la etiqueta frontal, trasera y el collarín. Está compuesta por diversos grupos adhesivos, que son los encargados de colocar las etiquetas sobre la botella.

- Modelo: Autocol 6T S4 E4
- Producción máxima: 4.000 Piezas/Hora
- Alimentación: 400V
- Potencia instalada: 4Kw

ETIQUETADORA

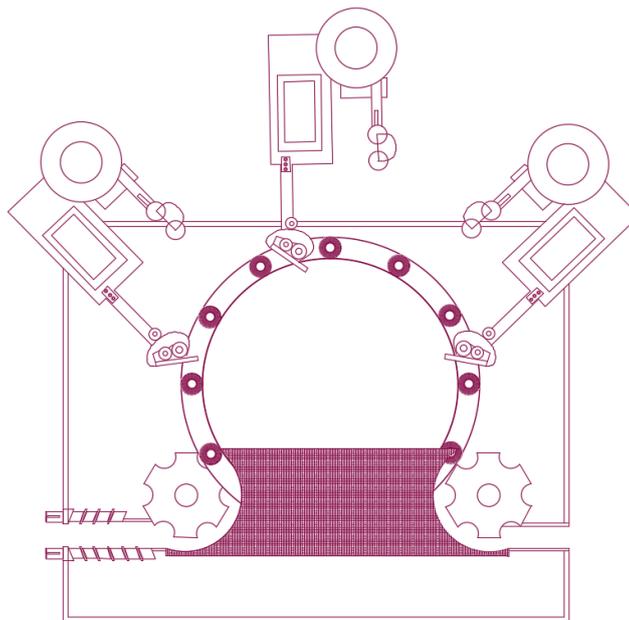


Ilustración 50. Etiquetadora.

Posee una automatización propia e individual, como las otras máquinas instaladas en la línea de embotellado. La velocidad de producción de esta se ajusta manualmente en el cuadro general de la propia etiquetadora.

4.2.6. Formadora de cajas, encajonadora y encoladora

La parte final del proceso de la línea de embotellado se compone por una encajonadora, formadora de cajas y encoladora, las tres se encuentran automatizadas y sincronizadas entre ellas. Véase la Ilustración 51. Conjunto final proceso. Las botellas de vidrio entran por la encajonadora donde a la entrada se encuentra un freno neumático, ya que primeramente deben pasar entre 4 a 6 botellas por uno de los rieles que están dentro de dicha máquina, una vez lleno dicho riel el freno neumático se acciona y se cambia de riel hasta llenarlo con la misma operación de ciclo. Una vez detectado que ambos rieles se encuentran ocupados, se accionan los manguitos de sujeción, cuyo funcionamiento es mediante aire comprimido como el despaletizador, y enganchan las botellas de vidrio. A su vez detecta si la formadora de cajas ha realizado y montado una caja en la sección donde la encajonadora debe de depositar las botellas de vidrio. Una vez se encuentren las botellas en el interior de la caja, esta sigue por la cinta transportadora, continuando por la encoladora que es la encargada de sellar la caja y posteriormente llegando a su recepción donde es recogido por un operario.

- Modelo: Totalpack 3000
- Nº matrícula: 00-04-06-30
- Producción nominal: 3500 cajas/hora
- Alimentación: 380 V 3F + T

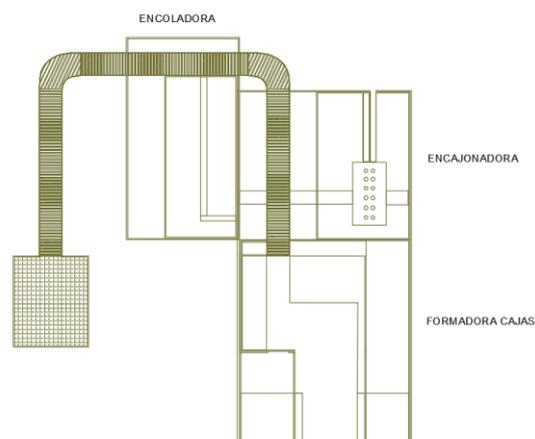


Ilustración 51. Conjunto final proceso

A parte de que posea una automatización propia, se añadirán a la automatización de paro y marcha general.

4.2.7. Distribución de la maquinaria

En la Ilustración 52. Distribución de la maquinaria seleccionada, se puede observar la distribución que se ha escogido para la línea de embotellado de vino. Al principio de esta se encuentra la descarga de pallets con las botellas de vidrio al despaletizador, que se encuentra conectado a la mesa de acumulación. Para la conexión entre el Triblock y la mesa de acumulación se encuentra una cinta transportadora para las botellas, en el Triblock aparte encontramos la conexión con el alimentador de tapones, sin embargo, no se ha ilustrado el llenador del tanque de vino debido a que es un sistema de tuberías conectadas al tanque de vino que se encuentra en otra sala. Posteriormente al Triblock se encuentran las diversas cintas que conectan las diferentes maquinarias, entre ellas se encuentra el secador, la etiquetadora y la maquina formada por el conjunto de la encajonadora, formadora de cajas y encoladora, que preparan la caja para ser distribuida

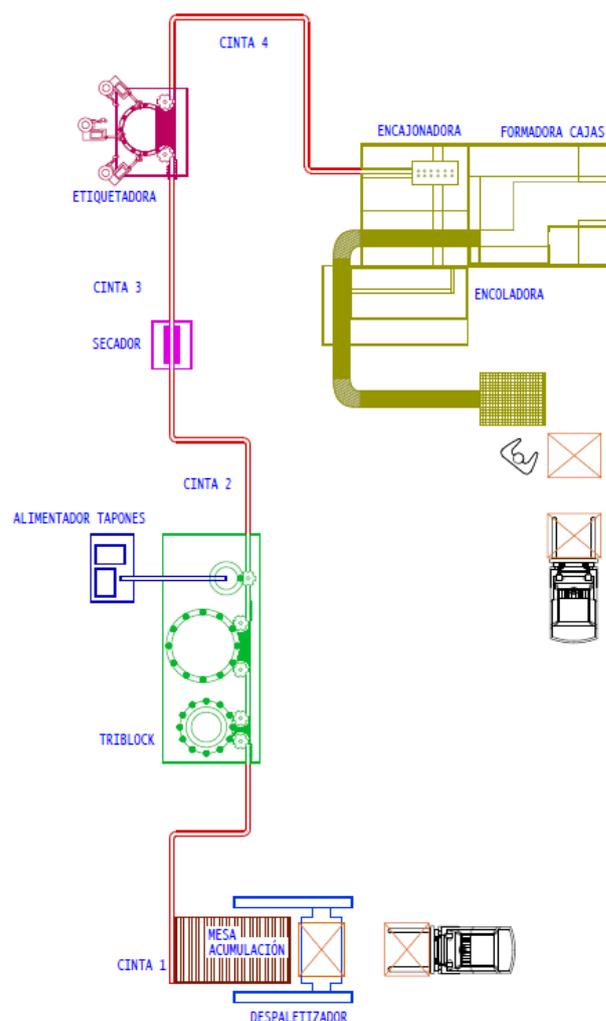


Ilustración 52. Distribución de la maquinaria seleccionada

4.3. SELECCIÓN DE ELEMENTOS EMPLEADOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

4.3.1. *Autómata*

El autómata seleccionado para la automatización es el Simatic S7-300.

El primer elemento seleccionado es la fuente de alimentación, véase la Ilustración 53. Esquema representativo fuente de alimentación. En esta ilustración podremos observar las diferentes partes de la fuente, para más información véase la Tabla 1. Partes fuente de alimentación.

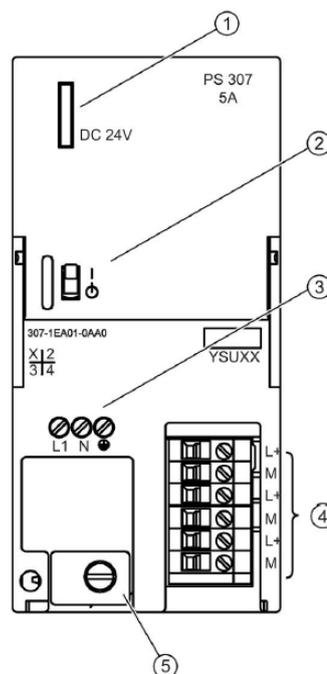


Ilustración 53. Esquema representativo fuente de alimentación

Tabla 1. Partes fuente de alimentación

1	Led indicador de tensión realizada
2	Interruptor On/Off
3	Bornes para tensión de red y conductor de protección
4	Bornes para tensión de salida de 24 V DC
5	Alivio de tracción

En la siguiente ilustración, véase la Ilustración 54. Esquema representativo CPU, se puede observar los elementos que componen la CPU. Y para más información leer la Tabla 2. Partes de la CPU.

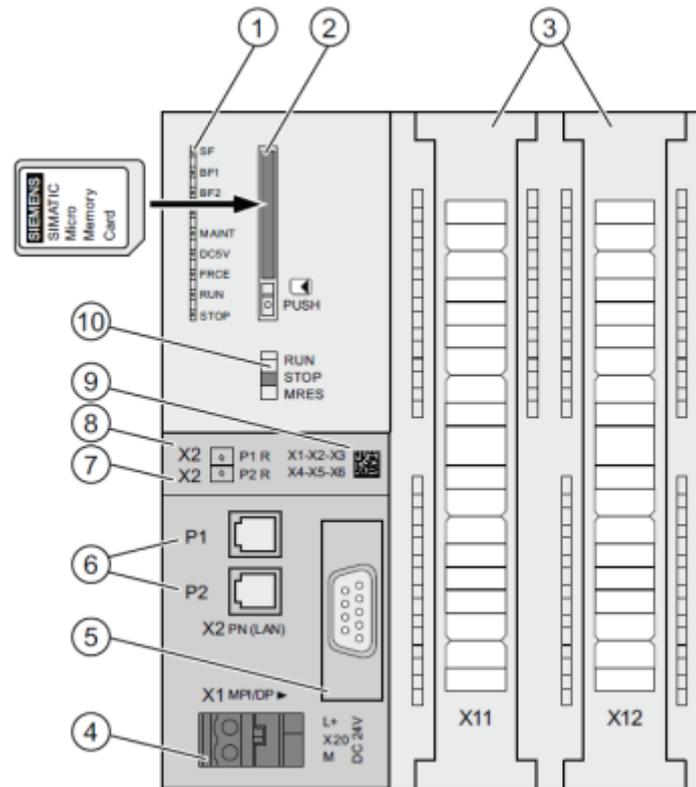


Ilustración 54. Esquema representativo CPU

Tabla 2. Partes de la CPU

1	Led indicador de estado y error
2	Ranura para simatic micro memory card con expulsado
3	Conexiones de entrada y salida integradas
4	conexión para el cable de alimentación
5	1. ^a interfaz X1 (MPI/DP)
6	2. ^a interfaz X2 (PN), con switch de 2 puertos
7	Puerto profinet 2
8	Puerto profinet 1
9	Dirección MAC y código de barras 2D
10	Selector de modo

La referencia de los módulos queda reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 3. Módulos seleccionados

Módulos	Referencia
Fuente de alimentación	Fuente de alimentación de carga 120/230V AC:24VDC/5A: 6ES7307-1EA01-0AA0
CPU	314 C 2PN/DP: 6es7 314-6EH04-0AB0
Entrada/salidas digitales	SM 323; DI 16/DO 16 x DC 24 V/ 0,5 A
Entradas/salidas analógicas	SM 334; AI 4/AO 2 x 8/8 Bit (-OCE01-), 6ES7334-0CE01-0AA0
Simulator module SM 374	6ES7374-2XH01-0AA0

4.3.2. Panel de operador

El panel de operador con el cual se va a trabajar es el MP 277 10" touch, con número de referencia 6AV6671-8XS00-0AX0, ya que en él también se debe de representar una esquemática del proceso de embotellado y un panel operador menor sería insuficiente para dicha representación.

Mediante el panel de operador, véase la Ilustración 55. Panel de operador Siemens, se podrá crear, guardar, probar y simular datos de proyecto.

Desde el panel de operador se tiene acceso a la visualización y control del proceso de trabajo, y a su vez se encuentra en constante comunicación con el autómeta. El autómeta es el que proporciona los resultados que se seleccionan desde el panel para su visualización.

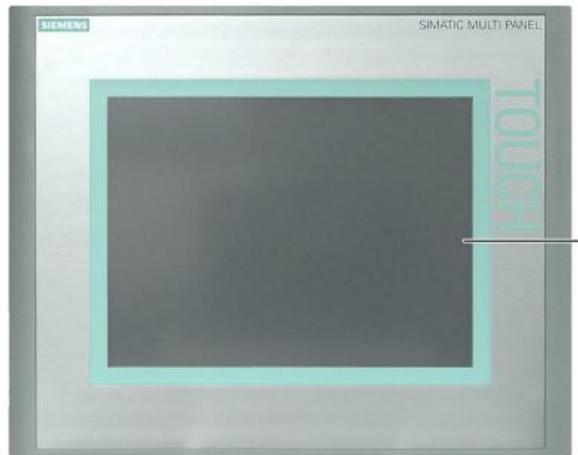


Ilustración 55. Panel de operador Siemens

En la Ilustración 56. Puertos panel de operador, pueden distinguirse los diferentes puertos que posee el panel de operador escogido.

1. Conexión para fuente de alimentación
2. Puerto RS 422/RS 485 X10 / IF1b
3. Puerto Ethernet
4. Puertos USB X20 y X21

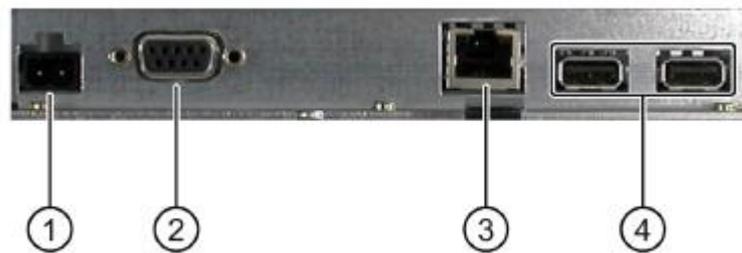


Ilustración 56. Puertos panel de operador

Los protocolos de conexión y comunicación que existen entre el panel de operador y el SIMATIC S7, cual es el que se emplea en este proyecto, son los siguientes:

- PPI
- MPI
- PROPFIBUS DP
- TCP/IP (ethernet)

Para la conexión entre el autómeta y el panel de operador será mediante el protocolo PROFIBUS DP.

En la Ilustración 57. Conexión profibus panel de operador y autómeta, puedes observar este tipo de conexión mediante el software de Simatic step 7. Al cual posteriormente se añadirán las periféricas descentralizadas.

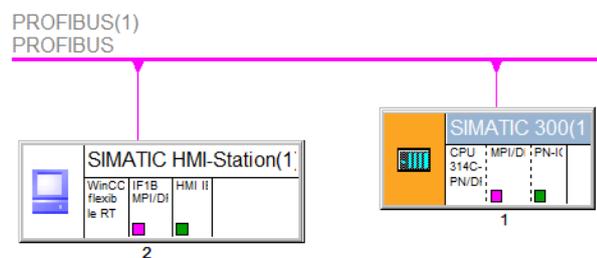


Ilustración 57. Conexión profibus panel de operador y autómeta

Las ventajas de emplear estos tipos de paneles [9] son su gran versatilidad al poder emplearse en todo el mundo gracias a sus 32 idiomas de elección, la posible reducción de costes de servicio técnico y puestas en marcha, la librería gráfica con objetos y un interface hardware y software estándares para aumentar su versatilidad y flexibilidad.

Entre las diversas funciones más básicas de este panel de operador son, por ejemplo, la representación del proceso productivo al cual está destinado a parte de visualizarlo y cambiar parámetros de este, sistema de alarmas y avisos, más la posibilidad de poder crear un informe de estos e imprimirlos.

4.3.3. Periferia descentralizada ET200L

La periferia descentralizada escogida es el ET 200L, véase la Ilustración 58. ET 200L. En este mismo se pueden encontrar diferentes bloques terminales y electrónico. La estación seleccionada se identifica por los siguientes códigos de referencia:



Ilustración 58. ET 200L

- Bloque terminal: TB 32L
(6ES7 193 1CL00 0XA0, 6ES7 193-1CL10-0XA0)
- Bloque electrónico: ET 200L 16DI/16 D0 DC 24V/0.5 A
- Número de referencia: 6ES7 133-1BL00-0XB0

El bloque terminal es aquel donde se apoya el bloque electrónico. El cableado se encuentra en este bloque, por lo que el cambio del módulo electrónico no implica un cambio de cableado.

El bloque electrónico es que contiene las entradas y salidas digitales. Se pueden encontrar módulos electrónicos para corriente continua y para corriente alterna.

[9] Los de corriente continua son los siguientes:

- 16 DI; con 16 entradas digitales
- 16 DO; con 16 salidas digitales 0,5 A
- 32 DI; con 32 entradas digitales
- 32 DO; con 32 salidas digitales 0,5 A
- 16 DI/16 DO; con sendas 16 entradas / salidas digitales 0,5 A

Y los de corriente alterna:

- 16 DO / 1 A
- 16 DO / 2 A
- 16 DI
- 8 DI / 8 RO / 2 A

La estación de trabajo consta de 16 entradas digitales y 16 salidas digitales. La tensión nominal de entrada son 24 V de corriente continua y la corriente de salida es de 0,5 amperios.

En la Ilustración 59. Esquema eléctrico ET200L se puede ver las diferentes partes por la que está compuesto el bloque electrónico del ET200L. Posee una entrada profibus-dp. También se pueden visualizar los leds de la parte de salidas digitales y de entradas digital.

