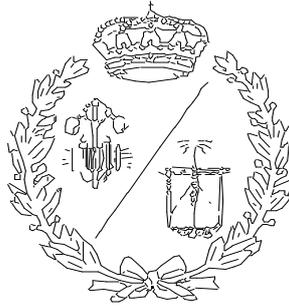


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

**Automatización y control de plegado de
estuches de cartón**

**(Automation and control of the folding process in
carton packaging)**

**Para acceder al Título de:
MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Autor: César Narvárez Rodríguez
Directora: Esther González Sarabia**

Septiembre – 2024

Quiero darle las gracias en primer lugar a mi tutora, Esther, por haberme guiado con tanta paciencia y dedicación a lo largo del desarrollo de mi proyecto. Mi tiempo con ella constituye una buena última experiencia en la universidad de Cantabria. Esther, sigue así, los profesores como tú sois los que de verdad nos motivan a aprender y mejorar siempre.

A mis compañeros de GPI, que a lo largo de los dos años y medio que he pasado ahí me han ayudado a llevar lo mejor posible tanto las horas que hemos compartido, como la presión de estudiar y trabajar. Vuestra dedicación me inspiró a hacer este estudio, y gracias a vosotros sé que mi vocación está trabajando en planta, donde espero encontrar gente (casi) tan buena como vosotros.

Como siempre, llevo conmigo a mis amigos y compañeros de la carrera y el máster.

Porque, aunque poco a poco nos estemos separando y tomando nuestros propios caminos, mantengamos siempre el contacto. Lo que han unido años de fútbol, cafetería y a veces, algo de biblioteca y estudiar, no lo van a separar unos pocos kilómetros de nada.

Finalmente, todo lo que tengo y soy hoy día se lo debo a mi familia. A mis abuelos, que siempre me decían que estudiara, para poder vivir mejor. A mi tío, mi ejemplo a seguir de un hombre trabajador, sacrificado y amable, y que quiere infinitamente a su familia. A mi hermano, con quien para bien y para mal compartiré mi vida. Y por supuesto, a mi guía, mi techo, mi ángel de la guarda, mi madre.

Gracias a todos.

Gracias, mamá.

TÍTULO	Automatización y control de plegado de estuches de cartón		
AUTOR	César Narváez Rodríguez		
DIRECTOR/PONENTE	Dra. Esther González Sarabia		
TITULACIÓN	Máster Universitario en Ingeniería Industrial	FECHA	13/09/2024

PALABRAS CLAVE

Automatización, PLC, autómatas programables, SCADA, Siemens, Tia Portal, HMI, Profinet, Plegadora, Paperseal, RGB, CMYK, Color.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las deficiencias en la calidad de la impresión de los estuches de paperseal, es inevitable que se produzcan diferencias de color que no entren dentro de los límites de tolerancia que el cliente puede aceptar.

El hecho de no detectar a tiempo estos problemas puede llevar a largos tiempos de revisión de producto terminado, con sus consecuentes reprocesados, reduciendo los beneficios obtenidos por la producción del lote.

Es por eso necesario desarrollar un sistema con el que ganar mayor precisión en la detección de color.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es desarrollar dicho sistema de detección de color integrado en la plegadora, y vincularlo al expulsor de la máquina a través de un PLC.

Para mejorar la productividad del proceso, se diseñará un automatismo de carga de materia prima en el alimentador, y otro de preparación de material terminado.

Se creará también una interfaz HMI para facilitar el manejo de todo el sistema al operario, permitiéndole configurar la máquina desde la pantalla, y consultar datos acerca de la calidad del color del producto procesado, y la cantidad producida.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

Se ha conseguido desarrollar los tres sistemas en un marco teórico: de control de calidad, la automatización de la entrada y la de la salida.

Sin embargo, se tiene consciencia de que existe la posibilidad de que la ejecución material del proyecto revele espacios de mejora en el diseño, por lo que en la planificación temporal del mismo se destinan recursos a aplicar dichas mejoras.

El coste total de ejecución del proyecto asciende a 9.875,59 €.

Automatización y control de plegado de estuches de cartón

DOCUMENTO I: ÍNDICE GENERAL

Trabajo de fin de Máster MII – Septiembre 2024

César Narváez Rodríguez

Universidad de Cantabria

DOCUMENTO I: ÍNDICE GENERAL	5
DOCUMENTO II: MEMORIA	10
ÍNDICE DE MEMORIA	11
CAPÍTULO 1: OBJETO	14
CAPÍTULO 2: ALCANCE	14
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES Y TECNOLOGÍAS SIMILARES.....	15
CAPÍTULO 4: REQUISITOS DE DISEÑO.....	16
4.1 REQUISITOS DEL SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	16
4.1.1 Funcionamiento	16
4.1.2 Otras características.....	17
CAPÍTULO 5: CONOCIMIENTOS PREVIOS.....	18
5.1 AUTOMATIZACIÓN	18
5.2 ASPECOS BÁSICOS SOBRE CONTROL SECUENCIAL	18
5.3 AUTÓMATAS PROGRAMABLES	20
5.3.1 Definición.....	20
5.3.2 Tipos	20
5.3.3 Descripción	20
5.3.4 Ciclo de funcionamiento	22
5.3.5 Programación	24
5.3.6 Comunicaciones	26
5.3.7 Factores a tener en cuenta a la hora de la elección de un PLC	26
5.3.8 Ventajas e inconvenientes del uso de PLCs.....	27
5.3.9 Integración en sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.	27
5.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN ESTUCHE DE CARTÓN DE PAPERSEAL	28
5.4.1 Colorimetría	29
5.4.2 Impresión offset	32
5.4.3 Troquelado	38
5.4.4 Plegado o pegado	38
5.4.5 Conformado.....	38
5.5 PROCESO PRODUCTIVO	39

5.6 DEFECTOS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN	40
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE SOLUCIONES	42
6.1 LA MÁQUINA PLEGADORA: BOBST EXPERTFOLD 110	42
6.1.1 Características técnicas	42
6.1.2 Funcionamiento actual	43
6.1.3 Comentario acerca del fabricante	43
6.2 AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN	44
6.3 AUTOMATIZACIÓN DE LA SALIDA DE MÁQUINA.....	45
6.4 CONTROL DE CALIDAD Y EXPULSIÓN.....	46
CAPÍTULO 7: DISEÑO DEL SISTEMA	47
7.1 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO	47
7.1.1 Automatización de la entrada.....	50
7.1.2 Automatización de la salida.....	50
7.1.3 Control de calidad y expulsión	52
7.1.4 Sistema de señalización.....	56
7.1.5 Variables internas.....	57
7.2 CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE	60
7.2.1 Entradas	60
7.2.2 Salidas	62
7.2.3 Comunicaciones	63
7.2.4 Autómata seleccionado	63
7.2.5 Selección del sensor de color y el lector de códigos	65
7.3 CARGA DEL PROGRAMA EN EL PLC.....	68
CAPÍTULO 8: DISEÑO DE HMI	72
8.1 SELECCIÓN DEL HMI.....	72
8.2 CONEXIÓN DEL HMI CON EL PLC.....	73
8.3 VARIABLES COMPARTIDAS PLC-HMI.....	73
8.4 MENÚ PRINCIPAL.....	75
8.4.1 Pantalla principal	75
8.4.2 Pantalla de ajuste de la plegadora	78
8.5 INTERFAZ DE CARGA Y DESCARGA DE CAJAS	79

8.6 CONTROL DE CALIDAD	80
8.6.1 Pantalla principal	80
8.6.2 Carga de datos de color	82
8.7 SECUENCIA DE ARRANQUE.....	84
CAPÍTULO 9: PLANIFICACIÓN	89
CAPÍTULO 10: VALORACIÓN FINAL.....	90
DOCUMENTO III: ANEXOS.....	92
ÍNDICE DE ANEXOS.....	93
CAPÍTULO 1: BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA CONSULTADA	94
1.1 Normativa Consultada.....	94
1.2 Bibliografía	94
CAPÍTULO 2: PROGRAMA GENERADO	96
CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN	97
3.1 Listado de actividades.....	97
3.2 Diagrama de Gantt.....	98
CAPÍTULO 4: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	100
DOCUMENTO IV: PLIEGO DE CONDICIONES.....	101
ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES.....	102
CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES	103
CAPÍTULO 2: CONDICIONES FACULTATIVAS	104
2.1 Obligaciones del director de montaje.....	104
2.2 Obligaciones del director de programación	104
2.3 Facultades de la dirección técnica.....	105
CAPÍTULO 3: CONDICIONES ECONÓMICAS.....	106
CAPÍTULO 4: CONDICIONES TÉCNICAS	106
4.1 Normas de mantenimiento del autómatas	106
4.2 Cableado	106
4.3 Alimentación.....	107
4.4 Mantenimiento.....	107
CAPÍTULO 5: NORMATIVA DE SEGURIDAD E HIGIENE.....	108

5.1 Canalizaciones prefabricadas.....	108
5.2 Conductores eléctricos.....	108
5.3 Interruptores y cortocircuitos para baja tensión.....	108
DOCUMENTO V: PRESUPUESTO	110
PRESUPUESTO.....	111

Automatización y control de plegado de estuches de cartón

DOCUMENTO II: MEMORIA

Trabajo de fin de Máster MII – Septiembre 2024

César Narváez Rodríguez

Universidad de Cantabria

ÍNDICE DE MEMORIA

CAPÍTULO 1: OBJETO	14
CAPÍTULO 2: ALCANCE	14
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES Y TECNOLOGÍAS SIMILARES.....	15
CAPÍTULO 4: REQUISITOS DE DISEÑO.....	16
4.1 REQUISITOS DEL SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	16
4.1.1 Funcionamiento	16
4.1.2 Otras características.....	17
CAPÍTULO 5: CONOCIMIENTOS PREVIOS.....	18
5.1 AUTOMATIZACIÓN	18
5.2 ASPECOS BÁSICOS SOBRE CONTROL SECUENCIAL	18
5.3 AUTÓMATAS PROGRAMABLES	20
5.3.1 Definición.....	20
5.3.2 Tipos	20
5.3.3 Descripción.....	20
5.3.4 Ciclo de funcionamiento	22
5.3.5 Programación	24
5.3.6 Comunicaciones	26
5.3.7 Factores a tener en cuenta a la hora de la elección de un PLC	26
5.3.8 Ventajas e inconvenientes del uso de PLCs.....	27
5.3.9 Integración en sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.	27
5.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN ESTUCHE DE CARTÓN DE PAPERSEAL	28
5.4.1 Colorimetría	29
5.4.2 Impresión offset	32
5.4.3 Troquelado	38
5.4.4 Plegado o pegado	38
5.4.5 Conformado.....	38
5.5 PROCESO PRODUCTIVO	39
5.6 DEFECTOS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN	40

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	42
6.1 LA MÁQUINA PLEGADORA: BOBST EXPERTFOLD 110.....	42
6.1.1 Características técnicas.....	42
6.1.2 Funcionamiento actual.....	43
6.1.3 Comentario acerca del fabricante.....	43
6.2 AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN.....	44
6.3 AUTOMATIZACIÓN DE LA SALIDA DE MÁQUINA.....	45
6.4 CONTROL DE CALIDAD Y EXPULSIÓN.....	46
CAPÍTULO 7: DISEÑO DEL SISTEMA.....	47
7.1 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO.....	47
7.1.1 Automatización de la entrada.....	50
7.1.2 Automatización de la salida.....	50
7.1.3 Control de calidad y expulsión.....	52
7.1.4 Sistema de señalización.....	56
7.1.5 Variables internas.....	57
7.2 CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE.....	60
7.2.1 Entradas.....	60
7.2.2 Salidas.....	62
7.2.3 Comunicaciones.....	63
7.2.4 Autómata seleccionado.....	63
7.2.5 Selección del sensor de color y el lector de códigos.....	65
7.3 CARGA DEL PROGRAMA EN EL PLC.....	68
CAPÍTULO 8: DISEÑO DE HMI.....	72
8.1 SELECCIÓN DEL HMI.....	72
8.2 CONEXIÓN DEL HMI CON EL PLC.....	73
8.3 VARIABLES COMPARTIDAS PLC-HMI.....	73
8.4 MENÚ PRINCIPAL.....	75
8.4.1 Pantalla principal.....	75
8.4.2 Pantalla de ajuste de la plegadora.....	78
8.5 INTERFAZ DE CARGA Y DESCARGA DE CAJAS.....	79
8.6 CONTROL DE CALIDAD.....	80

8.6.1 Pantalla principal	80
8.6.2 Carga de datos de color	82
8.7 SECUENCIA DE ARRANQUE.....	84
CAPÍTULO 9: PLANIFICACIÓN	89
CAPÍTULO 10: VALORACIÓN FINAL.....	90
5.1 Canalizaciones prefabricadas.....	108
5.2 Conductores eléctricos.....	108
5.3 Interruptores y cortocircuitos para baja tensión.....	108

CAPÍTULO 1: OBJETO

El objeto de este proyecto es el diseño de un sistema de carga y descarga automáticos para mejorar la productividad de una máquina plegadora de estuches de cartón, así como el desarrollo de un sistema de detección de color que mejore el ya existente.

Se trata de un proyecto que busca estudiar la viabilidad de la aplicación de mejoras a una etapa del proceso productivo de estuches de cartón para paperseal, gracias a las que se pueden evitar grandes tiempos de reprocesado.

CAPÍTULO 2: ALCANCE

El proyecto parte de un primer estudio del proceso de fabricación de estuches de cartón para paperseal, para así entender dónde se generan los defectos de calidad que crean la necesidad de mejorar el sistema de control de calidad existente. A continuación, se comentará el funcionamiento de la máquina plegadora, en este caso una “*Bobst Expertfold 110*”, para justificar la implementación de las mejoras que se propondrán en este documento.

Seguidamente, se pondrá énfasis en el sistema de detección de color RGB instalado en la plegadora. Se expondrán las percibidas carencias que éste presenta, y se propondrá una forma de solventar el problema de calidad generado por ellas.

Finalmente, para facilitar la interacción del operario con el conjunto de elementos que se instalarán en su máquina de trabajo, se creará una interfaz de usuario HMI y un SCADA.

Los objetivos del proyecto, por lo tanto, se resumen en los siguientes puntos:

- Acotación de los problemas de calidad del color detectables en la plegadora.
- Estudio del funcionamiento actual de la máquina plegadora.
- Diseño de un sistema de carga de estuches automático para alimentar la máquina.
- Diseño de un sistema de empaquetado de estuches pegados que aumente la productividad de la salida de máquina.
- Creación de una alternativa al sistema de detección de color actual, que permita una mayor precisión.
- Integración de los tres puntos anteriores en un único sistema, que funcione en sincronía con la plegadora.
- Desarrollo de un sistema SCADA que permita interactuar al operario con las mejoras a implementar sobre la máquina a través de un HMI.
- Elaboración de un presupuesto para la ejecución material del proyecto.

CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES Y TECNOLOGÍAS SIMILARES

En la fabricación de estuches de cartón es clave implementar sistemas que aseguren la correcta adecuación de los estándares de color de los productos impresos a las necesidades del cliente.

Los principales equipos de control de color se encuentran, naturalmente, integrados dentro de las propias impresoras que aplican tintas a la plancha de cartón en primer lugar. Un ejemplo de estos sistemas de control de color es el distribuido por el fabricante de impresoras offset *Heidelberg*, el *Prinect Inpress Control 3*.

Este sistema, desarrollado por la empresa alemana, detecta toda la información de las tiras de color, esto es, los valores de CMYK, ΔE , y el blanco del papel. Todo esto se hace a altas velocidades de muestreo, ya que las máquinas en las que se instalan trabajan a altas velocidades de producción, de hasta 21.000 pliegos impresos/hora, como es el caso de la impresora *Heidelberg XL106*.

Pasado el proceso de impresión, es posible implementar controles de color aguas debajo de la producción, con el fin no ya de corregir el defecto, sino de apartar los productos rechazados. Lo habitual es situar estos controles en las plegadoras, donde se revisa mediante sensores, el valor de RGB de cada estuche individual. Para estas funciones se utilizan sensores de RGB como el *CT 300*, de *Baumer HHS*.

Otro proceso de control desarrollado aguas debajo de la impresión de estuches consiste en la detección de mezclas automatizado empleado en la empaquetadora de estuches. Este dispositivo se basa en la diferenciación de estuches de distintos productos a partir de unas tiras de color llamadas "topos". Una cámara colocada en el alimentador de la empaquetadora detecta los estuches que no se corresponden con el trabajo a realizar. Dichos estuches son retirados de la pila tras su detección. Esta tecnología fue desarrollada en *Graphic Packaging International*, en 2020.

CAPÍTULO 4: REQUISITOS DE DISEÑO

4.1 REQUISITOS DEL SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

4.1.1 Funcionamiento

El sistema al completo a regular se enfoca en dos puntos distintos, el control de color de los estuches, integrado dentro de la propia máquina plegadora, y en tareas auxiliares de carga y descarga de producto.

Para el control de color, se dispondrá de un sensor RGB colocado en los primeros metros de línea de la máquina. Dicho sensor devolverá lecturas por separado de los valores de rojo, verde y azul al autómata. El autómata convertirá estos valores a CMYK y comparará las lecturas con los estándares y tolerancias para el trabajo, introducidos al sistema por personal cualificado. Si las lecturas entran dentro de tolerancia, el estuche no es expulsado. En caso contrario, se iniciará un temporizador para retirar el estuche rechazado cuando pase por la zona de expulsión.

De forma similar al control de color, se instalará en la máquina un lector de códigos de barras. Este sensor sigue un principio de funcionamiento idéntico al sensor de color, y constituye en primer lugar un segundo filtro de seguridad para asegurarse de que se está trabajando con el producto adecuado. En segundo lugar, se comprueba que los códigos de barras no están “empastados”, es decir, son legibles para una pistola de lectura.

Por otro lado, para facilitar la paletización del producto terminado del proceso, se incluye un sistema de carga deposite los estuches plegados en cajas. Dicho sistema se divide en dos partes, la cinta de acumulación de estuches para carga, y los rodillos de posicionamiento y salida de cajas para almacenar el producto.

El operador de la máquina aportará al autómata información sobre la cantidad de estuches plegados depositados por caja. Dicha información se exporta a contadores, los cuales accionarán el sistema de carga cuando se acumule en la cinta la cantidad de estuches introducida.

En paralelo, un ayudante de máquina irá colocando cajas para almacenamiento de producto en una red de rodillos, cintas y fotocélulas, que se encargarán de tener siempre una caja preparada para su carga. Cuando dichas cajas estén llenas, un mecanismo dará salida al producto, para que el ayudante vaya montando el pallet.

En la entrada de máquina se dispondrá de una cinta en la que un trabajador podrá ir colocando pilas de estuches troquelados pendientes de pegar. Dicha cinta se activará cuando unas fotocélulas posicionadas en el alimentador de la máquina detecten que este se va a quedar

sin material para trabajar. Al mismo tiempo que la cinta desplaza una nueva pila a la entrada, unos pistones guía se desplegarán para guiar dicha pila hasta su posición adecuada en el alimentador de la máquina. Habiendo alcanzado la pila su posición final, los pistones se retraen y la cinta avanza hasta preparar la siguiente pila en una posición adecuada para la siguiente carga.

4.1.2 Otras características

Adicionalmente, el proyecto incluirá las siguientes características:

- Un sistema de seguridad de personas, que detenga todo movimiento en la máquina y elementos auxiliares en caso de emergencia.
- Señales lumínicas que permitan reconocer visualmente el estado de funcionamiento de la máquina.
- Contadores que hagan seguimiento de los rechazos, deteniendo el sistema en caso de que el número de rechazos crezca rápidamente.

CAPÍTULO 5: CONOCIMIENTOS PREVIOS

5.1 AUTOMATIZACIÓN

La automatización industrial puede entenderse como el uso de sistemas de control, como ordenadores o robots, tecnologías de información, y sensores y elementos de transmisión de datos, para el manejo de los distintos procesos y maquinarias en una industria, con objeto de reemplazar a los operarios humanos.

5.2 ASPECOS BÁSICOS SOBRE CONTROL SECUENCIAL

Un sistema de control secuencial se define como aquel en que las variables de salida de un estado actual no dependen únicamente de las variables de entrada del mismo estado, sino también del anterior.

Las fases que caracterizan un sistema de control secuencial son las siguientes:

1. El sistema se encuentra en reposo, a la espera de la activación de las variables de entrada pertinentes.
2. La activación de determinadas variables de entrada aporta información al controlador para inicializar una secuencia.
3. La información procesada en el controlador es enviada mediante señales a diversos actuadores en planta.
4. El estado de la planta al finalizar la actividad de los actuadores se registra en el controlador, junto con los valores de las variables de entrada.
5. Reinicio del ciclo.

La siguiente imagen aporta un ejemplo de un sistema de control secuencial:

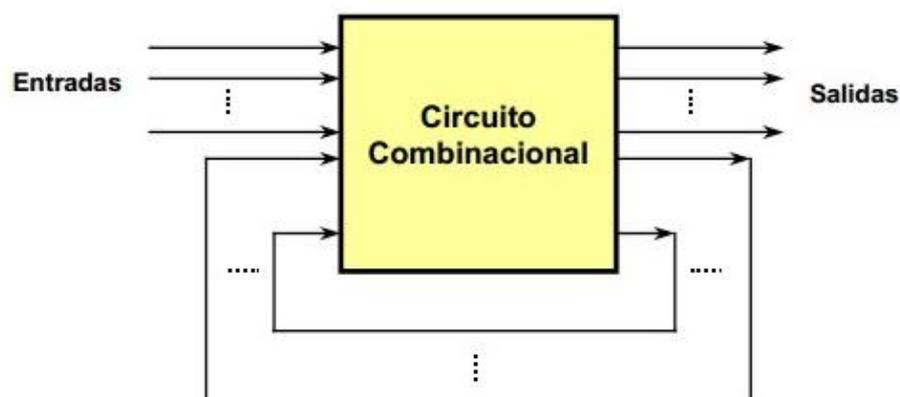


Figura 5.1 – Ejemplo de sistema de control secuencial

Según el número de entradas y salidas de los sistemas modelados, estos se pueden clasificar en dos tipos:

1. **Sistemas SISO:** con una única entrada y salida (Single Input Single Output)
2. **Sistemas MIMO:** con múltiples entradas y salidas (Multiple Input Multiple Output)

Controladores

El controlador es el elemento que recibe las señales de los sensores del sistema, así como las entradas aportadas por el usuario, las procesa, y emite órdenes a los distintos actuadores distribuidos por planta.

En la actualidad, los controladores más utilizados son los PLC (Programmable Logic Controller), DCS (Distributed Control System), PAC (Programmable Automation Controller) y los ordenadores (IPC).

Puesto que en los siguientes apartados de la memoria se hablará con más detalle de los PLC, en este punto se comentarán brevemente los otros tipos de controladores.

- **PAC.** Diseñados para sistemas de control distribuidos, como largas líneas de embalaje o grandes procesos de planta. Trabaja con instrucciones dedicadas al proceso en el que se vayan a integrar, como control de proceso, secuenciación, procesamiento por lotes, y control de dispositivos. Los principales campos de aplicación son el petróleo y nuclear, entre otros. Las instrucciones empleadas son exigentes con el procesador, por lo que requieren de la capacidad de los PAC.

- **IPC.** La principal ventaja de los ordenadores en industria es que se puede integrar el HMI (Human-Machine Interface) en el propio dispositivo que integra el programa de control, reduciendo significativamente los costes de hardware.

- **DCS.** Trabajan con una única base de datos, en la que integran señales, variables del sistema, gráficos, alarmas y eventos. La herramienta de ingeniería es única y actúa de forma centralizada para todo el sistema. Tiene la ventaja de ser multi-usuario, por lo que varios programadores pueden trabajar en ella de forma simultánea.

A la hora de seleccionar un controlador, es necesario considerar diversos factores, como el presupuesto del proyecto, el tamaño de éste, su complejidad y posibles futuras expansiones.

5.3 AUTÓMATAS PROGRAMABLES

5.3.1 Definición

Un PLC se define como un Equipo Electrónico para Control con un conjunto de Entradas, Salidas y hardware interno, independiente del proceso a controlar, cuyo funcionamiento viene dado por el programa (software) desarrollado por el Usuario.

5.3.2 Tipos

Los PLC se agrupan en dos grandes conjuntos, autómatas compactos y modulares. Los compactos incluyen una unidad de procesado y un mínimo de unidades de entradas y salidas. Por otro lado, los modulares, empleados para tareas más complejas, pueden ser ampliados añadiendo distintos bloques según sea necesario.

Además, dentro de estos dos tipos hay más subclases, dependiendo de la capacidad de CPU que se necesite, los protocolos de conexión, o mismamente, el modelo que se quiera emplear.

5.3.3 Descripción

Los autómatas, independientemente del modelo, se componen de los siguientes elementos:

1. Unidad central de proceso, CPU.
2. Memorias internas y memoria de programa.
3. Interfaces de entrada y salida.
4. Fuente de alimentación.

Unidad central de proceso. CPU

La CPU es la unidad del PLC encargada de controlar toda la actividad del sistema regulada por el autómata. Recibe la información de los bloques de E/S, y actualiza la información de contadores y temporizadores programados.

Los bloques de la unidad de proceso son los siguientes:

- ALU. Unidad Aritmética Lógica (Arithmetic Logic Unit). Se encarga de las operaciones aritméticas y lógicas.
- Registros de pila.
- Acumulador. Almacena el último resultado de la ALU.

- Registro de estado. Contiene información acerca del estado de la CPU.
- Contador de programa. Lee las instrucciones del usuario y sigue la secuencia de ejecución.
- Decodificador de instrucciones. Decodifica las instrucciones leídas.
- Reloj y secuenciador. Genera los pulsos de control de la CPU.
- ROM. Memoria no accesible que almacena las secuencias de puesta en marcha, chequeos al sistema, temporizadores y marcas de estado.

Memorias

Hay dos tipos de memorias, interna y de programa, encargadas de almacenar todos los elementos necesarios para ejecutar una secuencia de control: señales de entradas de planta, variables internas, constantes, instrucciones de usuario, y configuraciones de software y hardware.

- Memoria interna. Almacena el estado de las variables que maneja el autómeta: E/S, contadores, temporizadores, marcas de estado, etc.
Suelen ser memorias RAM. Se trata de una memoria volátil, sobre la que se escribe y lee de forma continua, aunque configuradas para mantener algunos datos.
- Memoria de programa. Se trata normalmente de una memoria externa y enchufable a la CPU (RAM + batería, EPROM, flash). Se utiliza principalmente para almacenar el programa de usuario. Adicionalmente puede contener datos alfanuméricos, texto incluido, e información correspondiente al sistema.

Interfaces E/S

Parte del autómeta que se encarga de comunicar a este con el resto del sistema, encargándose de recibir la información de los sensores a través del módulo de entradas, y de enviar las instrucciones a los actuadores, mediante el módulo de salidas.

Una primera clasificación de los distintos tipos de entrada y salida es la siguiente:

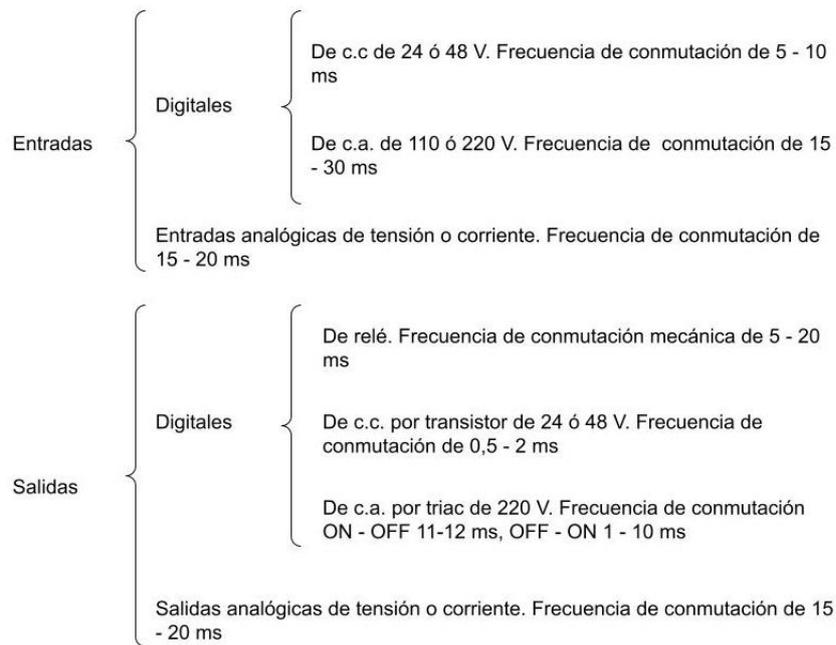


Figura 5.4 – Clasificación de las diferentes entradas y salidas de un PLC

Fuente de alimentación

Proporciona la energía necesaria para el correcto funcionamiento del autómata. Se encarga de alimentar la CPU, la interface de E/S, la alimentación de entradas, y de salidas de tipo electromagnético.

5.3.4 Ciclo de funcionamiento

Los autómatas tienen un funcionamiento secuencial y cíclico, ejecutan las instrucciones incluidas en el programa de forma cíclica y ordenada siempre que el PLC esté activo y sin errores.

Dicho ciclo de funcionamiento presenta el siguiente esquema:

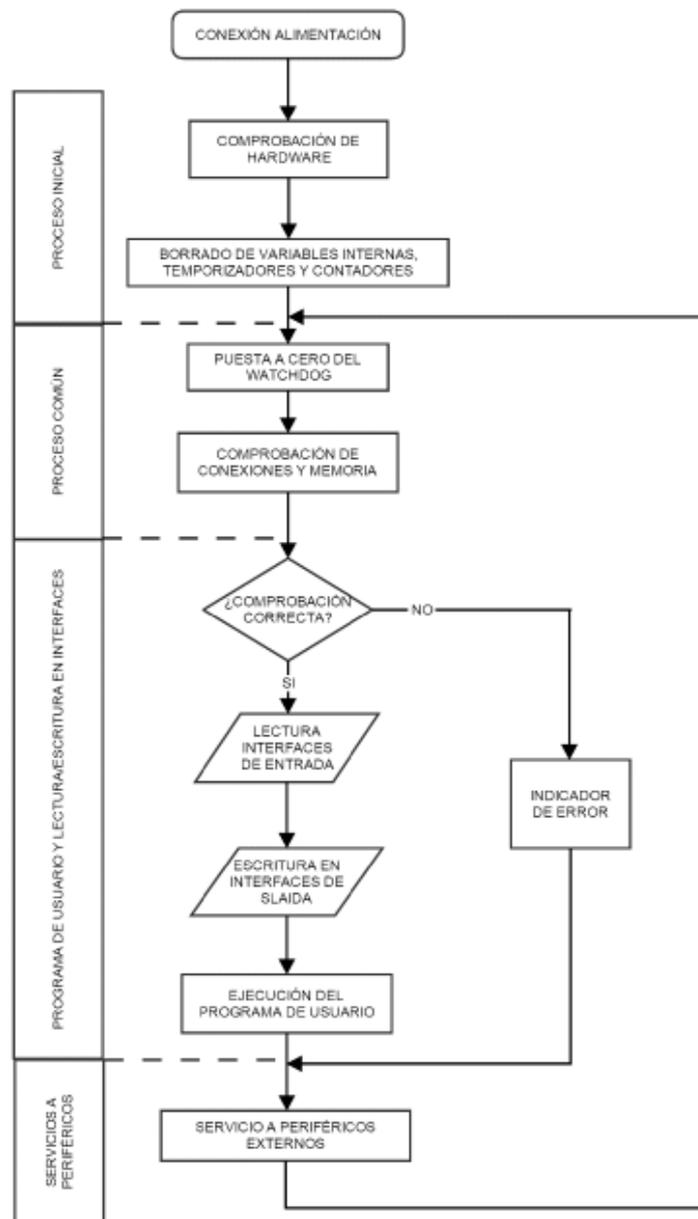


Figura 5.5– Ciclo de ejecución de un PLC

La suma de todos los tiempos empleados para ejecutar todas las tareas del ciclo define el tiempo de ciclo. Se trata de un parámetro importante a la hora de calcular el tiempo de respuesta.

El tiempo de respuesta se define como el tiempo transcurrido desde que un cambio en una variable del proceso produce un cambio en una señal de mando. Se encuentra entre unos márgenes mínimo y máximo dependiendo del momento en el que se produzca. Sin más detalle, se calcula como:

$$T_{max} = T_{Cin} + 2T_{Ciclo} + T_{Cout} \quad (1)$$

$$T_{min} = T_{Cin} + T_{Ciclo} + T_{Cout} \quad (2)$$

5.3.5 Programación

La programación de un PLC consiste en establecer una secuencia ordenada de instrucciones que resuelven la tarea de control que se desea completar.