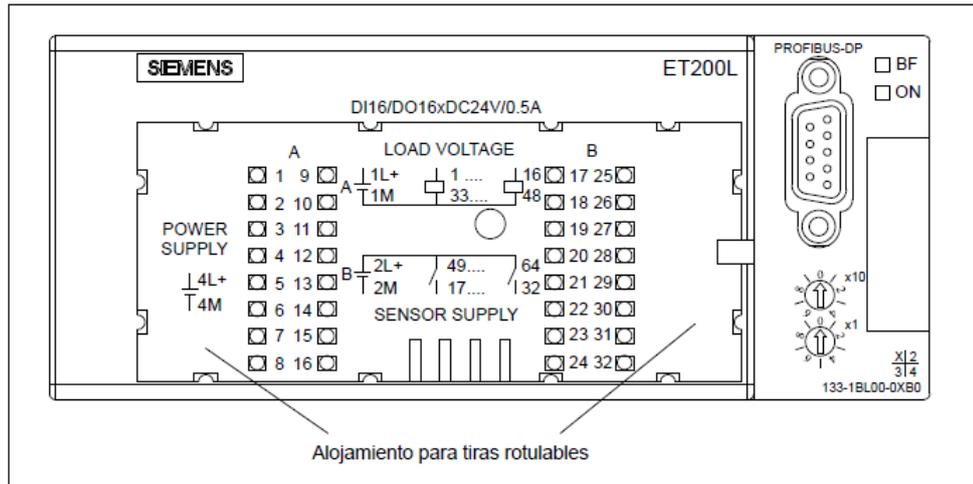


Ilustración 59. Esquema eléctrico ET200L

En la Ilustración 60. Conexión profibus automática y ET200L, se puede observar este tipo de conexión mediante el software de Simatic step 7.

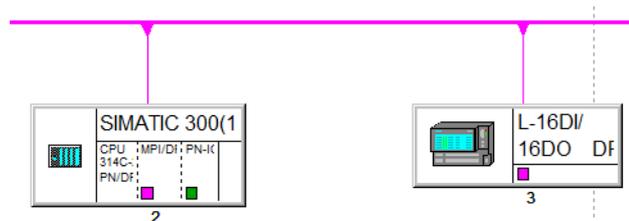


Ilustración 60. Conexión profibus automática y ET200L

4.3.4. *Protocolo de comunicación profibus*

El protocolo de comunicación profibus es un tipo de sistema de bus capaz de realizar una comunicación eficaz entre diversos aparatos electrónicos de forma óptima. Además, la configuración de este tipo de comunicación o protocolo emplea la funcionalidad o, más bien la configuración, de maestro y esclavos.

La normativa de este tipo de protocolo de comunicación está bastante normalizada, porque diversos fabricantes son capaces de poder conectar componentes electrónicos conforme a esta misma.

Existen tres tipos de comunicación profibus, cada uno de ellos están diseñados para tareas específicas. Entre ellos se puede distinguir el profibus FMS, DP y PA.

[16] El profibus FMS (fieldbus Message Specification), es el tipo de comunicación más estandarizado debido a que es capaz de conectar sistemas de automatización de diferentes fabricantes, e incluso con dispositivos de campo que posean dicho puerto. Sin embargo, solo pueden conectarse a un máximo de 16 periféricas descentralizadas.

El protocolo profibus DP, posee un tiempo de reacción bastante alto en cuestión de la velocidad de reacción de estos en base a la norma IEC61158/EN50170. Esta variante es la más empleada, o más adaptada para la comunicación ente PLC y las estaciones de trabajo, como por ejemplo la seleccionada ET200L. [16] Entre sus ventajas se puede destacar que sustituye la transmisión de señales por diversos cables para la comunicación entre los diferentes aparatos electrónicos en tan solo un cable de comunicación, por otro lado también hay que dejar constancia de su alta inmunidad a las perturbaciones.

Y por último se distingue el profibus PA, [16] este tipo de comunicación es tan solo una ampliación del profibus DP en cuestión de una transmisión de seguridad intrínseca en base a la norma IEC 61158-2.

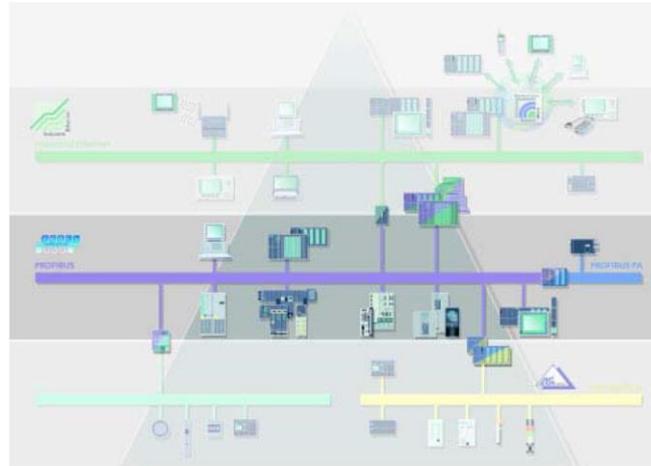


Ilustración 61. Sistema profibus

En la Ilustración 61. Sistema profibus, se observa como la zona central, que es la comunicación profibus, se encuentra en comunicación estable con la zona superior y la zona inferior.

La zona superior es la comunicación en base a Ethernet y se emplea para la comunicación de datos, sin embargo la zona inferior se emplea para proceso o campo.

Por lo tanto, [16]el sistema de profibus permite la comunicación entre la zona de ethernet y AS.Interface, además de que también puede realizar una transmisión de datos.

Para la automatización del proceso a realizar se ha seleccionado el protocolo de comunicación profibus DP maestro-esclavo debido a su sencillez de cableado y a su mínimo tiempo de reacción. En este caso, véase la Ilustración 62. Maestro DP, se ha seleccionado en la categoría de maestro la gama de simatic S7-300.

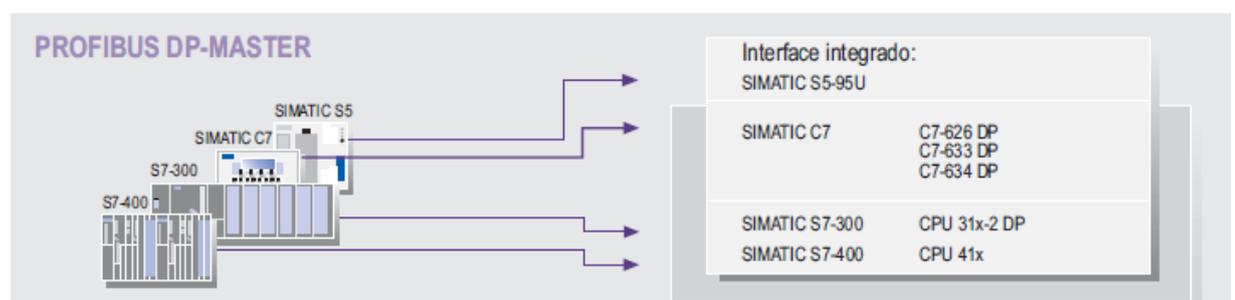


Ilustración 62. Maestro DP

Por otro lado, en la categoría de esclavo llegan a entrar diversos elementos, véase la Ilustración 63. Esclavo DP. Entre ellos se puede emplear incluso otro Simatic S7-300 como esclavo, sin embargo, se ha empleado dos periferias descentralizadas ET200L en este caso.

Tanto el maestro como los esclavos se encuentran conectados a las diversas maquinarias que componen la línea de embotellado, no obstante, el programa principal de encuentra alojado en el dispositivo maestro. Por lo que, tanto las maquinas que componen la línea, como los elementos de control que componen la automatización del proceso, están controlados desde un único punto, Es decir, los esclavos son aquellos dispositivos que están controlados por el maestro, es como decir que son una prolongación o extensión más del dispositivo central de la comunicación.

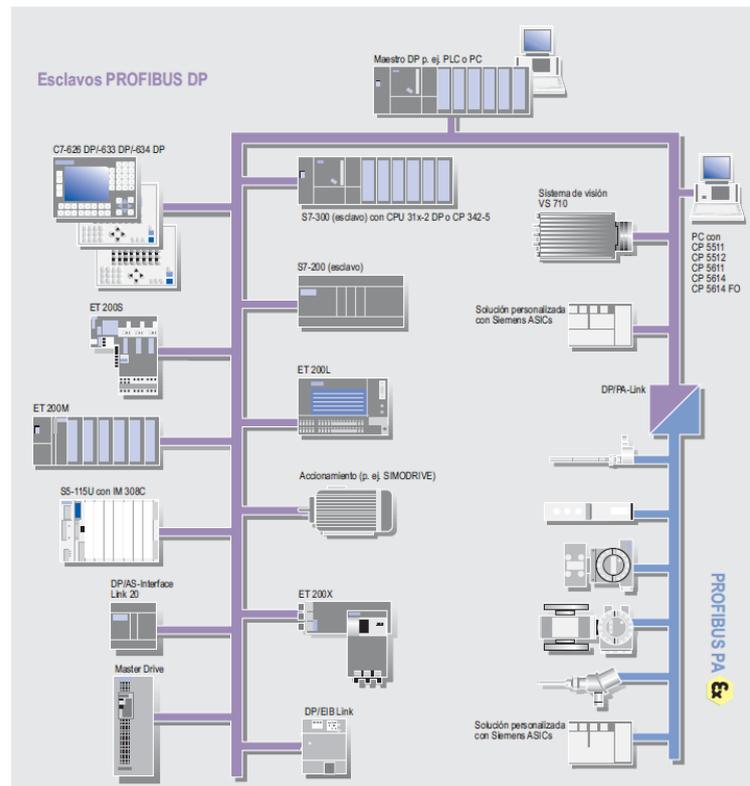


Ilustración 63. Esclavo DP

En base a lo anterior, se pueden distinguir tres tipos de dispositivos DP en este tipo de comunicación, véase la Ilustración 64. Tipos de dispositivos DP:

- Maestro DP clase 1, es el dispositivo central de toda la comunicación. Este puede ser un automatiza o PC.
- Maestro DP clase 2, son los dispositivos que se emplean en la puesta en marcha para realizar la programación y la configuración para el sistema DP, e incluso para realizar un diagnóstico de este. Por otro lado, un panel operador también es considerado como maestro de clase 2.
- Esclavo DP, son los dispositivos de periferia que son capaces de leer la información de entrada de los maestros de clase 1 y 2y transmitir información de salida.

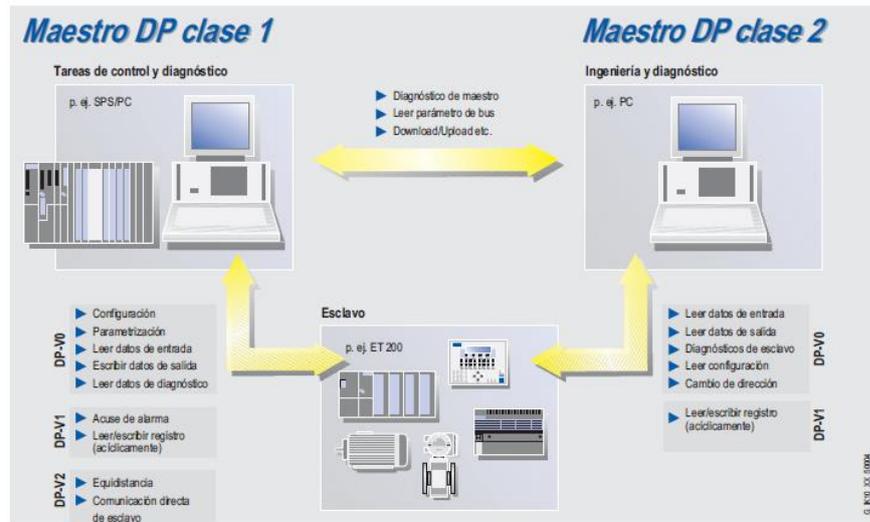


Ilustración 64. Tipos de dispositivos DP

El sistema de comunicación profibus diferentes soportes de transmisiones, entre ellas se pueden encontrar las redes eléctricas, ópticas, inalámbrica y Profisafe.

Para el proceso seleccionado en el trabajo se empleará un soporte de transmisión eléctrica. En este tipo, véase Ilustración 65. Cable profibus, se emplea un cable bifilar apantallado, trenzado y con sección circular. Aparte, que por protocolo o normativa el color del cable debe ser violeta, como por ejemplo el cable del protocolo profinet es de color verde.



Ilustración 65. Cable profibus

[16] Estos tipos de cables son difícilmente inflamables, no poseen halógenos. Gracias a su sobre apantallado poseen una gran resistencia a las perturbaciones exteriores.

Dependiendo para la aplicación industrial donde van a ser instalados el cable deberá de presentar características más apropiadas para dicha aplicación por ese motivo existen varios tipos de cable.

Entre los diversos cables, con áreas industriales diferentes, se ha escogido Profibus FC Food cable, debido a que para el área de aplicación a la que está fabricado es la alimentaria.

El conector seleccionado, véase Ilustración 66. Conector bus, para la conexión mediante el cable, entre el autómeta, panel de operador y periféricas descentralizadas en el siguiente:

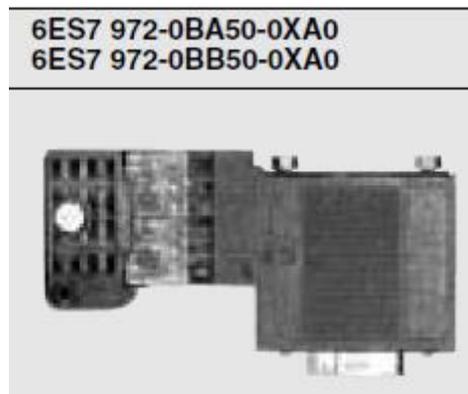


Ilustración 66. Conector bus

Características técnicas:

- Salida del cable a 90°
- Resistencia terminadora, al poder conectarse dos cables al mismo conector se puede emplear esta resistencia para seccionar el otro cable, es decir aislar la salida o entrada por la cual está conectada uno de los dos cables.
- Pose un conector sub-D de 9 polos
- Velocidad de transmisión 9,6 kbit/s a 12 Mbit/s
- Grado de protección IP20

4.3.5. *Sensor para conteo y acumulación de recipientes*

Tanto el sensor de conteo como el de acumulación están compuestos por fotocélulas.

La diferencia que existe entre ambos es que el sensor para conteo únicamente debe de enviar una señal al autómatas cada vez que detecta una botella de vidrio y este mismo interpretarla, en cambio, el sensor de acumulación debe de detectar entre 5 u 8 segundas (aproximadamente) un obstáculo para que envíe una señal al plc, por ello debe de ser una fotocélula configurable. Sin embargo, si no fuera una fotocélula configurable para que envíe una señal al transcurrir 5 u 8 segundos de detección continuada, es decir, sin interrupciones, habría que configurar el plc para que en el momento en que la fotocélula de acumulación detecte un objeto más de 5 segundos el autómatas sea capaz de interpretarlo y actuar sobre dicha información.

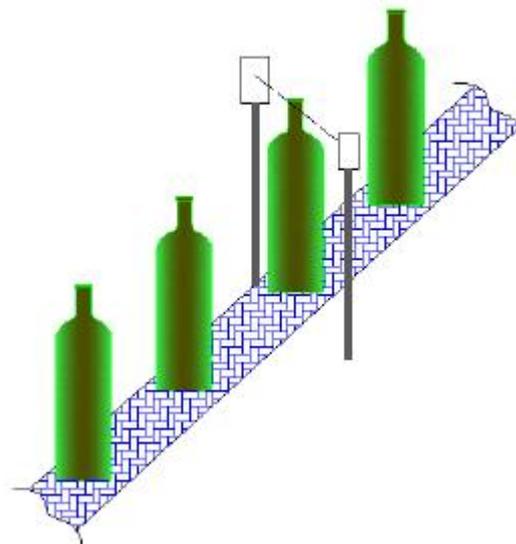


Ilustración 67. Detección posición conteo

Por otro lado, las fotocélulas de conteo de botellas de vidrio se deben de instalar de tal forma que el gollete de las botellas, es decir el cuello, pase a través del campo de detección de la fotocélula, véase la Ilustración 67. Detección posición conteo, sin embargo, la posición que debe de llevar la de acumulación es distinta, esta se encuentra en la detección del propio cuerpo de la botella y además de forma oblicua, véase la Ilustración 68. Detección posición acumulación. Esto es debido a las propiedades del vidrio y existen menos probabilidades de reflejos.

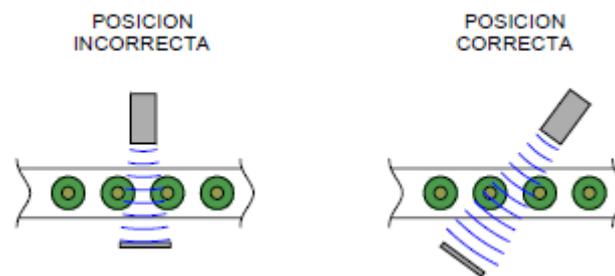


Ilustración 68. Detección posición acumulación

Puede verse en la Ilustración 69. Tipo de posición, como quedaría colocado la fotocélula en la línea de embotellado, tan solo es un ejemplo.

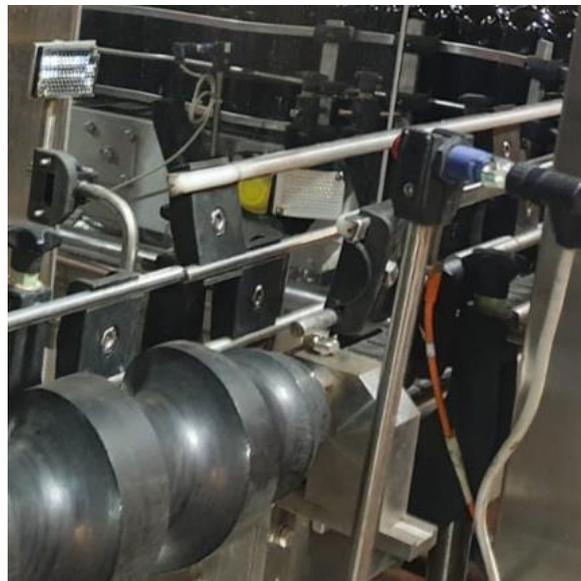


Ilustración 69. Tipo de posición

Cada una de las máquinas, como ya se ha dicho en el presente trabajo, vienen de forma totalmente automatizada. Por lo que ya constan de un sistema de conteo y acumulación en la programación interno, como de fotocélulas para dicha tarea. Esta información se refleja en el cuadro general propio de cada máquina por separado, por lo que si una llega a detectar una acumulación interna da la orden de parar su funcionamiento hasta que deje de detectarla, dicho paro se visualizará en la programación de paro y marcha general. No obstante, la detección de acumulación la poseen a la salida por lo que se instalarán dos fotocélulas de acumulación en las entradas de la etiquetadora y llenadora, ya que la máquina compuesta por la encajonadora, formadora de cajas y encoladora ya posee dicho sistema a la entrada (para la detección de acumulación de botellas), como a la salida (detección de acumulación de cajas a la salida).

Por otro lado, se instalará un sistema de conteo de botellas, compuesto por fotocélulas, en la salida de la mesa de acumulación y en la entrada de la última máquina del proceso. Este conteo facilitará número de botellas que entran al proceso y las que salen listas para la distribución de estas, no obstante, mediante operaciones de botellas de entrada y salida podrá facilitarnos las botellas de rechazo y la producción/hora en la que se encuentra el proceso completo.

Tanto para el sistema de conteo como el de acumulación se empleará el mismo método de fotocélula, en este caso reflexivo, y las mismas fotocélula y pantalla reflectiva. La diferencia se encuentra en la posición de colocación y detección de las botellas.

La fotocélula seleccionada, véase la Ilustración 70. Fotocélula, para ambos casos es de la marca sick, cuyo modelo es WL2SGC.2P3234A00 y número de artículo 1063648.



Ilustración 70. Fotocélula

La fotocélula posee una distancia de conmutación de 0 a 55 centímetros, emplea luz roja visible y es capaz de detectar objetos transparentes. Es más, la conmutación ocurre tanto en claro como en oscuro, se ha seleccionado así debido a que las botellas de vino tinto suelen ser oscuras y las de vino blanco son más claras. Los valores límites de alimentación se encuentran entre los 10 V y 30 V DC, como la alimentación a la que se va a conectar se encuentra en el autómata y esta es de 24V DC no supera los límites establecidos por el fabricante. Por último, al estar en una zona humedad, es decir al trabajar con líquidos, es necesario que la fotocélula tenga algún tipo de protección contra líquidos, en este caso la protección es un IP67. Posee protección contra el polvo e incluso líquidos.

La pantalla reflectora escogida, véase la Ilustración 71. Reflector microcelda, es la PL10F y con número de artículo 5311210, de la marca sick.



Ilustración 71. Reflector microcelda

Para más información técnica se ha dejado los datasheet de la fotocélula y el reflector de microcelda en los anexos.

4.3.6. Distribución de los elementos de control

En la Ilustración 72. Distribución elementos de control, se encuentra la distribución que se ha tomado para los elementos que componen la parte de control. En primera instancia, se ha colocado PLC, el panel de control general y la señal acústica de estado de emergencia y de inicio del proceso acoplaos al cuadro eléctrico general. Las estaciones de trabajo ET200L se han acoplado en la zona donde trabajaran. También se ha hecho la instalación del sistema de acumulación a las entradas de la etiquetadora y Triblock, en la formadora de cajas no se ha realizado dicha instalación debido a que posee uno propio a su entrada. Por otro lado, el sistema de conteo se encuentra en la primera cinta y en la entrada de la formadora de cajas. Ya por último se han colocado diversas setas de emergencia, distribuidas por las diferentes maquinas.

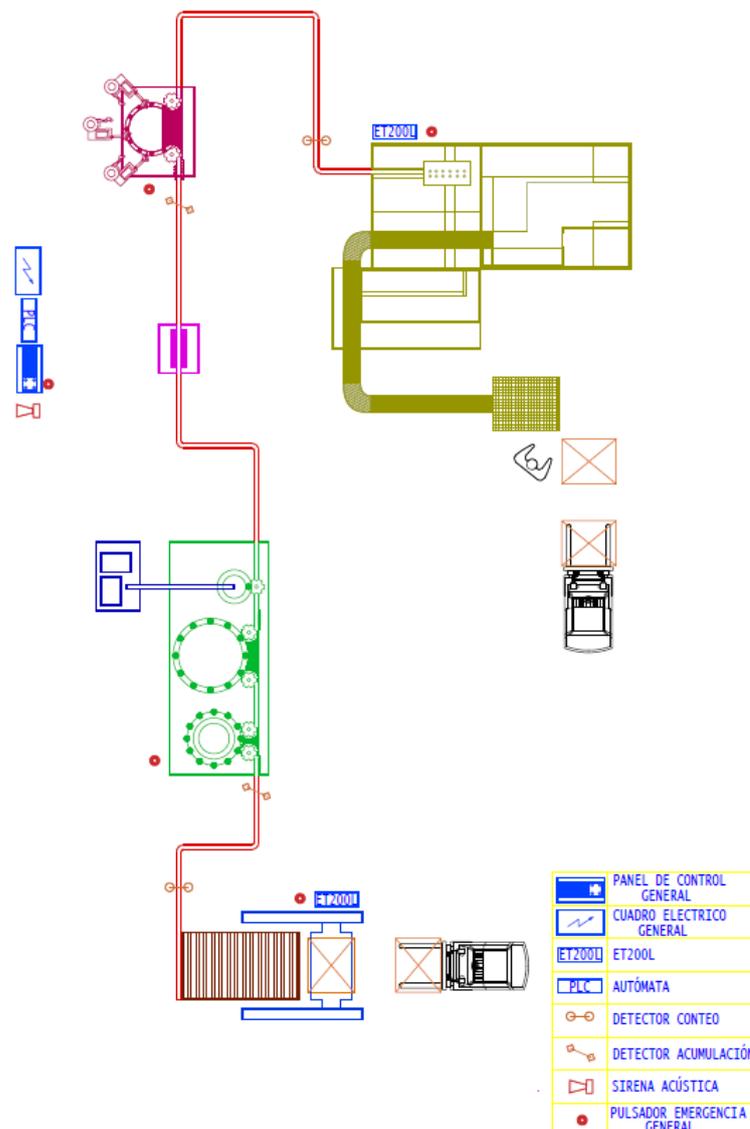


Ilustración 72. Distribución elementos de control

4.4. PROGRAMA SIMATIC STEP 7

4.4.1. *Conexiones y señales de entrada y salida*

La mayoría de las maquinas instaladas en la línea de embotellado funcionan de forma autónoma, es decir, éstas maquinas poseen un cuadro de mando propio de igual manera que una automatización propia e individual para las mismas.

Si lo que se quiere conseguir es una automatización de control general es necesario captar y enviar determinadas señales a cada una de las maquinas, para poder conseguir de este modo un control general sobre las mismas. De este modo, se consigue controlar determinadas acciones.

Se emplea un autómeta de la gama siemens S7-300 para el control general de la línea de embotellado. Este mismo se encuentra alojado en el cuadro de mando general, el cual controla de forma general, en términos de marcha y paro, la línea de embotellado. Por otro lado, para ahorrar cableado se ha decido emplear dos módulos de estaciones de trabajos, o más conocidas como periferias descentralizadas ETL 200. Estas se encuentran conectadas mediante el protocolo profibus-DP al autómeta.

El autómeta está provisto de un módulo de 16 entradas y 16 salidas digitales, a parte de un módulo de entradas y salidas analógicas empleado para el sensor de nivel situado en el tanque de vino. Las estaciones de trabajo ETL200 poseen ya 16 entradas y salidas digitales.

Hay ciertas maquinas en la línea de embotellado que poseen un cuadro de mando propio para poder realizar las funciones de marcha y paro, ajustes, modificaciones sobre formatos o varios e incluso funciones específicas de la misma. Esto es importante debido a que el este panel de mando propio de la maquina es posible incluso realizar modificaciones sobre la velocidad de la maquina en cuestión de producto/hora y sincronizarlas con el resto de la maquinaria. Dicho esto, lo que se pretende es enviar y captar señales a los cuadros de mandos propios de cada máquina sin alterar la programación interna que poseen, es decir, poder controlar y monitorizar la parada y marcha de forma remota, e incluso otras funciones de la maquinaria instalada sin modificar su proceso.

La maquinaria que no posea un cuadro de mando propio, por ejemplo, las cintas transportadoras o el secador, son conectados directamente al cuadro de mando general de la línea.

Las señales que se deben de enviar y captar para conseguir un control y una monitorización remota general se observan en la Tabla 4. Interpretación de señales.

Tabla 4. Interpretación de señales

SEÑAL	INTERPRETACIÓN	TIPO
Señal de parada por emergencia	Si una seta de emergencia es presionada, esta es señalizada en el panel de control mediante un piloto y además se encuentra indicado en el panel de operador.	Entrada automática
Señal Habilitación y/o validación	Para poder poner en marcha la línea de embotellado es necesario realizar una validación o habilitación de esta. Esta no dejará iniciar la línea de embotellado si encuentra una señal de emergencia activa o parada de emergencia activa.	Entrada automática
Señal de emergencia	Hay maquinas que poseen propiamente un cuadro de mando general y otras que son conectadas al cuadro general de marcha y paro de la línea. Bien pues, estos cuadros poseen un relé térmico, si este mismo se dispara, por x motivo, el autómatas lo interpretará como un estado de emergencia. Este estará señalizado en el panel de operador y en el cuadro general de marcha y paro. E incluso si no le llega alimentación al relé puede ser motivo del fusible y será necesario realizar su comprobación.	Entrada automática
Actuación de Arranque	Se realiza desde el cuadro general de mando de marcha y paro o desde el propio panel de operador	Salida automática
Actuación de Paro	De la misma forma que la actuación en el arranque de la línea	Salida automática
Selector Manual y Automático	Hay maquinas que permiten la opción de trabajar en formato manual o automático, el PLC será encargado de recoger en que acción se encuentra trabajando la máquina que incorpore dicha opción.	Entrada automática

4.4.1.1. Justificación de conexiones del plc en los cuadros de las distintas máquinas

Bien pues, un esquema eléctrico sencillo en el que se puedan captar las señales descritas con anterioridad está compuesto por la toma de corriente y tensión, fusibles, relé térmico, contactores, pulsadores, seta de emergencia y selector en dos posiciones.

El primer componente, el fusible, es aquel elemento eléctrico que se sitúa al inicio del circuito eléctrico como un elemento de seguridad. La función de dicho elemento es la de interrumpir la conexión eléctrica si por algún motivo excede la limitación de tensión del fusible. Este mismo se encuentra alojado en el portafusible, véase la Ilustración 73. Portafusible y simbología.



Ilustración 73. Portafusible y simbología

Otro elemento de seguridad, véase la Ilustración 74. Relé térmico y simbología, es el relé térmico. Este es empleado para proteger de calentamiento y sobrecargas de tensión en los motores. Su funcionamiento es sencillo, es igual que un interruptor. Este es accionado de forma automática si detecta un sobrecalentamiento o sobrecarga y corta el paso de la corriente o tensión al circuito.



Ilustración 74. Relé térmico y simbología

Un contactor es otro dispositivo eléctrico que podemos encontrar en un cuadro general de mando. Este está compuesto fundamentalmente por una bobina, contactos de fuerza y contactos auxiliares normalmente cerrados y abiertos. El relé térmico está conectado en los contactores de fuerza, y las señales para enviar o recibir se encuentra en los contactos auxiliares que son accionados cuando a través de la bobina pasa una señal de forma contante, cuando esta es interrumpida los contactos auxiliares vuelven a su posición inicial.

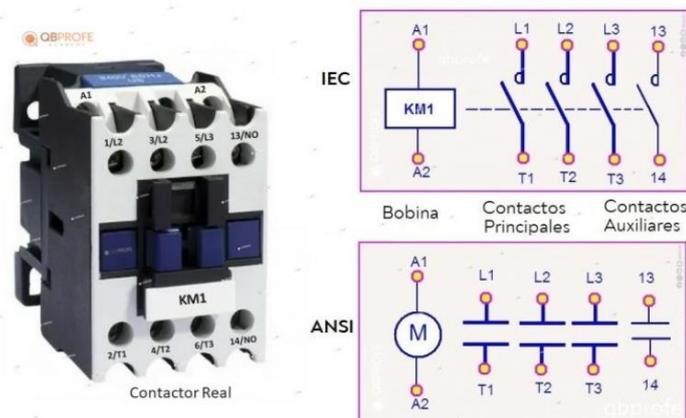


Ilustración 75. Contactor y simbología

El funcionamiento de un pulsador, véase la Ilustración 76. Pulsador y simbología, es realmente sencillo, estos deben ser presionados para dejar pasar la tensión o interrumpirla según sean normalmente cerrados o abiertos, una vez dejados de pulsar vuelven a su estado inicial.



Ilustración 76. Pulsador y simbología

El funcionamiento de la seta de emergencia, véase la Ilustración 77. Seta de emergencia y simbología, es idéntico al del pulsador, en cambio esta posee enclavamiento mecánico. Esto significa que una vez pulsado no regresa por si sola a la posición de inicio, sino que hay que realizarlo manualmente.



Ilustración 77. Seta de emergencia y simbología

Y, por último, el selector entre manual y automático. este posee dos posiciones de un contacto cada una, la de manual y en automático, la posición seleccionada se encuentra en normalmente cerrado y la otra en normalmente abierto.

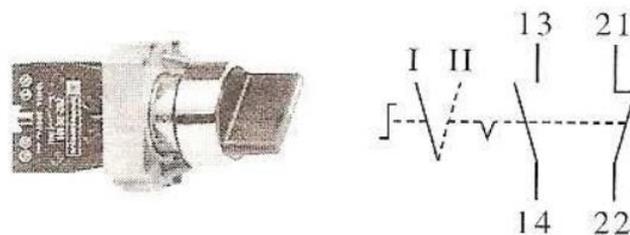


Ilustración 78. Selector y simbología

En la Ilustración 79. Esquema eléctrico sencillo, cuadro máquina, se puede visualizar un esquema eléctrico con el funcionamiento sencillo de los elementos que con anterioridad se explicaron. En él se puede visualizar la toma de tensión L1 en la parte superior y la de neutro N en la parte inferior.

Al principio del esquema, es decir en la parte superior nos encontramos el fusible, seguido del relé térmico y seriado con la seta de emergencia y el pulsador de paro. Las funciones de la seta y el pulsador de paro es la de interrumpir la alimentación para realizar la función de paro o paro de emergencia.

A continuación, podemos encontrar el paralelo del botón de marcha y un contacto normalmente abierto del contactor KM1. Cuando llega alimentación a esta zona, con pulsar el botón de marcha y activar la bobina KM1 produce el

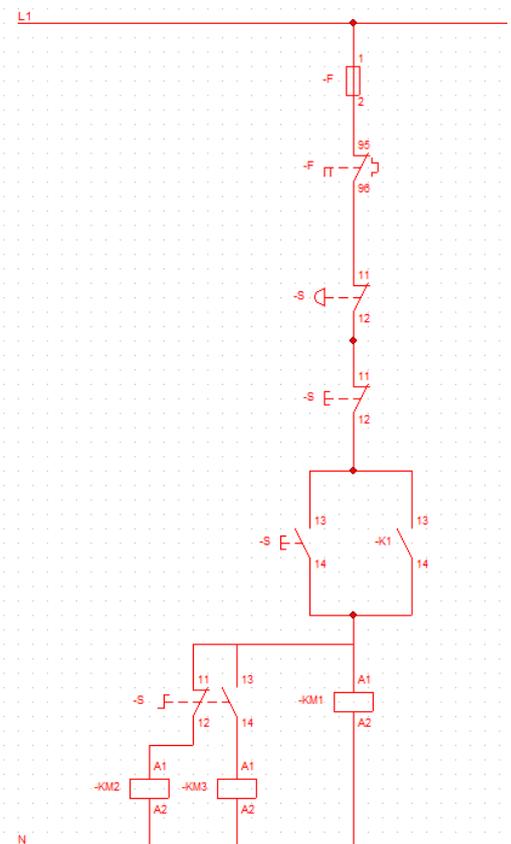


Ilustración 79. Esquema eléctrico sencillo, cuadro máquina

cierre del contactor K1 por lo que hasta que no se interrumpa la alimentación mediante el pulsador de paro o de emergencia el contactor KM1 seguirá activo, produciendo que sus contactos cambien de posición. Una vez que la alimentación atraviesa el paralelo del botón de marcha y el contacto de KM1, se activa también el contactor KM2 o KM3 según en la posición donde tengamos el selector, esta zona sirve para la selección entre manual y automático.

En la Ilustración 80. Esquema eléctrico, cuadro maquina + señal autómatas, se puede visualizar el esquema de la ilustración 78 pero con ligeros cambios. Las modificaciones que se han realizado tienen que ver con la implementación de captación y envío de señales referente al autómatas o estación de trabajo. Estas mismas están identificadas mediante rectángulos.

Estas señales son transmitidas mediante contactores de 1 o 2 contactos auxiliares. Para empezar la bobina de KMA2 (señal de estado de emergencia) se encuentra activada ya que se encuentra alimentada por la carga, el contacto que activa esta bobina se encuentra conectado a la entrada del autómatas, dicho contacto es normalmente cerrado por lo que cuando la bobina es alimentada el contacto se acciona y se abre, por este motivo cuando el relé térmico o el fusible fallan o se disparan, dicha bobina deja de estar alimentada y desactivan el contacto, regresando a su posición NC, enviando una señal al autómatas. Este mismo funcionamiento sigue la bobina KMA1 conectada a la seta de emergencia.