A cada PLC le corresponde un determinado lenguaje máquina de acuerdo con su hardware.

La unidad de programación contiene el software de edición y depuración de programas, que permita al usuario la introducción del programa sobre un soporte físico, la modificación de este, la obtención de la documentación pertinente, y la creación de copias de seguridad. Es por tanto la interfaz física entre el usuario y el autómatas, para transferencias de programas de supervisión y control de proceso.

El lenguaje de programación es un conjunto de símbolos y textos inteligibles por la unidad de programación que le sirven al usuario para codificar sobre un cierto autómatas las leyes de control deseadas.

Según su formato, los lenguajes de programación pueden ser gráficos, como el KOP y el FUP, o de texto, como el AWL o el SCL. En las siguientes imágenes se presentan ejemplos de dichos lenguajes:

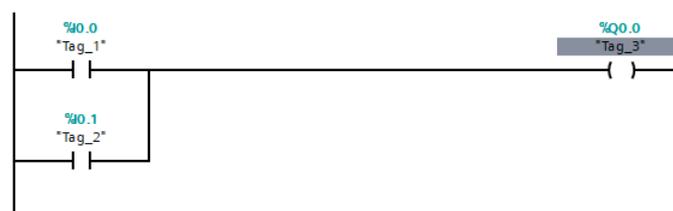


Figura 5.6 – Ejemplo de programa en KOP

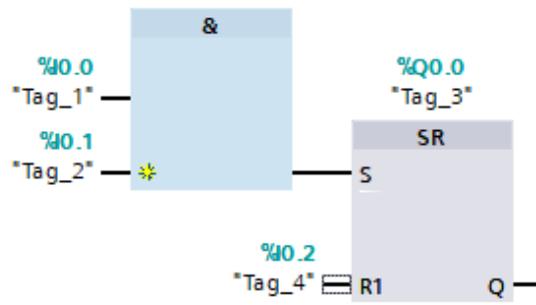


Figura 5.7 – Ejemplo de programa en FUP

1	A	"Tag_1"	%I0.0
2	A	"Tag_2"	%I0.1
3	S	"Tag_3"	%Q0.0
4			
5	A	"Tag_4"	%I0.2
6	R	"Tag_3"	%Q0.0
7			
8			

Figura 5.8 – Ejemplo de programa en AWL

```

1
2 VAR
3 input1:
4 Bool;
5 input2:
6 Bool;
7 input3:
8 Bool;
9 bistable:
10 Bool;
11 END VAR
12
13 input1 := I0.0;
14 input2 := I0.1;
15 input3 := I0.2;
16
17 IF input1 AND input2 THEN
18     bistable := TRUE;
19 END_IF;
20
21
22 IF input3 THEN
23     bistable := FALSE;
24 END_IF;
25
26 Q0.0 := bistable;
27

```

Figura 5.9 – Ejemplo de programa en SCL

Si bien cada fabricante puede incluir variaciones en el código y las instrucciones especiales dependen del modelo de PLC utilizado, la norma IEC 1131 estandariza los mínimos que hay que cumplir. En esta norma se incluye información acerca de requerimientos de equipos y test, recomendaciones al usuario, comunicaciones y control Fuzzy, entre otros puntos.

5.3.6 Comunicaciones

Para realizar las funciones de automatización, control y supervisión que se le han asignado, el autómatas debe estar conectado a una red de dispositivos sensores, actuadores, PC, más PLC, etc.

El desarrollo de redes industriales ha permitido unir esta red, aumentando el rendimiento de los sistemas y proporcionando nuevas posibilidades como:

- Intercambio de datos entre sectores del proceso y departamentos.
- Visualización y supervisión del estado del proceso productivo a tiempo real.
- Toma de datos de proceso más rápida.
- Programación a distancia, sin estar a pie de fábrica.

Algunos de los protocolos de comunicación industriales más empleados son ProfiNet, ProfiBus, OPC, ModBus y CAN, entre otros.

5.3.7 Factores a tener en cuenta a la hora de la elección de un PLC

La elección de un autómatas adecuado es una de las partes clave de cualquier proyecto de automatización, y supone uno de los puntos fuertes de inversión de este.

Algunos de los puntos a considerar a la hora de elegir el que más se ajuste a las necesidades son los siguientes:

1. Requisitos de rendimiento. Hay que considerar las necesidades del sistema en cuanto a velocidad de procesamiento, capacidad de E/S, y capacidad de cálculo requerida para el proceso a controlar.
2. Capacidad de expansión. Se debe valorar las futuras necesidades del sistema, y prevenir la necesidad de añadir nuevos módulos de E/S, o si el autómatas es compatible con otros dispositivos.
3. Compatibilidad de software. El PLC debe ser compatible con el programa empleado para desarrollar el proyecto.

4. Comunicación y protocolos. El autómeta debe ser capaz de establecer vínculos con los protocolos de comunicación necesarios para la integración con otros dispositivos y sistemas, como SCADA.
5. Robustez y confiabilidad. A valorar: vida útil esperada, necesidad de trabajo en condiciones adversas, y disponibilidad de soporte y recambios.
6. Costo. Valor que ofrece el PLC en relación a sus características y funcionalidades.

5.3.8 Ventajas e inconvenientes del uso de PLCs

Ventajas:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Programación flexible y simulación sin necesidad del hardware final.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómeta.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- El autómeta puede ser destinado a otras funciones si deja de ser suficiente para el sistema en el que está trabajando.

Inconvenientes:

- Necesidad de formar a los técnicos.
- Costo inicial.

5.3.9 Integración en sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

Los sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) , son un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite supervisar y controlar a distancia procesos industriales.

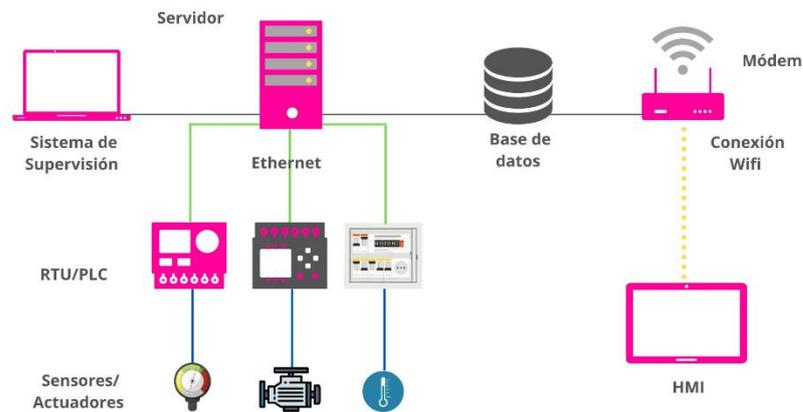


Figura 5.10 – Estructura de una red SCADA

Las principales funcionalidades de un sistema SCADA son:

- Interfaz Humano-Máquina (HMI). Pantallas que permiten supervisar la planta, programar tareas y asignar valores de control.
- Generación de alarmas y creación de registros de incidencias, así como históricos de las señales provenientes de planta, almacenados en bases de datos.
- Ejecutar pequeñas tareas de control que modifiquen el comportamiento de los autómatas bajo ciertas condiciones.
- Aprovechar la potencia de cálculo del PLC para complementar las tareas de control.
- Gestionar las comunicaciones entre dispositivos de campo (servidores) y la estación de supervisión (cliente).

5.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN ESTUCHE DE CARTÓN DE PAPERSEAL

Se denomina estuche de paperseal a la bandeja de productos de alimentación hecha de planchas de cartón sobre las que se aplica un film de plástico, que puede ser retirado con facilidad, para un reciclaje más sencillo. Dicha bandeja se consigue a través de un proceso productivo que consta de las siguientes fases: impresión, corte o troquelado, plegado y conformado.



Figura 5.11 – Ejemplos de bandejas de paperseal. Fuente: Graphic Packaging International INC.

Antes de describir el proceso completo, se detallarán todos los factores clave que influyen en cualquier proceso de fabricación de estuches de cartón, haciendo mayor énfasis en todo lo referente a la composición del color.

5.4.1 Colorimetría

Antes de comenzar con el proceso de fabricación propiamente dicho, es necesario indagar brevemente en el concepto del color, ya que este proyecto se centrará en los defectos generados en la composición de este.

Según la R.A.E., se define colorimetría como “*Procedimiento de análisis químico fundado en la medida de la intensidad del color de las disoluciones.*” Sin entrar en campos como la percepción de color, o factores que generan diferencias en la visión de color, los cuales son de carácter más biológico que tecnológico, se pasará a comentar las principales teorías de color.

Teoría aditiva del color

Esta teoría postula que es posible crear colores imitando los conos de la retina, por lo que se buscarán tres fuentes de luz que proporcionen luz azul-violeta, verde y roja. Así se tendrán dos colores distintos, que regulados de menor a mayor intensidad permiten conseguir el resto de los colores posibles.

De esta manera se suma a la luz azul-violeta la verde y la roja, obteniendo así luz blanca, en un sistema aditivo.

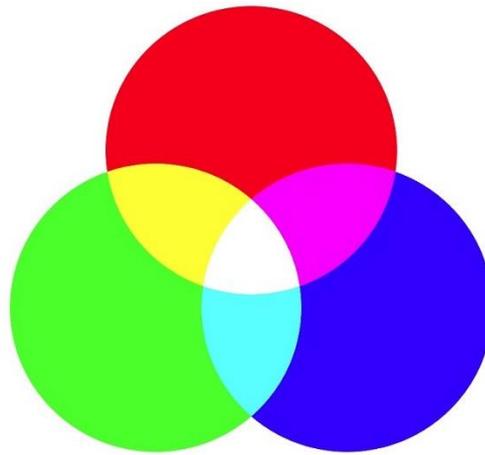


Figura 5.12 – Teoría aditiva del color

Consecuentemente con lo explicado en el párrafo anterior, el modelo de color que surge a través de esta teoría es el RGB (*Red-Green-Blue*).

Sus coordenadas, indican la energía relativa que desprenden los emisores de luz Rojo, Verde y Azul. Aunque puede tener una escala 0-100, lo más habitual es trabajar con 0-255 (un byte).

El RGB es un espacio dependiente del dispositivo que se utilice, las mismas coordenadas darán diferentes colores en dispositivos distintos.

Algunos ejemplos de colores en el espacio RGB son los siguientes:

COLOR/coord.	Rojo	Verde	Azul-Violeta
Rojo	255	0	0
Verde	0	255	0
Azul	0	0	255
Magenta	255	0	255
Negro	0	0	0

Figura 5.13 – Ejemplos de color en el modelo RGB

Teoría substractiva del color

Esta teoría, al contrario que la aditiva, parte de filtros o pigmentos (sustancias que absorben una parte de la luz y dejan pasar otra) en vez de luces. Interesa encontrar filtros que absorban un solo color cada vez, es decir, que resten un color de la luz blanca.

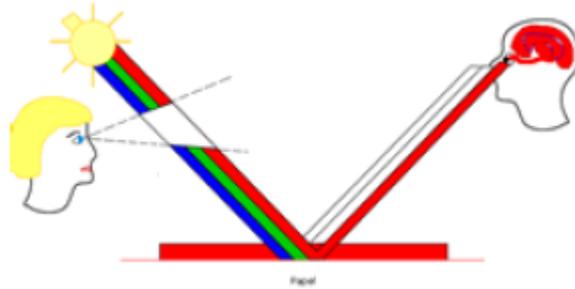


Figura 5.14 – Ejemplo de filtro de color rojo de la teoría substractiva de color

Colocando un filtro (tinta) rojo delante de una luz blanca, el color que se percibe es rojo, porque están funcionando los conos rojos, permitiendo ver solo la luz roja. Por lo tanto, el filtro rojo absorbe la luz azul-violeta y la verde.

Del mismo modo, colocando delante de la luz blanca un filtro amarillo, funcionarán los conos verde y rojo, dejando observar el color amarillo. De forma similar, un filtro de luz azul-violeta bloqueará la luz roja, permitiendo al observador ver el color cian.

Se obtiene así un sistema de colores absorbiendo selectivamente luz azul, verde y roja de la luz blanca, cuyos colores primarios serán el cian, magenta y amarillo.

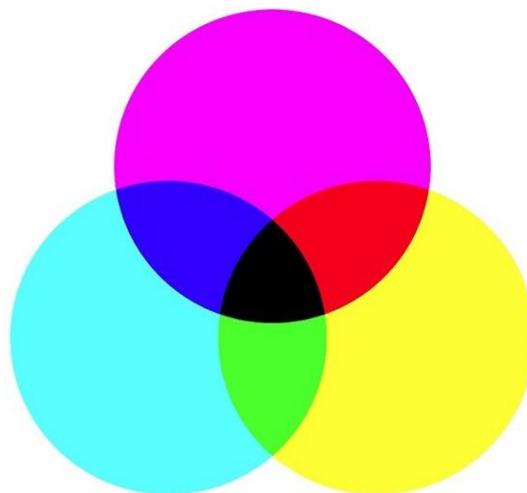


Figura 5.15 – Teoría substractiva del color

El modelo basado en la teoría substractiva es el CMYK (*Cian, Magenta, Yellow, Key*). El negro (*Key*) que se añade a la teoría substractiva, es la total ausencia de color y luz, y se usa para corregir las deficiencias de las tintas usadas en la impresión. El nivel de absorción de los colores va de 0 a 100.

Tanto el sistema RGB como el CMYK no son capaces de reproducir o describir todo el rango visual de los colores, e incluso el sistema CMYK no llega a describir todo el espacio RGB.

En la siguiente tabla se presentan algunos colores descritos en el espacio CMYK:

COLOR	Cian	Magenta	Y amarillo	K negro
Rojo	0	100	100	0
Verde	100	0	100	0
Azul	100	100	0	0
Magenta	0	100	0	0
Negro	0	0	0	100

Figura 5.16 – Ejemplos de color en el modelo CMYK

5.4.2 Impresión offset

La impresión offset es un método de impresión planográfica. Consiste en una forma de reproducción de imágenes basada en la repulsión entre el agua y aceite-grasa (la tinta a utilizar), y las características de una superficie que aceptará a ambas.



Figura 5.17 – Pasos de la impresión planográfica

La principal característica de la impresión offset, que la diferencia de otros métodos es que trabaja de forma indirecta. El funcionamiento de este sistema consiste en que una plancha de cinc transfiere la imagen a un cartucho, que, a su vez, aprovechando su compresibilidad para compensar las rugosidades del papel, la transfiere a este último.

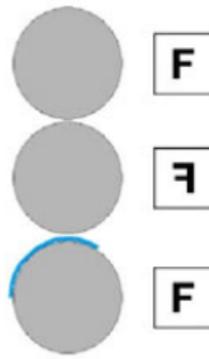


Figura 5.18 – Esquema de la impresión indirecta de la máquina offset.

La impresión offset consta de los siguientes elementos, que se explicarán brevemente a continuación: La forma impresora, soporte, tinta, solución de mojado, y mantilla de caucho.

La forma impresora

Este elemento consta de una zona lipófila, afín a la tinta, una hidrófila, con afinidad a sustancias acuosas.

La base del sistema es mantener en contacto sobre la misma superficie dos materiales de características tan distintas como la tinta y el agua. El llamado equilibrio agua/tinta es la desventaja más grande del sistema offset, dado que afecta directamente a la calidad del impreso. Un exceso de agua puede llevar a una excesiva emulsificación de tinta y un contenido de agua en defecto puede evitar la correcta transferencia de tinta a la mantilla de caucho y posteriormente al papel.

La plancha de offset está formada por una base sobre la que se aplica una emulsión fotosensible con una resina grasa. La base puede ser de poliéster, aluminio o polimetálicas, siendo el aluminio el material más utilizado.

El soporte

El principal soporte con diferencia utilizado en la impresión offset es el papel.

El papel es un material higroscópico, es decir, absorbe o cede humedad con los cambios de humedad relativa de la atmósfera. Los cambios en el contenido de humedad del papel van acompañados de cambios dimensionales, produciendo una serie de distorsiones de la hoja, que ocasionan faltas de registro en la impresión y, si el problema es muy agudo, arrugas en la hoja al pasar entre los cilindros. Las hojas de papel se dilatan cuando absorben humedad y se encogen cuando la ceden.

Para conseguir una buena impresión sobre el papel no se necesitan sólo unas condiciones suficientes para que la tinta se adapte y se seque convenientemente, sino que, además, ha de tener unas características físicas adecuadas para que pueda alimentar la máquina y pasar la hoja a través del cuerpo impresor sin presentar problemas. Las más importantes son: Dirección de fibra, densidad, encolamiento superficial, resistencia al arrancado, porosidad, planeidad, rugosidad, estabilidad dimensional, entre otros.

Es importante añadir que el cartón no presenta las mismas características en todos los lados de la plancha. Se ha de distinguir por eso entre anverso, generalmente con un mejor acabado y menor capacidad de absorción de tinta, y el reverso, con características opuestas. A lo largo de este documento, podrán ser referidos como cara y retira, respectivamente.

La tinta

Las tintas de imprimir están compuestas de dos fases: una sólida discontinua y que da el color, los pigmentos (sólidos finamente divididos), y otras líquida que transporta y fija al soporte el color además de dispersar y suspender a los pigmentos los vehículos.

Las tintas para la impresión offset necesitan algunas peculiaridades, como que no se disuelvan en el agua de mojado, que su intensidad no se debilite en presencia de la humedad y que no sean abrasivas para evitar el desgaste de la plancha. Su finura ha de ser extrema, ya que la película de tinta que se transmite al papel es muy fina.

Las tintas offset han de tener, además, en menor proporción, otros componentes, como los agentes secantes, los suavizantes, las resinas, etc., de manera que sean apropiadas para la superficie que se quiere imprimir, al tipo de máquina que se utilizará en la impresión y al uso final del producto impreso.

La solución de mojado

Para que la tinta no se adhiera a las áreas no impresoras de la plancha, está se humedece con una delgada película de solución de mojado, que está compuesta casi en su totalidad de agua. El agua, al formar una capa muy fina, se agrupa en gotas. La tensión superficial del agua no le permitiría cubrir de forma uniforme toda la superficie, pues el agua común tiende a generar pequeñas gotas separadas. Para evitarlo se reduce la tensión superficial añadiendo alcohol Isopropílico (IPA) al agua.

A parte del IPA o sustituto del IPA también se usa aditivo estabilizador de pH, su proporción y elección dependerá de la dureza del agua con el que contemos para su formulación.

Estos dos valores: la conductividad, que está directamente relacionada con la dureza o contenido en sales, (a más sales, más conductividad) y el pH son los valores que debemos tener más en cuenta a la hora de formular nuestra solución humectante.

La mantilla de caucho

Es la encargada de transferir, la tinta de la plancha al soporte que queramos imprimir; por este motivo se dará una especial importancia a su elaboración, su montaje y su mantenimiento.

La capa superficial de caucho es realmente la decisiva, porque se encuentra en contacto físico con la plancha, la tinta y el papel.

Las características más importantes que se exigen a los cauchos de offset son estas:

- El grosor del cojín ha de ser uniforme dentro de unos límites muy bien determinados.
- La superficie no ha de tener hoyos, agujeros o manchas que puedan afectar a la calidad de la impresión.
- No abrasiva.
- Elástica.
- Dureza superficial uniforme y suficiente para reproducir una imagen fiel.
- Muy lisa, de superficie aterciopelada, sin zonas altas ni bajas.
- Resistente a los vehículos de las tintas, a los disolventes de limpieza y a la penetración del barniz.
- Receptiva a la tinta.
- Resistente a la delaminación, a la formación de ampollas, de relieves y de depresiones, al satinado y al enganche. Buena transferencia de la tinta y fácil separación del papel.

Comentados los componentes de la impresión offset, se describirá brevemente el funcionamiento de la máquina encargada de llevar a cabo el proceso.

Las máquinas offset de impresión en varios colores constan de cuatro partes: entrada, sistema de presión, sistema de entintado y salida. Sin embargo, puesto que las unidades clave para la aplicación de color son los sistemas de presión y entintado, se comentarán con mayor detalle.

Entrada

La entrada de la máquina de offset se encarga de introducir el papel en el cuerpo de impresión en la colocación adecuada para la impresión. En la entrada se encuentran tres partes diferenciadas:

- Marcador. Tiene la función de separar la primera hoja de la pila de papel, levantarla y llevarla a los dispositivos que la transportan al cilindro impresor.
- Mesa de marcado. Zona intermedia entre el marcador y la zona de registro.
- Zona de registro. Parte de la entrada encargada de lograr una superposición exacta de los colores sobre el cartón.

Sistema de presión

En todas las máquinas hay tres tipos de cilindros que son: el porta planchas, el porta cauchos y el de presión o impresor. Cada fabricante tiene su propio sistema para la fabricación de los cilindros. A pesar de todo, el sistema general es el de recurrir a una pieza única de fundición de elevada resistencia. La fundición se realiza con una técnica especial y difícil, con el fin de que el cilindro pueda resistir presiones y flexiones. La posición de los cilindros en la máquina permite, durante el proceso de impresión, una buena visibilidad de la plancha y del caucho, así como un fácil acceso durante las operaciones de limpieza, etc. El cilindro impresor va colocado detrás del cilindro porta caucho, en una posición que permite controlar fácilmente la entrada y la salida de pliegos.

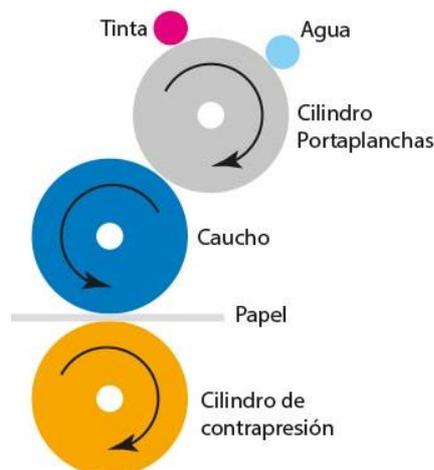


Figura 5.19 – Sistema de presión (En la imagen, cilindro de contrapresión se corresponde con cilindro impresor)

Sistema de entintado

La función principal del grupo de entintado consiste en transferir a la plancha, de manera continua y uniforme, la tinta necesaria para la impresión. Por ello el funcionamiento del grupo de entintado influye muchísimo en la calidad de impresión.

Las principales funciones del sistema de entintado son las siguientes:

- Batir la tinta transformándola desde un estado plástico a un estado semilíquido.
- Distribuir una capa delgada, en comparación con el espesor de tinta del rodillo del tintero, a los rodillos dadores.
- Depositar una fina película uniformemente igualada sobre las áreas imagen de la forma impresora.
- Eliminar la solución de mojado de la plancha litográfica, lograr la emulsión de parte de esta solución en la tinta y permitir la evaporación del resto.
- Recoger, de la plancha litográfica, todas las partículas sueltas de materias extrañas y mantenerlas en suspensión hasta la limpieza del mecanismo.

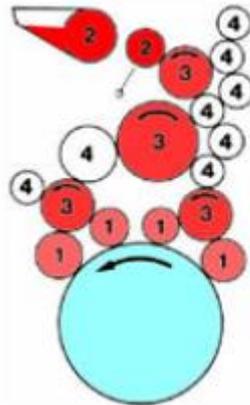


Figura 5.20 – Sistema de entintado. En la imagen: (1) Rodillos dadores, (2) Tintero, (3) Mesas distribuidoras, (4) Rodillos distribuidores

La salida

En las máquinas de impresión se llama salida a la recepción del pliego una vez ha salido del último cuerpo impresor y es transferido a la mesa receptora.

En la salida se pueden encontrar diversos dispositivos como los sistemas de anti repintado que se colocan entre el último cuerpo impresor y la salida. Ayudan al secado de la tinta o depositan pólvoras antimaculantes que evitan el repinte.

5.4.3 Troquelado

En la segunda etapa del proceso, se cortan las planchas de cartón en unas máquinas llamadas troqueladoras. Dependiendo de la geometría del estuche que se quiera cortar en el trabajo, se someterá el cartón a distintas transformaciones: corte, hendido, semicorte, etc. Puesto que esta parte de la fabricación no influye en la generación o detección de defectos en el color de los estuches, no se entrará en mayor detalle.

5.4.4 Plegado o pegado

Proceso por el cual se aplica cola al estuche y se dobla por las zonas que el diseño requiera. Todos los tipos de productos se encuentran clasificados en dos categorías principales, estuches de pegado lineal y estuches de multi-punto.

En el pegado lineal, se emplea un cilindro aplicador de cola para generar un flujo continuo de cola de pegado.

Por el contrario, para el pegado de estuches multi-punto, se emplean inyectores de cola para conseguir aplicaciones de gran precisión en cuanto a posicionamiento y cantidad de cola aportada.

En este punto del proceso se suelen integrar también sensores de color en las máquinas, que permiten tanto asegurar que se está trabajando con el producto adecuado, como agregar un filtro de calidad adicional a todo el proceso de fabricación.

Hay que especificar que en cuanto a las dimensiones de un estuche a pegar, en este documento se hará referencia al largo como aquella medida del estuche que entra a la máquina plegadora de forma paralela a la cinta. El ancho, por el contrario, será la medida perpendicular a la cinta de la máquina.

5.4.5 Conformado

Esta última etapa consiste en la aplicación de una fina película de plástico a la superficie interna del estuche de cartón, y su sellado mediante calor y presión. Dicha película sirve como barrera para la humedad y otros agentes externos, protegiendo así el contenido del estuche.

5.5 PROCESO PRODUCTIVO

La secuencia de fabricación de un estuche de paperseal viene descrita en el siguiente diagrama:

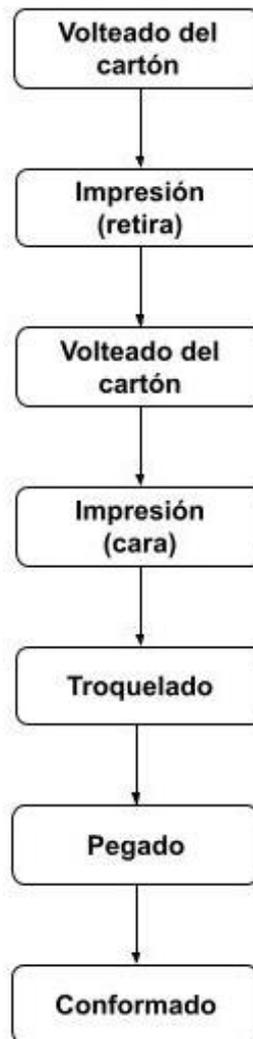


Figura 5.21 – Diagrama del proceso

Se pueden observar varios puntos que destacan respecto a lo comentado en el apartado anterior de este documento.

En primer lugar, se han añadido dos bloques que señalizan la existencia de una fase de volteado. Esto se debe a que en ciertas máquinas impresoras el material ha de ser preparado

para poder ser colocado sin problemas en la entrada de la impresora, como es el caso de la impresora *Heidelberg XL 106*.

Por otro lado, se aprecia que se han añadido dos etapas de impresión, correspondientes a la aplicación de color y barniz en la retira y cara.

Finalmente, aunque el proceso acabe con el conformado de la bandeja, en este caso de estudio se terminará en el pegado. Esto se debe a que, en muchos casos, esta última etapa la hace el cliente. Prepara su producto alimentario y monta y sella la caja en sus instalaciones.

5.6 DEFECTOS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN

Existen diferentes tipos de defectos en la impresión de un pliego de cartón. Pueden deberse al barniz empleado, al estado del cartón, cualquiera de los materiales auxiliares que se empleen en el proceso (caucho, polímeros de barniz, tintas, etc), pero en este documento se hablará exclusivamente de aquellos que generen no conformidades en el color que afecten al estuche completo de forma uniforme. Por lo tanto, se descartan defectos como golpes en el caucho, motas, etc. Que puedan generar no conformidades puntuales.

Desplazamiento del registro

Ocurre cuando las planchas de los colores no están correctamente alineadas. Puede deberse principalmente a un error en el montaje de éstas, o a fallos mecánicos en la impresora, que no permite ajustar correctamente las planchas en las baterías.

Generan imágenes borrosas o desenfocadas, con sombras de colores a lo largo de los bordes de las imágenes o el texto.



Figura 5.22 – Ejemplo de desplazamiento de registro

Ganancia de punto

Causada por el agrandamiento en exceso de los puntos que conforman la trama de las planchas, debido a factores como la presión excesiva de la prensa, la calidad del papel o la emulsión incorrecta en la solución de mojado.

Este efecto produce colores más oscuros o saturados de lo esperado, y puede generar pérdidas de detalle en la imagen.

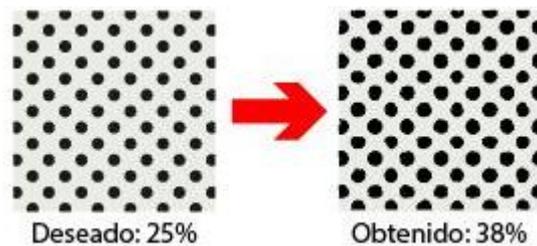


Figura 5.23 – Ejemplo de Ganancia de punto excesiva

Contaminación del color

Puede deberse por un lado a la mezcla no intencionada de tintas, debido a la falta de limpieza de las baterías o a la emulsión de la tinta en la solución de mojado. También puede ser causada, en el caso de las tintas especiales, por una mala formulación del color.

Falta de densidad de color

Puede ser causada por una cantidad insuficiente de tinta, problemas con la configuración de los rodillos de tinta, o una calibración incorrecta del equipo. Los colores impresos pueden parecer pálidos o desaturados.

Diferencias de color cara-retira

Similar al defecto anterior en cuanto a que ambos generan tonos distintos al esperado.

En este caso la causa reside en las distintas capacidades de absorción de tinta que poseen las diferentes superficies del cartón. Debido a que es más afín a la tinta, la retira la absorbe más, dando lugar a tonos más apagados pasado el periodo de tiempo de maduración (unas 24h).

Es inevitable tener pérdidas de tono, pero es necesario contar con ellas a la hora de imprimir y compensar en la medida de lo posible este efecto.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Antes de comenzar con el planteamiento de soluciones, se comentará brevemente la máquina alrededor de la cual se va a trabajar. La *Bobst Expertfold 110*; sus características y el entorno de trabajo en el que se ha observado su funcionamiento.

6.1 LA MÁQUINA PLEGADORA: BOBST EXPERTFOLD 110

La *Bobst Expertfold 110* es una máquina de plegado y encolado de alto rendimiento diseñada para la industria del embalaje de estuches de cartón. Conocida por su versatilidad y precisión, la *Expertfold 110* es capaz de manejar una amplia gama de estilos de embalaje, incluidos los estuches lineales, fondo automático y cajas de 4 y 6 puntos.



Figura 6.1 – Bobst Expertfold 110

6.1.1 Características técnicas

En este apartado se enunciarán las características de la máquina que resultan más significativas para el desarrollo de este proyecto:

- Dimensiones: 12,30 x 2,20 m.
- Rango de velocidades de 20 m/min a 450 m/min.
- Permite múltiples formatos y tamaños de estuches. Información detallada en el anexo.
- Modulable. Permite la adición de módulos de fondo automático, dispositivo para 4 y 6 puntos, y *GYROBOX*.

- Alimentador *ACCUFEED* para facilitar la carga de material troquelado a la plegadora.
- Dispositivo para cajas de 4 y 6 puntos con velocidades de hasta 28.000 cajas/h.
- Punto de entrega con regulador de flujo de cajas para obtener flujos precisos y de procesamiento más rápido.

6.1.2 Funcionamiento actual

Para su funcionamiento, la máquina requiere un mínimo de dos trabajadores. El primero se situará en la alimentación de la máquina, y se encarga de colocar pilas de cartón troquelado en el *ACCUFEED*. El segundo trabajador se situará en la salida de la máquina, recogiendo los estuches pegados y colocándolos en cajas para producto terminado.

Esta configuración presenta los siguientes inconvenientes:

- Es necesario tener en todo momento al operario de la entrada pendiente a esta, por lo que no puede prestar atención al estado de la máquina, o debe pararla para ello.
- En caso de que haya defectos en el troquelado del estuche, como retales que no se han limpiado, no se dispone de un espacio para dejar el material preparado para la entrada, pudiendo generar mezclas entre material preparado y no preparado.
- Del mismo modo, es obligatorio mantener un trabajador en todo momento cargando estuches pegados y cargarlos en cajas. Esta tarea, si bien no es intensiva en cuanto al peso de los estuches, puede generar problemas de tendinitis a los trabajadores, ya que deben hacer movimientos de pinza para realizar la carga.