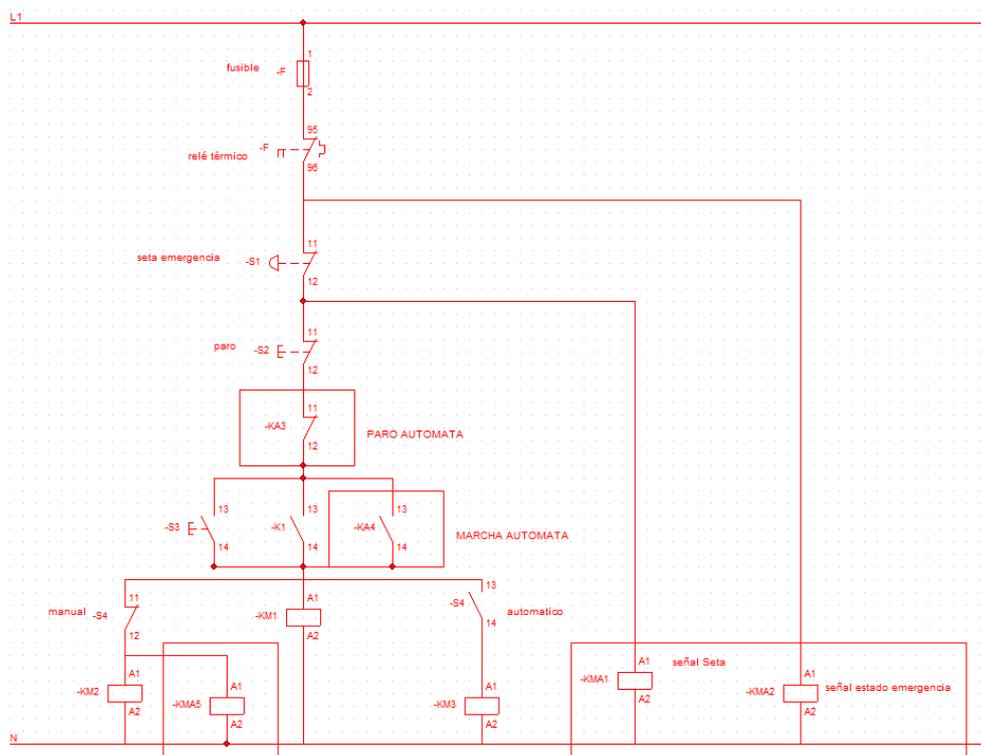


Ilustración 80. Esquema eléctrico, cuadro maquina + señal autómatas

Por otro lado, para la orden de marcha y paro se han insertado dos contactos, uno NA (KA4) y otro NC (KA3). Estos son accionados cuando sus respectivas bobinas KMA3 y KMA4 son alimentadas. La alimentación de dichas bobinas se produce a través de la señal de salida del propio autómatas o estación de trabajo.

La bobina que se encuentra conectada a la parte del selector en la posición manual, al activarse cierra el contacto de KMA5 que envía una señal al autómatas indicando que la posición manual del selector se encuentra activada. No obstante, si el autómatas recibe una ausencia de señal sobre dicha zona, significa que el selector se encuentra en posición automática. Esto es gracias a que el selector posee 2 posiciones.

Por otra parte, el cuadro de mando general que controla toda la línea de embotellado sobre la marcha y paro general posee prácticamente el mismo funcionamiento que se representa en el esquema eléctrico anterior, salvo que este no posee selectores entre manual y automático, por lo que su función pasa únicamente a la marcha y paro. También cabe decir, que en la posible representación del esquema eléctrico del cuadro de mando general de la línea de marcha y paro las 5 setas de emergencia distribuidas por las diferentes zonas de la línea estarían en serie ya que solo es necesario pulsar una para cortar toda la alimentación de la línea. La información de señal de pulsación de la seta se ha colocado en cada una de ellas para que cuando se pulse una determinada en el historial de emergencia del panel de operador se refleje a que hora y que seta ha sido presionada.

Y por último, en el esquema eléctrico de señalización, vease la Ilustración 81. Esquema eléctrico de señalización general, encontramos L1, que es el piloto que indica que la máquina se encuentra en marcha, L2 que es el piloto que indica que se ha pulsado una seta de emergencia y L3 que es el piloto que indica que el relé térmico se ha activado, por lo que ha desconectado la alimentación del circuito eléctrico de mando y de potencia. Este esquema, es un esquema general para visualizar la recepción de la señal hacia el autómatas. Como el autómatas recoge directamente la señal de pulsación de cada una de las setas de emergencia no ha sido necesario instalarlo en el señalización, lo mismo ocurre con el relé térmico. Sin embargo, se ha instalado una bobina, cuyo contacto está conectado a la entrada del autómatas, este contactor se activa cuando el piloto de arranque es activado enviando una señal de que la máquina se encuentra alimentada y en funcionamiento de arranque. Todo esto es debido al contactor K1, ligado a la bobina KM1 que si se visualizan en los anteriores esquemas eléctricos se encuentra en paralelo con el pulsador de marcha, esa configuración se le denominada "con enclavamiento".

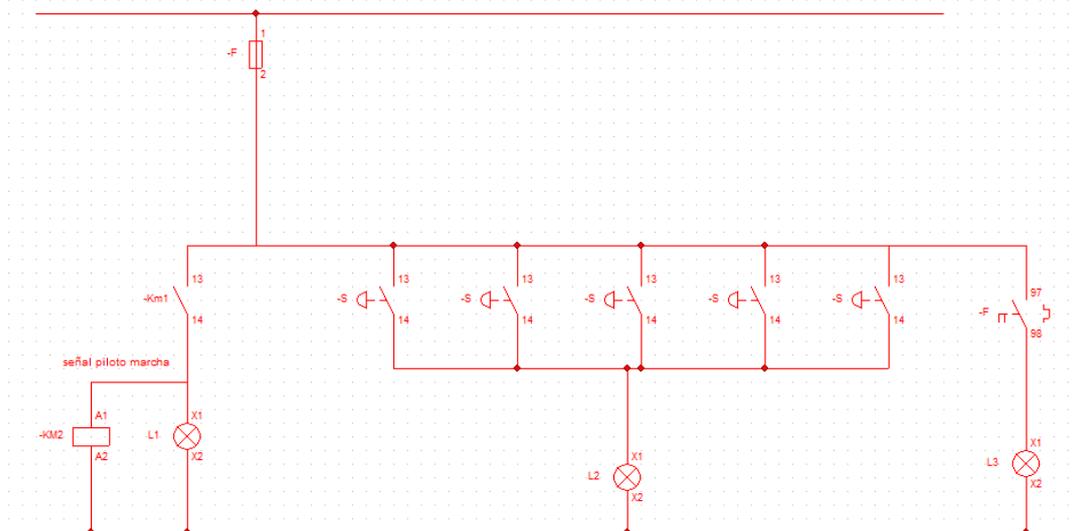


Ilustración 81. Esquema eléctrico de señalización general

En la Ilustración 82. Conexiones módulo entradas y salidas, se pueden observar cómo quedarían los contactos de los contactores y las bobinas de estos. La nomenclatura está referencia desde la Ilustración 80. Esquema eléctrico, cuadro maquina + señal autómatas. Por lo que, como se explicó las bobinas KMA1, KMA2 y KMA5 del esquema de mando hacen referencia a los contactos en las entradas de KA1, KA2 y KA5, donde se recibe la señal. Por otro lado, puede decirse lo mismo sobre las bobinas KMA3 y KMA4 que hacen referencia a los contactos de KM3 y KM4 de paro y marcha respectivamente, aquí es donde se envía la señal y actúa bajo consecuencia de esta.

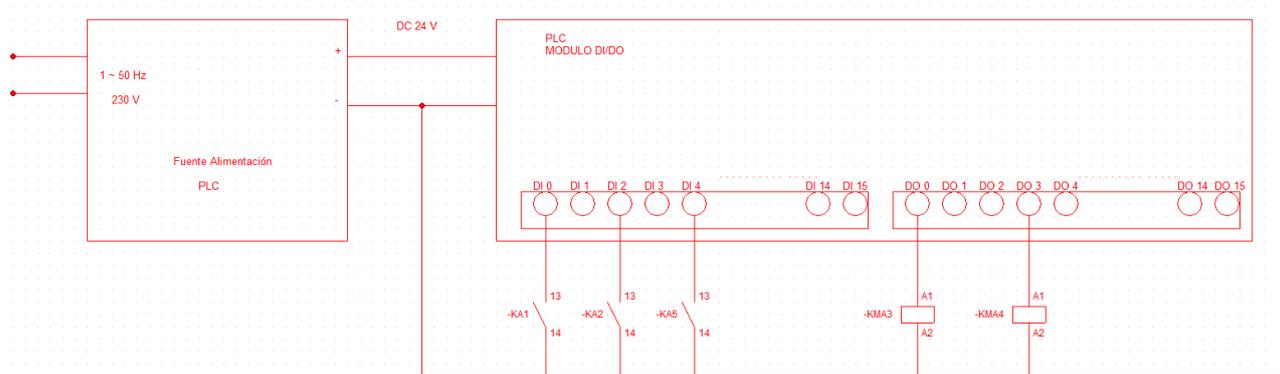


Ilustración 82. Conexiones módulo entradas y salidas

4.4.1.2. Esquema eléctrico cuadro general de mando

A parte de realizar el esquema del cuadro general de mando se ha realizado los cálculos necesarios para saber la sección mínima de los conductores que ha de usarse, véase la Ilustración 83. Fórmulas para instalaciones eléctricas.

Para ello se necesitará la potencia activa, los amperajes y la tensión de alimentación, pudiendo variar según a qué punto se conectará el conductor.

FORMULARIO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

MAGNITUDES	CORRIENTE MONOFÁSICA ALTERNA	CORRIENTE TRIFÁSICA ALTERNA
Potencia activa	$P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi)$	$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos(\varphi)$
Potencia reactiva	$Q = V \cdot I \cdot \text{sen}(\varphi)$	$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{sen}(\varphi)$
Potencia aparente	$S = V \cdot I$	$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$
Tensión	$V = \frac{P}{I \cdot \cos(\varphi)}$	$V = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos(\varphi)} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot I}$
Corriente	$I = \frac{P}{V \cdot \cos(\varphi)}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\varphi)} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$
Corriente (activa)	$I_a = I \cdot \cos(\varphi)$	$I_a = I \cdot \cos(\varphi)$
Corriente (reactiva)	$I_r = I \cdot \text{sen}(\varphi)$	$I_r = I \cdot \text{sen}(\varphi)$
Resistencia	$R = \frac{V}{I} \cdot \cos(\varphi)$	$R = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot I} \cdot \cos(\varphi)$
Reactancia	$X = \frac{V}{I} \cdot \text{sen}(\varphi)$	$X = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot I} \cdot \text{sen}(\varphi)$
Impedancia	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot I}$

Ilustración 83. Fórmulas para instalaciones eléctricas

Una vez que se haya obtenido y especificado los amperios, y potencia de las diversas maquinas, e incluso de los elementos que consumen que se encuentran conectado al cuadro general de mando (plc, sensores, etc....), se decidirá qué tipo de conductor emplear. En este caso se ha empleado un tipo B2, véase la Ilustración 84. Tipos de conductores con carga y naturaleza de aislamiento, en él se ha seleccionado cables de tipo XLPE, también. Mediante toda esa información se puede obtener las secciones mínimas.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ^a en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ^a en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ^b				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ^c Distancia a la pared no inferior a 0,3D ^a					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ^c Distancia a la pared no inferior a D ^a						3x PVC			3x XLPE o EPR ^d		
G		Cables unipolares separados mínimo D ^a									3x PVC ^d	3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	27	28	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				206	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

Ilustración 84. Tipos de conductores con carga y naturaleza de aislamiento

Los diferentes puntos de consumo de potencia, el tipo de alimentación, las intensidades, los pías que se han empleado para el cuadro general eléctrico, tipo del material del conductor, la forma del conductor, la sección mínima que ha de tener se recoge todo en la Tabla 5. Cálculos instalación eléctrica.. Por otro lado, se han obtenidos la longitud de conexión desde el cuadro general eléctrico hasta los diferentes puntos de alimentación y se han obtenido la caída de tensión.

Tabla 5. Cálculos instalación eléctrica.

Elementos	N.º elementos empleados	Potencia (W)
Despaletizador y mesa de acumulación	1	1700
Cinta transportadora	4	3000
Triblock y alimentador de tapones	1	12000
Secador	1	2518
Etiquetadora	1	4000
Formadora, encajonadora y encoladora	1	16500
Esquema de mando	1	488,75

Alimentación	Intensidades (A)	PIA	Conductor
Trifásica 380V	3,04	16	XLPE
Trifásica 380V	5,36	16	XLPE
Trifásica 380V	21,45	20	XLPE
Trifásica 380V	4,5	16	XLPE
Trifásica 400 V	7,1	16	XLPE
Trifásica 380 V	28,02	32	XLPE
Monofásica 230 V	2,5	16	XLPE

Forma del conductor	Sección XLPE (mm ²)	LONGITUD (M)
B2	1,5	20
B2	1,5	26
B2	2,5	13
B2	1,5	4,5
B2	1,5	4,5
B2	6	12
B2	1,5	0,5
Caída de tensión (V)	% caída tensión	
6,54	1,64	
8,51	2,13	
3,19	0,80	
1,47	0,37	
1,47	0,37	
1,96	0,49	
0,16	0,04	

El Esquema eléctrico realizado está compuesto por los esquemas de mando, potencia, señalización y el de conexión del PLC.

En los esquemas del cuadro general de mando se pueden realizar las siguientes funciones:

- Paso e interrupción de la alimentación de forma general hacia la línea de embotellado
- Paro e interrupción de la alimentación de forma individualizada por cada maquina
- Marcha gradual para las maquinas que poseen cuadro general, mediante contactores temporizados a conexión, excepto para la cinta 1, 2, 3, 4 y el secador que ha de iniciar la marcha mediante un pulsador en el mismo cuadro general de mando.
- Paro general de la línea de embotellado
- Paro general de emergencia de la línea de embotellado

No todos los contactos o contactores conectados a entradas y salidas de las estaciones de trabajo y PLC han sido reflejado debido a que son conectados en los cuadros generales de mando de las propias máquinas y no en el cuadro general de mando de la línea de embotellado. Las entradas y salidas que si intervienen en el propio cuadro general de mando han sido conectados y reflejado en los esquemas realizado.

Para visualizar los esquemas acudir a los anexos.

4.4.1.3. Distribución de entradas y salidas

El PLC y las periféricas descentralizadas han sido colocadas estratégicamente por la línea de embotellado conectadas a las máquinas y elementos de control de la zona en la que se encuentra, y a su vez las estaciones de trabajo ET200L se encuentran gobernados desde el propio autómatas gracias a la conexión profibus-DP.

A continuación, se expone a que máquinas y/o elemento de control se encuentra conectado cada unidad:

Tabla 6. Distribución del control de maquinaria por unidad lógica de control

ET 200 L	Autómata	ET 200 L
Despaletizador	Triblock	Formadora de cajas
Mesa acumulación	Alimentador de tapones	Encajonadora
Cinta 1	Cinta 2	Encajonadora
Sensor conteo botella	Secador	Sensor conteo botella
Sensor acumulación botella	Cinta 3	Encajonadora
	Etiquetadora	Cinta 4
	Sensor nivel deposito	
	Sensor Acumulación botellas	

Por otro lado, se ha realizado la distribución de entradas y salidas, mediante simbología, a cada uno de los puntos de control, es decir a las estaciones ET 200L y al autómatas en las siguientes tablas:

Tabla 7. Entradas digitales ET 200L, zona despaletizador

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	E 2.0	PIL_Arran_Des	Piloto_Arranque_Despaletizador
1	E 2.1	Set_Emerg_Des	Seta_Emergencia_Despaletizador
2	E 2.2	Auto_Man_Des	Selector_Automatico_Manual_Despaletizador
3	E 2.3	Señ_Ter_Des	Señal_Termico_Despaletizador
4	E 2.4	PIL_Arran_Acu	Piloto_Arranque_Mesa_Acumulación
5	E 2.5	Señ_Arran_C1	Señal_Arranque_Cinta_1
6	E 2.6	Sen_Acum_Bote	Sensor_Acumulación_Botellas
7	E 2.7	Sen_Cont_Bote_Entrada	Sensor_Conteo_Botellas
8	E 3.0		
9	E 3.1		
10	E 3.2		
11	E 3.3		
12	E 3.4		
13	E 3.5		
14	E 3.6		
15	E 3.7		

Tabla 8. Salidas digitales ET 200L, zona despaletizador

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	A 2.0	Arran_Des	Arranque_Despaletizador
1	A 2.1	Paro_Des	Paro_Despaletizador
2	A 2.2	Arran_Acu	Arranque_Mesa_Acumulación
3	A 2.3	Paro_Acu	Paro_Mesa_Acumulación
4	A 2.4	Arran_Cin_1	Arranque_Cinta_1
5	A 2.5	Paro_Cin_1	Paro_Cinta_1
6	A 2.6		
7	A 2.7		
8	A 3.0		
9	A 3.1		
10	A 3.2		
11	A 3.3		
12	A 3.4		
13	A 3.5		
14	A 3.6		
15	A 3.7		

Tabla 9. Entradas digitales ET 200L, zona Formadora de Cajas

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	E 4.0	PIL_Arran_For	Piloto_Arranque_Formadora
1	E 4.1	PIL_Arran_Enco	Piloto_Arranque_Encoladora
2	E 4.2	PIL_Arran_Enca	Piloto_Arranque_Encajonadora
3	E 4.3	Señ_Ter_For_Enco_Enca	Señal_Termico_Formadora_Encoladora_Encajonadora
4	E 4.4	Auto_Man_For_Enco_Enca	Señal_Automatiko_Manual_Formadora_Encoladora_Encajonadora
5	E 4.5	Set_Emerg_For_Enco_Enca	Seta_Emergencia_Formadora_Encoladora_Encajonadora
6	E 4.6	Señ_Arran_C4	Señal_Arranque_Cinta_4
7	E 4.7	Sen_Cont_Bote_Salida	Sensor_Conteo_Botellas
8	E 5.0		
9	E 5.1		
10	E 5.2		
11	E 5.3		
12	E 5.4		
13	E 5.5		
14	E 5.6		
15	E 5.7		

Tabla 10. Salidas digitales ET 200L, zona Formadora de Cajas

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	A 4.0	Arran_For	Arranque_Formadora
1	A 4.1	Paro_Formadora	Paro_Formadora
2	A 4.2	Arran_Encoladora	Arranque_Encoladora
3	A 4.3	Paro_Encoladora	Paro_Encoladora
4	A 4.4	Arran_Enca	Arranque_Encajonadora
5	A 4.5	Paro_Encajonadora	Paro_Encajonadora
6	A 4.6	Arran_Cin_4	Arranque_Cinta_4
7	A 4.7	Paro_Cin_4	Paro_Cinta_4
8	A 5.0		
9	A 5.1		
10	A 5.2		
11	A 5.3		
12	A 5.4		
13	A 5.5		
14	A 5.6		
15	A 5.7		

Tabla 11. Entradas digitales autómatas

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	E 136.0	PIL_Arran_Tri	Piloto_Arranque_Triblock
1	E 136.1	Set_Emerg_Tri	Seta_Emergencia_Triblock
2	E 136.2	Auto_Man_Tri	Selector_Automatico_Manual_Triblock
3	E 136.3	PIL_Arran_Tap	Piloto_Alimentador_Tapones
4	E 136.4	Señ_Arran_C2	Señal_Arranque_Cinta_2
5	E 136.5	Señ_Arran_Sec	Señal_Arranque_Secador
6	E 136.6	Señ_Arran_C3	Señal_Arranque_Cinta_3
7	E 136.7	Sen_Acum_Bote	Sensor_Acumulación_Botellas
8	E 137.0	Pil_Arran_Eti	Pilto_Arranque_Etiquetadora
9	E 137.1	Set_Emerg_Eti	Seta_Emergencia_Etiquetadora
10	E 137.2	Auto_Man_Eti	Selector_Automatico_Manual_Etiquetadora
11	E 137.3		
12	E 137.4	Set_Emerg_Cuadro_Gen	Seta_Emergencia_Cuadro_General
13	E 137.5	Señ_Ter_Eti	Señal_Termico_Etiquetadora
14	E 137.6	Señ_Ter_Tri	Señal_Termico_Triblock
15	E 137.7	Pil_Arran_Gen	Piloto_Arranque_General

Tabla 12. Salidas digitales automática

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	A 136.0	Arran_Tri	Arranque_Triblock
1	A 136.1	Paro_Tri	Paro_Triblock
2	A 136.2	Arran_Alím	Arranque_Alimentador
3	A 136.3	Paro_Alím	Paro_Alimentador
4	A 136.4	Arran_Cin_2	Arranque_Cinta_2
5	A 136.5	Paro_Cin_2	Paro_Cinta_2
6	A 136.6	Arran_Sec	Arranque_Secador
7	A 136.7	Paro_Sec	Paro_Secador
8	A 137.0	Arran_Cin_3	Arranque_Cinta_3
9	A 137.1	Paro_Cin_3	Paro_Cinta_3
10	A 137.2	Arran_Eti	Arranque_Etiquetadora
11	A 137.3	Paro_Eti	Paro_Etiquetadora
12	A 137.4	Señ_Arran_Gen	Señal Arranque General
13	A 137.5	Señ_Pa_Gen	Señal_Paro_General
14	A 137.6	Señ_Pa_Gen_Emer	Señal_Paro_General_Emergencia
15	A 137.7		

Tabla 13. Entrada analógica automática

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	PEW 802	Sen_Niv_Dep_EN	Sensor_Nivel_Deposito_Vino_Entrada
1	PEW 804		
2	PEW 806		
3	PEW 808		

Tabla 14. Salida analógica automática

Nº	Dirección	Símbolo	Comentario Símbolo
0	PAW 802	Sen_Niv_Dep_SAL	Sensor_Nivel_Deposito_Vino_Salida
1	PAW 804		

4.4.2. Organización del programa

La organización del programa se ha hecho mediante la programación en grafcet para una mejor comprensión de este, sin embargo, existen pequeñas acciones que no se han añadido, pero se comentarán. Ya que se debe de seguir un orden a la hora de la programación y control de una línea de embotellado. Es decir, véase la Ilustración 85. Control inicial, desde panel operador, en dicha ilustración se observa el funcionamiento básico e inicial de toda la línea de embotellado. Dicho bloque se encuentra en las funciones 1 y 2 de la programación.

Para empezar, se debe de presionar o pulsar el botón de habilitación encontrado en el panel de operador, dicha habilitación estará activa por 10 segundos. Tiempo necesario para pulsar el botón de arranque en el mismo panel, si se sobrepasa de dicho tiempo el ciclo comienza desde 0 nuevamente.

Una vez pulsado el arranque, el autómatas manda una señal de activación, que se mantiene activa el tiempo que tarda cada máquina en ponerse en marcha, a través de una salida a las diversas máquinas, dicha señal cierra los contactos que se encuentran en cada máquina o cuadro de mando dejando pasar la alimentación y activando otro contacto (produciendo un enclavamiento) de tal forma que si el contacto del autómatas se desactiva la alimentación no deja de pasar debido al contacto de enclavamiento que se encuentra de forma paralela. Dicho contacto únicamente será desactivado pulsando la orden de paro, cuya señal dura unos segundos para que de esta forma se esté seguro de que la corriente se ha interrumpido de forma segura, desactivando contactores, o mediante el paro de emergencia con enclavamiento, que interrumpe nuevamente la alimentación, y produciendo un estado de emergencia, que para desactivarlo es necesario pulsar el botón de rearme.

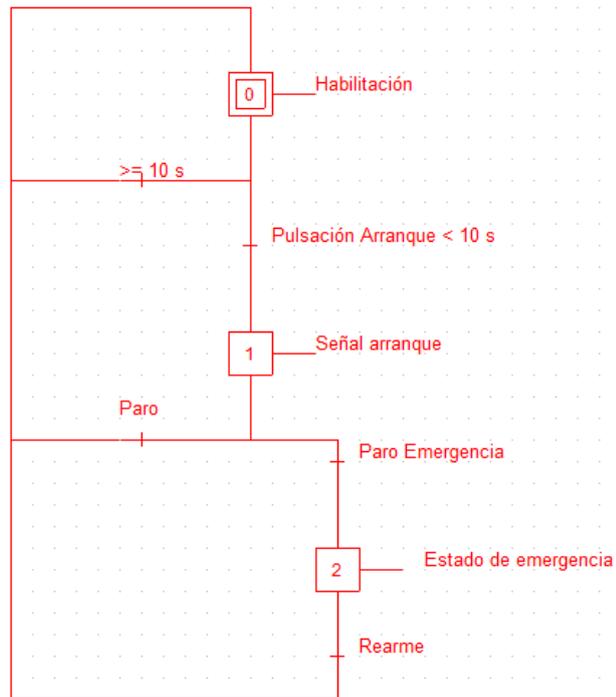


Ilustración 85. Control inicial, desde panel operador

El próximo bloque de programación explica de forma básica la marcha y paro general de la línea de embotella. Es decir, véase la Ilustración 86. Marcha y Paro general, para que dicho bloque sea activado previamente debe de haber sido activada la señal de arranque general, una vez activada esta acciona un contactor dejando pasar la alimentación a través del circuito, este mismo está sujeto a un piloto indicativo de arranque general. Este piloto solo es encendido cuando la alimentación atraviesa el contacto que ha sido accionado por la señal de arranque, por lo que cumple la verificación, y entonces se accionan los diferentes contactos que alimentan cada maquinaria. Este proceso es gradual y de forma inversa, es decir, primeramente, se alimenta la última máquina, que en este caso es la encoladora y deja pasar el tiempo necesario para que esta quede totalmente operativa hasta alimentar la próxima, como se muestra la Ilustración 86. Marcha y Paro general.

Por otro lado, cuando se acciona el paro general, la señal de arranque queda desactiva y entonces el paro general de la línea de embotellado comienza. Dicho paro sigue el mismo proceso que el de marcha, no obstante, este comienza desde la primera máquina, el despaletizador, hasta la que se encuentra en último lugar.

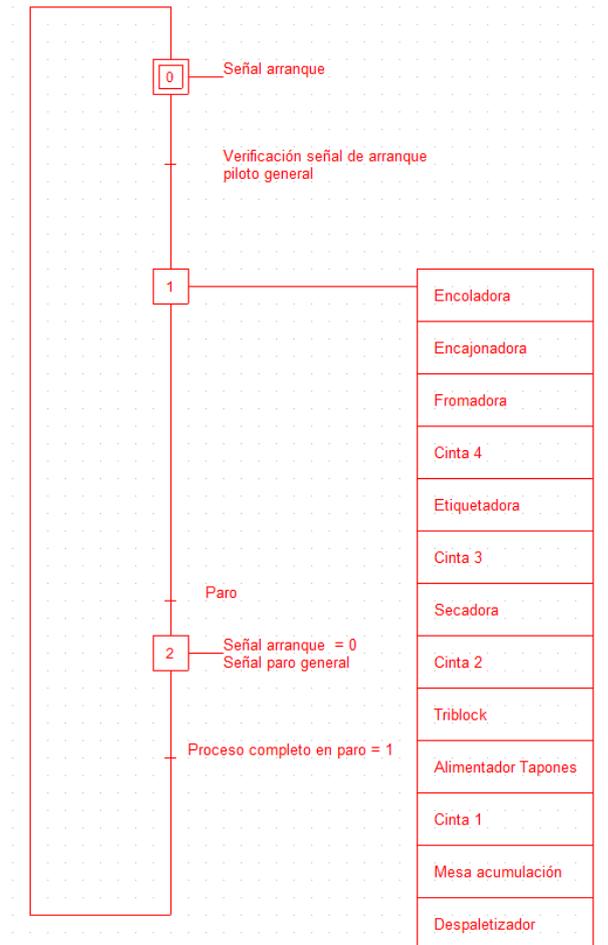


Ilustración 86. Marcha y Paro general

En la Ilustración 87. Despaletizador, vemos la representación en grafset que se ha seguido para la programación de dicha máquina. Una vez que se realiza el arranque y está activa la señal de marcha tanto como la propia maquina pueden ocurrir los siguientes estados:

- Que la maquina se encuentre activa y se dispare el relé térmico correspondiente al despaletizador, entonces la maquina se queda sin alimentación y por lo tanto la línea de embotellado entra en paro de emergencia. Por lo que se interrumpe la producción. Para desactivar dicho estado tan solo es necesario volver a poner el relé a su posición original reparando el problema que haya podido surgir.
- Cuando el autómata le envía la señal de activación a la máquina, esta posee un tiempo de activación, el que sea necesario para que la maquina quede totalmente operativa. Durante ese tiempo, el propio autómata verifica mediante el piloto de marcha que la maquina queda alimentada. Dicho piloto es accionado cuando la alimentación atraviesa el contacto de

marcha que ha sido accionado por la señal de activación o el de enclavamiento a su vez, es indistinto, ya que ambos accionan el piloto de marcha. Desde que el autómatas envía la señal de arranque a la máquina, comienza a verificar, durante 5 segundos, si el piloto ha quedado alimentado, si es pasado el tiempo y el piloto no se ha encendido el PLC cancela la señal de marcha y envía la señal de paro general de forma automática desde la última máquina a la que envió la señal, en este caso sería el mismo despaletizador. Ya que el piloto apagado puede representar que la máquina, por algún fallo o estado de emergencia de esta no quede totalmente alimentada o que incluso la máquina se encuentre operativa pero el piloto de marcha, por los motivos que sea, no se accione. Por otro lado, si no se excede el tiempo y el piloto se encuentra encendido el autómatas termina el tiempo de activación de la máquina y continúa a la siguiente.

- El estado de emergencia puede ocurrir por diversos acontecimientos. El primero de ellos es el pulsador de emergencia, una vez pulsado la máquina entra en un estado de emergencia y por lo tanto se realiza el paro de emergencia general. Estos están colocados estratégicamente por la línea de embotellado, y según cual se pulse se verá reflejado en el panel de operador. Otro caso puede ser que la misma máquina entre por cualquier motivo en un estado de emergencia que se encuentre en su programación individualizada del resto de las máquinas, cuando esto ocurre el piloto de marcha se desactiva y por lo tanto se acciona un paro de emergencia general.
- Y, por último, el programa únicamente refleja si la máquina se encuentra en estado manual o automático, esto es debido a que el autómatas recoge la señal desde un selector manual-automático. Cuando este se encuentra en automático el autómatas recibe un 1, sin embargo, si se encuentra en manual este mismo recibe un 0.

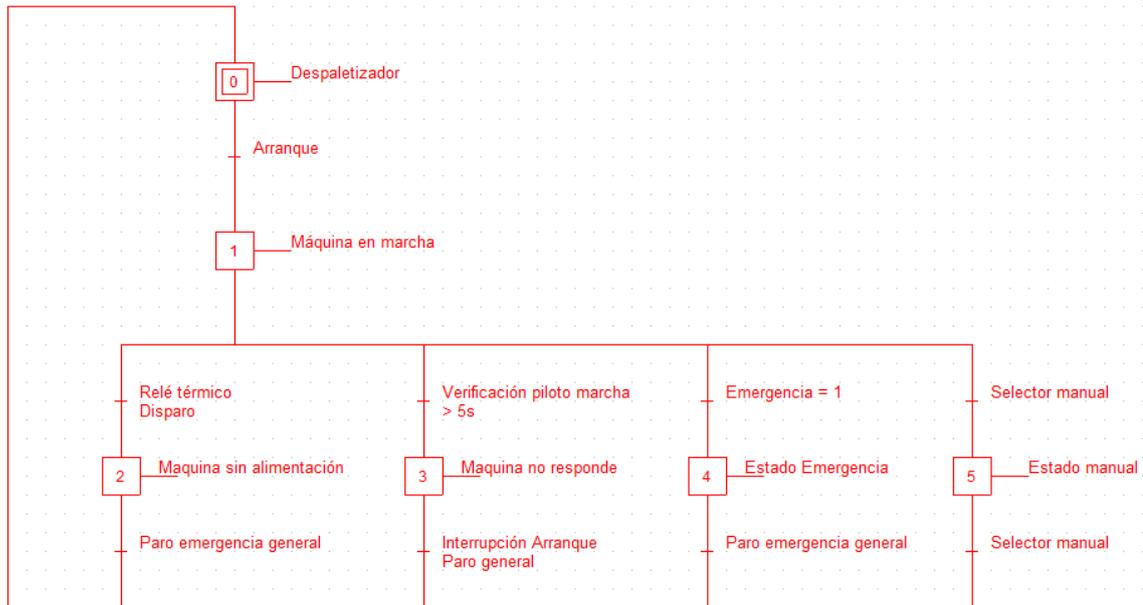


Ilustración 87. Despaletizador

En la Ilustración 88. Mesa de acumulación se reflejado los estados que se pueden encontrar en dicha maquinaria. También cabe constar que la mesa de acumulación y el despaletizador comparten una programación compartida, tal como un cuadro general de mando compartido, ya que estas dos se encuentran en sincronización desde el propio proveedor. Por lo que, en esta ilustración aparece, pero si el relé térmico que hemos visto en la ilustración del despaletizador se dispara también genera un paro en la mesa de acumulación o al revés ya que comparten el mismo desde el propio cuadro de control.

Se pueden observar los mismos estados, el de emergencia por cualquier tipo de anomalía que ocurra en la propia máquina como el de verificación del piloto de marcha para su próximo paro general o no.

Por otro lado, en la programación interna de la mesa de acumulación existe un paro por acumulación, es decir, cuando en la cinta 1 que se encuentra conectada a la mesa de acumulación no se pueden introducir más botellas y la mesa se encuentra llena, esta y el despaletizador se paran por acumulación en la mesa. Si en el inicio de la cinta 1 existe hueco la mesa de acumulación se pone en marcha e inserta la próxima fila de botellas, y el despaletizador se pondrá en marcha cuando detecte el espacio necesario en la mesa de acumulación.

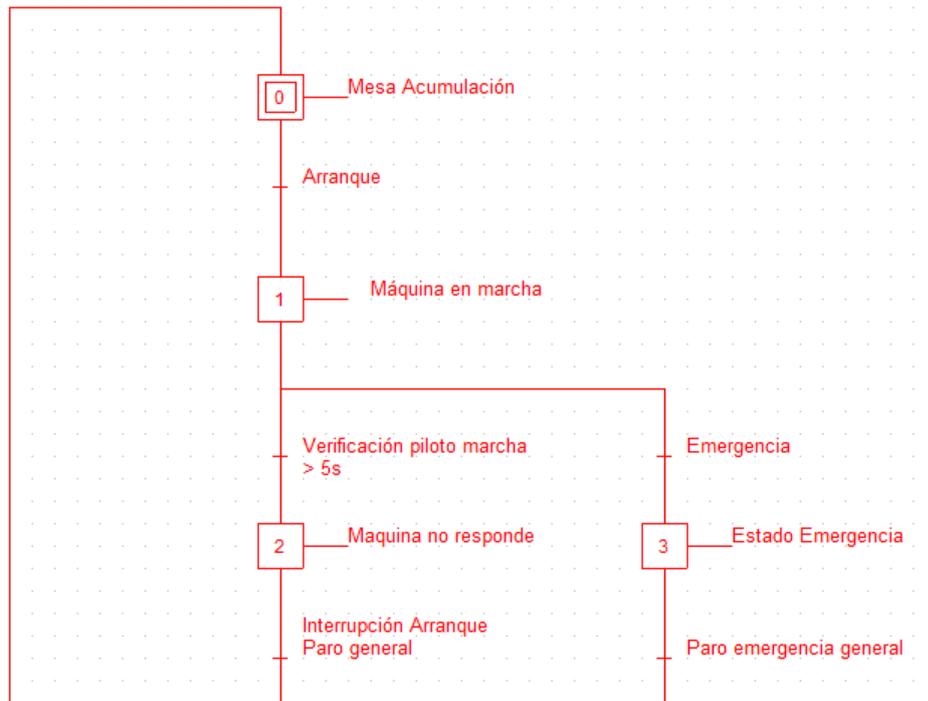


Ilustración 88. Mesa de acumulación

En la Ilustración 89. Cinta 1 queda reflejado que si existe el arranque se envía la señal de activación para poner la cinta en marcha. Posteriormente ocurre la misma verificación que se realiza con el piloto, pero al no poseer un piloto físico se emplea una señal de marcha que es enviada cuando esta se encuentra en marcha, si no es el caso no envía ninguna señal. También encontramos el estado de emergencia, y un estado de acumulación, el cual produce al detectar una acumulación en la propia cinta, mediante un sensor fotoeléctrico, el paro gradual desde la cinta hacia el despaletizador ya que son las maquinas que pueden ser afectadas por dicha acumulación de botellas, en cambio las siguientes continúan en funcionamiento con las botellas que les queda para no perder producción ni tiempo mientras exista una acumulación en cierta zona de la línea de embotellado. Posteriormente para volver a poner en marcha las maquinas afectadas por la acumulación, existe un botón de habilitación y marcha desde los diferentes puntos de acumulación si ocurriera el caso.