Por otro lado, la máquina no incluye módulos de control de calidad como control de color o de códigos de barras, aunque estos sí pueden ser comprados. En la máquina cuyo funcionamiento ha inspirado el desarrollo de este proyecto hay un sistema de control de color, el cual se basa únicamente en el modelo RGB. Sin embargo, a lo largo de un periodo de observación de dos años se han percibido varias filtraciones de defectos de color, por lo que se concluye que este sistema puede ser mejorado.

6.1.3 Comentario acerca del fabricante

Si bien es cierto que el proveedor de la máquina, Bobst, ofrece en su catálogo de productos una solución para la automatización de la alimentación y de la salida de máquina (*EasyFeeder* y *CartonPack* respectivamente), estas soluciones quedan descartadas como viables para el proyecto, debido a su elevado precio de venta.

6.2 AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN

En primer lugar, se buscará mejorar el rendimiento de la máquina automatizando la carga de estuches en la plegadora. Con ello se dispondrá de material acumulado preparado para entrar en máquina, liberando así parte del tiempo del operario para atender la máquina.

El diseño que se propone se plantea en el siguiente esquema:

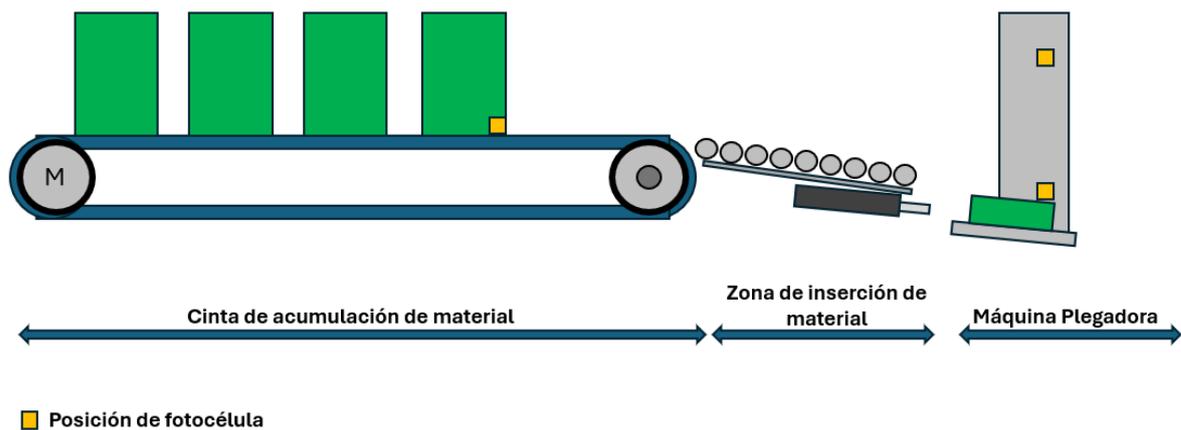


Figura 6.2 - Solución planteada para la automatización de la entrada de máquina (vista desde el alzado)

Como se puede observar, consiste en un sencillo sistema en el que se dispone de una cinta transportadora, unos rodillos de acercamiento y unos pistones guía que ayudan a colocar la pila de estuches en la entrada correctamente.

El principio de funcionamiento es sencillo. Idealmente, mientras la máquina es preparada para realizar el trabajo, el operario que trabaja en la salida de la máquina dispondrá varias pilas de estuches en la cinta transportadora, acumulando material para el momento de iniciar la tirada.

Una vez en tirada, las fotocélulas colocadas en la entrada de la máquina llevarán un control de nivel de estuches en el alimentador, transmitiendo al sistema el momento en el que es necesario activar la cinta, los rodillos y las guías para inyectar una nueva pila. Así se minimizará el tiempo no productivo de máquina en tirada

6.3 AUTOMATIZACIÓN DE LA SALIDA DE MÁQUINA

De modo similar a la entrada, se propone un sistema de automatización de la salida de máquina, en el que si bien no se elimina la necesidad de que el operario arme manualmente el pallet con cajas de estuches pegados, se consigue reducir la carga de esfuerzo físico, al suprimir el proceso de rellenar manualmente las cajas.

La solución ideada es la siguiente:

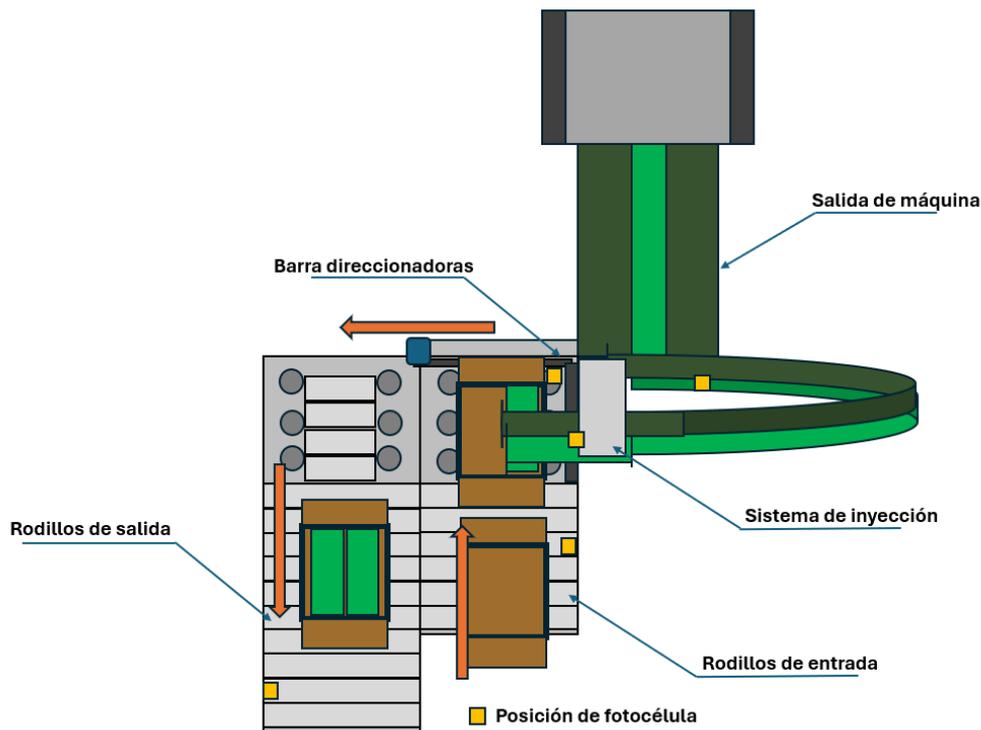


Figura 6.3 – Solución planteada para la automatización de la salida de máquina (vista en planta)

En este caso se ha construido un dispositivo ligeramente más complejo dividido en dos partes.

La primera parte consta de un acumulador de estuches pegados, los cuales van siendo posicionados a lo largo de una cinta en forma de tirabuzón, a la espera de ser colocados mediante un inyector en una caja de embalaje.

El segundo subsistema tiene la función de colocar cajas vacías para la carga de estuches pegados. Una vez cargados, una barra direccionadora coloca las cajas llenas en el canal de salida, donde se irán acumulando a la espera de que el operario vaya montando un pallet.

En este subsistema, los estuches se van hacinando en el acumulador de la salida hasta que se produce el momento de carga. Para que se accione el inyector, el subsistema de rodillos

debe haber indicado que hay una caja preparada para la carga, y se debe de haber almacenado la cantidad de estuches indicada por el operario.

Una vez cargada la caja, se redirige a la salida del sistema.

Por lo tanto, con esta mejora el trabajador pasará a tener que dedicarse a preparar cajas vacías para el sistema de carga, y a montar los pallets de producto terminado.

6.4 CONTROL DE CALIDAD Y EXPULSIÓN

La *Bobst Expertfold 110* integra sus propios sistemas de control de calidad en el proceso de plegado, como controladores de aplicación de cola, de secado de ésta, etc. Sin embargo, en este documento se busca añadir más filtros, que mejoren la capacidad de detectar defectos en el color de los estuches.

Además, se desea añadir un sistema de lectura de códigos de barras, que permita realizar un control de doble función. En primer lugar, mediante la instalación de este sensor el fabricante de estuches se asegura de estar en todo momento trabajando con el producto adecuado. En segundo, haciendo una primera lectura del código, se puede asegurar que éste es legible para su uso en supermercados.

El sensor de color, por una parte, funcionará mediante luces RGB. Para lograr mayor precisión, se implementará una función que permita transformar datos CMYK de referencia introducidos por el operario a RGB, y éstos serán los que se empleará, junto con una tolerancia, para hacer la criba de estuches con defectos.

El lector de códigos de barras, por otra, hará las veces de un control *pasa-no pasa*. Se encargará de leer los códigos y descartar aquellos que tengan demasiado empaste, o que no tengan carga de tinta suficiente.

CAPÍTULO 7: DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo del documento se describirá el diseño por el que se ha optado para conseguir las soluciones planteadas en el apartado anterior.

Por un lado, se planteará el programa a implementar en el autómatas, describiendo la secuencia de funcionamiento general esperada del sistema al completo, para continuar describiendo en mayor detalle las diferentes subdivisiones por separado.

Por otro, se detallará la configuración del hardware necesario en función de las entradas necesarias, así como salidas, conexiones, etc.

7.1 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO

1. El trabajador toma los datos de color (CMYK) del estuche a pegar y los introduce, junto con una tolerancia admisible, al sistema. Al pulsar Carga de datos, los valores de color y las tolerancias se comparten con el autómatas, que los convierte a RGB para que el sensor pueda trabajar con ellos.
2. El sistema empieza en estado de Reposo, hasta que se pulsa *MARCHA*. En ese momento, se activa la variable interna *FUNCIONAMIENTO*, que inicializa el sistema completo. En este momento, conociendo las posiciones de los sensores, la velocidad de la máquina y el tamaño de estuche con el que se trabajará, el PLC calcula el tiempo de expulsión de los defectos de color y de lecturas de códigos de barras por separado. Además, la máquina plegadora empezará a pegar estuches.
3. Cada vez la lectura de color de un estuche no se encuentre dentro de las tolerancias establecidas por el operario, la marca *SENSOR DE COLOR* se activará. La activación de esta marca hará, por un lado, que aumente en uno un contador acumulador de rechazos de color. Por otro, activará un temporizador encargado de accionar la *EXPULSIÓN* en el momento justo para expulsar únicamente el estuche rechazado.
4. En su paso por la expulsión, el estuche entra en contacto con una *PLETINA*, cuya desactivación indicará al sistema que se ha desechado el rechazo, desactivando así *EXPULSIÓN*.
5. Ídem. Que el paso 3 para el lector de códigos de barras.
6. Ídem. Que el paso 4 para el lector de códigos de barras.

7. Si cualquiera de los contadores de rechazos llega al número máximo permitido, estos detendrán la plegadora. Para volver a ponerla en funcionamiento, el operario deberá pulsar *REARME* en el HMI.
8. La plegadora también se detendrá también si se pulsa *PARO_CINTA* (de la plegadora).
9. Adicionalmente, si cualquiera de los dos contadores llega al valor máximo, se encenderá una luz que indicará el rechazo producido. (*RECHAZO_COLOR* o *RECHAZO_EAN*)

En paralelo a la plegadora, funcionará también el sistema de carga automática de estuches.

10. Con la activación de la marca *FUNCIONAMIENTO*, la cinta transportadora de pilas de estuches se activará hasta colocar una pila en *CFREPOSO*.
11. En el *accufeed* de la plegadora se encuentran las fotocélulas *CFI* y *CFS*. La desactivación de *CFI* indica que la pila cargada en el alimentador está cerca de agotarse, haciendo que se active la *CINTA DE CARGA* y las *GUÍAS*.
12. La cinta de carga transportará una nueva pila hasta unos rodillos de seguimiento, que junto con las *GUÍAS* colocarán dicha pila en el alimentador de la máquina. Al quedar posicionada ésta, se activará la fotocélula *CFS*, la cual iniciará una cuenta de 5 segundos antes de provocar la retracción de las *GUÍAS* a su posición de reposo.
13. Durante este periodo de tiempo, la *CINTA DE CARGA* ha avanzado hasta colocar una nueva pila frente a *CFREPOSO*, momento en el que se detiene. Así queda material preparado para el siguiente ciclo de recarga.
14. Adicionalmente, la cinta de carga puede detenerse si se pulsa *PARO ENTRADA* en el HMI.

Del mismo modo, simultáneamente se encuentra operativo el subsistema de carga de material pegado, en la salida de la máquina.

15. Antes de empezar la tirada y como parte de la preparación de la máquina, el operario deberá introducir a través del HMI la cantidad de estuches pegados que se podrán depositar en una caja de producto terminado.
16. En la salida de la máquina, y justo al principio del sistema de llenado de cajas, se encuentra una fotocélula, *CF1*, que ayudará a el *CONTADOR1* a mantener un registro de los estuches que hay preparados en el sistema de carga. Una vez haya disponibles al menos la cantidad especificada por el operario, el contador permitirá la carga de una caja mediante el sistema de inyección.
17. Para iniciar la variable *ACCIONAMIENTO DE CARGA*, que representa el inyector de estuches, es necesario primero que la célula *CF3* esté activa, indicando que hay una caja preparada para almacenar los estuches pegados.

18. El proceso de carga almacenará la cantidad correcta de estuches mediante un sistema similar al presentado en el punto 16. *CF2* indicará el número de estuches que van pasando por el sistema de carga al *CONTADOR2*. Una vez alcanzada la cantidad de cajas introducida anteriormente, éste enviará al autómeta la información para que cierre *ACCIONAMIENTO DE CARGA*.
19. En el caso de que *CF3* no detecte la presencia de una caja preparada para la carga, y haya una disponible para entrar al subsistema (indicado por *CF4*), se activarán los rodillos de entrada, *RODILLOS IN*. Éstos se detendrán con la reactivación de *CF3*.
20. Una vez terminada la carga de la caja, se acciona la *BARRA DIRECCIONADORA*, que se encarga de desplazar la caja, cargada, hacia el carril de salida. En el carril de salida, la caja marca la fotocélula *CF5*. Esta fotocélula provocará la retracción de la *BARRA DIRECCIONADORA*, así como la activación de los rodillos del carril de salida: *RODILLOS OUT*.
21. La zona de carga de cajas de producto terminado puede detenerse presionando en el HMI *PARO CARGA*.
22. Todo el sistema debe detenerse si se presionan los botones de *EMERGENCIA*.
23. La contabilización de la producción total se llevará a cabo multiplicando las cajas emitidas y el número de estuches por caja

En los siguientes apartados de este capítulo se discutirán, aportando un poco más de detalle, los distintos subsistemas del proyecto. Para ayudar en la visualización del funcionamiento, se dispondrá de diagramas de flujo, como el aportado a continuación:

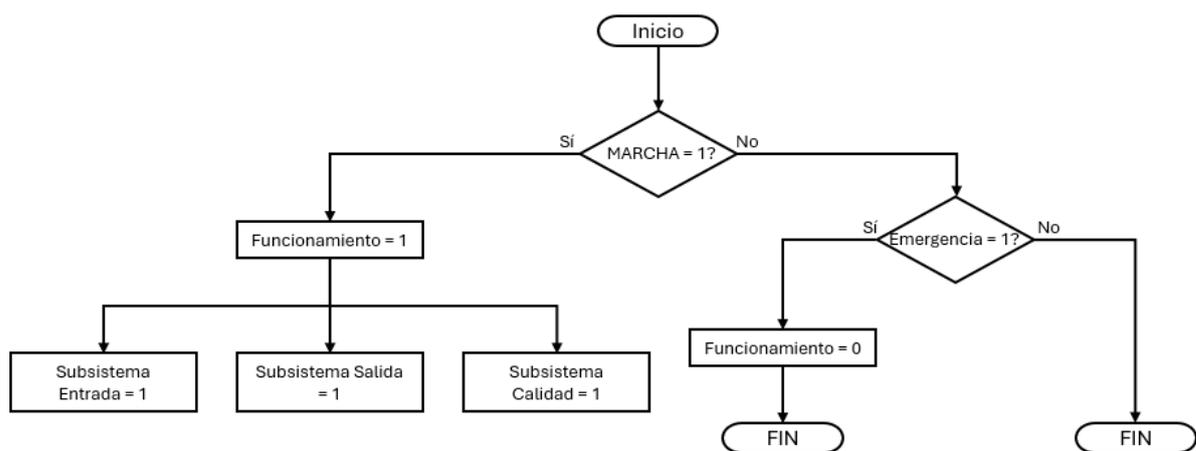


Figura 7.1 – Diagrama de flujo del programa general

Como aclaración del diagrama, los bocadillos redondeados indican mensajes del sistema. Los rectangulares señalizan cambios de valor en las variables, y los romboidales representan condiciones. Estos últimos serán identificados por un código de dos dígitos, indicando el primero el subsistema al que pertenecen (1-Entrada, 2-Salida, 3-Calidad), y el segundo la posición de la condición en el subsistema.

7.1.1 Automatización de la entrada

El esquema que describe el funcionamiento en tirada del subsistema se presenta en el siguiente flujograma:

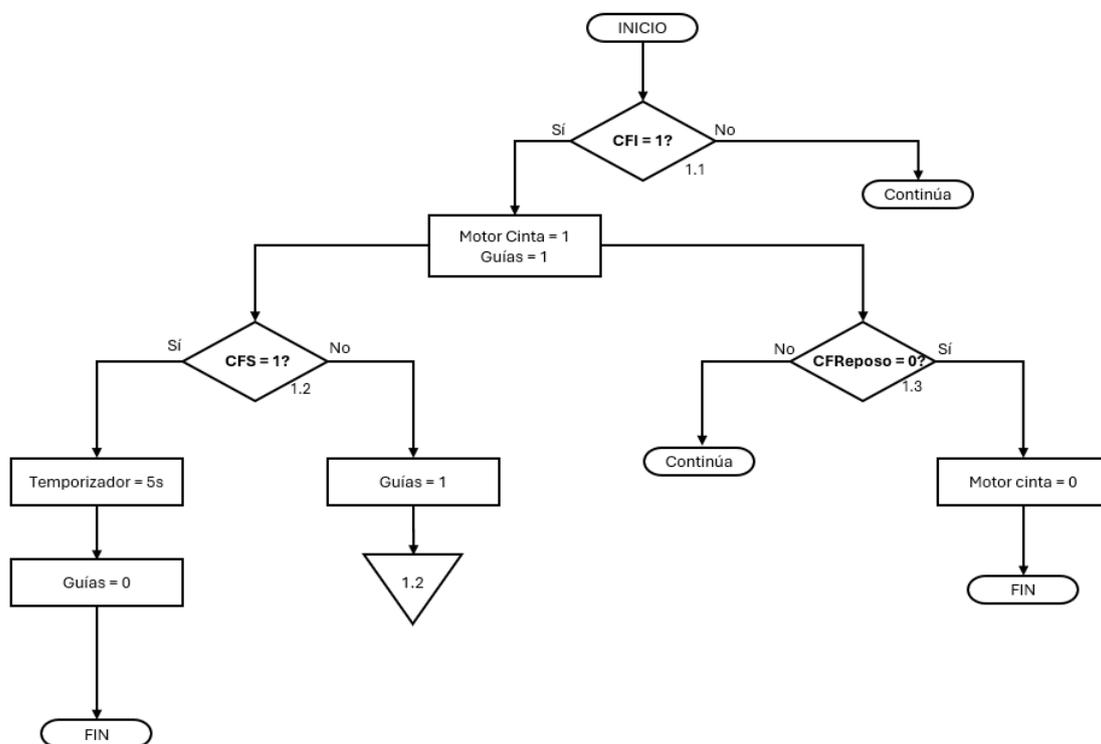


Figura 7.2 – Diagrama de flujo del funcionamiento de la entrada

7.1.2 Automatización de la salida

De forma similar, el funcionamiento de la salida queda así descrito:

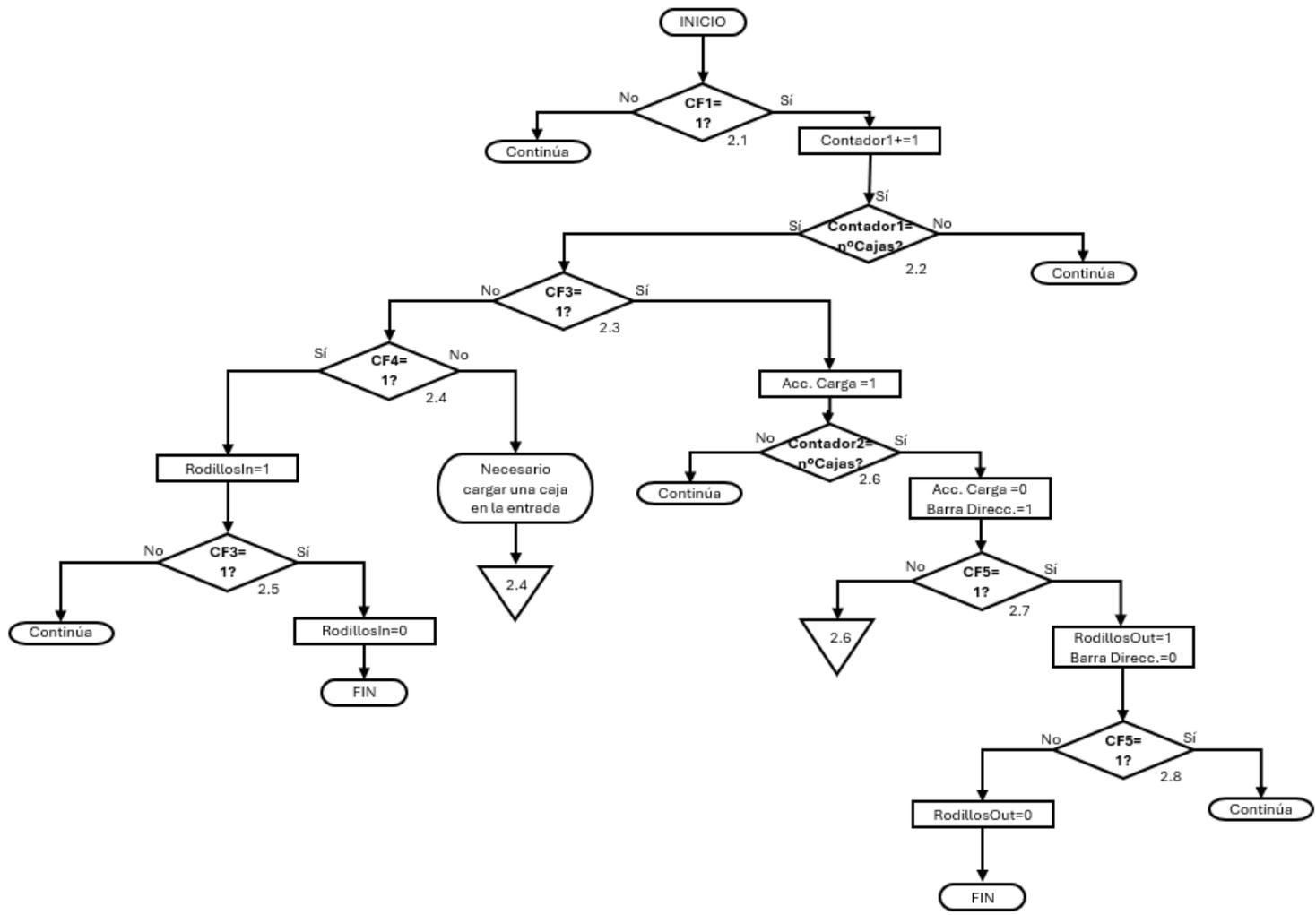


Figura 7.3 – Diagrama de flujo del funcionamiento de la salida

Como se ha comentado en la secuencia de funcionamiento, en este subsistema se contabiliza la cantidad de estuches producidos.

Este recuento se realiza de manera sencilla, añadiendo dos marcas: *CAJAS EMITIDAS* y *PRODUCCIÓN TOTAL*. El producto de estas dos variables internas aporta información acerca del total de estuches pegados dados por buenos.

En TIA PORTAL, la operación se realiza en el siguiente segmento:

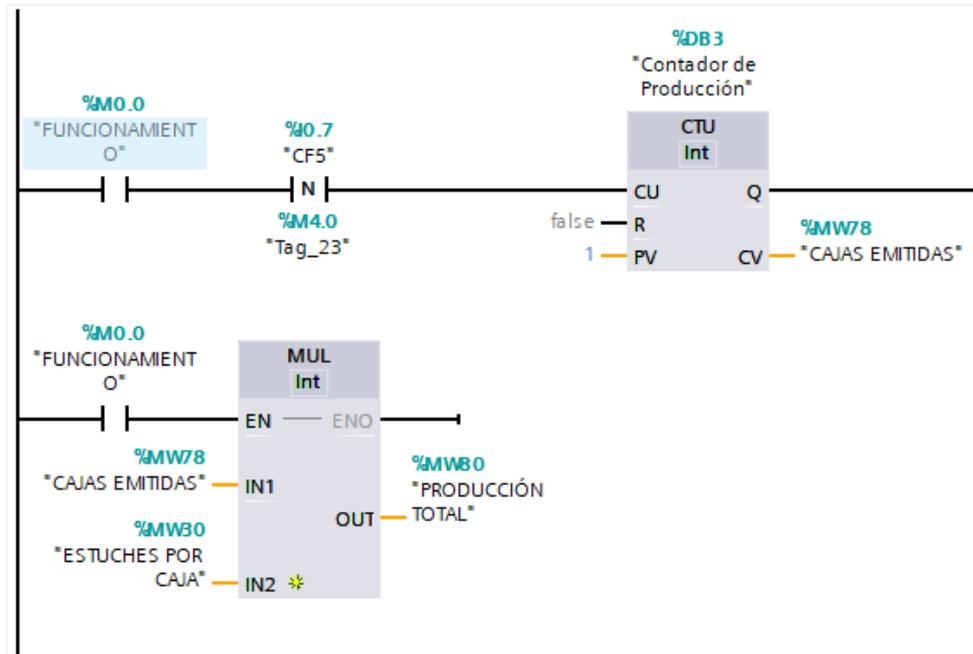


Figura 7.4 – Contabilización de la producción

Se puede apreciar en la figura anterior como se da por buena la caja que sale de los rodillos de impulso de salida, desactivando la fotocélula *CF5*.

7.1.3 Control de calidad y expulsión

Finalmente, el sistema del control de calidad funciona de la siguiente manera:

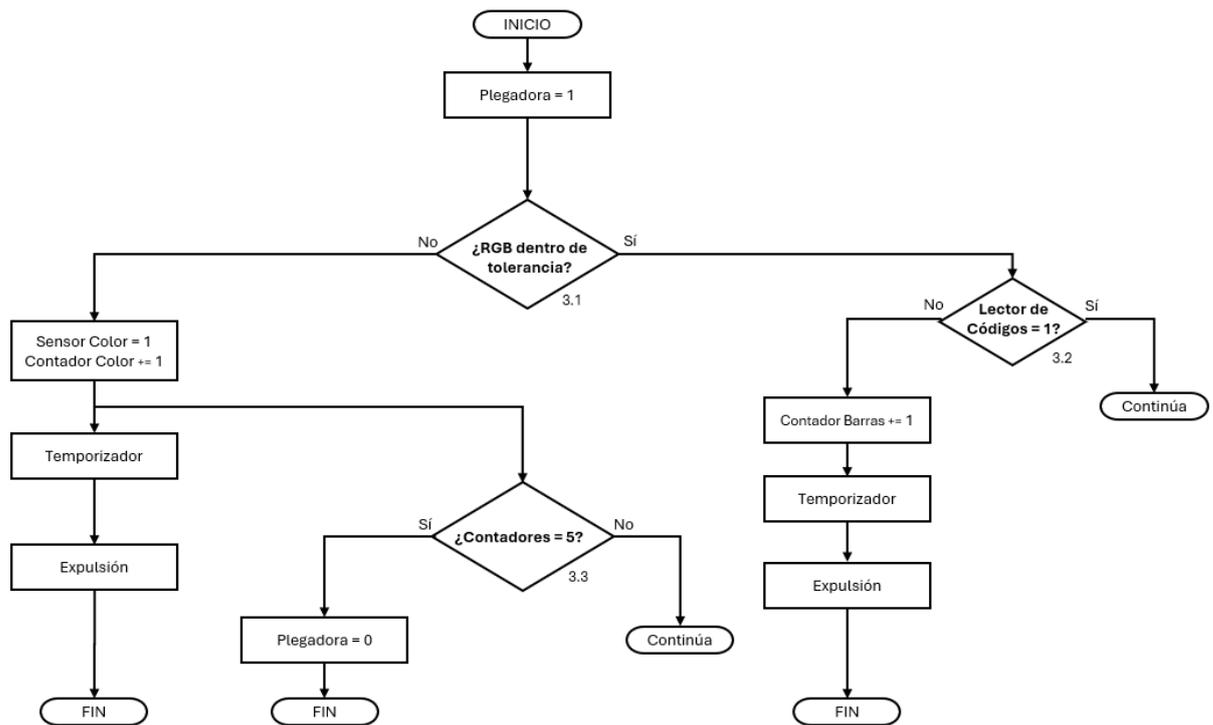


Figura 7.5 – Diagrama de flujo del funcionamiento del control de calidad

Es necesario comentar en este apartado cómo se realiza la conversión de datos de color. Esto consiste en un sencillo algoritmo de equivalencia entre CMYK y RGB.

Como se comentó en la secuencia de funcionamiento, el operario, que dispone de un estuche de referencia o en su defecto, de valores de color de referencia, introducirá estos valores CMYK al sistema a través del HMI.

El algoritmo es sencillo, y tiene la siguiente forma:

$$R = 255 * (1 - C) * (1 - K) \quad (3)$$

$$G = 255 * (1 - M) * (1 - K) \quad (4)$$

$$B = 255 * (1 - Y) * (1 - K) \quad (5)$$

Donde los valores indicados de CMYK son en tanto por uno.

Transformado a lenguaje SCL resulta:

```

1
2 #R := 255 * ( 1 - #C / 100 ) * ( 1 - #K / 100 );
3 #G := 255 * ( 1 - #M / 100 ) * ( 1 - #K / 100 );
4 #B := 255 * ( 1 - #Y / 100 ) * ( 1 - #K / 100 );
5

```

Figura 7.6 – Función de cambio de CMYK a RGB

Como se ha especificado, los valores de color son en tanto por uno. Sin embargo, puesto que la persona encargada de operar la máquina los introducirá en la escala estándar para este método de color, de 0 a 100, estos valores serán normalizados en la función.

Los valores de RGB resultantes de la conversión serán almacenados en marcas, respectivamente: *REFERENCIA R*, *REFERENCIA G*, *REFERENCIA B*.

Estas referencias serán multiplicadas por el porcentaje de desviación de color admisible, constituyendo así las tolerancias de color. Cualquier valor, ya sea R, G, o B, será considerado bueno siempre que cumpla:

$$\text{Tolerancia Inferior} \leq \text{LECTURA } R, G, B \leq \text{Tolerancia Superior} \quad (6)$$

Las mencionadas lecturas de color se consiguen a través de la entrada analógica de un sensor de color. Para trabajar con ella, la información es adaptada mediante un normalizado y un escalado. La figura a continuación provee con un ejemplo, para el color rojo:

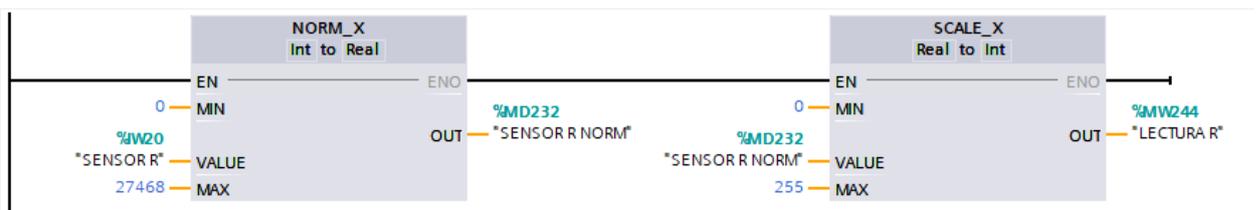


Figura 7.7 – Normalización y escalado de las lecturas de color

Si los valores normalizados y escalados de las lecturas no cumplen la condición mencionada (6) para cualquiera de los colores, se activa una marca interna, *SENSORES*, que inicializa el proceso de expulsión.

Para conseguir expulsar únicamente el estuche que no cumple los estándares de calidad especificados, se ha implementado un sistema de temporizadores secuenciados vinculados al contador de rechazos.

El tiempo de expulsión se calcula teniendo en cuenta la distancia del sensor que realiza la lectura a la propia expulsión, la velocidad de la máquina y el tamaño del estuche con el que se está trabajando. Puesto que los sensores no ocupan posiciones fijas, ya que no forman parte de la propia máquina plegadora, el sistema incluirá campos en los que el trabajo podrá introducir las posiciones que éstos ocupen en el trabajo a desarrollar.

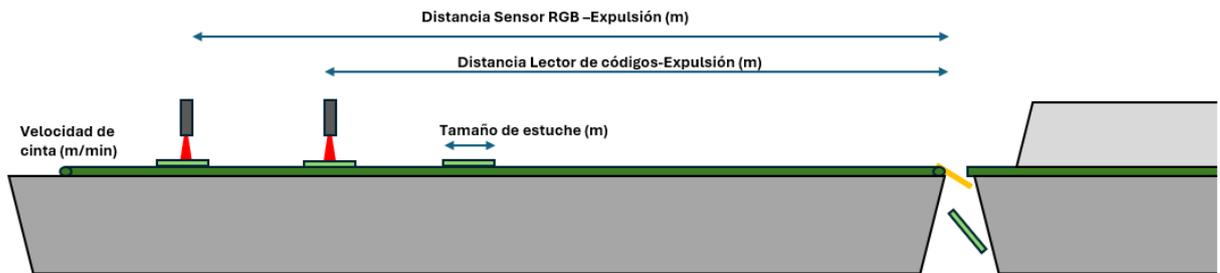


Figura 7.8 – Variables para el cálculo de los tiempos de expulsión

Puesto que la lectura del código de color se hace a mitad del estuche, la fórmula para el cálculo del tiempo de expulsión de los defectos de color queda de la siguiente forma:

$$T_{Color} = \frac{Distancia\ RGB,\ EXPULSIÓN\ (m) - \frac{Tamaño\ estuche\ (m)}{2}}{Velocidad\ Cinta\ (m/s)} \quad (7)$$

Por otro lado, aunque de forma similar, el cálculo del tiempo de expulsión para los rechazos por no conformidad del código de barras se realiza así:

$$T_{Códigos} = \frac{Distancia\ LECTOR,\ EXPULSIÓN\ (m) - Tamaño\ estuche\ (m)}{Velocidad\ Cinta\ (m/s)} \quad (8)$$

Estos tiempos calculados son almacenados en marcas y convertidos a datos de tipo *time*. La conversión se realiza con los bloques mostrados a continuación:

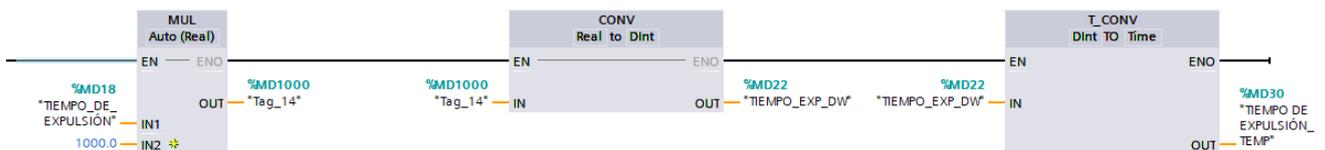


Figura 7.9 – Conversión de datos numéricos a time

El resultado se almacena en las marcas *TIEMPO DE EXPULSIÓN_TEMP* y *TIEMPO DE EXPULSIÓN_TEMP_EAN*. Estas variables internas serán las que determinen el tiempo de los temporizadores vinculados a la expulsión.

Se puede apreciar al principio de la línea de código como se realiza una multiplicación previa a la conversión de datos. Esto se debe a que TIA PORTAL trabaja por defecto con datos *time* en el orden de magnitud de los milisegundos.

Es necesario aclarar que, si bien en este documento se ha explicado el cálculo de tiempos antes que el sistema de lecturas de color, en funcionamiento el PLC obtendrá primero los tiempos, ejecutando el cálculo en la inicialización del sistema.

Lector de código de barras

De cara al programa en TIA PORTAL, el lector de códigos de barras será modelado como una entrada digital que devolverá 0 cuando la lectura del código sea correcta, y 1 cuando el código no sea legible o esté debajo de tolerancia.

Sin embargo, es necesario disponer de un lector que sea programable, que aporte una frecuencia de muestreo suficiente y que se pueda configurar para establecer una conexión con el PLC.

7.1.4 Sistema de señalización

Como se comentó en la secuencia de funcionamiento, se incorporará un sencillo dispositivo de señalización lumínica que indique visualmente a los trabajadores cuando el sistema de calidad se salga de control. Esto es, cuando el número de estuches defectuosos por color, o por separado, por lecturas inadecuadas de códigos de barras, supere un máximo admisible.

Adicionalmente, se ha añadido una luz de emergencia parpadeante que se encenderá cada vez que se presionen las setas de emergencia, virtuales o reales.

Se presenta a continuación la estructura descrita:

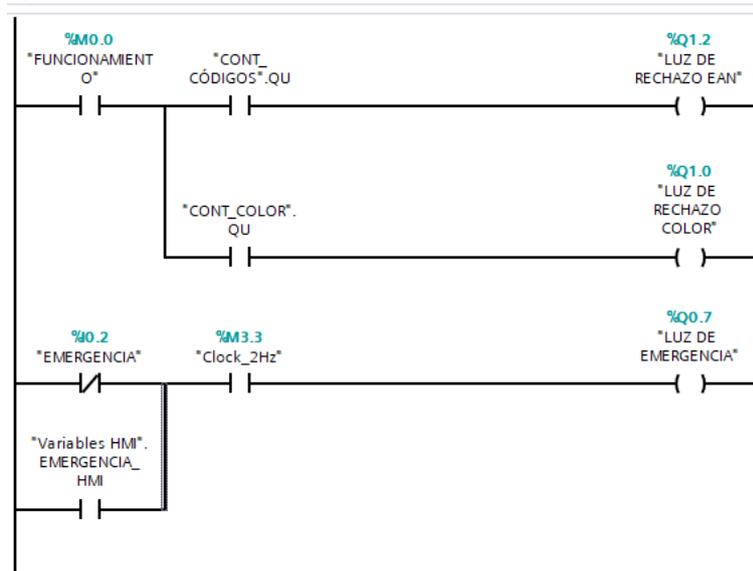


Figura 7.10 – Sistema de señalización lumínica

7.1.5 Variables internas

Para posibilitar el correcto funcionamiento del sistema, se han creado múltiples variables internas o marcas del sistema. Dos grupos de variables se han agrupado en bloques de datos: *Valores RGB* y *Variables HMI*, el resto se han mantenido en la tabla de variables principal del programa.

Marcas en la tabla de variables principal

En este primer bloque se encuentran las variables internas auxiliares para cálculos de tiempos, la velocidad de cinta de la plegadora en m/s y la producción total. Entre otros.

Adicionalmente, se encuentra en esta tabla la marca de ciclo empleada para conseguir que la luz de emergencia parpadee. Se ha configurado de la siguiente manera:

Bits de marcas de ciclo

Activar la utilización del byte de marcas de ciclo

Dirección del byte de marcas de ciclo (MBx): 3

Reloj 10 Hz:	%MB.0 (Clock_10Hz)
Reloj 5 Hz:	%MB.1 (Clock_5Hz)
Reloj 2.5 Hz:	%MB.2 (Clock_2.5Hz)
Reloj 2 Hz:	%MB.3 (Clock_2Hz)
Reloj 1.25 Hz:	%MB.4 (Clock_1.25Hz)
Reloj 1 Hz:	%MB.5 (Clock_1Hz)
Reloj 0.625 Hz:	%MB.6 (Clock_0.625Hz)
Reloj 0.5 Hz:	%MB.7 (Clock_0.5Hz)

Figura 7.11 – Configuración de la marca de ciclo “Clock” para el Byte 3

El resto de las variables internas son listadas a continuación:

Nombre	Tipo de Dato	Dirección	Descripción	Subsistema
FUNCIONAMIENTO	Bool	%M0.0	Empleada para indicar el estado del sistema	General
SENSOR DE COLOR	Bool	%M2.6	Su activación inicia la secuencia de expulsión	General
Clock_Byte	Byte	%MB3	Marca de ciclo	General
Clock_10Hz	Bool	%M3.0		General
Clock_5Hz	Bool	%M3.1		General
Clock_2.5Hz	Bool	%M3.2		General
Clock_2Hz	Bool	%M3.3		General
Clock_1.25Hz	Bool	%M3.4		General
Clock_1Hz	Bool	%M3.5		General
Clock_0.625Hz	Bool	%M3.6		General
Clock_0.5Hz	Bool	%M3.7		General
TIEMPO DE EXPULSIÓN COLOR	Real	%MD22	Auxiliar para el cálculo de tiempos de color	General
TIEMPO DE EXPULSIÓN EAN	Real	%MD40	Auxiliar para el cálculo de tiempos de EAN	General
TIEMPO DE EXPULSIÓN COLOR (DW)	DWord	%MD46	Auxiliar para el cálculo de tiempos de color	General
TIEMPO DE EXPULSIÓN EAN (DW)	DWord	%MD50	Auxiliar para el cálculo de tiempos de EAN	General
TEMPORIZADOR EXPULSIÓN COLOR	Time	%MD54	Valor de Tiempo de expulsión en segundos	General
TEMPORIZADOR EXPULSIÓN EAN	Time	%MD58	Valor de Tiempo de expulsión en segundos	General
AUX 1	Real	%MD62	Almacenan datos en conversión de tiempos	General
AUX 2	Real	%MD66	Almacenan datos en conversión de tiempos	General
VELOCIDAD PLEGADORA (m/s)	Real	%MD74	Velocidad de máquina en unidades del S.I.	General
CAJAS EMITIDAS	Int	%MW78	Total de cajas terminadas	General
PRODUCCIÓN TOTAL	Int	%MW80	Seguimiento de la producción total	General

Figura 7.12 – Variables internas generales

Valores RGB

En este bloque de datos se han ubicado todas las variables internas relacionadas con las lecturas de color: Conversión de los inputs del operario, definición de límites de tolerancia inferior y superior, y la adaptación de las lecturas de color obtenidas a partir de las entradas analógicas vinculadas al sensor.

Nombre	Tipo de Dato	Descripción
VALOR R	Real	Valor CMYK convertido con la función
VALOR G	Real	Valor CMYK convertido con la función
VALOR B	Real	Valor CMYK convertido con la función
SENSOR R NORM	Real	Lectura R del sensor normalizada
SENSOR G NORM	Real	Lectura G del sensor normalizada
SENSOR B NORM	Real	Lectura B del sensor normalizada
REFERENCIA R	Int	Valor R resultado de la normalización y escalado
REFERENCIA G	Int	Valor G resultado de la normalización y escalado
REFERENCIA B	Int	Valor B resultado de la normalización y escalado
TOLERANCIA R SUP	Int	Tolerancia superior de R
TOLERANCIA G SUP	Int	Tolerancia superior de G
TOLERANCIA B SUP	Int	Tolerancia superior de B
TOLERANCIA R INF	Int	Tolerancia inferior de R
TOLERANCIA G INF	Int	Tolerancia inferior de G
TOLERANCIA B INF	Int	Tolerancia inferior de B
R FUERA TOLERANCIA	Bool	Creada para la interfaz gráfica HMI
G FUERA TOLERANCIA	Bool	Creada para la interfaz gráfica HMI
B FUERA TOLERANCIA	Bool	Creada para la interfaz gráfica HMI
R SUP AUX	Real	Variable auxiliar de cálculo
R INF AUX	Real	Variable auxiliar de cálculo
G SUP AUX	Real	Variable auxiliar de cálculo
G INF AUX	Real	Variable auxiliar de cálculo
B SUP AUX	Real	Variable auxiliar de cálculo
B INF AUX	Real	Variable auxiliar de cálculo

Figura 7.13 – Bloque de datos “Valores RGB”

Variables HMI

De forma similar al bloque de datos anterior, en éste se agrupan las variables que se emplearán para interactuar con el HMI del sistema. Sin entrar en más detalles, puesto que se indagará más sobre este campo en el capítulo 9, se presentan los elementos que componen este bloque de datos:

Nombre	Tipo de Dato	Descripción
VALOR C	Real	Valor Cian introducido por el operario
VALOR M	Real	Valor Magenta introducido por el operario
VALOR Y	Real	Valor Amarillo introducido por el operario
VALOR K	Real	Valor Negro introducido por el operario
TOLERANCIA	Real	Tolerancia admisible introducida por el operario
ESTUCHES POR CAJA	Int	Cantidad de estuches por caja de PT
EMERGENCIA_HMI	Bool	Paro de Emergencia en el HMI
VELOCIDAD PLEGADORA (m/min)	Real	Velocidad de la máquina plegadora en m/min
DISTANCIA SENSOR - EXPULSIÓN	Real	Distancia Sensor-Expulsión
DISTANCIA LECTOR - EXPULSIÓN	Real	Distancia Lector-Expulsión
TAMAÑO DE ESTUCHE	Real	Dimensiones del producto a pegar
CARGA DE DATOS CMYK	Bool	Boton de activación de carga de datos de color
PARO ENTRADA	Bool	Botón en el HMI para parar la carga de MP
PARO CARGA	Bool	Botón en el HMI para parar la carga de PT
PARO CINTA	Bool	Paro de la máquina plegadora en pantalla
REARME_HMI	Bool	Rearme de plegadora en pantalla
MARCHA_HMI	Bool	Arranque del sistema en máquina

Figura 7.14 – Bloque de datos “Variables HMI”

7.2 CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

Una vez diseñada la secuencia a seguir con el sistema, se obtienen las necesidades de hardware del sistema.

En el caso de este proyecto, se cuenta con un entramado con un número reducido de conexiones. Se contará con entradas analógicas, entradas y salidas digitales.

7.2.1 Entradas

Entradas Analógicas

Son aquellas cuyo valor cambia de forma continua y se emplea para representar los diferentes valores de una magnitud física.

En este trabajo, las entradas analógicas las constituyen los canales de salida del sensor de color. Serán necesarias tres, una por cada tipo de luz.

Será, por lo tanto, necesario añadir en el PLC un módulo de entradas analógicas con capacidad mínima para tres variables de tipo *Word* (16 bits).

Se selecciona, por lo tanto, el módulo *AI 4x16BIT_1*. El módulo tiene capacidad de, como se indica, 4 entradas analógicas de tipo *Word*. Se configurará el bloque de forma que todos los canales tengan un filtrado medio (16 ciclos), ya que se está trabajando con un sistema de calidad, pero tampoco se quiere comprometer la velocidad de respuesta del sistema. Además, se añade un filtro de ruido de 50 Hz para evitar perturbaciones.

Estas entradas analógicas medirán en un rango de tensiones de 0 a 10 voltios, y ocuparán las direcciones 100 a 107 en el PLC.

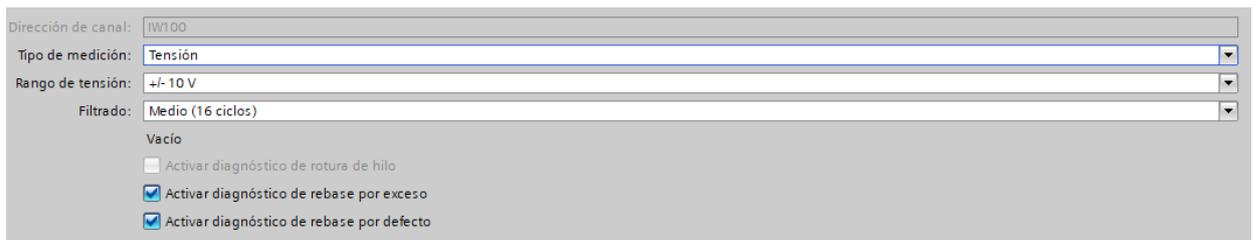


Figura 7.15 – Ejemplo de configuración de entrada analógica de 0 a 10V

Tabuladas, las entradas analógicas serán las siguientes:

Nombre	Tipo de Dato	Dirección	Descripción
SENSOR R	Int	%IW100	Lectura de luz Roja del sensor de color
SENSOR G	Int	%IW102	Lectura de luz Verde del sensor de color
SENSOR B	Int	%IW104	Lectura de luz Azul del sensor de color

Figura 7.16 – Tabla de variables de entradas analógicas

Entradas digitales

Este tipo de entradas se emplean para representar variables con solo dos estados posibles, *OFF* (0) y *ON* (1). Se emplean para variables binarias o discretas.

Todas las entradas digitales presentes en este proyecto son listadas a continuación:

Nombre	Tipo de Dato	Dirección	Descripción	Subsistema
MARCHA	Bool	%I0.0	Pulsador físico de activación del sistema	General
PARO	Bool	%I0.1	Pulsador físico de paro de la máquina plegadora	General
EMERGENCIA	Bool	%I0.2	Seta de emergencia de detención del sistema	General
CF1	Bool	%I0.3	Fotocélula para el conteo de estuches disponibles	Salida
CF2	Bool	%I0.4	Fotocélula para el conteo de estuches cargados	Salida
CF3	Bool	%I0.5	Fotocélula que verifica que hay caja preparada para cargar	Salida
CF4	Bool	%I0.6	Fotocélula que indica que hay una caja disponible	Salida
CF5	Bool	%I0.7	Fotocélula de verificación de salida de cajas cargadas de PT	Salida
CFI	Bool	%I1.0	Fotocélula de control de nivel de MP inferior de la entrada	Entrada
CFS	Bool	%I1.1	Fotocélula de control de nivel de MP superior de la entrada	Entrada
CF REPOSO	Bool	%I1.2	Fotocélula de posicionamiento de pilas de material	Entrada
LECTOR DE CÓDIGOS	Bool	%I1.3	Salida del lector de códigos	General
REARME PLEGADORA	Bool	%I1.4	Pulsador físico para la reactivación de la plegadora	General
PLETINA	Bool	%I1.5	Sensor de contacto para verificar la expulsión del material	General

Figura 7.17 – Tabla de variables de entradas digitales

Si bien la mayoría de estas entradas se refieren a un único dispositivo de activación, las variables de *MARCHA*, *PARO* y *EMERGENCIA* tendrán varios pulsadores físicos vinculados a ellas.

Como se puede ver en la tabla de la figura 8.13, permanece la clasificación de las entradas en función de la unidad funcional a la que pertenezcan. Se recuerda que estas son: *general*, para el control de la máquina plegadora, así como las lecturas del control de calidad y expulsión; *entrada*, para el sistema de alimentación automatizado de la plegadora, y *salida*, para la secuenciación de carga de cajas con producto terminado.

En total, el sistema contará con un total de 14 entradas digitales.

7.2.2 Salidas

En el caso de este proyecto, únicamente hay necesidad de implementar salidas digitales. De forma similar a las entradas digitales, las salidas digitales tienen únicamente dos estados (*OFF* y *ON*, 0 y 1) y se emplean para activar o desactivar elementos actuadores del sistema.

En la siguiente tabla adjunta se pueden consultar todas las salidas digitales presentes en el proyecto

Nombre	Tipo de Dato	Dirección	Descripción	Subsistema
PLEGADORA	Bool	%Q0.0	Máquina plegadora	General
ACCIONAMIENTO CARGA	Bool	%Q0.1	Inyector de estuches pegados en cajas de PT	Salida
BARRA DIRECCIONADORA	Bool	%Q0.2	Cambia las cajas de PT del canal de entrada a salida	Salida
RODILLOS IN	Bool	%Q0.3	Encargados de colocar cajas de PT vacías en zona de carga	Salida
RODILLOS OUT	Bool	%Q0.4	Desplazan las cajas cargadas hacia la salida final del proceso	Salida
CINTA DE CARGA	Bool	%Q0.5	Acumula pilas de MP para cargar el alimentador	Entrada
GUÍAS	Bool	%Q0.6	Pistones que facilitan la colocación de MP en el alimentador	Entrada
LUZ DE EMERGENCIA	Bool	%Q0.7	Luz de señalización	General
LUZ DE RECHAZO COLOR	Bool	%Q1.0	Luz de señalización	General
EXPULSIÓN	Bool	%Q1.1	Actuador que eyecta los estuches rechazados	General
LUZ DE RECHAZO EAN	Bool	%Q12.4	Luz de señalización	General

Figura 7.18 – Tabla de variables de salidas digitales

Como se puede apreciar, en el sistema existe un total de 11 salidas digitales.

7.2.3 Comunicaciones

Al contar la instalación tanto con un autómatas, como con interfaz humano-máquina (HMI), es necesario que estos puedan comunicarse. Por otro lado, el sensor de color y el lector de códigos requerirán poder establecer una conexión fiable con el PLC.

El protocolo elegido para trabajar será *PROFINET*. Los puntos que más se han valorado a la hora de hacer la selección son los siguientes:

- *PROFINET* ha sido desarrollado por SIEMENS, por lo que tiene alta afinidad con el programa en el que se ha trabajado.
- Utiliza Ethernet como base, por lo que permite transferencias de datos rápidas, facilitando comunicaciones eficientes entre los distintos dispositivos de la red.
- Ofrece tiempos de ciclo muy cortos, inferiores a 1ms, lo que permite tiempos de respuesta rápidos. Este apartado cobra especial importancia cuando se tiene en cuenta que para estuches de *paperseal*, la máquina plegadora puede alcanzar velocidades de producción de hasta 20.000 estuches/hora, lo que supone 6 lecturas por segundo.

7.2.4 Autómata seleccionado

Como conclusión de los anteriores apartados se tiene que el PLC a elegir tiene que cumplir con los siguientes requisitos:

Entradas:

- 14 Digitales de 24 V_{DC}
- 3 Analógicas de 0-10 V_{DC}

Salidas:

- 11 Digitales de Relé – 230 V_{AC}

Otros requisitos:

- Disponer de protocolo de comunicación *PROFINET*

Puesto que se ha trabajado con el software de *SIEMENS*, *TIA PORTAL*, las opciones naturales a valorar se encuentran en el hardware de la empresa alemana. Se valorarán las series S7-1200 y S7-1500 como principales opciones, si bien también existen otras series de PLC anteriores, la S7-200, S7-300 y S7-400.

A continuación, se exploran opciones alrededor del S7-1200 y el S7-1500:

Configuración entorno a un S7-1200

Unidad	Módulo	Cantidad	Descripción
CPU	CPU 1214 AC/CD/RLY	1	100 kB de Memoria, 14 Entradas Digitales, 2 Entradas Analógicas, 10 Salidas Digitales de Relé. Conexión PROFINET. Tc=0,04ms. Ampliable
Entradas	SM 1231 AI4 x HF	1	4 Entradas Analógicas
Salidas	SM 1222 DQ8 x relé	1	8 Salidas Digitales de Relé

Figura 7.17 – Configuración de un S7-1200 para el proyecto

Configuración en torno a un S7-1500

Unidad	Módulo	Cantidad	Descripción
CPU	CPU 1511-1 PN	1	Memoria de 150 kB y 1MB para datos. Protección de 4 niveles, Funciones Tecnológicas, Red PROFINET soporta hasta 128 dispositivos. Tiempo de operación con bits de 60 ns. Requiere SIMATIC Memory Card
Entradas	DI 16x24VDC BA_1	1	16 Entradas Digitales de 24 Vdc
	AI 8xU/I HF	1	8 Entradas Analógicas con adaptación del rango de medición
Salidas	DQ 16x24VDC/0.5A BA	1	16 Salidas Digitales de 24 Vdc

Figura 7.18 – Configuración de un S7-1500 para el proyecto

Ambas opciones planteadas llevarían a cabo las funciones a implementar sin ninguna dificultad. Sin embargo, se considera que las mayores prestaciones del S7-1500 constituyen una sobre especificación. Puesto que se está diseñando un sistema para una única máquina, no es necesario tener un dispositivo capaz de establecer una red *PROFINET* tan potente como el que ofrece la CPU 1511. Por otro lado, esta misma CPU requiere de la compra una cantidad superior de módulos de entradas y salidas, aumentando así la inversión inicial.

Por lo tanto, la opción con la que se procederá será la aportada en torno a la CPU 1214 AC/DC/RLY.

7.2.5 Selección del sensor de color y el lector de códigos

Puesto que ambos dispositivos realizan funciones clave para el correcto funcionamiento del sistema de control de calidad del proyecto, la correcta selección del sensor y lector de códigos son un factor clave para un desarrollo correcto.

Sensor de color

En este caso, se busca un dispositivo capaz de detectar en una única lectura los valores de RGB del estuche que lea o, en su defecto, un sensor lector de contraste que permita obtener los valores de las lecturas por separado de luces roja, verde y azul.

Se han valorado las siguientes opciones:

Dispositivo	Fabricante	Tipo	Tensión de alimentación	Corriente de alimentación	Color de Luz	Frecuencia de lectura	Tiempo de Respuesta	Temperatura de Operación	Protocolo de comunicación
CSS-WBGAD4115AA10Z	SICK Sensor Intelligence	Sensor de Color	de 10,8 a 28,8 Vdc	<150 mA	LED RGB	4 kHz	120 µs	de -20°C a 55°C	IO-Link
KRT 18B	Leuze	Sensor de Contraste	de 12 a 30 Vdc	25 mA (en vacío) a 24 Vdc	LED RGB	15 - 22 kHz	22,5 - 33 µs	de -40°C a 60°C	IO-Link
QCM50	Banner	Sensor de Color	de 18 a 30 Vdc	< 60 mA	LED Blanca	5 kHz	180 µs	de -20°C a 55°C	IO-Link
FT 55-CM	Sensopart	Sensor de Color	de 18 a 30 Vdc	< 60 mA	LED Blanca	3 kHz	<180 µs	de -20°C a 55°C	IO-Link

Figura 7.19 – Opciones de sensores de color valoradas para el proyecto

Una vez listadas las opciones, hay que destacar las siguientes observaciones:

- Todas las opciones valoradas presentan salidas digitales. Teniendo en cuenta que el programa desarrollado necesita de entradas analógicas para las tomas de color, el sensor elegido tendrá que ser acompañado por una conversión de señal digital a analógica con conectividad a IO-Link.
- Todos los sensores listados poseen frecuencias de lectura suficientes para desarrollar el trabajo.

Dicho esto, se concluye que la mejor opción para el trabajo a desarrollar es la aportada por Leuze (*KRT 18BM*), debido a sus menores tiempos de respuesta y al hecho de que son sensores de contraste con luz RGB.



Figura 7.20 – Sensor de contraste KRT 18BM

Este hecho permite apilar en serie tres sensores, uno por cada color, y obtener lecturas precisas. Estos tres sensores se deberán conectar a un módulo de conversión de IO-Link a

analógico, para transformar cada una de las señales aportadas en tensiones de 0 a 10 Voltios, las cuales se conectarán al PLC. Para esta tarea, se empleará un *AL2410*, de IFM.

Lector de códigos de barras

En cuanto a códigos de barras, se valorarán principalmente dos opciones aportadas por Leuze. Esto se debe a que tienen una gran gama de lectores de códigos configurables, los cuales se pueden programar mediante un software de acceso libre.

Las series valoradas son el *BLC 300i* y el *BCL 500i*. Ambas disponen de modelos con conexiones profinet, los respectivos *BCL 348i* y *BCL 548i*.

Puesto que ambos lectores de códigos tienen las mismas especificaciones en cuanto a número de lecturas (1000 lecturas/s), se optará por la opción más barata: *BCL 348i*.



Figura 7.21 – Lector de códigos *BCL 348i*

A continuación se presenta, como referencia, una pantalla del software de Leuze, *BCL Configuration Tool*, preparada para trabajar en el *348i*.

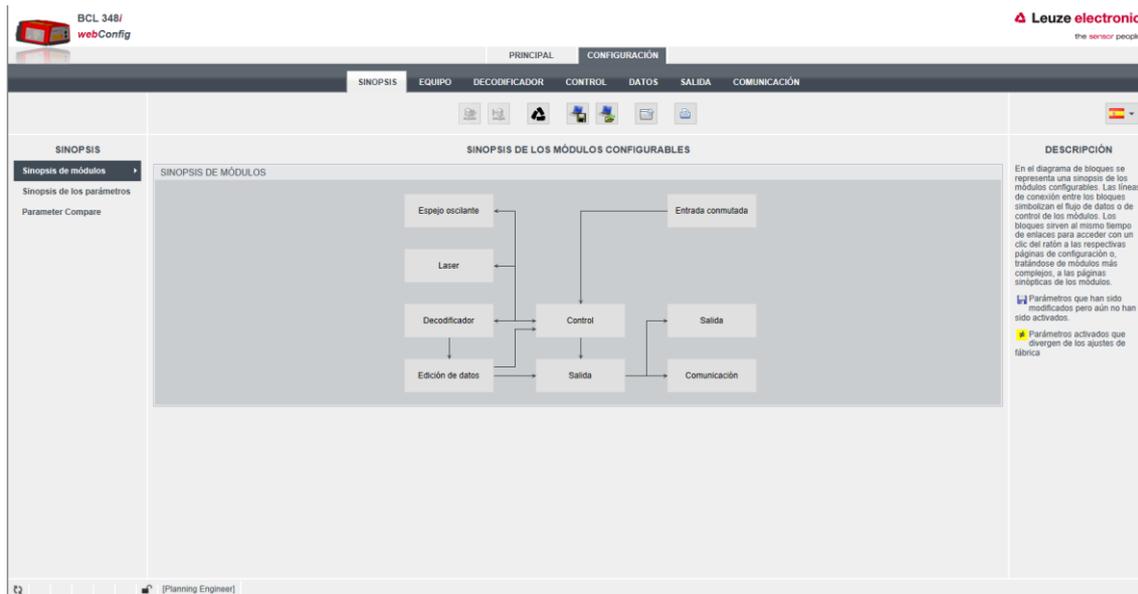


Figura 7.22 – Interfaz de BCL Configuration Tool

7.3 CARGA DEL PROGRAMA EN EL PLC

Una vez el hardware está configurado y el programa listo se puede iniciar la transferencia de información al autómeta.

Para conseguir una carga de datos exitosa se deben cumplir los siguientes requisitos:

- La configuración del hardware del proyecto debe coincidir con la configuración real.
- El programa por implementar debe compilar sin ningún error.
- Debe poder establecerse una conexión entre la estación de programación y la CPU.
- La CPU debe tener una tarjeta de memoria con capacidad suficiente para almacenar el programa.

Para asegurarse de que el programa se transfiera en su totalidad a la CPU del autómeta, hay que seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar en el proyecto el tipo de tarjeta de memoria a instalar en la CPU. (Herramientas\Carga de la Memoria). La misma ventana que te permite configurar la memoria ofrece información acerca del tamaño del programa, así como el porcentaje de memoria que éste ocupa. Adicionalmente, aporta datos sobre la ocupación de los módulos que se han añadido al autómeta.