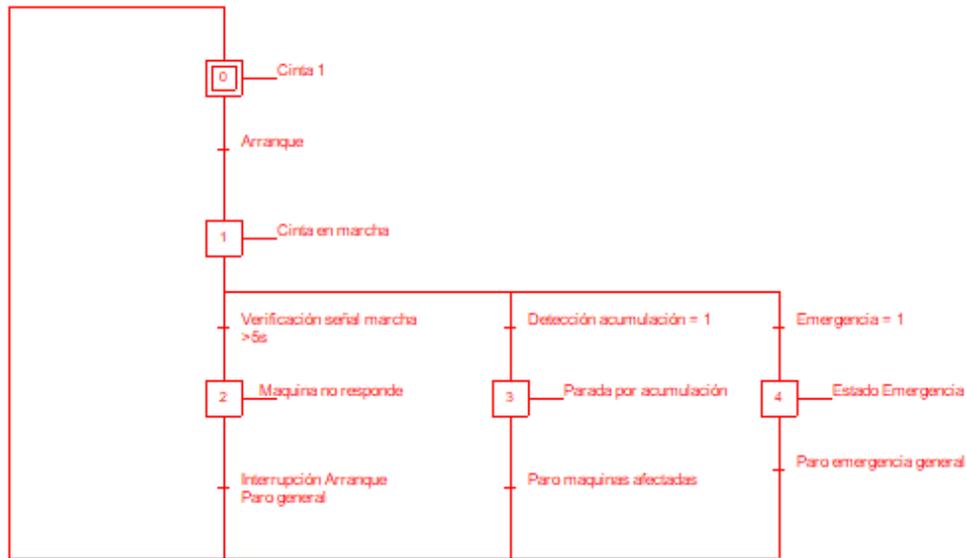


Ilustración 89. Cinta 1

A continuación, se encuentra el Triblock conectado a dicha cinta, tal como a la cinta 2. Los estados que se han seguido para su programación se ven reflejados en la Ilustración 90. Triblock. Posee el mismo funcionamiento de programación general que la descrita anteriormente (despaletizador), por otro lado, esta misma posee un detector de acumulación propio, por lo que si detecta acumulación dentro esta misma entra en estado de emergencia y para toda la línea ya que por temas de seguridad, lo más probable es que haya que acceder al interior de la máquina para desbloquear la acumulación.

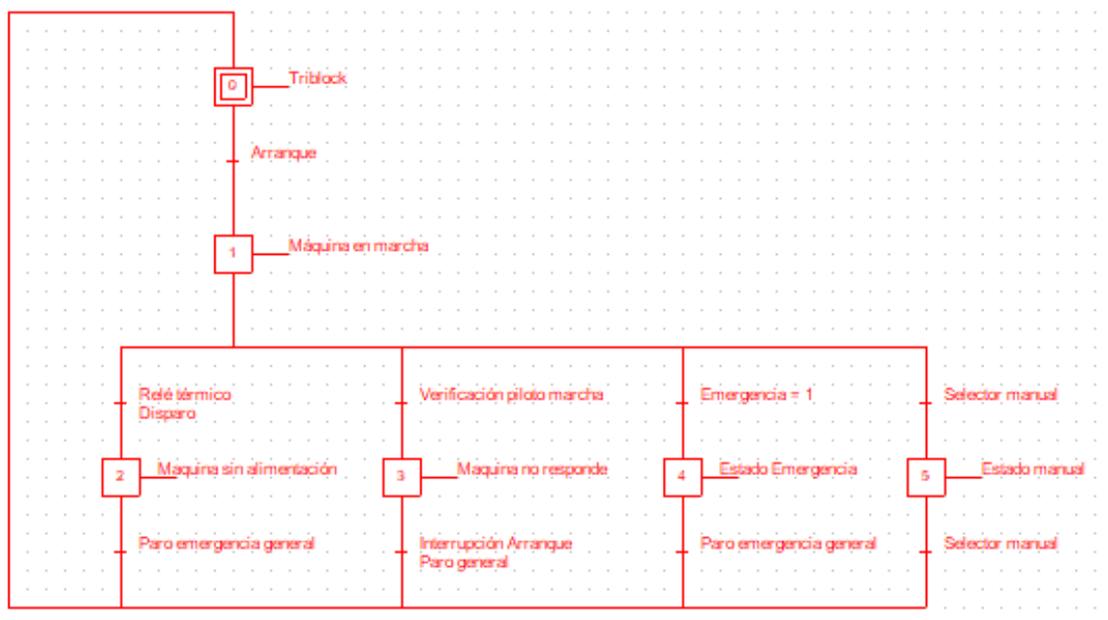


Ilustración 90. Triblock

El alimentador de tapones, véase la Ilustración 91. Alimentador de tapones, es una maquina externa al Triblock, esta es la encargada de alimentador los tapones de corcho a una de las 3 fases el Triblock posee. Las operaciones programadas de forma general para dicha maquinan son las mismas que en la cinta 1 exceptuando la acumulación por botellas. Dicha maquina se encuentra conectada directamente al cuadro de control general, por lo que, si en dicho cuadro salta el relé térmico, por ejemplo, realmente genera un paro general.

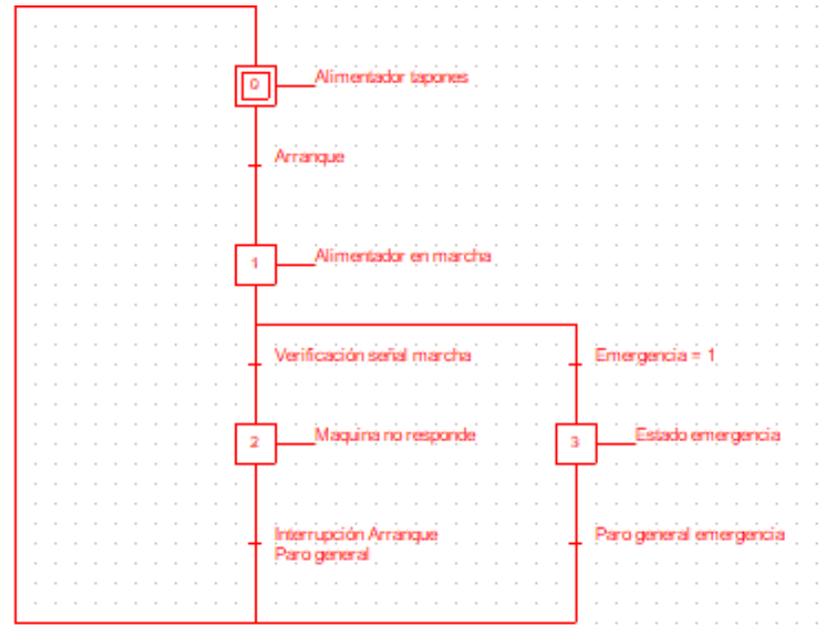


Ilustración 91. Alimentador de tapones

En la Ilustración 92. Cinta 2, se ve reflejado los mismos estados que actúan sobre la cinta 1 menos la detección por acumulación.

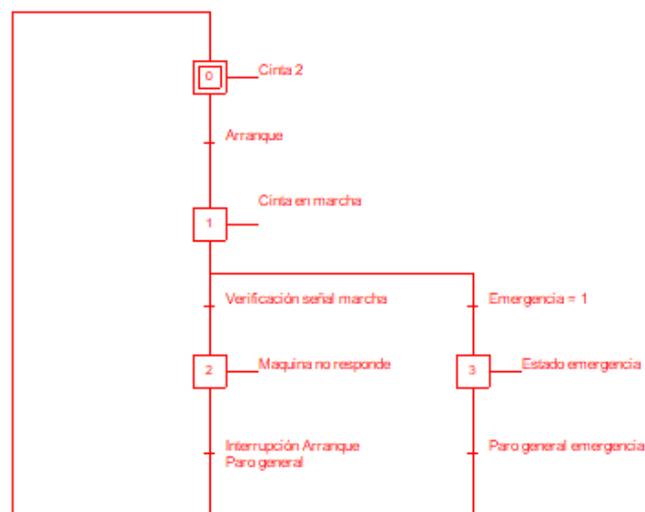


Ilustración 92. Cinta 2

En la Ilustración 93. Secador se observa el mismo funcionamiento que la cinta 2.

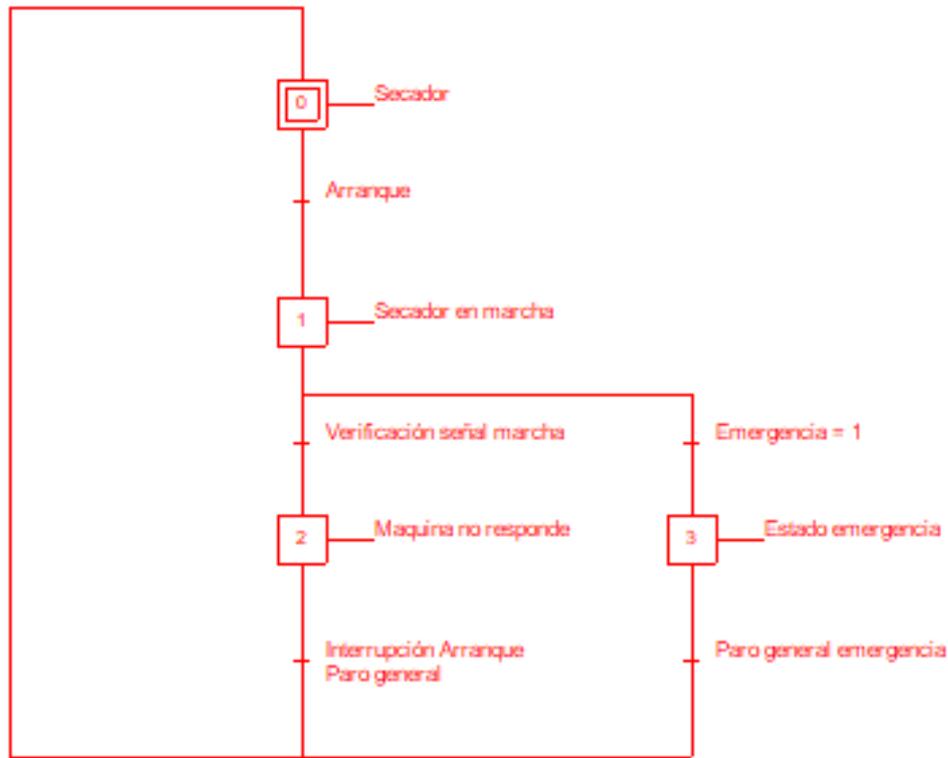


Ilustración 93. Secador

La Cinta 3 posee las mismas acciones y estados que ocurre en la cinta 1 pero comenzando, claramente, desde la cinta 3. Véase la Ilustración 94. Cinta 3

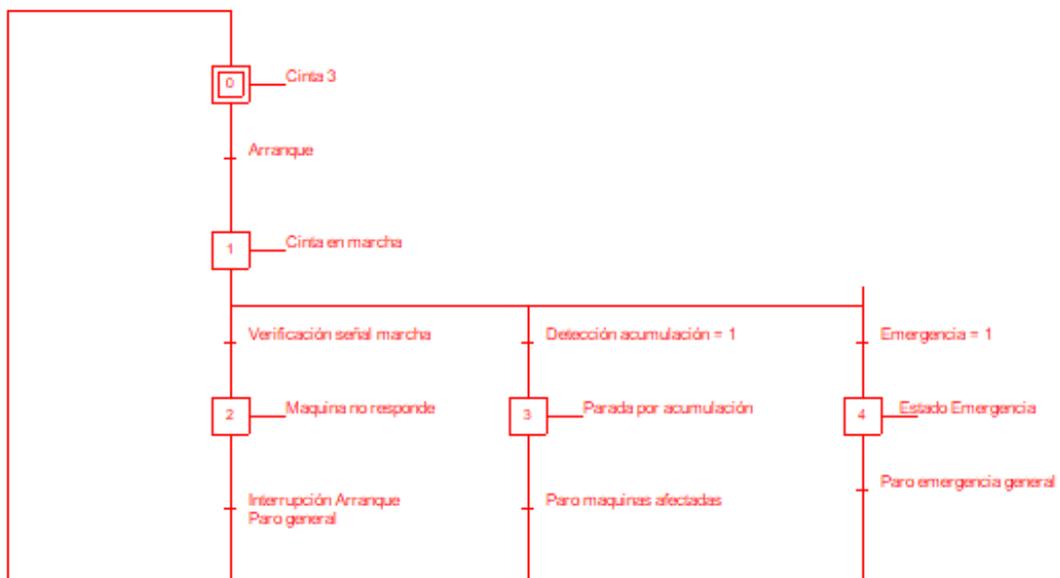


Ilustración 94. Cinta 3

La etiquetadora funciona exactamente que el Triblock, posee su relé térmico, la verificación del piloto, el selector manual e incluso los estados de emergencia y las detecciones por acumulación propia, es decir del programa individual con la que viene la etiquetadora de fábrica. Véase la Ilustración 95. Etiquetadora

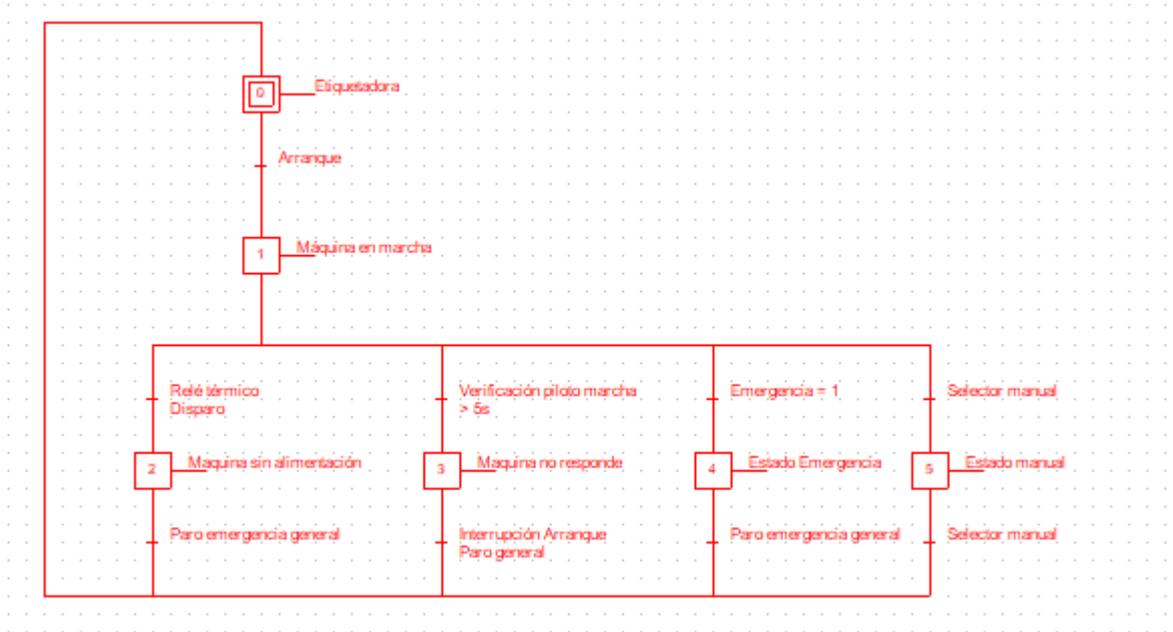


Ilustración 95. Etiquetadora

La cinta 4, Ilustración 96. Cinta 4, posee el mismo funcionamiento, acciones y estados que intervienen en la cinta número 2.

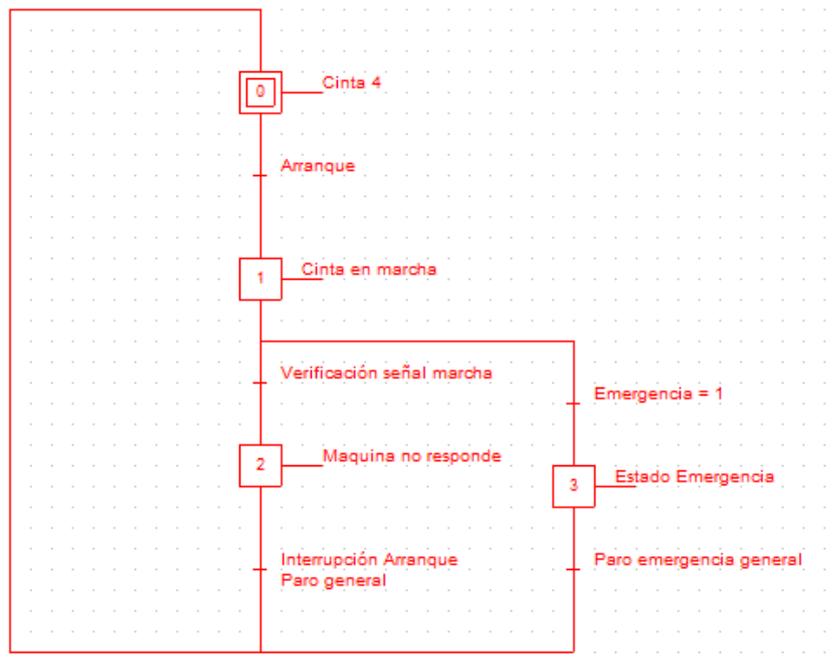


Ilustración 96. Cinta 4

En el caso de la formadora, encajonadora y encoladora, se puede observar en la Ilustración 97. Formadora, encajonadora y encoladora que poseen exactamente el mismo funcionamiento. Esto es debido a que realmente dicha maquinaria es un conjunto de 3 máquinas separadas pero unidas y sincronizadas por el mismo cuadro de control. En el arranque, previamente se debe de poner en marcha la encoladora, luego la encajonadora y por último la formadora, y en el paro ocurre al revés. Cada una posee su piloto en marcha, por si en el caso de que el piloto en marcha no sea verificado en la encajonadora se realiza el paro para la formadora, y así sucesivamente.