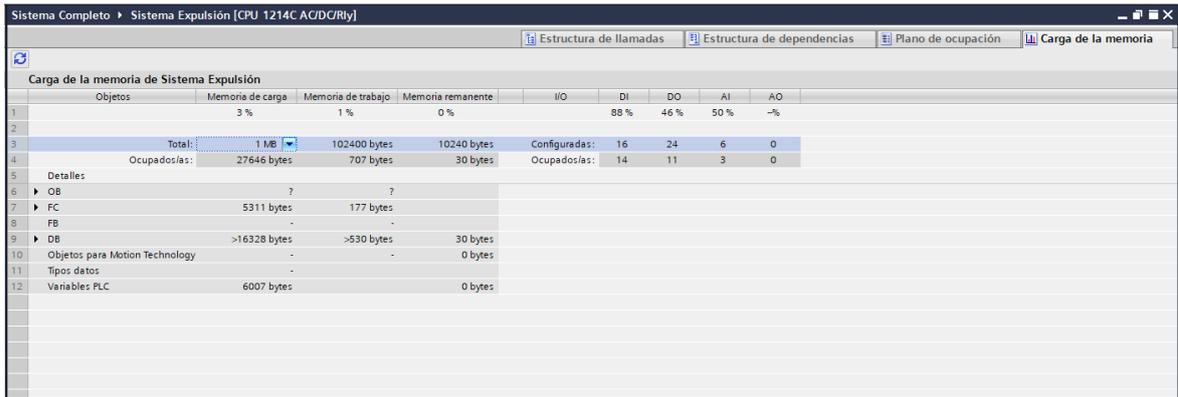


Figura 7.23 – Selección de la tarjeta de memoria

2. Compilar hardware y software y depurar los posibles fallos.

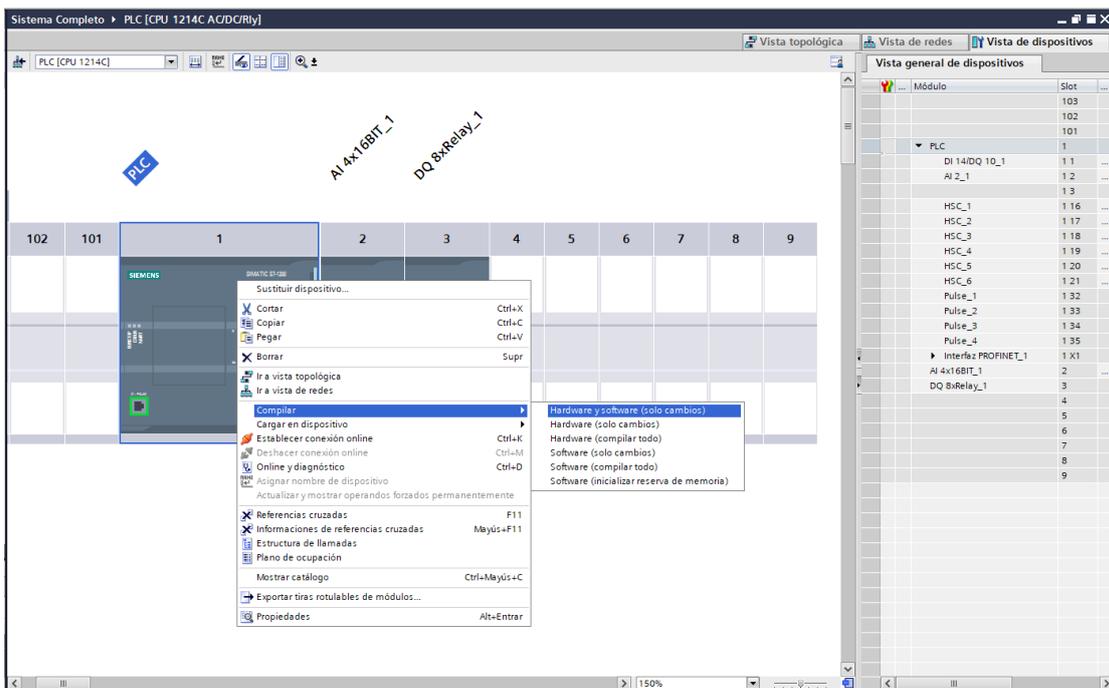


Figura 7.24 – Compilación de software y hardware

3. Comprobar que pueda establecerse una correcta conexión con el dispositivo desde el botón “Establecer conexión online” haciendo click derecho en el gráfico del PLC.

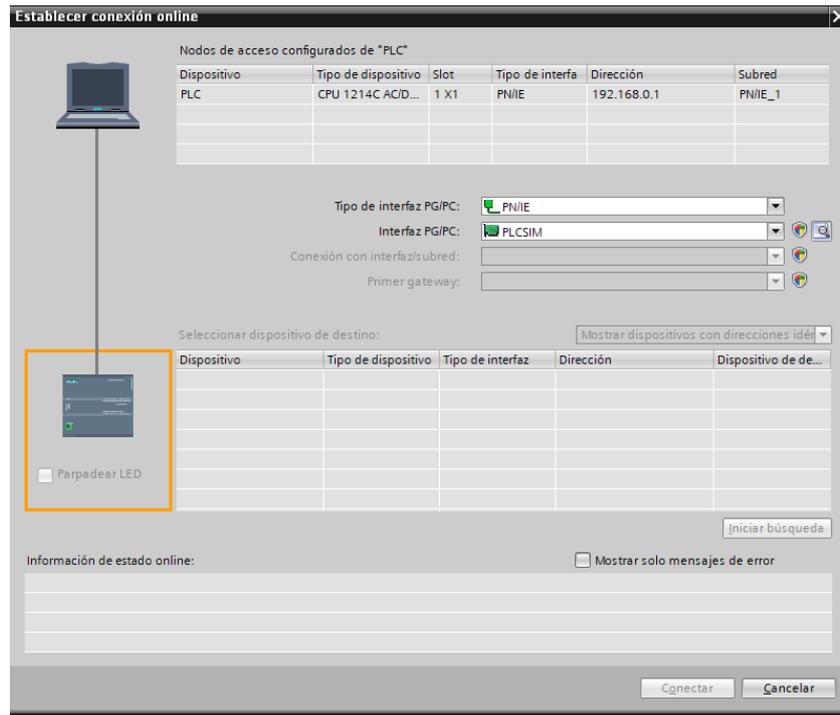


Figura 7.25 – Establecimiento de conexión con el dispositivo

Si la conexión es establecida correctamente, como se muestra en la figura a continuación (obtenida a partir de la simulación de conexión en TIA PORTAL):

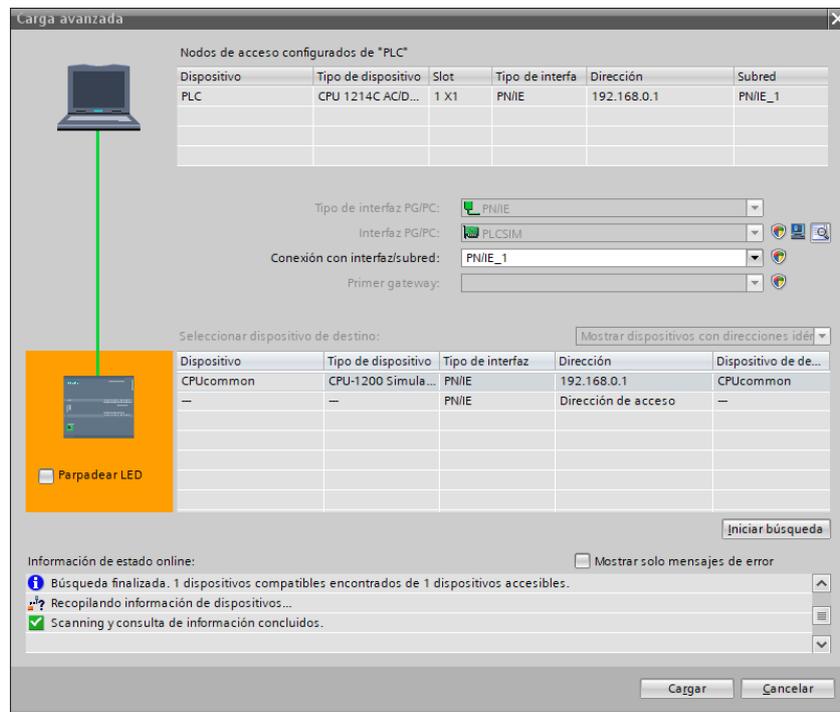


Figura 7.26 – Ejemplo simulado de conexión correctamente establecida

4. Si la conexión puede establecerse sin problemas, pulsar el botón “*Deshacer conexión online*” antes de comenzar la carga.
5. Con la CPU en modo STOP, cargar primero toda la configuración del hardware y posteriormente todo el software.

De esta forma se comprueban todos los posibles errores de hardware y software y se realiza una carga total del proyecto en el controlador.

CAPÍTULO 8: DISEÑO DE HMI

En el capítulo anterior, se ha descrito el funcionamiento de la solución para el problema planteado.

Sin embargo, hasta el momento sólo se ha detallado cómo trabajará el sistema internamente, de cara al operario que desarrolla su actividad en torno a la máquina plegadora, toda la automatización y el control de calidad añadido es una “caja negra” a la que no tiene ningún tipo de acceso.

Por esto, es necesario desarrollar, adicionalmente al programa diseñado, un interfaz que permita al trabajador interactuar con el nuevo dispositivo.

En este momento es necesario retomar el concepto de SCADA. Como se mencionó en el apartado de conceptos teóricos, los sistemas de control y adquisición de datos se están convirtiendo en parte integral de cualquier proceso productivo.

Por suerte, *TIA PORTAL* cuenta con una función para la creación de estos sistemas. Permite seleccionar dispositivos HMI, así como crear variables de trabajo, y establecer vínculos de intercambio de datos con los autómatas.

8.1 SELECCIÓN DEL HMI

Los principales puntos que se valoran a la hora de elegir una pantalla para este proyecto son:

- Tamaño de pantalla. Suficiente para ofrecer la información necesaria de forma clara y accesible.
- El HMI elegido debe integrar el protocolo de comunicación *PROFINET*.

Teniendo en cuenta estos dos puntos, se ha elegido el modelo *KTP1000 Basic Color PN*. Este dispositivo de 10,4” integra protocolo de conexión *PROFINET*, y puede ser operado con teclado o de manera táctil.

A continuación, decidido el HMI a emplear, se pasa a describir las distintas pantallas que integran el interfaz diseñado.

8.2 CONEXIÓN DEL HMI CON EL PLC

Para poder trabajar en el diseño del interfaz humano-máquina es necesario establecer una conexión entre dicho HMI y el PLC.

Establecer la conexión en TIA PORTAL es sencillo. Basta con ir a la pestaña de “Dispositivos y redes”, seleccionar el PLC y arrastrar hacia el HMI. A partir de ese momento ambos dispositivos están conectados.

La comprobación de la conexión se puede hacer yendo a la pestaña de “Conexiones” en la configuración del HMI. En ese momento se despliega la siguiente pestaña:

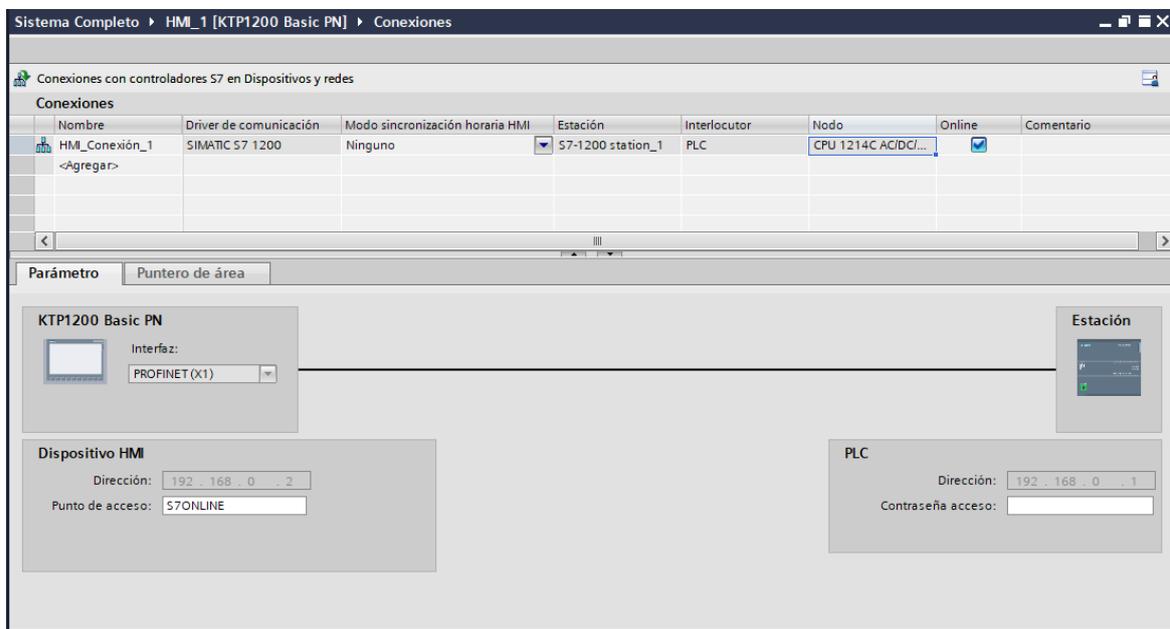


Figura 8.1 – Pantalla de conexiones del HMI

Como se puede observar, en esta pantalla se aporta información acerca de los dispositivos conectados y el protocolo de comunicación empleado. Adicionalmente, se permite configurar una contraseña para proteger la red, si así se desea.

8.3 VARIABLES COMPARTIDAS PLC-HMI

Una vez establecida la red de comunicación, para poder trabajar de forma sincronizada con el HMI y el PLC, es necesario crear variables en el HMI y vincularlas a los datos existentes en el autómatas.

Algunas de estas variables ya se listaron en este documento (véase Figura 8-14). No obstante, éstas son insuficientes para conseguir disponer de toda la información necesaria para trabajar a través de la pantalla. Por eso se añaden múltiples variables internas adicionales, las cuales se incluyen a continuación.

Nombre	Tipo de dato	Conexión	Variable del PLC
VELOCIDAD PLEGADORA (m/s)	Real	HMI_Conexión_1	VELOCIDAD PLEGADORA (m/s)
VELOCIDAD PLEGADORA (m/min)	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."VELOCIDAD PLEGADORA (m/min)"
Variables HMI_VELOCIDAD PLEGADORA (m	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."VELOCIDAD PLEGADORA (m/min)"
Variables HMI_VALOR Y	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."VALOR Y"
Variables HMI_VALOR M	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."VALOR M"
Variables HMI_VALOR K	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."VALOR K"
Variables HMI_VALOR C	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."VALOR C"
Variables HMI_TOLERANCIA	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI.TOLERANCIA
Variables HMI_TAMAÑO DE ESTUCHE	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."TAMAÑO DE ESTUCHE"
Variables HMI_REARME_HMI	Bool	HMI_Conexión_1	Variables HMI.REARME_HMI
Variables HMI_PARO ENTRADA	Bool	HMI_Conexión_1	Variables HMI."PARO ENTRADA"
Variables HMI_PARO CINTA	Bool	HMI_Conexión_1	Variables HMI."PARO CINTA"
Variables HMI_PARO CARGA	Bool	HMI_Conexión_1	Variables HMI."PARO CARGA"
Variables HMI_MARCHA_HMI	Bool	HMI_Conexión_1	Variables HMI.MARCHA_HMI
Variables HMI_ESTUCHES POR CAJA	Int	HMI_Conexión_1	Variables HMI."ESTUCHES POR CAJA"
Variables HMI_EMERGENCIA_HMI	Bool	HMI_Conexión_1	Variables HMI.EMERGENCIA_HMI
Variables HMI_DISTANCIA SENSOR - EXPULS	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."DISTANCIA SENSOR - EXPULSIÓN"
Variables HMI_DISTANCIA LECTOR - EXPULS	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."DISTANCIA LECTOR - EXPULSIÓN"
Variables HMI_CARGA DE DATOS CMYK	Bool	HMI_Conexión_1	Variables HMI."CARGA DE DATOS CMYK"
Valores RGB_VALOR R	Real	HMI_Conexión_1	Valores RGB."VALOR R"
Valores RGB_VALOR G	Real	HMI_Conexión_1	Valores RGB."VALOR G"
Valores RGB_VALOR B	Real	HMI_Conexión_1	Valores RGB."VALOR B"
Valores RGB_REFERENCIA R	Int	HMI_Conexión_1	Valores RGB."REFERENCIA R"
Valores RGB_REFERENCIA G	Int	HMI_Conexión_1	Valores RGB."REFERENCIA G"
Valores RGB_REFERENCIA B	Int	HMI_Conexión_1	Valores RGB."REFERENCIA B"
Valores RGB_R FUERA TOLERANCIA	Bool	HMI_Conexión_1	Valores RGB."R FUERA TOLERANCIA"
Valores RGB_G FUERA TOLERANCIA	Bool	HMI_Conexión_1	Valores RGB."G FUERA TOLERANCIA"
Valores RGB_B FUERA TOLERANCIA	Bool	HMI_Conexión_1	Valores RGB."B FUERA TOLERANCIA"
TAMAÑO DE ESTUCHE	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."TAMAÑO DE ESTUCHE"
RODILLOS OUT	Bool	HMI_Conexión_1	RODILLOS OUT
RODILLOS IN	Bool	HMI_Conexión_1	RODILLOS IN
PRODUCCIÓN TOTAL	Int	HMI_Conexión_1	PRODUCCIÓN TOTAL
PLEGADORA	Bool	HMI_Conexión_1	PLEGADORA
PARO	Bool	HMI_Conexión_1	PARO
MARCHA	Bool	HMI_Conexión_1	MARCHA
GUÍAS	Bool	HMI_Conexión_1	GUÍAS
FUNCIONAMIENTO	Bool	HMI_Conexión_1	FUNCIONAMIENTO
EXPULSIÓN	Bool	HMI_Conexión_1	EXPULSIÓN
ESTUCHES POR CAJA	Int	HMI_Conexión_1	Variables HMI."ESTUCHES POR CAJA"
EMERGENCIA	Bool	HMI_Conexión_1	EMERGENCIA
DISTANCIA SENSOR - EXPULSIÓN	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."DISTANCIA SENSOR - EXPULSIÓN"
DISTANCIA LECTOR - EXPULSIÓN	Real	HMI_Conexión_1	Variables HMI."DISTANCIA LECTOR - EXPULSIÓN"
CONT_COLOR_QU	Bool	HMI_Conexión_1	CONT_COLOR.QU
CONT_COLOR_CV	Int	HMI_Conexión_1	CONT_COLOR.CV
CONT_CÓDIGOS_CV	Int	HMI_Conexión_1	CONT_CÓDIGOS.CV
CONT_CÓDIGOS_CU	Bool	HMI_Conexión_1	CONT_CÓDIGOS.CU
CF1	Bool	HMI_Conexión_1	CF1
CF3	Bool	HMI_Conexión_1	CF3
CAJAS EMITIDAS	Int	HMI_Conexión_1	CAJAS EMITIDAS
ACCIONAMIENTO CARGA	Bool	HMI_Conexión_1	ACCIONAMIENTO CARGA

Figura 8.2 – Variables del HMI

Se pueden distinguir en la figura anterior tres grandes grupos. El primero, conformado por todas las variables cuyos nombres vienen precedidos por “*Variables HMI*”, se corresponde con las marcas agrupadas en el bloque de datos con el mismo nombre. Esas variables internas tenían la función de actuar como inputs que el operario debe introducir al sistema a través del HMI.

El segundo conjunto de variables, perteneciente al bloque de datos “*Valores RGB*”, permite el intercambio de información en cuanto a todo lo relacionado a la detección de color.

Finalmente, en el tercer bloque de variables se encuentran todas aquellas vinculadas a entradas o salidas del sistema. De esta forma, cualquier evento que tenga lugar en el sistema, ya sea una activación de una fotocélula o de un actuador, puede ser reflejado en la pantalla.

8.4 MENÚ PRINCIPAL

8.4.1 Pantalla principal

En esta pantalla se encuentra la mayoría de la información acerca del estado del sistema. Adicionalmente, se puede navegar a cualquier otra pantalla del interfaz desde este punto.

A continuación, se presenta la pantalla principal, para posteriormente comentar todos los elementos que la integran.

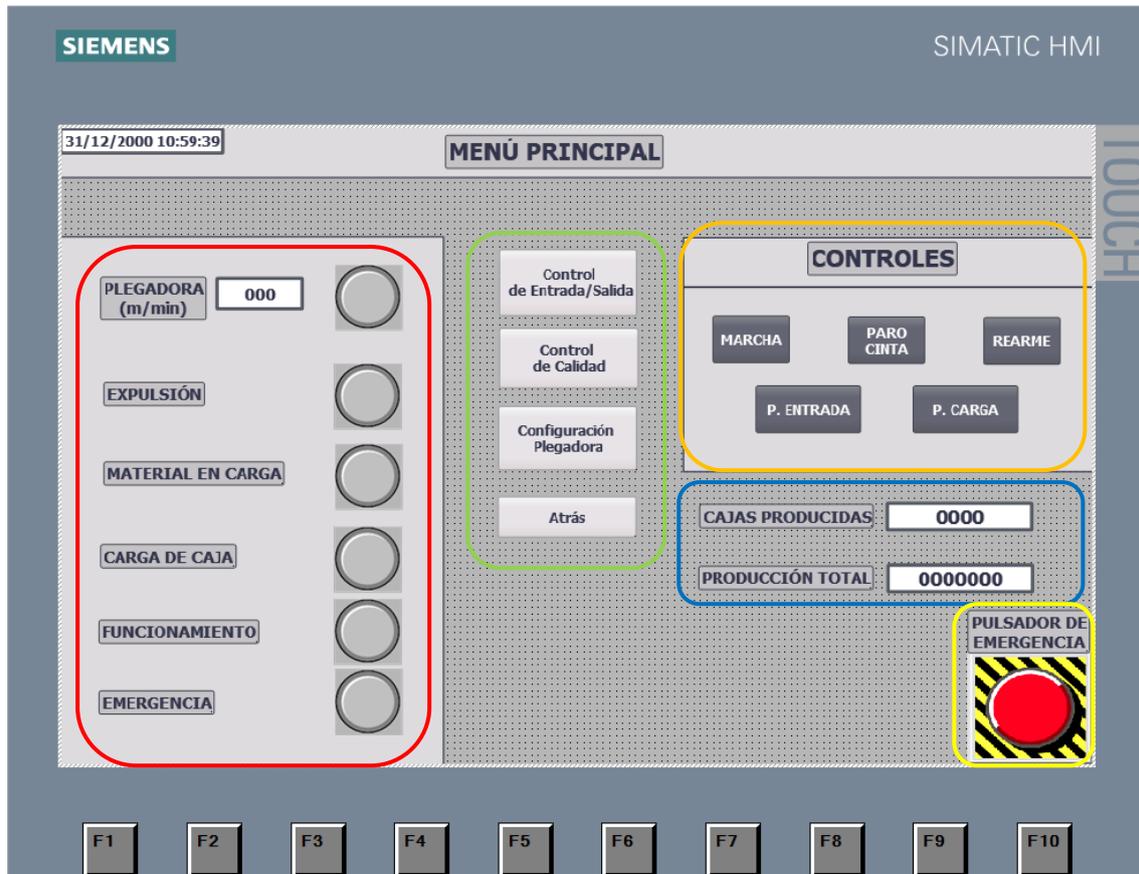


Figura 8.3– Menú principal del HMI

En la imagen anterior se pueden distinguir cinco zonas bien diferenciadas, indicadas con recuadros de distintos colores para facilitar su identificación.

1. Zona de Navegación

Destacada en verde en la figura 9.3.

Esta primera subdivisión permite al usuario moverse por las diferentes pantallas del interfaz. Incluye tres botones de navegación: “Control de Entrada/Salida”, “Control de Calidad” y “Configuración Plegadora”, que desplazan el HMI a las pantallas con el mismo nombre. El cuarto botón, “Atrás”, permite al usuario ir a la anterior imagen activa.

2. Botonería de control

Recuadro naranja en la figura 9.3.

Aquí se agrupan todos los controles iniciales del sistema. El botón “Marcha”, activa el funcionamiento de todos los dispositivos vinculados al autómat. Los pulsadores “Paro Cinta”,

“*Paro Entrada (P.Entrada)*” y “*Paro Carga (P.Carga)*” detienen respectivamente la actividad de la máquina plegadora, del subsistema de alimentación automatizado, y de la carga automática de cajas con producto terminado.

Finalmente, el botón “*Rearme*” permite la reactivación por separado de la plegadora, en caso de que se haya detenido esta por acumulación de defectos, o porque se haya pulsado “*Paro Cinta*”.

3. Pulsador de Emergencia

Destacado en el recuadro amarillo de la figura 9.3.

Como su nombre indica, emula una seta de emergencia en la pantalla. Al presionarla el operador de la máquina, detiene instantáneamente todo el sistema.

Para reactivarlo, será en primer lugar necesario desactivar dicho botón, y luego presionar “*Marcha*” en la zona de controles.

Este botón es común en todas las pantallas generales: “*Menú Principal*”, “*Control de Entrada/Salida*” y “*Control de Calidad*”.

4. Zona de monitorización del sistema

Resaltada en rojo en la figura 9.3.

En esta subdivisión de la pantalla se puede hacer un seguimiento de un número limitado de elementos del sistema a través de pilotos que indican su actividad.

El primer piloto indica, como su etiqueta indica (“*Plegadora (m/min)*”), si la plegadora está funcionando. Adicionalmente, se añade un campo de salida de datos que muestra la velocidad a la que ésta está trabajando.

El resto de las luces se describen en orden de aparición de arriba hacia abajo. Las dos primeras indican si la expulsión se ha activado para eliminar un rechazo y si está activa la secuencia de carga de materia prima a la máquina (“*Material en Carga*”). La siguiente detalla si se están cargando estuches pegados en una caja de producto terminado. Las dos últimas muestran si el sistema se encuentra activo (“*Funcionamiento*”) o si se ha pulsado alguna seta de emergencia, ya sea física o en la pantalla.

Todos los pilotos de este apartado tienen luz amarilla continua al estar activos, a excepción del piloto de “*Emergencia*”, que parpadea con luz roja al activarse.

5. Seguimiento de producción

Recuadro azul en la figura 9.3.

Este último pequeño apartado permite seguir la producción *buena* de la máquina. El cálculo de dicha producción está detallado en el apartado 8.1.2.

8.4.2 Pantalla de ajuste de la plegadora

A esta pantalla se accede desde el menú principal, presionando “Configuración Plegadora”.

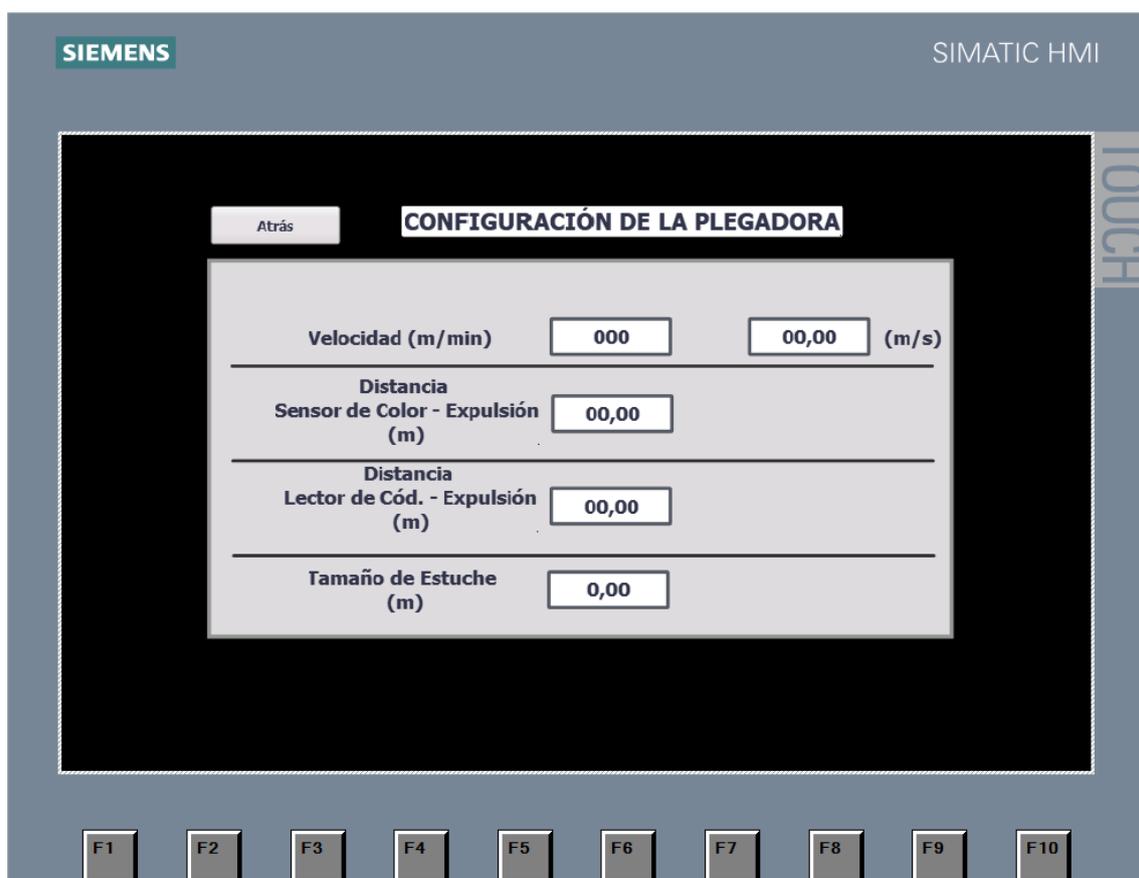


Figura 8.4 – Imagen de configuración de la plegadora

En esta pantalla se prepara la máquina plegadora para el trabajo que va a realizar.

Consta de cuatro campos de entrada en los que se aporta al autómatas, a través del HMI, información acerca de la velocidad de la máquina, la posición de los sensores con respecto a la expulsión de rechazos, y el tamaño del estuche a pegar.

Adicionalmente, se presenta un campo de salida que permite al operario conocer la velocidad de la plegadora en unidades del S.I.

8.5 INTERFAZ DE CARGA Y DESCARGA DE CAJAS

En esta pantalla el operario puede encontrar toda la información relativa a los sistemas de automatización de carga de materia prima y descarga de producto terminado.

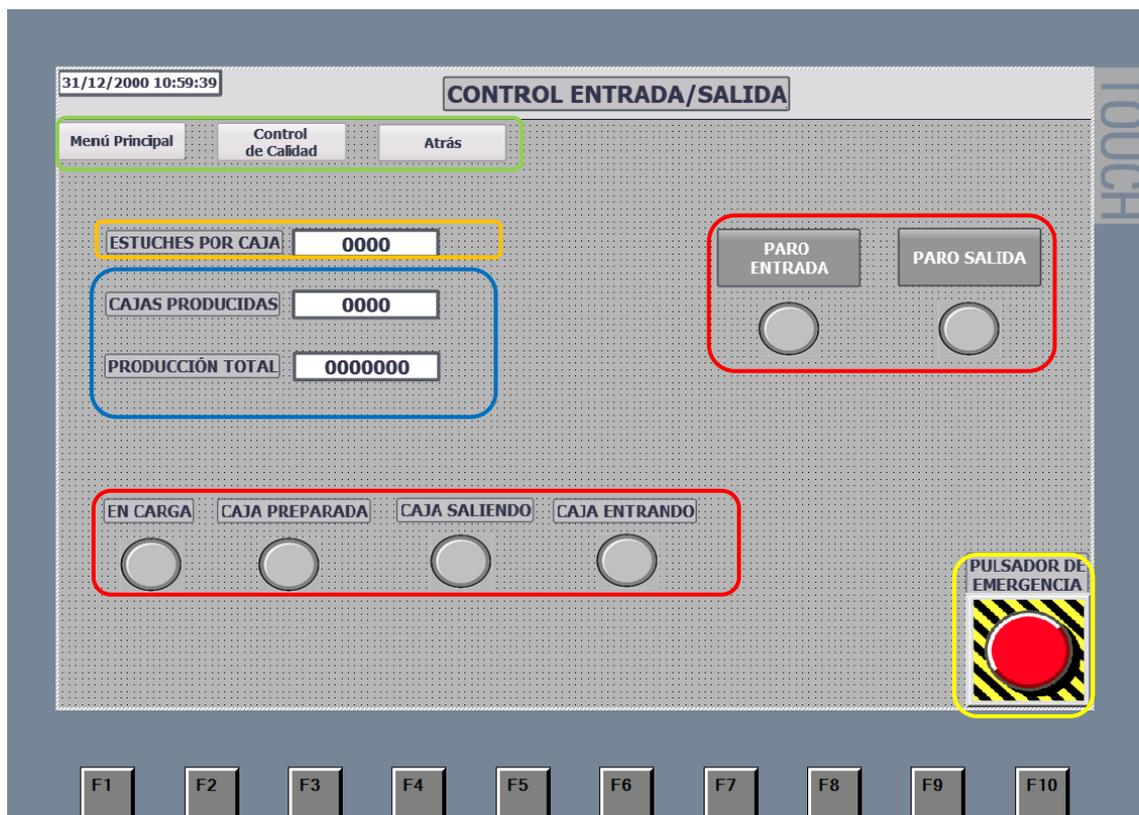


Figura 8.5 – Pantalla de monitorización de los sistemas de entrada y salida

De forma similar al menú principal, en esta pantalla existen varios elementos agrupables según su funcionalidad.

1. Zona de Navegación

Señalada en verde en la figura 9.5.

Al igual que en su equivalente en la imagen principal, esta botonería permite moverse a través de las distintas pantallas del HMI.

2. Seguimiento de producción

Zona azul en la figura 9.5.

Tiene la misma función que su homóloga en el menú principal.

3. Pulsador de Emergencia

Resaltado en amarillo en la figura 9.5.

4. Input de estuches por caja

Recuadro naranja de la figura 9.5.

Aquí se encuentra el campo de entrada que permite dar al autómeta información acerca de la capacidad de estuches que tiene la caja de producto terminado que se va a emplear. Esta cantidad dependerá del tamaño de estuche pegado, así como del tipo de caja.

4. Zonas de monitorización del sistema

Identificadas con el recuadro rojo en la figura 9.5.

En ambas zonas se aporta información acerca de lo que sucede en cada momento en los dispositivos conectados al autómeta.

La primera zona por comentar, en la parte inferior de la pantalla, reporta el estado del subsistema de salida de cajas de PT. El primer piloto por la izquierda indica si se está cargando una caja con estuches pegados. El segundo avisa de la presencia de una caja en la zona de carga. El tercer y cuarto rodillo indican, respectivamente, si hay una caja vacía entrando a la zona de carga, o si hay una llena saliendo del sistema.

En la segunda zona de control se encuentran dos pilotos más, que señalizan si se ha producido un paro en la entrada o la salida automatizadas del sistema.

Todos los pilotos de esta pantalla lucen en color amarillo continuo al estar activos.

8.6 CONTROL DE CALIDAD

8.6.1 Pantalla principal

En esta pantalla se encuentra toda la información referente al sistema de control de calidad de proceso.

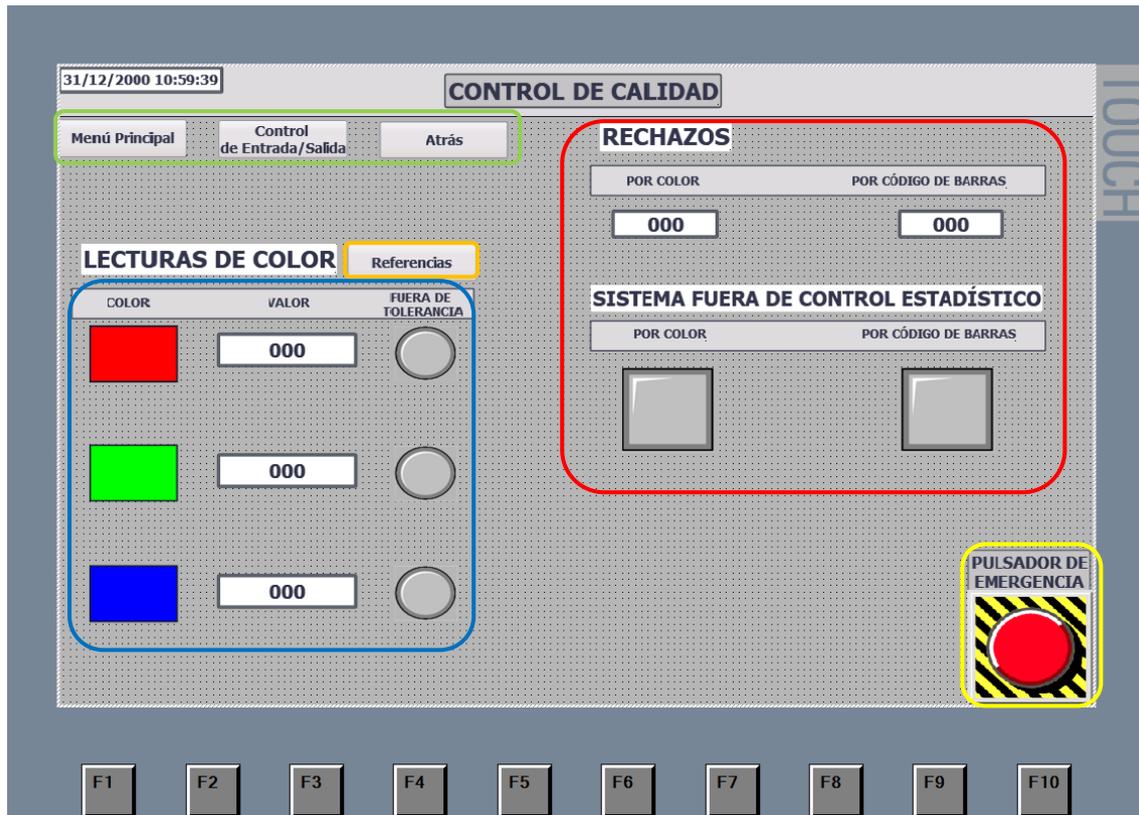


Figura 8.6 – Pantalla de control de calidad del sistema

Las distintas zonas de la pantalla se listan a continuación:

1. Zona de Navegación

Destacada en verde en la figura 9.6.

2. Pulsador de Emergencia

En amarillo en la figura 9.6.

3. Pulsador para ir a la carga de datos

Destacado en naranja en la figura 9.6.

Este pulsador, llamado “Referencias” permite ir a la pantalla para establecer los valores de color con los que se trabajará. Se entrará en más detalle en el apartado siguiente.

4. Zona de monitorización del color

Área enmarcada en un recuadro azul en la figura 9.6.

En este apartado de la pantalla se visualizan las lecturas de color del sensor en cada momento. En cada uno de los tres campos de salida que se muestran, el operario podrá visualizar los valores de las lecturas de color del sensor. Para facilitar la comprensión, al lado de cada campo se indica el color al que éste hace alusión.

En el caso de que las lecturas de color no se encuentren dentro de los estándares de calidad establecidos para el trabajo realizado, el piloto de la columna *“Fuera de tolerancia”* correspondiente al color fuera de tolerancia se encenderá con luz amarilla.

5. Conteo de rechazos

Zona rodeada en rojo en la figura 9.6.

Aquí se aporta información acerca de la acumulación de rechazos de calidad en el sistema. Respectivamente, se contabilizan los rechazos de color y de código de barras.

En caso de superar los rechazos el umbral programado, el sistema se detendrá. En ese momento se encenderá el piloto de *“Sistema fuera de control estadístico”* correspondiente al defecto que se haya producido en exceso.

Al encenderse, estos pilotos cuadrados parpadearán con luz amarilla.

8.6.2 Carga de datos de color

En esta pantalla adicional el operario se encarga de introducir los valores que harán de referencia del sistema de control de color.

En la siguiente figura se muestra la pantalla:

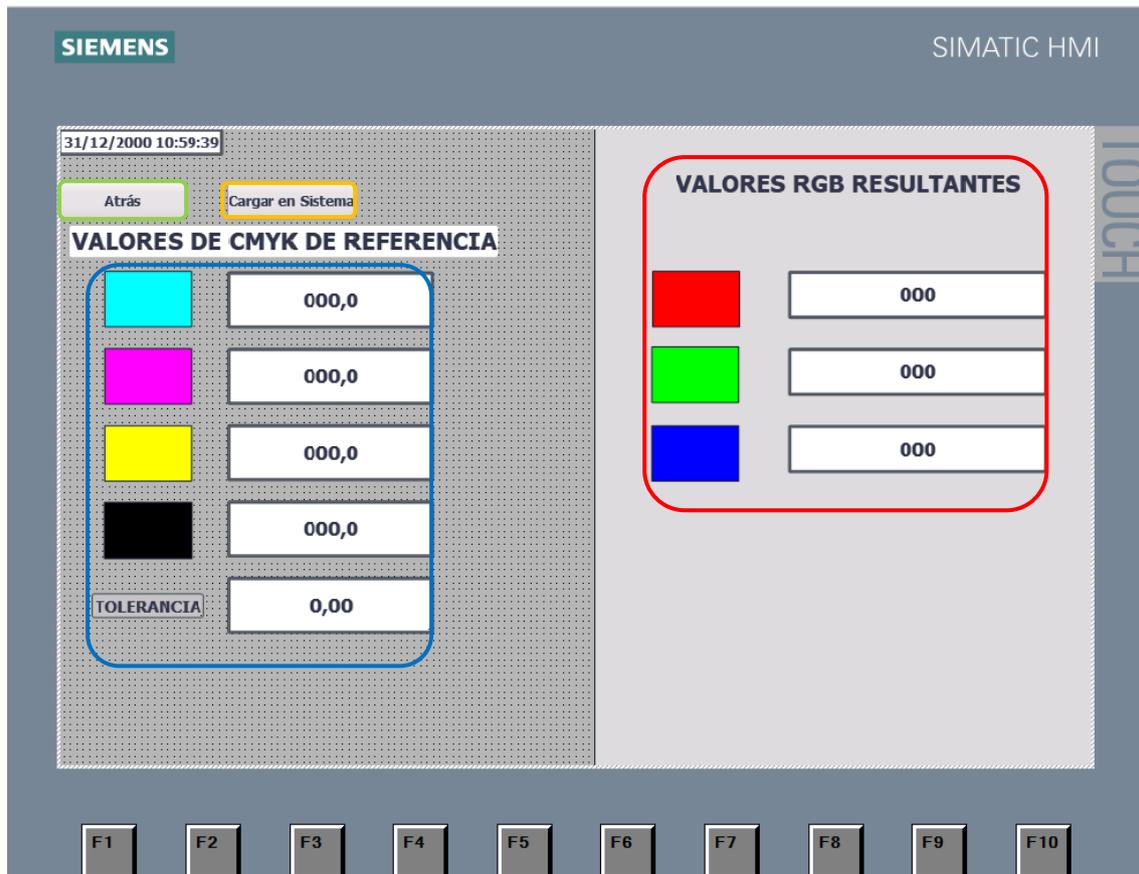


Figura 8.7 – Pantalla para preparar las referencias de color

En esta pantalla se cuenta con un número inferior de elementos.

1. Botón “Atrás”

En verde en la figura 9.7.

Vuelve a la pantalla “Control de Calidad”.

2. Referencias de color CMYK

Recuadro azul en la imagen 9.7.

En este conjunto de campos de entrada, el trabajador introducirá los valores de cian, magenta, amarillo y negro del estuche que sirva de referencia de calidad para el trabajo a realizar. Para facilitar la comprensión de dichos campos, se indica gráficamente el campo al que corresponden.

En el mismo grupo se encuentra el campo de entrada para aportar el valor de la máxima tolerancia de desviación admisible.

En los campos correspondientes al color se introducirán valores de 0 a 100 (ver capítulo 6.4.1). La tolerancia se aportará en tanto por 1.

3. Botón de carga de datos

Destacado en naranja en la figura 9.7.

Una vez introducidos los valores de CMYK para trabajar, presionar “*Cargar en Sistema*”, hará que los datos pasen al PLC, y se calculen los equivalentes valores de RGB.

4. Valores de RGB

Campo en rojo en la imagen 9.7.

Los campos de CMYK rellenos en el apartado anterior son convertidos a las medidas de RGB que el sistema tomará como referencia para comparar las lecturas del sensor de color.

Estos campos, como se mencionó en capítulos anteriores, únicamente pueden tomar valores de 0 a 255.

8.7 SECUENCIA DE ARRANQUE

A continuación, y en concordancia con el apartado 8.1, se compartirá en este documento una guía de operario para llevar a cabo un arranque correcto del sistema.

1. En primer lugar, asegurarse de que todas las setas de emergencia y demás pulsadores de paro (N.C.) no se encuentran abiertos, ya que estos no dejarán arrancar el sistema. Una vez llevado a cabo este paso, el menú principal debería estar así:

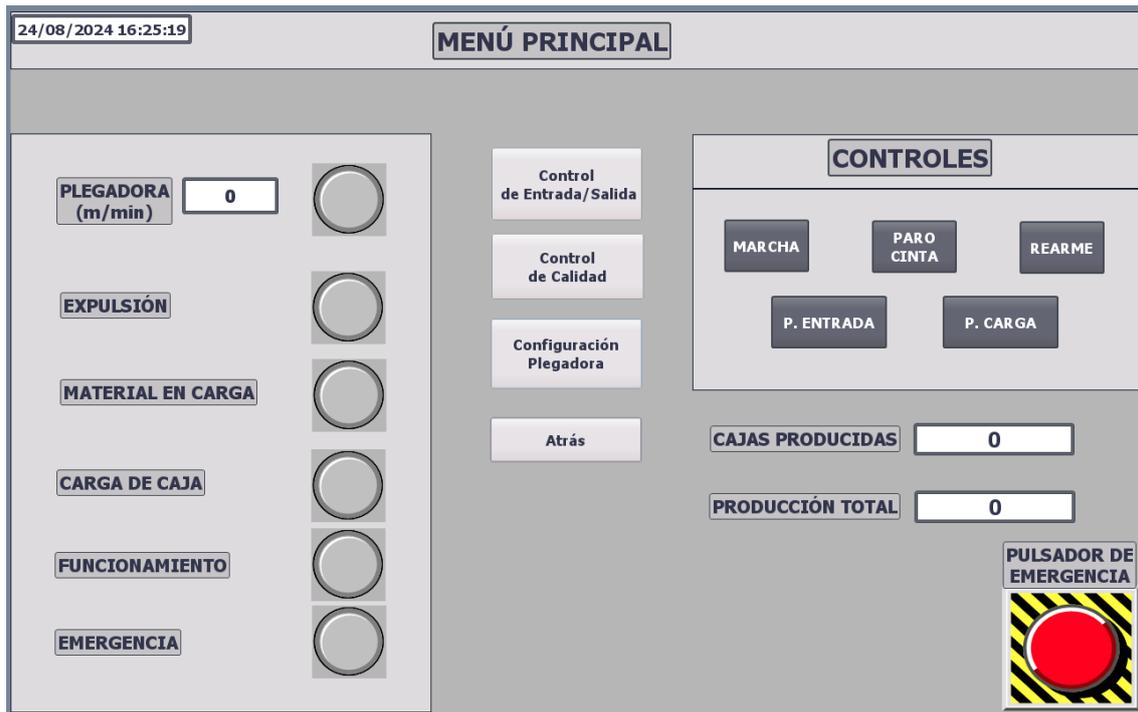


Figura 8.8 – Vista del menú principal antes de arrancar el sistema.

2. Desde el menú principal, acceder a la ventana de configuración de la máquina plegadora pulsando “Configuración Plegadora”.
3. Una vez en la pestaña de configuración de la máquina, introducir los datos correspondientes: velocidad de cinta en m/min, distancia entre el sensor de color y el expulsor en m, distancia entre el lector de códigos y el expulsor en m, y tamaño del estuche a pegar, en m. Una configuración posible sería la que se muestra a continuación:

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad (m/min)	75	(m/s)
Distancia Sensor de Color - Expulsión (m)	6,00	
Distancia Lector de Cód. - Expulsión (m)	4,50	
Tamaño de Estuche (m)	0,30	

Figura 8.9 – Vista de la ventana de configuración de la máquina plegadora

Nótese como en el campo de velocidad en m/s no sale ningún valor. Esto se debe a que la conversión se hace una vez activado el sistema. No se trata de ningún error que genere pérdidas de información, ya que este dato es tan solo informativo.

- Una vez configurada la máquina, se debe ir a la pestaña de “referencias” en la pantalla de control de calidad. En esta pantalla se introducen los valores de CMYK de la referencia que se tenga para el trabajo a realizar. Una vez escritos, presionar “Cargar en Sistema” para transmitir los datos al PLC. A partir de ese momento, los valores de color convertidos a RGB aparecerán en la columna de la izquierda.

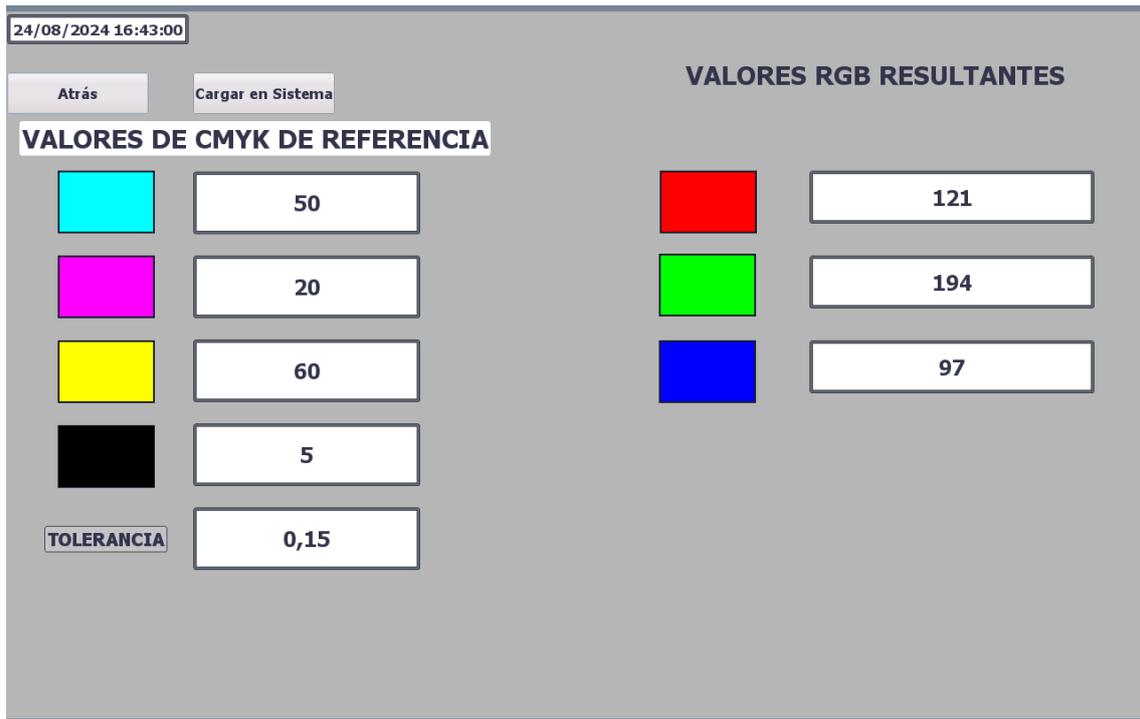


Figura 8.10 – Ejemplo de configuración de estándar de color

5. Finalmente, en la pestaña de “Control de Entrada/Salida”, introducir la cantidad de estuches por caja correspondiente a la capacidad del embalaje con el que se vaya a trabajar.



Figura 8.11 – Ejemplo de configuración de la salida

- Finalmente, suponiendo que el operario ha colocado una pila de estuches manualmente en el alimentador, la pantalla del HMI debería verse así una vez presionado el motor “Marcha” para arrancar el sistema. Hay que recordar que la expulsión se activará durante 10 segundos para limpiar cualquier estuche de trabajos anteriores que se haya podido quedar en la cinta.

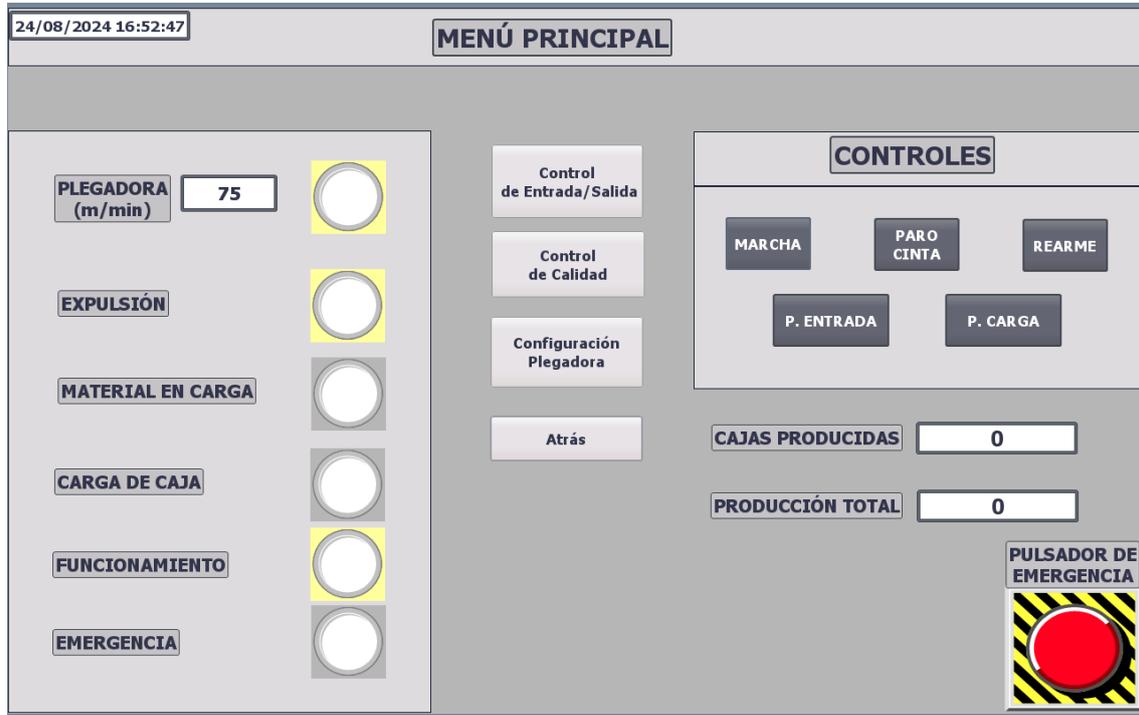


Figura 8.12 – Pantalla HMI con el sistema en funcionamiento

CAPÍTULO 9: PLANIFICACIÓN

En el anexo se puede encontrar el diagrama de Gantt perteneciente a la ejecución de este proyecto.

Con respecto a la planificación de la ejecución del proyecto, es necesario comentar los siguientes puntos:

- Tras la definición del proyecto, se establece un periodo de dos semanas para la adquisición de materiales.
- Una vez concluida la instalación y tras cinco días de pruebas del sistema, se destinarán siete días adicionales a realizar los ajustes en el software que sean necesarios para mejorar el rendimiento del diseño.
- Finalizadas e implementadas estas modificaciones, empezará a contabilizar el periodo de seguimiento del dispositivo, de 20 días laborables.

Según la planificación, la ejecución material del proyecto se iniciaría el jueves 2 de enero de 2025, y finalizaría el martes 8 de marzo de 2025. La duración total estimada es de 96 días naturales, o 68 laborables.

CAPÍTULO 10: VALORACIÓN FINAL

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas a partir de la elaboración del proyecto. Para ello, se irá comentando sobre cada uno de los objetivos que se plantearon en el capítulo 2 de este documento.

Los primeros dos objetivos planteados orbitaban en torno a ampliar los conocimientos generales acerca de los defectos generados en el proceso de impresión que afectan a la calidad del color, y al funcionamiento de la máquina plegadora, la cuál es el punto central de este proyecto.

Ambos objetivos se pueden ver satisfechos, al haber conseguido el autor una mayor comprensión acerca de estas dos etapas del proceso de fabricación de un estuche de paperseal.

Se ha conseguido también crear un sistema de carga eficiente, que mejore la ergonomía de las tareas de carga del maquinista de la plegadora. Indirectamente, este sistema de carga automatizado implica un primer filtro de calidad, ya que el trabajador puede hacer de primer filtro, retirando las pilas de estuches que tengan una diferencia de color respecto al estándar establecido claramente visible.

De forma paralela, la salida de la plegadora ve aumentado su rendimiento mediante la implementación del sistema automático de cajas de producto terminado. También se mejora la calidad de vida del puesto de trabajo del ayudante de maquinista, que no tiene que colocar continuamente estuches en cajas, introducir cajas vacías y descargar llenas, y armar pallets. Mediante este automatismo el trabajador puede ir preparando cajas vacías en serie e ir descargando cajas llenas para montar pallets de producto terminado.

Por otro lado, se ha obtenido un primer sistema de control de color basado en el modelo CMYK con el que se pretenden conseguir mejores resultados de calidad. Este objetivo es difícil de cuantificar sin una ejecución material del proyecto, y constituye la principal ruta de mejora a seguir tras la implementación del sistema.

Finalmente, se ha conseguido integrar los tres apartados anteriores en un único sistema mediante el trabajo con autómatas programables. El desarrollo de este proyecto ha permitido al autor una primera toma de contacto a nivel industrial con este tipo de dispositivos, lo cuál se constituye en sí en una gran experiencia de aprendizaje.

Por otro lado, para facilitar el manejo de todo el sistema a los operarios de la máquina plegadora, se ha diseñado, mediante el uso de un HMI aplicando los conceptos del SCADA, una interfaz accesible e intuitiva que permite trabajar con la máquina original y sus nuevos sistemas acoplados de forma fácil y sencilla.

Como se ha insinuado en párrafos anteriores, este proyecto deja mucho espacio para seguir añadiendo futuras mejoras. Dichas mejoras pueden más que justificarse en el hecho de que se están produciendo cambios en el mercado del embalaje de alimentos, dando cada vez más peso a las bandejas de cartón. Por lo tanto, de cara al futuro cercano será siempre interesante ampliar las capacidades de producción de las líneas destinadas a paperseal, ya sea mejorando su productividad, o la precisión de sus sistemas de control de calidad.

Automatización y control de plegado de estuches de cartón

DOCUMENTO III: ANEXOS

Trabajo de fin de Máster MII – Septiembre 2024

César Narváez Rodríguez

Universidad de Cantabria

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPÍTULO 1: BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA CONSULTADA	94
1.1 Normativa Consultada.....	94
1.2 Bibliografía	94
CAPÍTULO 2: PROGRAMA GENERADO	96
CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN	97
3.1 Listado de actividades.....	97
3.2 Diagrama de Gantt.....	98
CAPÍTULO 4: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	100
PRESUPUESTO.....	111

CAPÍTULO 1: BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA CONSULTADA

1.1 Normativa Consultada

AENOR. 1997. UNE-EN 60617: Símbolos gráficos para esquemas. Madrid: AENOR.

AENOR. 2000. UNE-EN ISO 5457: Documentación técnica de productos: formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.

AENOR 2004. UNE-EN-ISO 7200: Documentación técnica de productos: Campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos.

AENOR. 2014. UNE 157001:2014: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. Madrid: AENOR.

AENOR. 2014. UNE-EN 61131: Automatas programables. Madrid: AENOR.

SECRETARÍA GENERAL DE INDUSTRIA Y PYME a través de la DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA Y PYME. 2023. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC. Edición actualizada a marzo de 2023. Madrid.

1.2 Bibliografía

Dra. González Sarabia, E. 2023. Transparencias de la asignatura M1042 “*Sistemas integrados de fabricación y control de procesos*” del Máster en Ingeniería industrial de la Universidad de Cantabria.

Grupo Servalia.2010. *Troquelado y hendido de envases de cartón. Aplicado.*

Ifm electronic GmbH. 2017. *AL2410 Módulo CompactLine IO-Link.*

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. 2016. *Manual básico de artes gráficas.*

Leuze electronic. 2016. *KRT18BM – Sensor de contraste multicolor.*

Leuze electronic. 2024. *Hoja Técnica Lector de código de barras fijo – BCL 300i SF100*

Llata García, J.R. 2017 Transparencias de la asignatura G699 “Automática” del Máster en Ingeniería industrial de la Universidad de Cantabria.

Narváez Rodríguez, C. 2022 *Optimización de la organización y gestión de procesos industriales mediante la aplicación de la dinámica de sistemas. Aplicación a una cadena de producción de envases de cartón*. Torres Ortega, S. (dir). Trabajo de fin de grado. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Cantabria.
<https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/25320>

Salcines Menezo, A. 2015 *Automatización y supervisión del sistema de calefacción del IFCA*. González Sarabia, E. (dir). Trabajo de fin de grado. Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática de la Universidad de Cantabria.
<https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/6368>

Sure Controls Inc. <https://www.surecontrols.com/blog/what-is-industrial-automation/>

Siemens AG. 2021. *Hoja de datos 6ES7214-1BG40-0XB0*

Profinet University. 2024. <https://profinetuniversity.com/industrial-automation-ethernet/automation-controllers/>

Williams, R. 2015. *PLC vs. PAC vs IPCs*. <https://www.controleng.com/articles/plc-vs-pac-vs-ipcs/>

CAPÍTULO 2: PROGRAMA GENERADO

Sistema Completo / PLC [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

General

Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
--------	------	--------	---	------	----	--------	-----

Numeración	Automático
------------	------------

Información

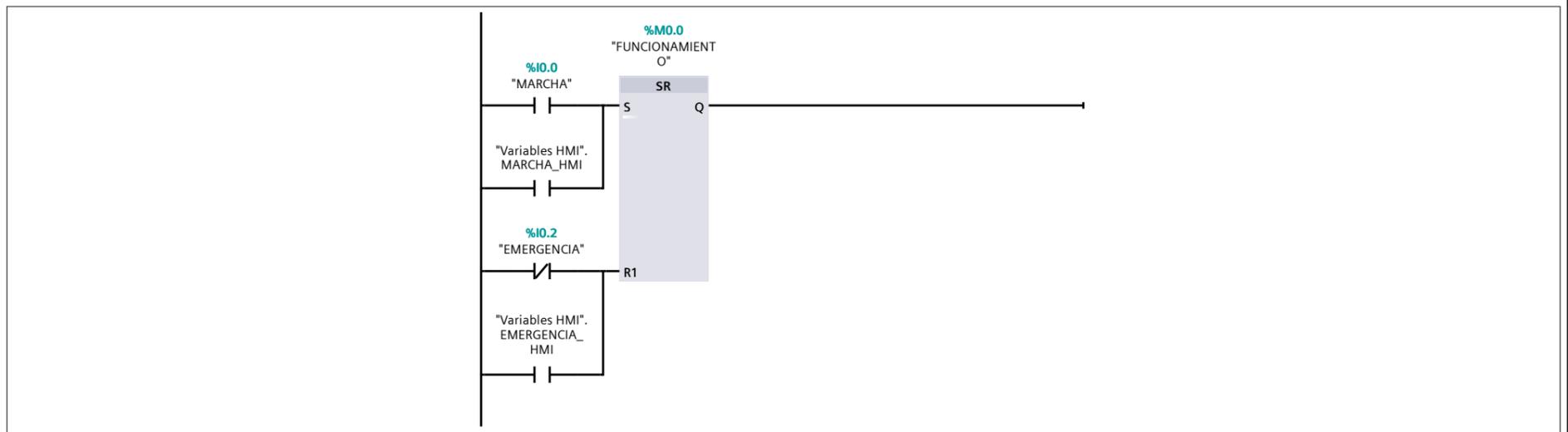
Título	Funcionamiento del sistema conjunto:	Autor		Comentario	(E) - Sistema de entrada (G) - Plegadora / General (S) - Sistema de salida	Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

Main

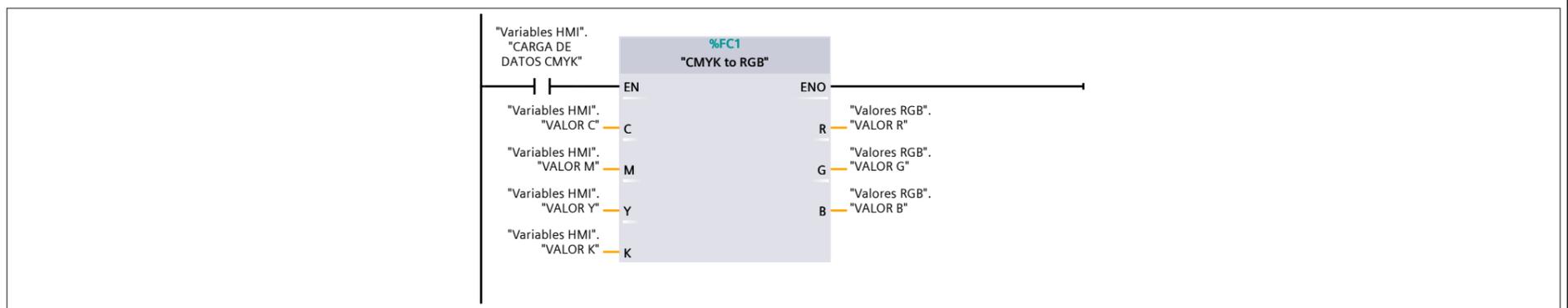
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Segmento 1: Arranque (G)

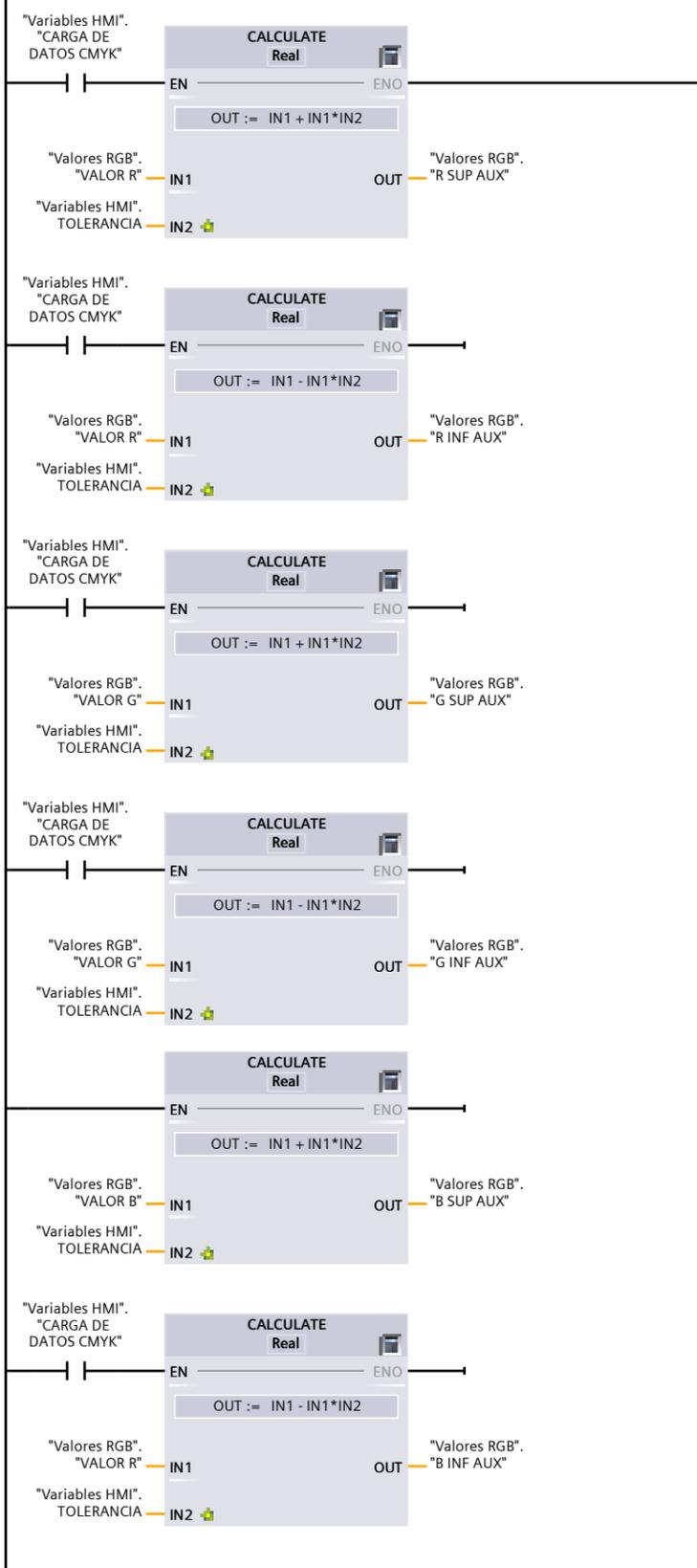
El sistema se puede arrancar y desde el HMI o presionando la botonería instalada en la máquina.