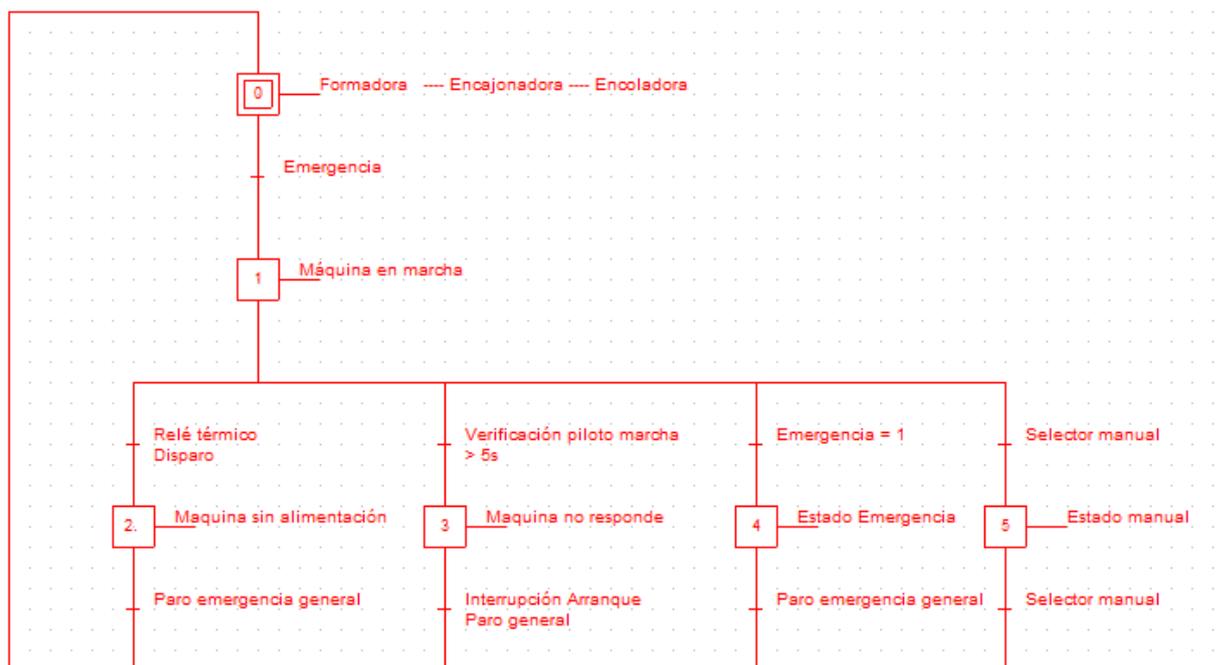


Ilustración 97. Formadora, encajonadora y encoladora

Por otro lado, una vez terminada con las máquinas, en la Ilustración 98. Detección por acumulación en cintas se puede observar los pasos que se han seguido para la detección de botellas en los puntos de la cinta 1 y 3. Estas fotocélulas al detectar el mismo objeto durante más de 5 segundos accionan el paro por acumulación hasta la primera máquina, que en este caso es el despaletizador. Y también, cabe constar que la detección es habilitada en el momento en el que la cinta 3 se pone en marcha y en el otro caso la cinta 1.

Y ya, por último, el conteo de botellas se realiza en la cinta 1 y en la 4, siendo entrada y salida respectivamente. Se realiza mediante un par de fotocélulas que envían una pulsación al detectar 1 botella pasar y está es interpretada por el autómatas. Las botellas de rechazo son la diferencia y además se ha programado que den el producto/hora.

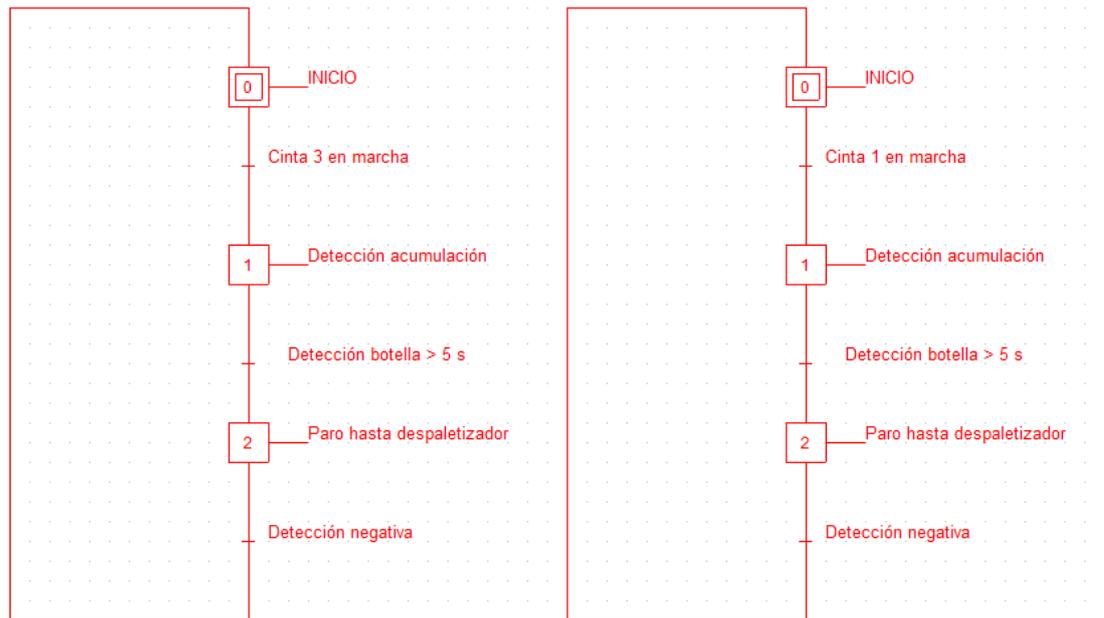


Ilustración 98. Detección por acumulación en cintas

Por último, se ha realizado la programación del tanque de vino que está conectado a un proceso de filtraciones y estas directamente al llenado de la máquina. Es un proceso continuo mientras la línea se encuentra en marcha. Se ha realizado la monitorización de dicho tanque con niveles máximos y mínimos. Cuando se sobrepasa el nivel mínimo la línea se para de forma general, como estado de emergencia, la línea de embotellado ya que no hay suficiente líquido en el tanque para seguir distribuyéndolo y llenando las botellas.

En resumidas cuentas, el programa principal es el encargado de realizar una marcha y paro general, tal como detectar las paradas de emergencias e incluso realizar propiamente una parada de emergencia desde el propio panel de operador. También es capaz de realizar un paro general mientras se realiza el arranque general si el piloto o señal de la máquina no es verificado, y el paro comienza desde dicha máquina. Por otro lado, si la máquina ya está encendida y el piloto se apaga es debido a un estado de emergencia de la máquina y el programa general realiza una parada de emergencia general. Es más, una vez que el piloto haya saltado tanto sea porque se ha excedido el tiempo de verificación o se haya quedado sin alimentación por algún estado de emergencia de la máquina, ambas circunstancias se ven reflejados como estado de emergencia en el panel de operador y para desactivarlo se debe que ir de forma individual a la máquina donde ocurrió el problema, solucionarlo y que el piloto se encienda cuando se haya realizado la solución o sino el estado de emergencia no se quitará y eso es debido a que aún puede haber algún problema, incluso puede ser que



la maquina funcione correctamente pero exista una mala conexión con el piloto de marcha o se haya fundido.

También cabe constar que si el conteo de botella es accionado realiza una parada de emergencia únicamente desde donde se realizó la acumulación hasta el despaletizador, y para volver arrancar desde el punto de acumulación será necesario desbloquear la acumulación.

4.4.3. SCADA

Unos de los objetivos del presente proyecto es la de realizar el diseño de un SCADA, el cual permite al operario o usuario que se encuentre en ese momento interactuar o interactuar con el programa de control general.

El diseño del SCADA ha sido dado mediante los siguientes factores:

- Se debe poder poner en marcha, paro y estado de emergencia general desde el propio panel de operador.
- Monitorización y visualización de las maquinas que se encuentren en marcha y/o en los estados de manual o automático.
- Puesta en marcha de las maquinas que se encuentran en paro debido a una acumulación de botellas de vidrio en determinadas zonas.
- Visualización de la cantidad, en litros, de vino del depósito que suministra el vino a la llenadora.
- Visualización del número de botellas de vidrio de entrada a la línea de embotellado, a la salida de esta, de rechazo y de la producción/hora. Y esta última ligada a la inserción del número de horas que la línea ha estado en funcionamiento.
- Tratamiento de datos. Creación de registros donde aparezca el número de botellas de entrada, salida, rechazo, Bot/H, y las horas de funcionamiento. Selección del tipo de botellas empleadas, si es para vino tinto, blanco o rosado. Y por último poder generar un pdf o imprimir directamente dicho registro.
- Tratamiento de datos. Visualización de los estados de emergencia y estados de emergencia solucionados, por ejemplo, si una seta de emergencia se encuentra activada, un térmico se ha disparado, etc.... y localización del estado de emergencia. Por otro lado, la posibilidad de imprimir o generar un pdf de los estados de emergencia.

En la primera pantalla del SCADA, en la Ilustración 99. SCADA menú principal, se puede visualizar los siguientes menús donde se puede acceder. El de marcha y paro, el de tanque de llenado, producción e historial, así como la visualización de la fecha y hora actuales, la salida del programa y la ejecución del paro de emergencia si es necesario. Este último se encuentra en todas las pantallas del SCADA por si el operario se encuentra en el panel de operador y es mucho más rápido que accione la

parada de emergencia desde el panel de operador a que esté desplazándose hacia otra zona a pulsar una seta de emergencia.

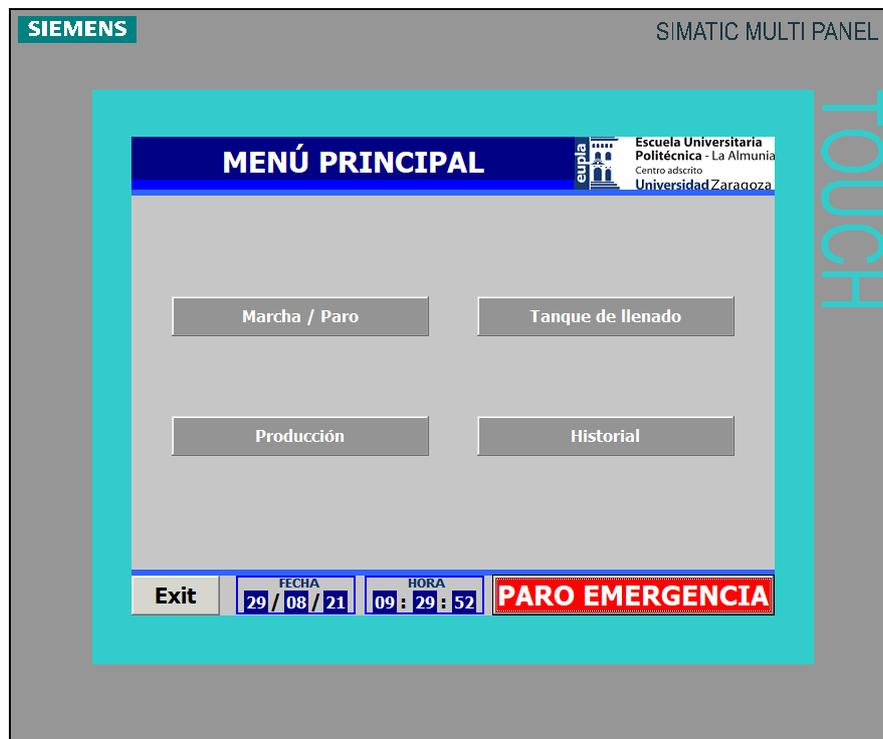


Ilustración 99. SCADA menú principal

En la Ilustración 100. SCADA marcha/paro, es donde se procede al control general en términos de marcha y paro de la línea de embotellado. Para poder accionar la marcha es necesario habilitarlo mediante el botón de "Habilitación", aun así, al habilitarlo el operario posee 10 segundos para efectuar el arranque (cambia de color a verde). Si transcurren los 10 segundos el programa retrocede y vuelve a las condiciones iniciales, es decir tener que volver a pulsar el botón de habilitación. Esto está realizado como medida de seguridad, por ejemplo, presionar por error. Una vez habilitado el botón de arranque y pulsado, la línea se pone en marcha, pues solo entonces y mientras continúe la línea en marcha el botón de paro queda habilitado, de tal forma como el de paro de emergencia, ya que si la línea está totalmente en paro no hay necesidad de que el botón de paro por emergencia se accione, debido a que la línea se encuentra parada y no surtiría ningún efecto sobre la misma.

Desde esta pantalla se puede ir a la pantalla de Proceso y a la de arranque por acumulación de botellas, y de vuelta al menú principal.

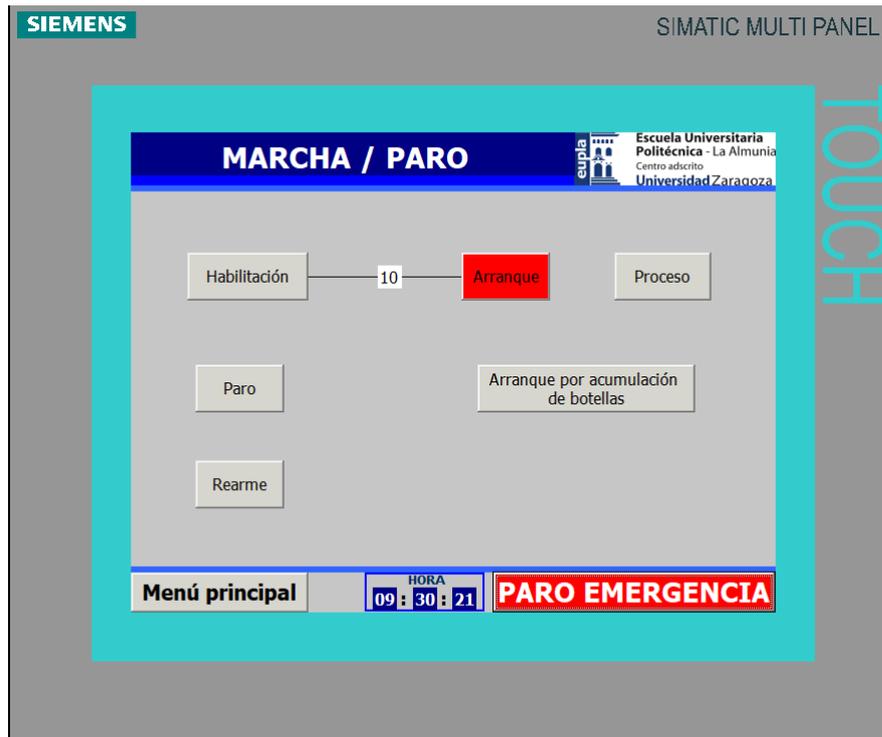


Ilustración 100. SCADA marcha/paro

En la Ilustración 101. Scada, situación de emergencia, se visualiza el estado de emergencia al haber pulsado el paro de emergencia del panel de operador, este estado se visualiza desde cualquier punto del SCADA, y además al pulsar encima te lleva a la ventana de marcha y paro para pulsar el rearme posteriormente.

No solo se puede visualizar ese estado de emergencia, también se visualiza el estado de emergencia de las setas de emergencia, o de cada máquina en particular, excepto el de los estados de acumulación debido a que no se realiza un paro de emergencia general de la línea al completo.

Por otro lado, la función de abrir directamente la pantalla de marcha y paro únicamente lo posee el estado de emergencia activo que es accionado por el paro de emergencia del panel de operador, debido a que los otros estados de emergencia se rearman al levantar la seta de emergencia o solucionar el problema encontrado en una maquina en particular.

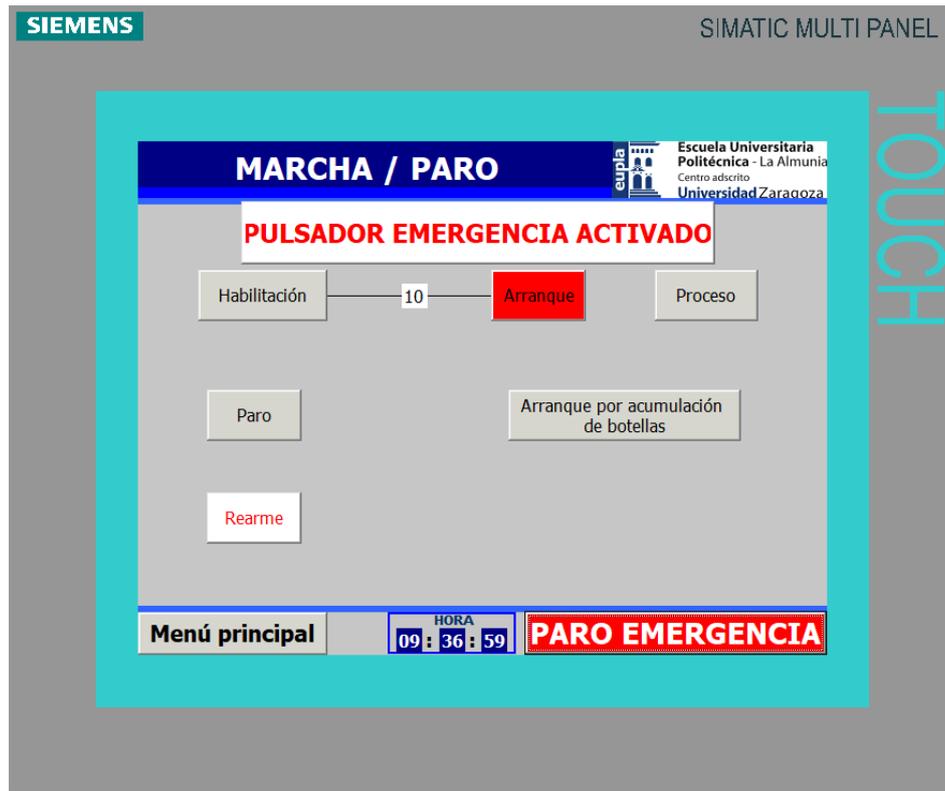


Ilustración 101. Scada, situación de emergencia

Si en la ventana de marcha y paro seleccionamos el botón de "Proceso", se abre directamente la ventana de proceso de la línea de embotellado, véase la Ilustración 102. SCADA proceso. En esta ventana se visualiza los pilotos de marcha de cada una de las maquinas, así como los estados en manual o automático.