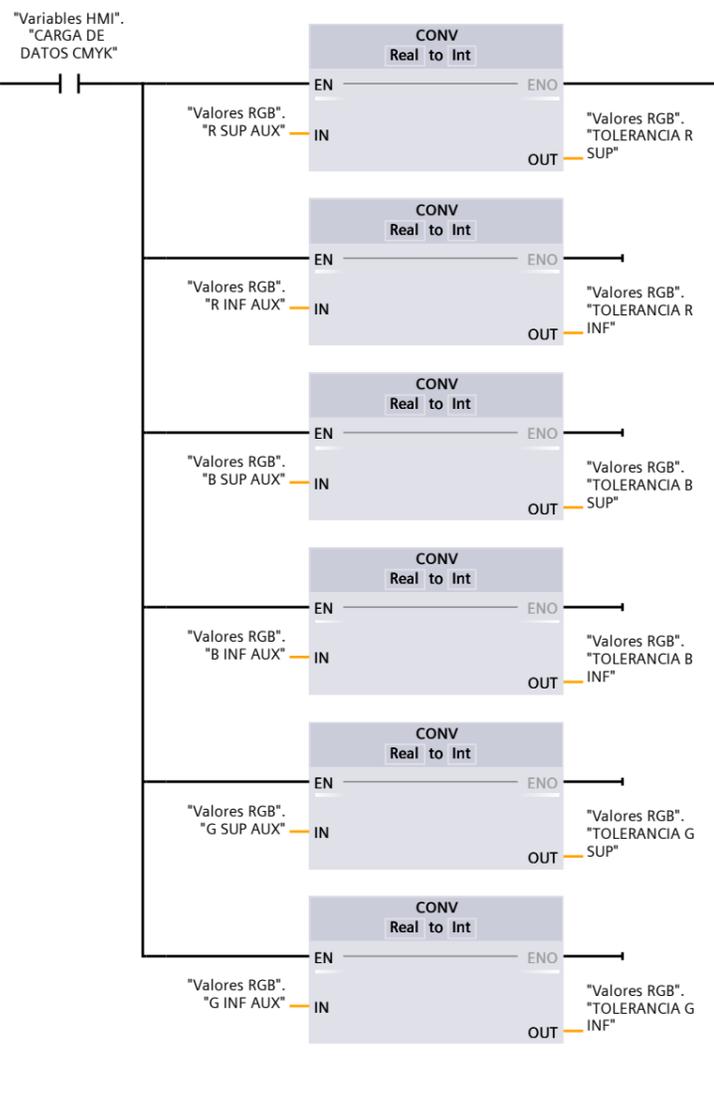
Segmento 2: CMYK de referencia transformados a RGB (G)



Segmento 3: Preparación de tolerancias de color (G)

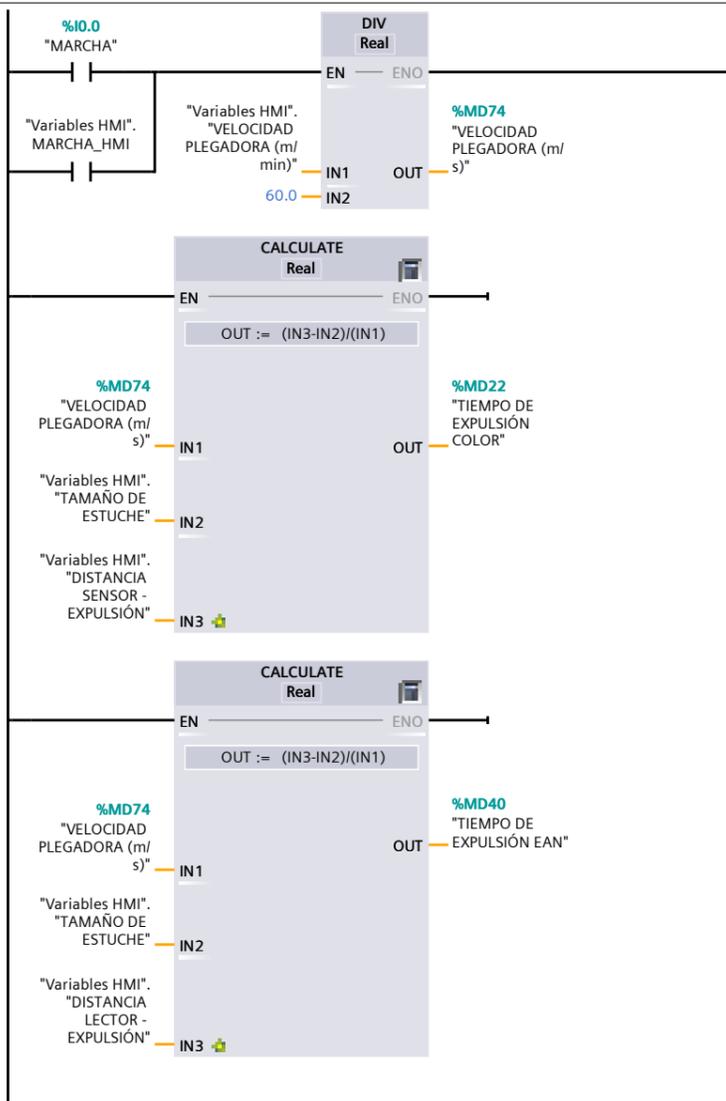


Segmento 4: Conversión de tolerancias de color a datos Int (G)

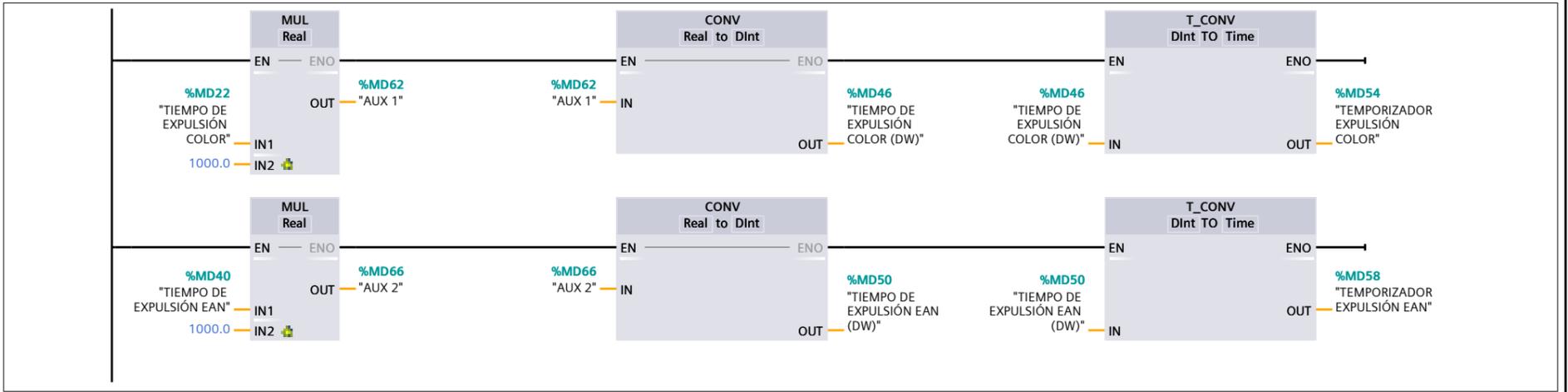


Segmento 5: Bloques de carga de datos. Cálculos de tiempos de expulsión (G)

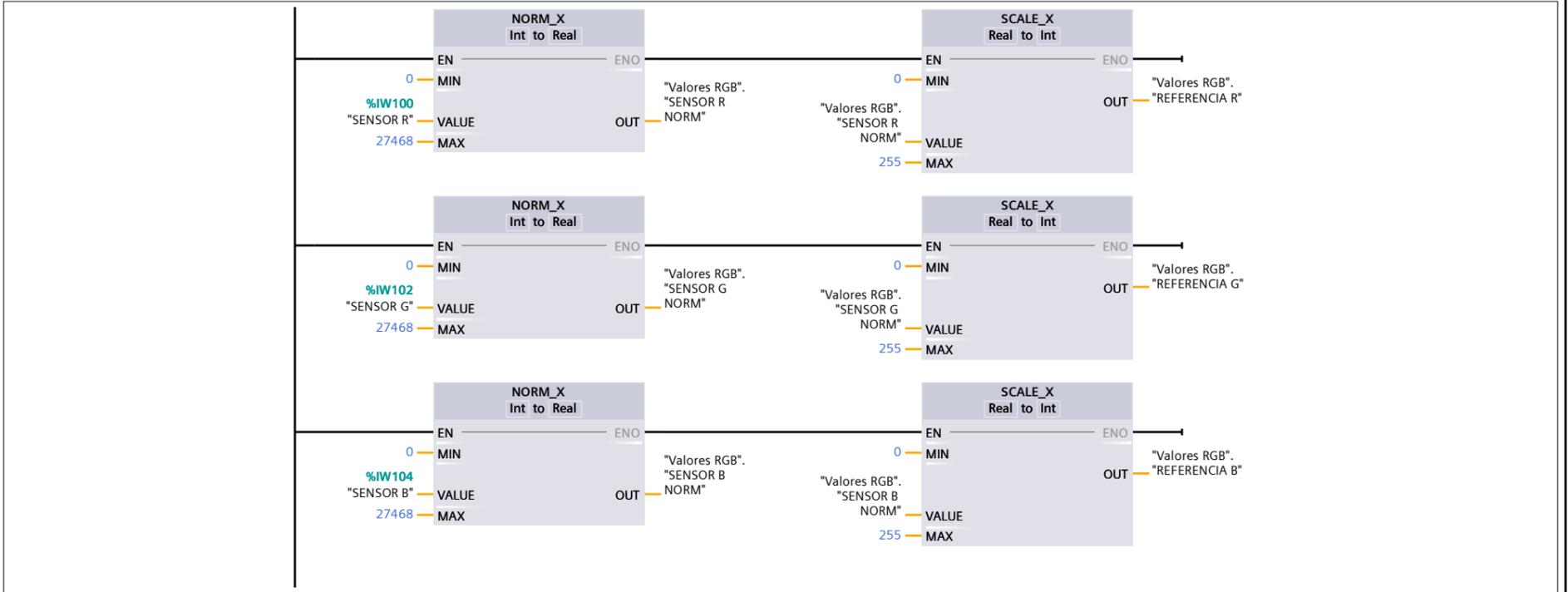
OJO: En este caso el arranque depende de "Marcha" y no de la carga de datos desde el HMI, porque la máquina debe ser capaz de funcionar sin necesidad de activar el sistema de control de calidad



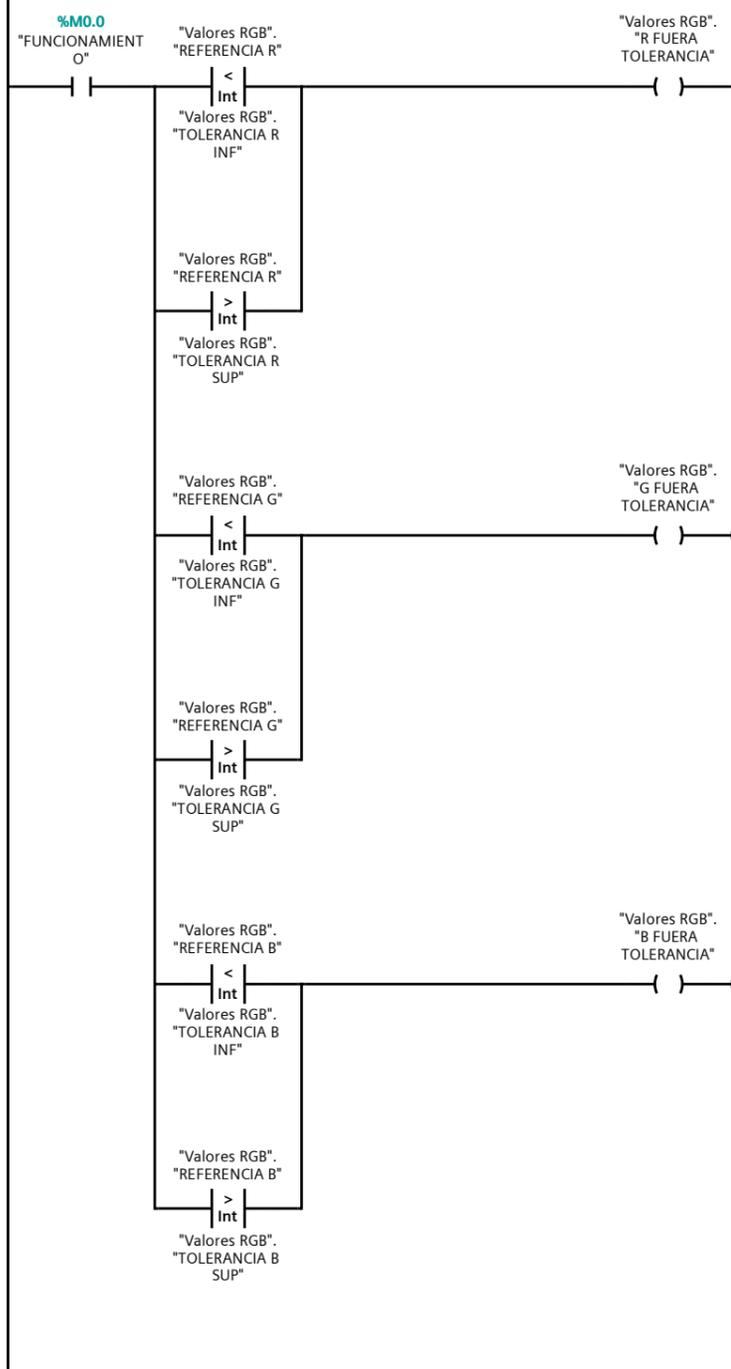
Segmento 6: Conversión de datos a time para los temporizadores de expulsión (G)



Segmento 7: Lecturas de Color: R,G,B (G)

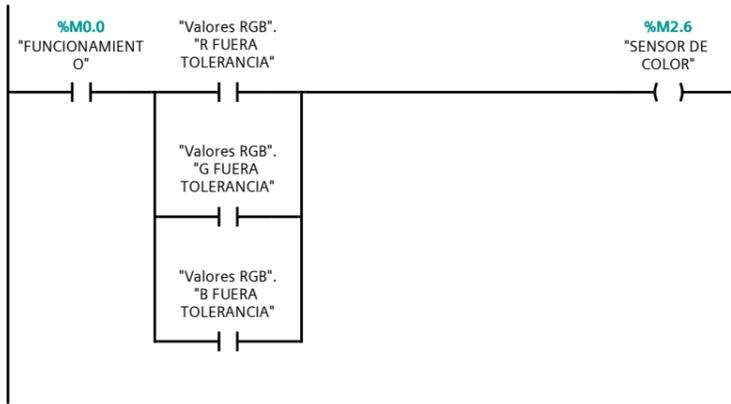


Segmento 8: Cálculo de rechazos de color (G)

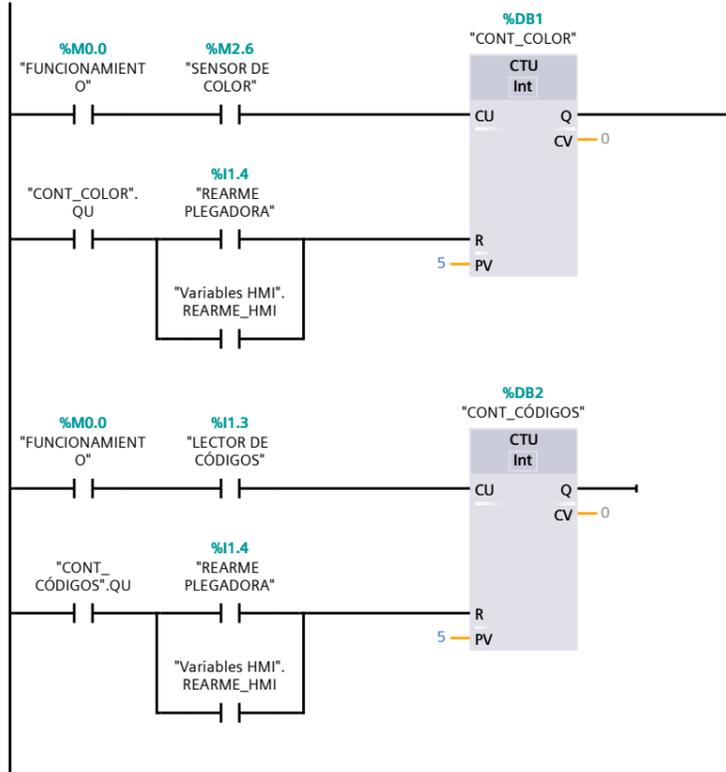


Segmento 9: Accionamiento de sistema de rechazos de color (G)

La activación de cualquiera de las alertas de fuera de tolerancia activa la marca "Sensor de color", que comunica con el contador y el subsistema de expulsión.



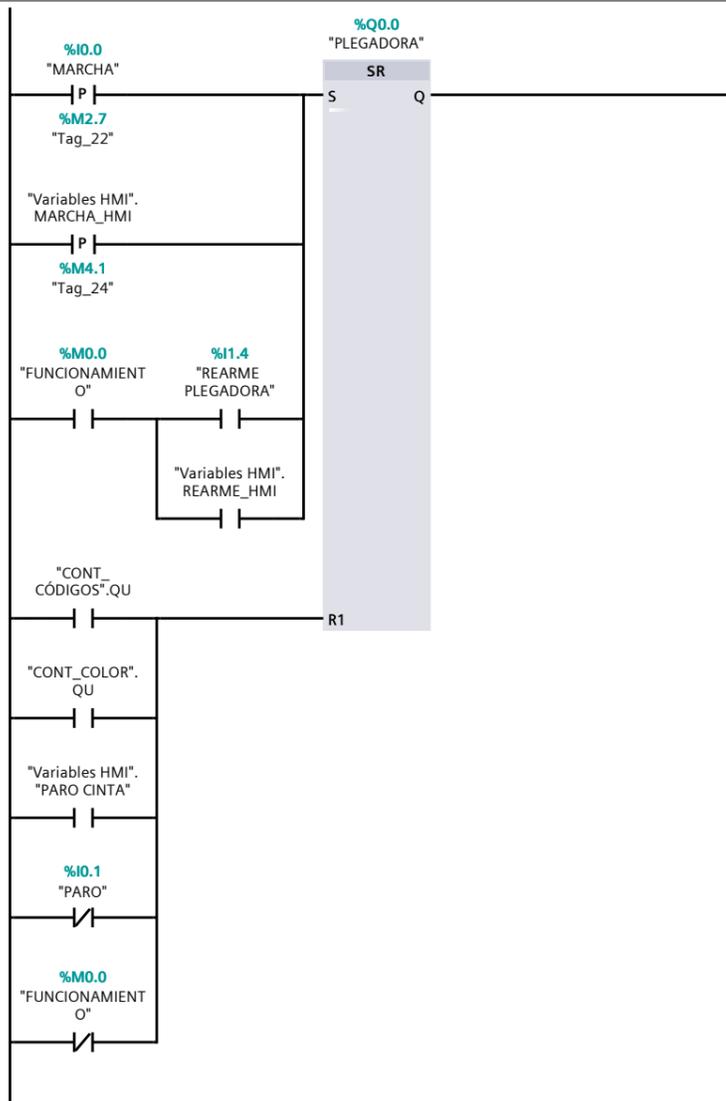
Segmento 10: Contadores de rechazos. En orden: color y códigos (G)



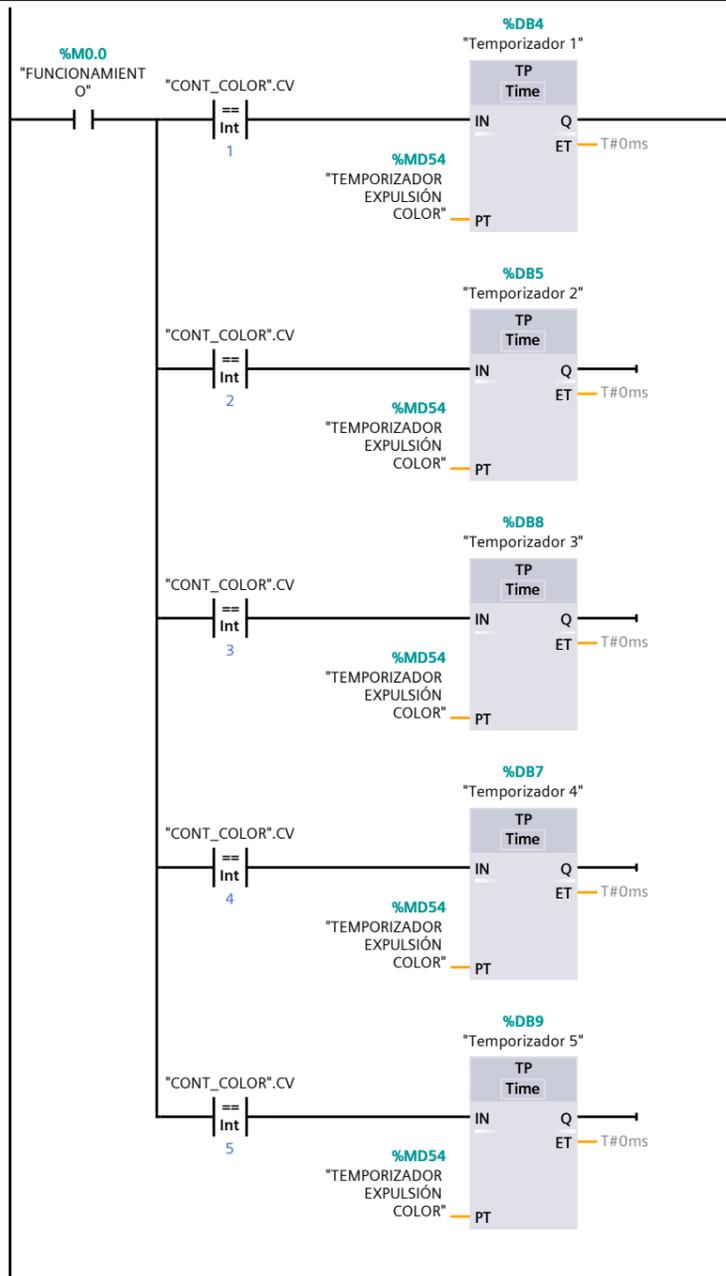
Segmento 11: Plegadora (G)

La plegadora arranca con la primera activación del sistema. En funcionamiento normal, se puede detener con los pulsadores de paro, y reactivar con cualquiera de los rearmes.

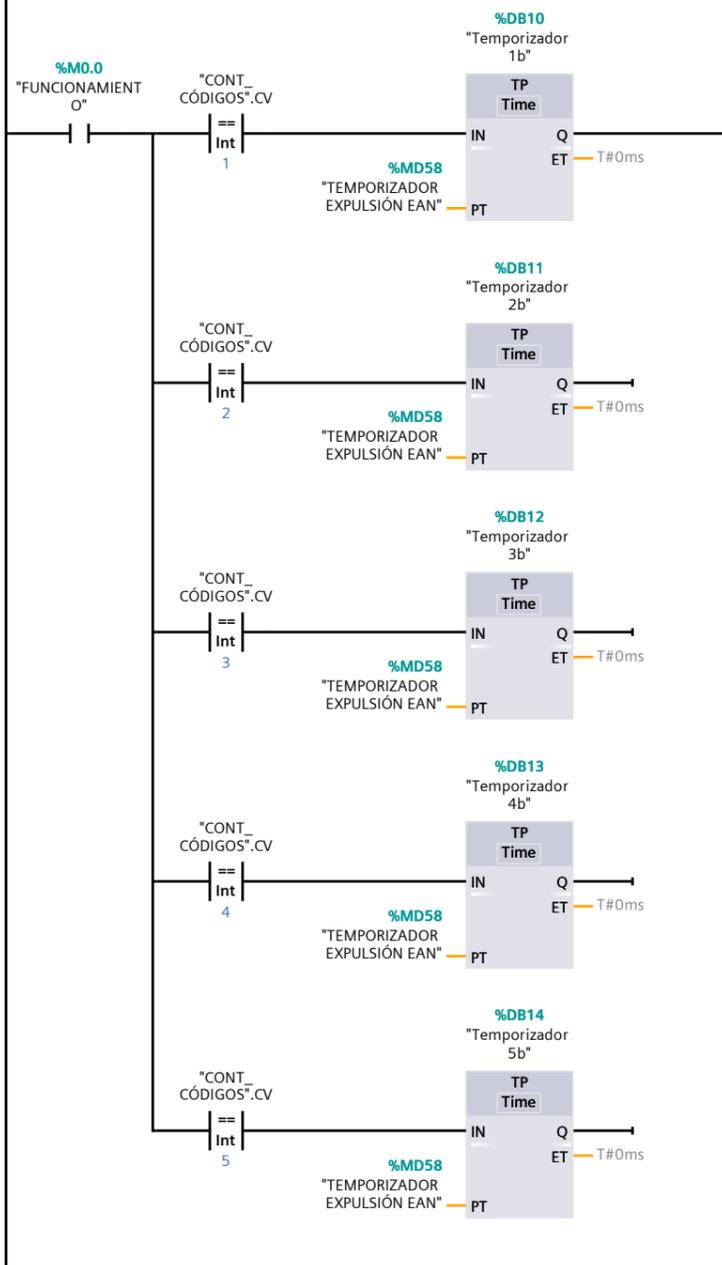
La cinta se detendrá cuando se sobrepase el umbral de rechazos permitido.