El estado en rojo, de los pilotos en el SCADA, significa que la maquina se encuentra parada, sin embargo, el estado en verde significa que la maquina se encuentra en el estado de arranque y funcionamiento.

El estado manual de la maquina está simbolizado mediante una mano, no obstante, el estado en automático se encuentra simbolizado mediante dos flechas formando una circunferencia.

En la Ilustración 103. SCADA marcha por acumulación, que se puede acceder desde la ventana de marcha y paro. Aquí se puede realizar una habilitación y arranque de las maquinas que se encuentran en paro debido a una acumulación según la zona. Estos botones se habilitan automáticamente cuando se haya solucionado el problema de acumulación, si no es así los botones de habilitación y arranque quedan totalmente deshabilitados.

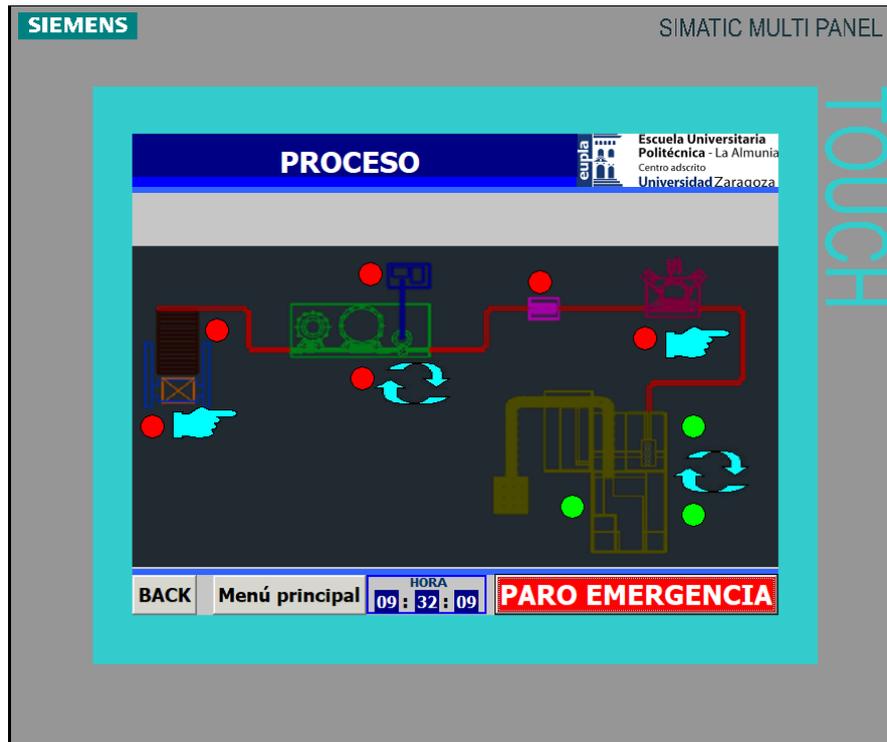


Ilustración 102. SCADA proceso

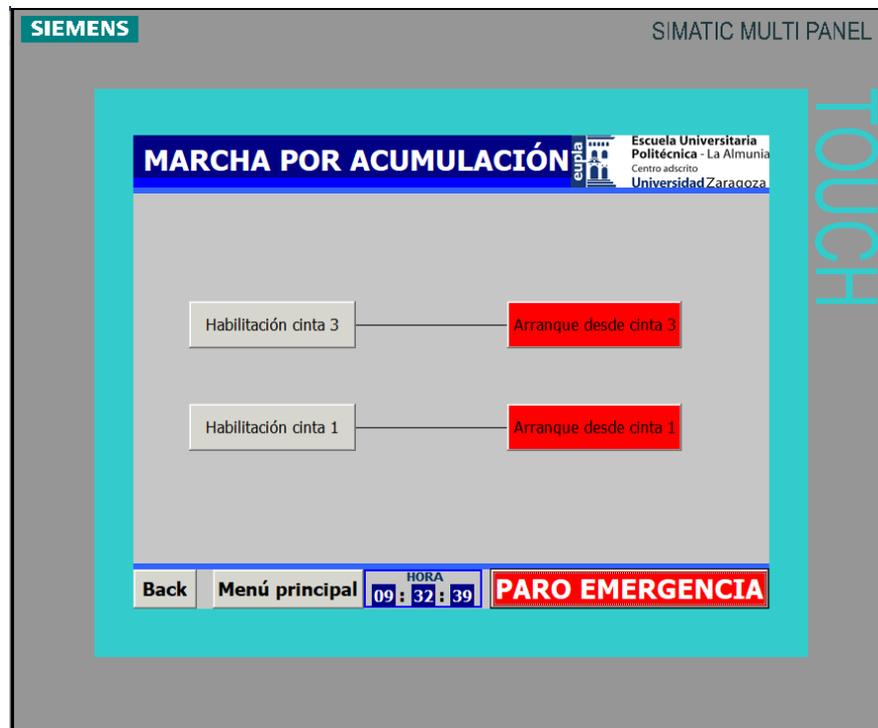


Ilustración 103. SCADA marcha por acumulación

Si se retorna hasta la ventana del menú principal, se puede acceder hasta el depósito de vino, véase la Ilustración 104. SCADA depósito de vino. En este se puede visualizar la cantidad de vino en litros que queda en el depósito que suministra el vino

a la llenadora de la línea de embotellado, si este líquido es inferior a los 100 litros la línea de embotellado efectúa la orden de paro.



Ilustración 104. SCADA depósito de vino

Desde la misma ventana de menú principal se puede acceder al menú de producción, véase la Ilustración 105. SCADA producción, en el cual se pueden visualizar el número de botellas de entrada, salida, de rechazo y las botellas/hora que son fabricadas. También se puede introducir las horas que ha estado en funcionamiento la línea, dependiente de estas horas y de las botellas de salida se realiza una operación matemática en el programa reflejando de este modo las botellas/hora.

Desde la misma pantalla se pueden reiniciar los contadores, debido a que si se está trabajando con botellas de vino tinto y se ha finalizado y se quiere comenzar a trabajar con botellas de vino blanco será necesario reiniciar los contadores para comenzar el conteo de la producción desde cero.

Por otro lado, desde esta misma pantalla el operario puede volver al menú principal o desplazarse hasta el historial de producción.



Ilustración 105. SCADA producción

Desde el menú principal se puede acceder a la ventana de historiales, véase Ilustración 106. SCADA historiales. En el cual el operario puede acceder al historial de producción o de avisos.



Ilustración 106. SCADA historiales

En la ventana del historial de producción, véase la Ilustración 107. SCADA historial de producción, el operario puede seleccionar el nombre de la receta, el cual está dividido entre producción de botellas de blanco, tinto o rosado. Al seleccionar una de las tres, se ve reflejado el número de botellas de entrada, salida, rechazo, Bot/h, y las horas de funcionamiento de la línea, los valores se encontrarán en cero, para cargar los valores actuales de la producción tan solo debe de presionar le botón de leer en control que se encuentra situado abajo a la derecha en fila con el botón limpiar registro, guardar registro y borrar registro. No obstante, el operario también debe darle un nombre al registro, lo habitual es poner la fecha actual. Para guardar el registro tan solo es necesario darle al botón de guardar, y si el operario quiere crear más registro tan solo debe cambiar el nombre y se crean de forma automática.

Por otro lado, desde la misma pantalla, se puede ir hasta la pantalla de producción para visualizar correctamente los datos, también se puede imprimir un informa de las recetas de tinto, blanco o rosado según los registros guardados en ellos.



Ilustración 107. SCADA historial de producción

Y, por último, la ventana de historial de avisos, véase la Ilustración 108. SCADA historial de avisos, es donde se ve reflejado cada uno de los estados de emergencia

que ha ocurrido en la línea de embotellado, así como que el estado ha sido solucionado. Este mismo puede ser impreso directamente desde una impresora o generar un pdf de la misma al presionar el botón de imprimir avisos.

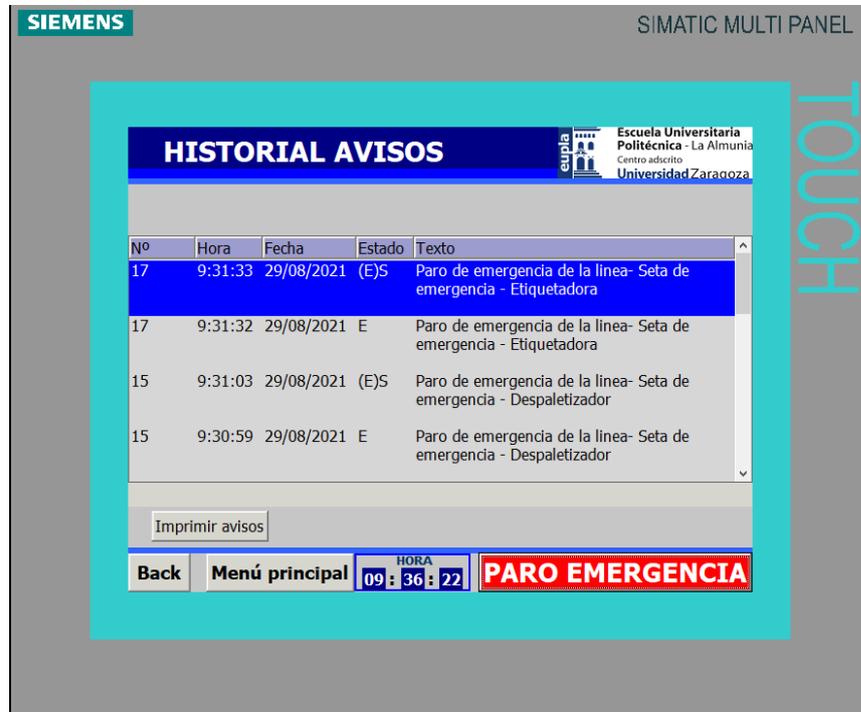


Ilustración 108. SCADA historial de avisos

En los anexos se adjuntan los ejemplos de informes de producción y avisos obtenidos.

5. CONCLUSIONES

Al comenzar el proyecto se ha tenido que decidir entre una variedad de máquinas para el diseño de la línea de embotellado de vino. Existen una gran variedad de maquinaria y con diferentes características. Se ha optado a emplear la maquinaria obtenida de las visitas técnicas realizadas, así tal como su información y características propias.

La producción en horas de las maquinarias empleadas posee un rango de entre 1000 b/h hasta 4000 b/h, de forma aproximada. La velocidad de producción es regulada en cada una de las máquinas de forma independiente al programa de control general elaborado en dicho proyecto.

Una vez realizado el diseño, en AutoCAD, y distribución de la línea de embotellado surgieron diversos problemas a la hora de la selección de los componentes de control y monitorización de la línea. Al estar trabajando en una zona húmeda se ha tenido que adecuar la localización de los PLC, así como tener en cuenta la selección de sensores, ya que al trabajar en una zona humedad es necesario algún tipo de protección frente a posibles salpicaduras o humedad que se genera. Las fotocélulas seleccionadas poseen un grado IP67 frente al polvo y líquidos.

No obstante, no solo había que tener en cuenta la localización de los PLC, los grados de protección de los sensores para zonas húmedas, sino que la comunicación entre PLC está realizada mediante el protocolo PROFIBUS-DP, en el cual había que tener en cuenta la selección del tipo de cable, ya que hay diversos cables y cada uno para una zona de trabajo distinta, y se ha seleccionado el cable empleado para trabajar en zonas humedad ya que posee la suficiente protección frente a líquidos.

El cuadro general de mando posee la capacidad de interrumpir la alimentación o alimentar las máquinas de forma general o individualizada. Posteriormente se puede realizar una puesta en marcha general o individualizada.

La alimentación individualizada está pensada para poder alimentar y posteriormente arrancar una máquina de forma aislada por motivos de mantenimiento o puestas en marcha, o por estados de emergencia. Ya que estos estados interrumpen la alimentación de la línea de embotellado. Estos estados pueden ser por un diferencial, relé térmico o seta de emergencia.

Al comenzar con la programación se ha tenido en cuenta las entradas y salidas del PLC, así como la de las periféricas descentralizadas a la hora de conectarlas a los diversos sensores y máquinas. También cabe constar, que la localización de cada una

se ha realizado, que aparte de tener en cuenta la zona humedad también es necesario tener en cuenta las longitudes de cables. Ya que una distribución de los mismo y una correcta optimización, entre en PLC y las estaciones de trabajo, según sus localizaciones pueden ayudar bastante a la hora del mantenimiento y sustitución de estos, así como la optimización de la comunicación.

El programa elaborado no altera las funciones propias programadas de cada una de las maquinas. El programa envía el arranque, paro y estados de emergencias a las máquinas de forma paralela a sus cuadros de control, esto quiere decir que sin necesidad del programa general el operario puede arrancar, parar y poner en estado de emergencia la propia máquina, incluso la maquina puede llegar a entrar en un estado de emergencia según su programación, y todo esto es interpretado por el autómatas.

Aparte de efectuar e interpretar las señales de marcha gradual, paro gradual y estados de emergencia, el programa general es capaz de interpretar mediante una fotocélula los puntos de acumulación y parar la maquinaria que se vería afectada por dicha acumulación, dejando en arranque la que no se vería afectada para no interrumpir la producción. Una vez solucionada la acumulación es posible arrancar las máquinas que se encuentran en paro desde el SCADA. El programa también es capaz de llevar un recuento de las botellas y sacar una media en botellas/hora según las horas trabajadas. También es capaz de parar la línea de embotella de forma gradual si el depósito de llenado de vino se cuenta por debajo de un límite establecido.

Por otro lado, el mismo programa interpreta que seta de emergencia ha sido pulsada o de que maquina ha sido disparado el térmico o que maquina ha entrado en un estado de emergencia, y todo es reflejado en una ventana de estados de emergencia, donde se visualiza si el problema ha sido solucionado, y además el autómatas entra en un estado de señal de emergencia, paralizando cualquier otro tipo de señal.

Para solucionar los estados de emergencias propias de cualquier tipo de maquinaria es necesario realizarlo de forma aislada, alimentar y arrancar dicha maquina una vez solucionado el problema para que el autómatas sea capaz de interpretarlo.

Se ha diseñado en base a especificaciones propias, un SCADA simplificado y sencillo de interpretación por el operario donde se efectúan las actuaciones de marcha gradual, paro gradual y paro de emergencia. La posibilidad de arranque de las maquinas que se encuentran en paro debido a un estado de acumulación. También se visualiza el depósito de llenado, tal como la capacidad de poder visualizar la



producción e imprimir esta, de la misma forma que sucede con la visualización de los estados de emergencia.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Neotest Cordoba SL., «Manual de Instrucciones. Despaletizador Inox.»
- [2] GALLARDO, SL., «TRIBLOC 20-24-3. MANUAL BODEGAS LA ROSA». 2006.
- [3] GALLARDO, SL., «SECADORA DE EXTERIORES. MANUAL BODEGAS LA ROSA.» 2006.
- [4] KRONES, «MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO. AUTOCOL.»
- [5] GALLARDO, SL., «INSTALACIÓN AUTOMÁTICA DE EMBALAJE mod. TOTALPACK 300». 2006.
- [6] D. Gutiérrez-Martínez, «Proyecto de una bodega para la elaboración de vino blanco acogido a la Denominación de Origen Rueda dentro del término municipal de Valdehijos (Valladolid)», p. 1107, sep. 2018.
- [7] L. Fernández-Ocaña, «DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA BODEGA DE VINO BLANCO ECOLÓGICO CON D.O. RUEDA DE 300.00 KG DE CAPACIDAD EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE NIEVA (SEGOVIA)». jul. 2019.
- [8] J.-G. Gonzalez-Monroy, «Sistema automatizado para el control de embotellado». 2008. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/99?show=full>
- [9] J. Armengol-Romagosa y ELECTRICITAT BARBERAN S.L., «Proyecto de diseño del panel de control general de una línea embotelladora de vino.» jul. 2005. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/4298>
- [10] J. R. Fuentes-Calloapaza y R. Apaza-Coila, «Diseño e implementación de una embotelladora programable en un prototipo», *Issuu*, 2016. https://issuu.com/richardapaza6/docs/embotelladora_programable_-_taller_ (accedido mar. 08, 2021).
- [11] «MÓDULO 5. CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE VINOS», p. 92.
- [12] B. Roa-Rodríguez, «PROYECTO DE ADECUACIÓN DE INTERIOR E INSTALACIONES DE BODEGA DE CRIANZA Y EMBOTELLADO DE VINO». ene. 2007.
- [13] Universidad de Valladolid, «2. SENSORES». [En línea]. Disponible en: https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/Sensores.pdf
- [14] M.-A. Pérez-García, J.-C. Álvarez-Antón, J.-C. Campo-Rodríguez, Fco.-J. Ferrero-Martín, y G.-J. Grillo-Ortega, «Instrumentación electrónica».
- [15] PNEUMAX, «Válvulas y electroválvulas». [En línea]. Disponible en: www.rodavigo.net
- [16] Siemens Catálogo IK PI, «PROFIBUS según IEC 61158/EN 50170». 2014.

Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria	133	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos	191	páginas
<input type="checkbox"/> Planos	22	páginas

La Almunia, a 21 de 09 de 2021



Firmado: Mario Luis Pacheco Párraga