Segmento 12: Control de temporizadores de expulsión (color) (G)

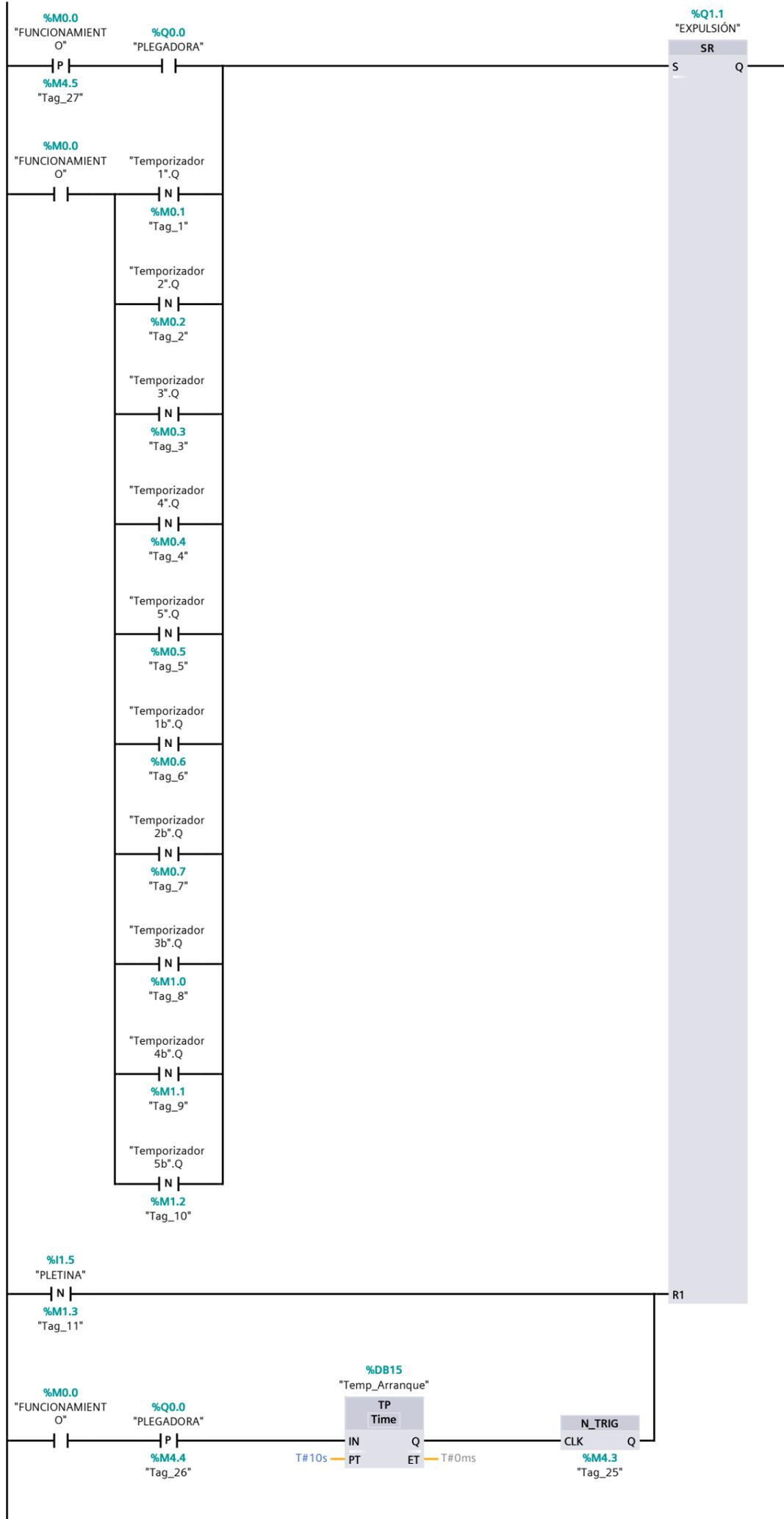


Segmento 13: Control de temporizadores de expulsión (códigos de barras) (G)



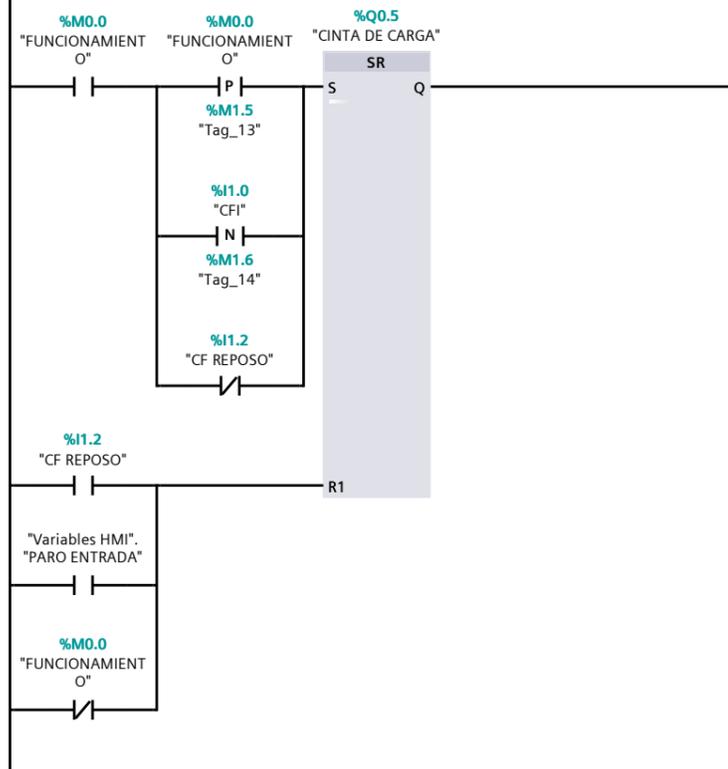
Segmento 14: Activación de la Expulsión (G)

En el primer arranque de la plegadora, la cinta expulsión se mantiene encendida 10 segundos para permitir retirar todo el material que se pueda haber acumulado del trabajo anterior



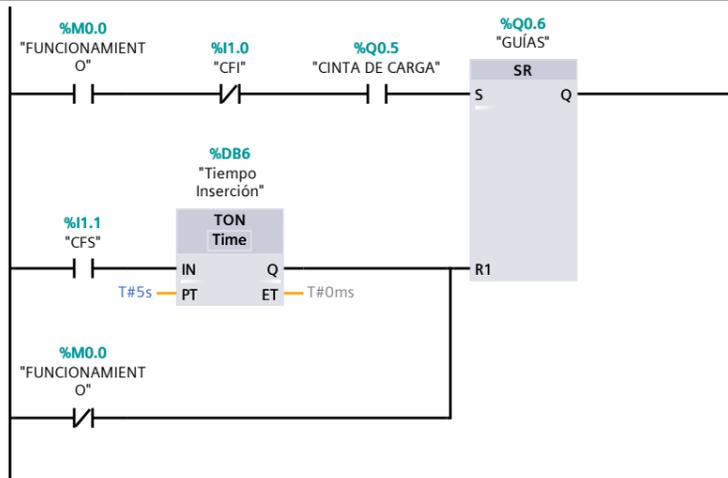
Segmento 15: Cinta de carga de material a la plegadora (E)

Con la primera activación del sistema la cinta se pone en movimiento hasta posicionar una pila de estuches en frente de CFReposo. Permanece desactivada hasta que la pila de entrada del alimentador de la máquina se vacíe, momento en el que CFI pasa de marcar 0 a 1. Esta señal activa la cinta, que avanza hasta posicionar una nueva pila en CFReposo, habiendo empujado así otra al alimentador



Segmento 16: Pistones de inserción en entrada (E)

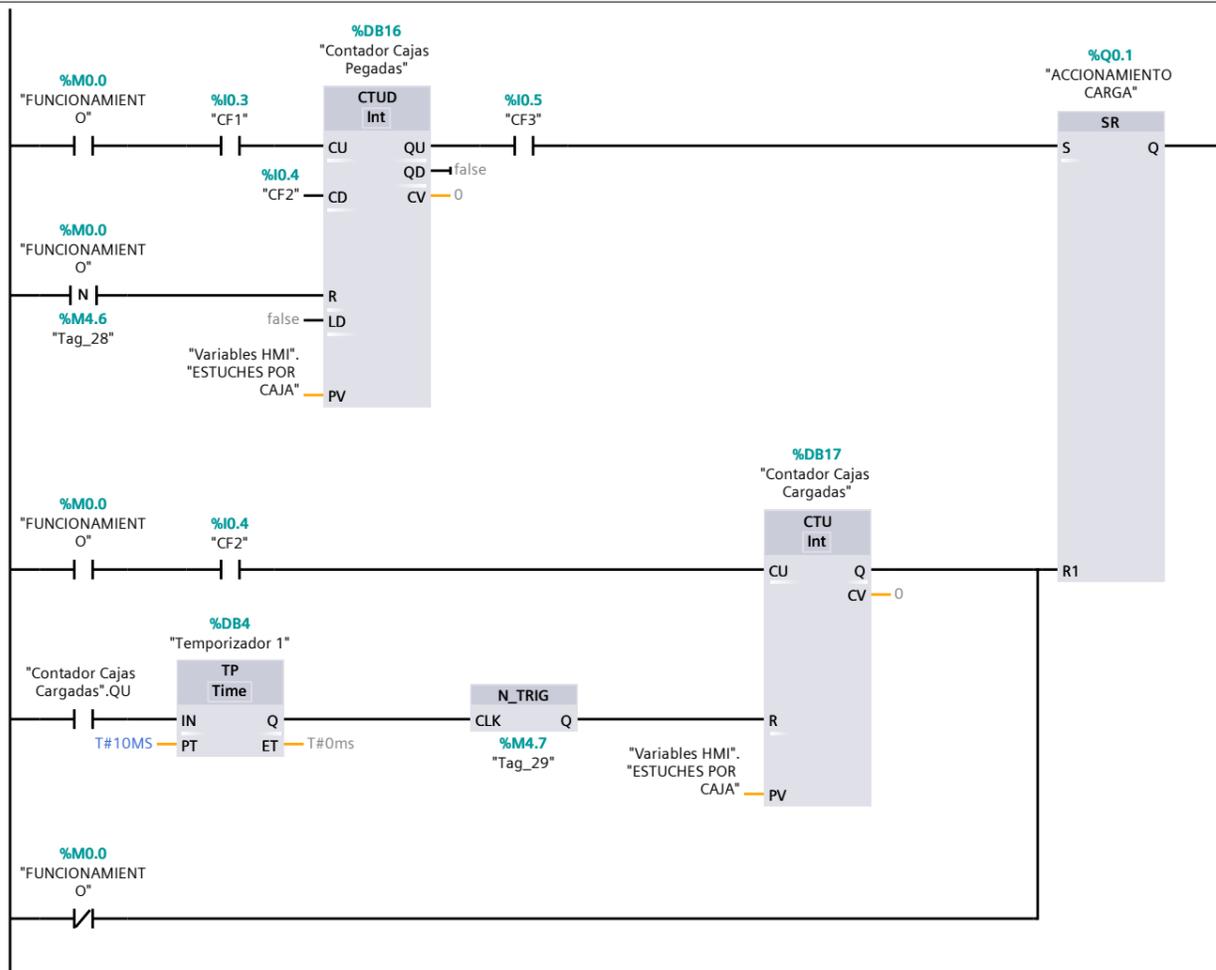
Los pistones se desplegarán para facilitar la inserción de la pila de estuches al alimentador de la máquina. Se activan al desactivarse CFI, y se retraen con la activación de CFS, tras un retardo de 5s.



Segmento 17: Sistema de carga de cajas (S)

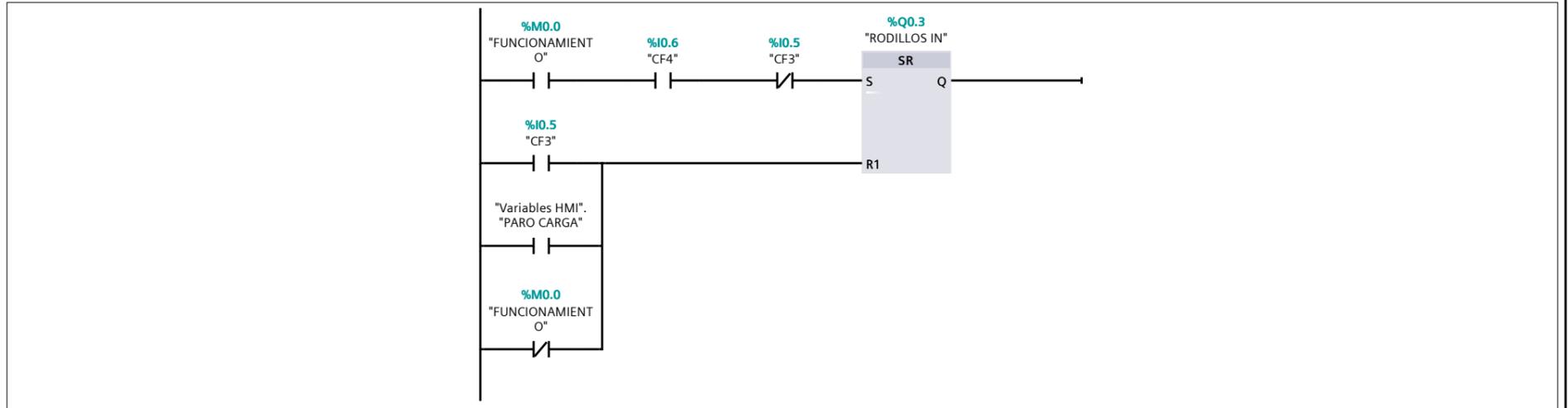
Contador 1: identifica los estuches que están preparados para cargar en una caja de producto terminado. En condiciones de funcionamiento normales, el contador iría hasta 200-500 cajas dependiendo del formato. Para facilitar la simulación, se introduce un valor de 5 en el HMI.

CF- marca si hay una caja en posición para ser cargada



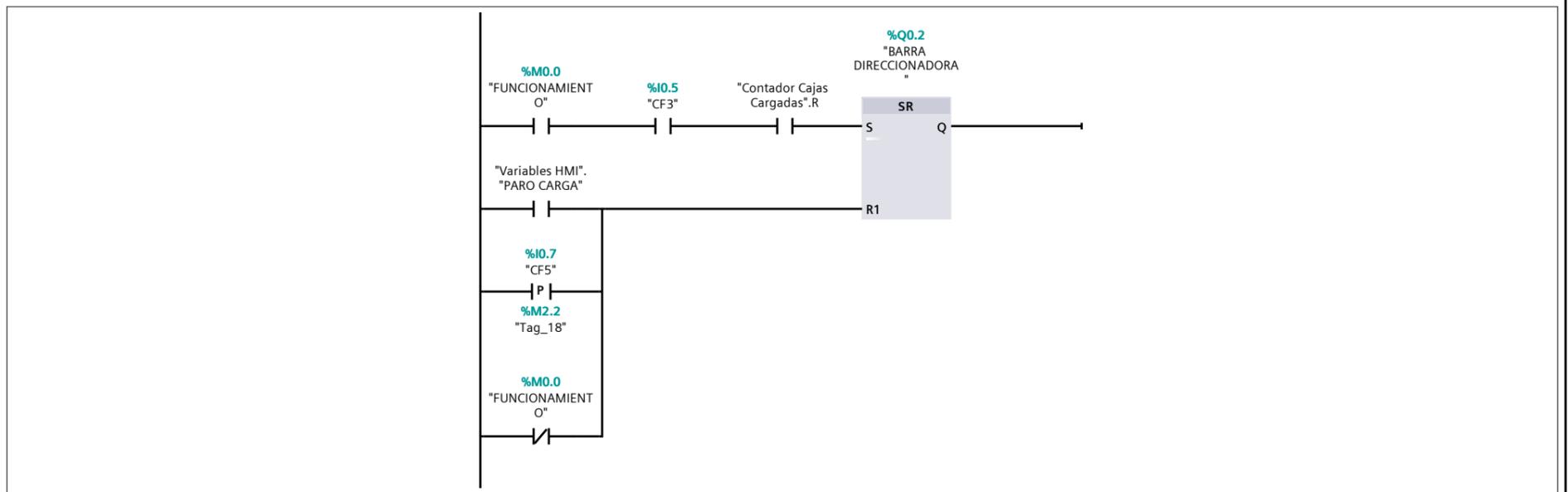
Segmento 18: Sistema de posicionamiento de cajas (S)

CF3 marca caja preparada para carga
 CF4 marca caja preparada para entrar en el sistema de carga
 CF5 marca caja cargada en salida del sistema de carga



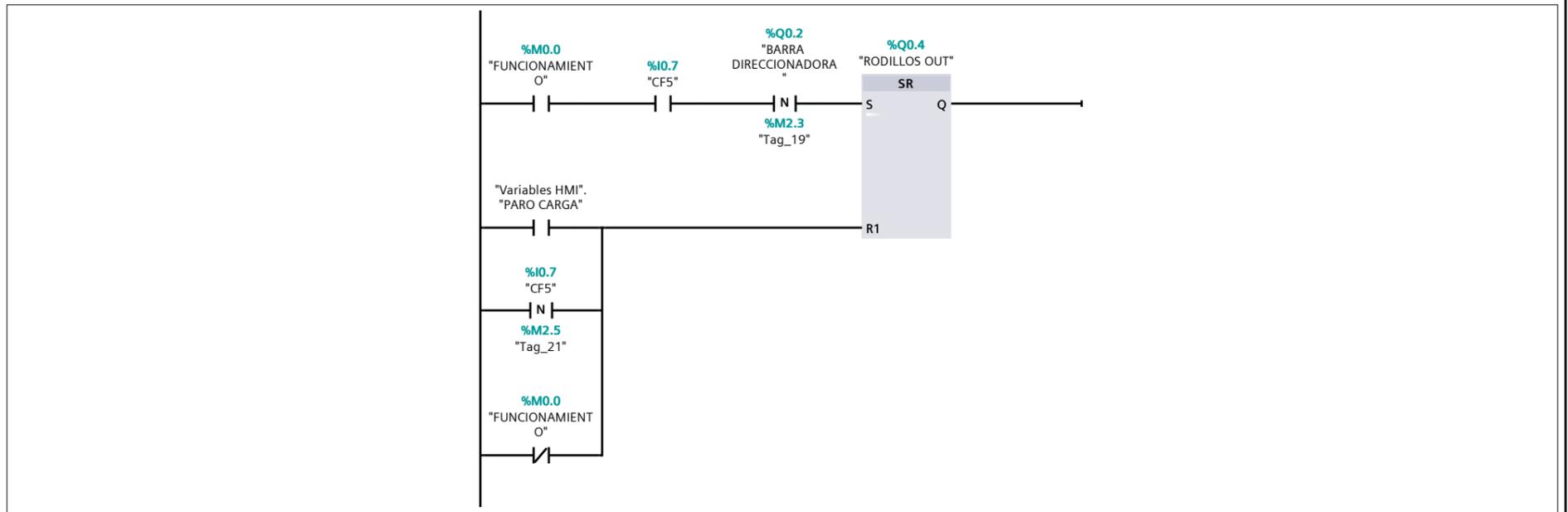
Segmento 19: Sistema de reposicionamiento para la salida de la caja (S)

Una vez cargada la caja (Reset de contador de cajas cargadas) la barra se acciona siempre que haya una caja preparada. Las barras se mantendrán en ON hasta que cf5 esté en alto, indicando que la caja está suficientemente alejada.

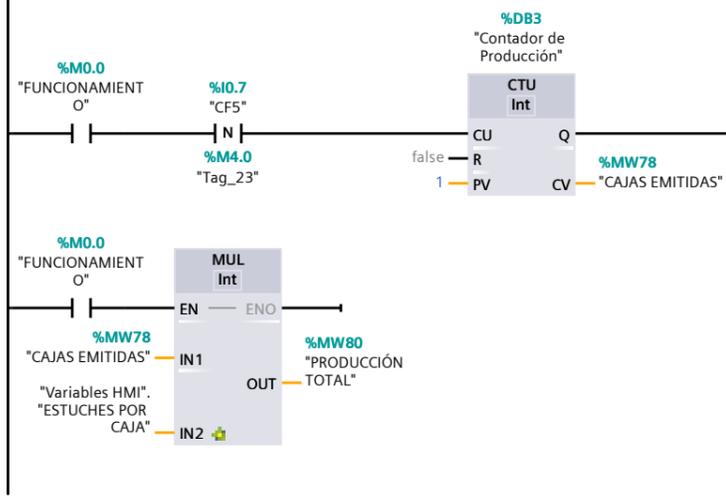


Segmento 20: Expulsión de cajas cargadas (S)

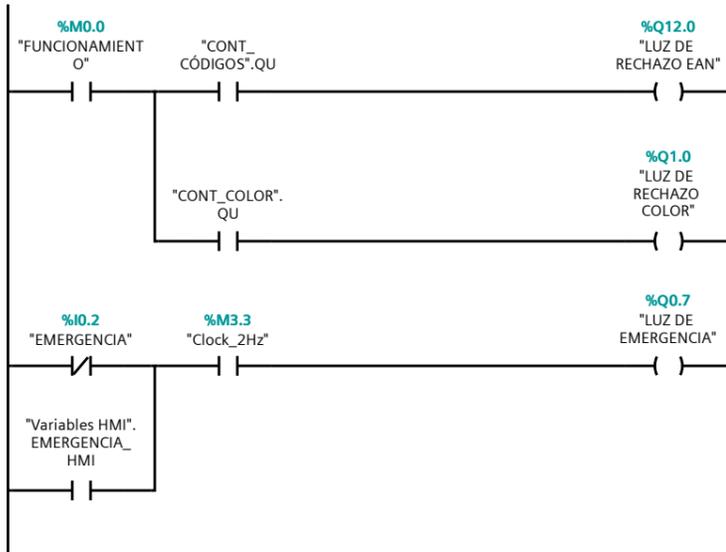
Con la desactivación de la barra direccionadora arrancan los rodillos de expulsión de cajas cargadas. Éstos se mantendrán activos mientras la célula CF5 ade señal, en el momento de su desactivación, la caja habrá salido y los rodillos se detienen.



Segmento 21: Seguimiento de cantidad producida (G)



Segmento 22: Señalización lumínica (G)



CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN

3.1 Listado de actividades

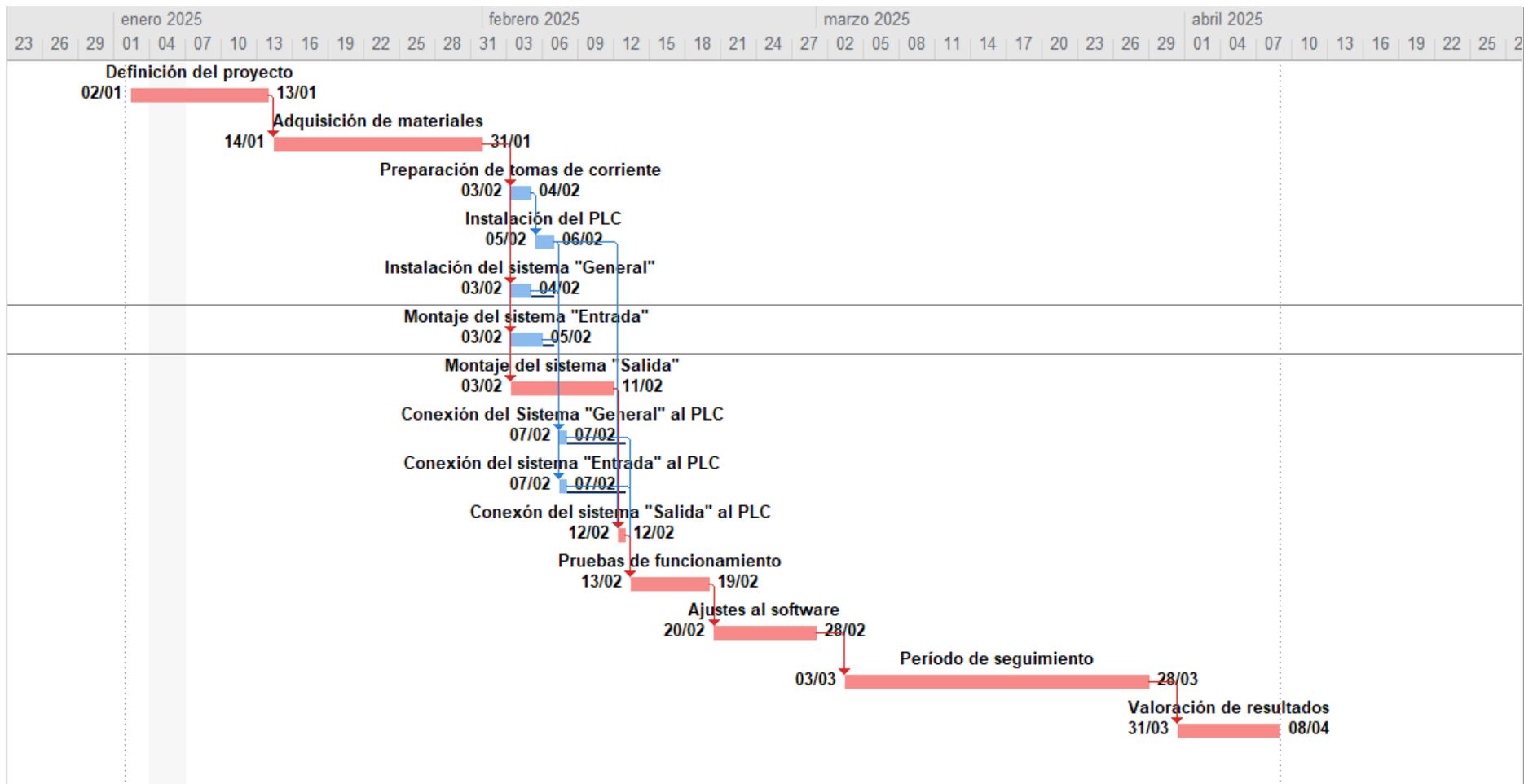
A continuación, se enumeran las tareas a realizar para completar el proyecto:

Número de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	Definición del proyecto	7 días	jue 02/01/25	lun 13/01/25	
2	Adquisición de materiales	14 días	mar 14/01/25	vie 31/01/25	1
3	Preparación de tomas de corriente	2 días	lun 03/02/25	mar 04/02/25	2
4	Instalación del PLC	2 días	mié 05/02/25	jue 06/02/25	3
5	Instalación del sistema "General"	2 días	lun 03/02/25	mar 04/02/25	2
6	Montaje del sistema "Entrada"	3 días	lun 03/02/25	mié 05/02/25	2
7	Montaje del sistema "Salida"	7 días	lun 03/02/25	mar 11/02/25	2
8	Conexión del Sistema "General" al PLC	1 día	vie 07/02/25	vie 07/02/25	4;5
9	Conexión del sistema "Entrada" al PLC	1 día	vie 07/02/25	vie 07/02/25	4;6
10	Conexión del sistema "Salida" al PLC	1 día	mié 12/02/25	mié 12/02/25	4;7
11	Pruebas de funcionamiento	5 días	jue 13/02/25	mié 19/02/25	8;9;10
12	Ajustes al software	7 días	jue 20/02/25	vie 28/02/25	11
13	Período de seguimiento	20 días	lun 03/03/25	vie 28/03/25	12
14	Valoración de resultados	7 días	lun 31/03/25	mar 08/04/25	13

3.2 Diagrama de Gantt

El diagrama presentado en la siguiente imagen ha sido elaborado con Microsoft Project, y presenta de forma ordenada las tareas listadas en el apartado anterior.

En rojo se pueden distinguir las tareas que conforman la “ruta crítica” del proyecto.



Definición del proyecto

02/01: 13/01

Adquisición de materiales

14/01: 31/01

Preparación de tomas de corriente

03/02: 04/02

Instalación del PLC

05/02: 06/02

Instalación del sistema "General"

03/02: 04/02

Montaje del sistema "Entrada"

03/02: 05/02

Montaje del sistema "Salida"

03/02: 11/02

Conexión del Sistema "General" al PLC

07/02: 07/02

Conexión del sistema "Entrada" al PLC

07/02: 07/02

Conexión del sistema "Salida" al PLC

12/02: 12/02

Pruebas de funcionamiento

13/02: 19/02

Ajustes al software

20/02: 28/02

Periodo de seguimiento

03/03: 28/03

Valoración de resultados

31/03: 08/04

CAPÍTULO 4: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta AC/DC/relé, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A; 2 AI 0-10V DC, alimentación: AC 85-264 V AC con 47-63 Hz, Memoria de programas/datos 100 KB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1214C AC/DC/Relay
Versión de firmware	V4.4
Ingeniería con	<ul style="list-style-type: none"> Paquete de programación STEP 7 V16 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	<ul style="list-style-type: none"> 120 V AC 230 V AC Sí
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
Frecuencia de red	<ul style="list-style-type: none"> Rango admisible, límite inferior Rango admisible, límite superior 47 Hz 63 Hz
Intensidad de entrada	
Consumo, máx.	300 mA con 120 V AC; 150 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
I^2t	0,8 A ² ·s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	14 W
Memoria	
Memoria de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> integrada ampliable 100 kbyte No
Memoria de carga	<ul style="list-style-type: none"> integrada 4 Mbyte
Respaldo	<ul style="list-style-type: none"> existente libre de mantenimiento sin pila Sí Sí Sí
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,08 µs
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs
CPU-bloques	

Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadores y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanentes (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	10 kbyte
Marcas	
• Número, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
Datos locales	
• por cada prioridad, máx.	16 kbyte
Área de direcciones	
Imagen del proceso	
• Entradas, configurables	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte
Configuración del hardware	
Nº de módulos por sistema, máx.	3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module
Hora	
Reloj	
• Reloj de hardware (en tiempo real)	Sí
• Duración del respaldo	480 h; típicamente
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	14; integrado
• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Fuente/sumidero (M/P)	Sí
Número de entradas atacables simultáneamente	
Todas las posiciones de montaje	
— hasta 40 °C, máx.	14
Tensión de entrada	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 V DC at 2,5 mA
Retardo a la entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
— en transición "0" a "1", máx.	0,2 ms
— en transición "0" a "1", máx.	12,8 ms
para entradas de alarmas	
— parametrizable	Sí
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m; 50 m para funciones tecnológicas
• no apantallado, máx.	300 m; para funciones tecnológicas: No
Salidas digitales	
Número de salidas	10; Relé
Poder de corte de las salidas	
• con carga resistiva, máx.	2 A
• con carga tipo lámpara, máx.	30 W con DC, 200 W con AC
Retardo a la salida con carga resistiva	
• "0" a "1", máx.	10 ms; máx.
• "1" a "0", máx.	10 ms; máx.
Salidas de relé	
• Nº de salidas relé	10
• Número de ciclos de maniobra, máx.	mecánicos: 10 millones, con tensión nominal de carga: 100 000
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m
• no apantallado, máx.	150 m
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	2
Rangos de entrada	

• Tensión	Sí
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• 0 a +10 V	Sí
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	100 m; trenzado y apantallado
Salidas analógicas	
Nº de salidas analógicas	0
Formación de valor analógico para entradas	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	10 bit
• Tiempo de integración parametrizable	Sí
• Tiempo de conversión (por canal)	625 µs
Sensor	
Sensores compatibles	
• Sensor a 2 hilos	Sí
1. Interfaz	
Tipo de interfaz	PROFINET
con aislamiento galvánico	Sí
Detección automática de la velocidad de transferencia	Sí
Autonegociación	Sí
Autocrossing	Sí
Física de la interfaz	
• RJ 45 (Ethernet)	Sí
• Número de puertos	1
• Switch integrado	No
Protocolos	
• PROFINET IO-Controller	Sí
• PROFINET IO-Device	Sí
• Comunicación SIMATIC	Sí
• Comunicación IE abierta	Sí; También disponible cifrada
• Servidores web	Sí
• Redundancia del medio	No
PROFINET IO-Controller	
• Velocidad de transferencia, máx.	100 Mbit/s
Servicios	
— Comunicación PG/OP	Sí
— Modo isócrono	No
— IRT	No
— PROFIenergy	No
— Arranque priorizado	Sí
— Número de dispositivos IO con arranque preferente, máx.	16
— Nº de IO Devices que se pueden conectar en total, máx.	16
— Nº de IO-Devices conectables para RT, máx.	16
— de ellos, en línea, máx.	16
— Activar/desactivar IO Devices	Sí
— Nº de IO-Devices activables/desactivables simultáneamente, máx.	8
PROFINET IO-Device	
Servicios	
— Comunicación PG/OP	Sí
— Modo isócrono	No
— IRT	No
— PROFIenergy	Sí
— Shared Device	Sí
— Nº de IO Controller con Shared Device, máx.	2
Protocolos	

Soporta protocolo para PROFINET IO	Sí
PROFIBUS	Sí; Requiere CM 1243-5 (maestro) o CM 1242-5 (esclavo)
AS-Interface	Sí; Se requiere un CM 1243-2
Protocolos (Ethernet)	
• TCP/IP	Sí
• DHCP	No
• SNMP	Sí
• DCP	Sí
• LLDP	Sí
Funcionamiento redundante	
Redundancia del medio	
— MRP	No
— MRPD	No
Comunicación SIMATIC	
• S7-Routing	Sí
Comunicación IE abierta	
• TCP/IP	Sí
— Tamaño de datos, máx.	8 kbyte
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Sí
— Tamaño de datos, máx.	8 kbyte
• UDP	Sí
— Tamaño de datos, máx.	1 472 byte
Servidores web	
• Soporta	Sí
• Páginas web definidas por el usuario	Sí
OPC UA	
• Requiere licencia runtime	Sí
• OPC UA Server	Sí; Acceso a datos (Read, Write, Subscribe), requiere licencia runtime
— Número de sesiones, máx.	5
— Número de variables accesibles, máx.	1 000
— Número de suscripciones por sesión, máx.	5
— Intervalo de muestreo, mín.	100 ms
— Intervalo de emisión, mín.	200 ms
— Número de elementos vigilados (monitored items), máx.	500
— Número de interfaces del servidor, máx.	2
— Número de nodos en interfaces del servidor definidas por el usuario, máx.	1 000
Otros protocolos	
• MODBUS	Sí
Funciones de comunicación	
Comunicación S7	
• Soporta	Sí
• como servidor	Sí
• Como cliente	Sí
• Datos útiles por petición, máx.	ver la Ayuda online (S7 communication, User data size)
Nº de conexiones	
• total	16; dinámica
Funciones de test y puesta en marcha	
Estado/forzado	
• Estado/forzado de variables	Sí
• Variables	Entradas/salidas, marcas, DB, E/S de periferia, tiempos, contadores
Forzado permanente	
• Forzado permanente	Sí
Búfer de diagnóstico	
• existente	Sí
Traces	
• Número de Traces configurables	2

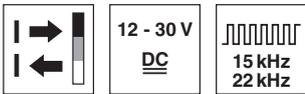
• Tamaño de memoria por Trace, máx.	512 kbyte
Alarmas/diagnósticos/información de estado	
LED señalizador de diagnóstico	
• LED RUN/STOP	Sí
• LED ERROR	Sí
• LED MAINT	Sí
Funciones integradas	
Nº de contadores	6
Frecuencia de contaje (contadores), máx.	100 kHz
Medida de frecuencia	Sí
Posicionamiento en lazo abierto	Sí
Número de ejes de posicionamiento con regulación de posición, máx.	8
Regulador PID	Sí
Nº de entradas de alarma	4
Aislamiento galvánico	
Aislamiento galvánico módulos de E digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de E digitales	500 V AC durante 1 minuto
• entre los canales, en grupos de	1
Aislamiento galvánico módulos de S digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de S digitales	Relé
• entre los canales	No
• entre los canales, en grupos de	2
CEM	
Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática	
• Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática IEC 61000-4-2	Sí
— Tensión de ensayo con descarga en aire	8 kV
— Tensión de ensayo para descarga por contacto	6 kV
Inmunidad a perturbaciones conducidas	
• Inmunidad a perturbaciones en cables de alimentación según IEC 61000-4-4	Sí
• Inmunidad a perturbaciones por cables de señales IEC 61000-4-4	Sí
Inmunidad a perturbaciones por tensiones de choque (sobretensión transitoria)	
• Inmunidad a perturbaciones en cables de alimentación según IEC 61000-4-5	Sí
Inmunidad a perturbaciones conducidas, inducidas mediante campos de alta frecuencia	
• Inmunidad a campos electromagnéticos radiados a frecuencias radioeléctricas según IEC 61000-4-6	Sí
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite A, para aplicación en la industria	Sí
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección IP	IP20
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación UL	Sí
cULus	Sí
Homologación FM	Sí
RCM (anteriormente C-TICK)	Sí
Homologación KC	Sí
Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Caída libre	
• Altura de caída, máx.	0,3 m
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C

• máx.	60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical
• Posición de montaje horizontal, mín.	-20 °C
• Posición de montaje horizontal, máx.	60 °C
• Posición de montaje vertical, mín.	-20 °C
• Posición de montaje vertical, máx.	50 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Presión atmosférica según IEC 60068-2-13	
• En servicio mín.	795 hPa
• En servicio máx.	1 080 hPa
• Almacenamiento/transporte, mín.	660 hPa
• Almacenamiento/transporte, máx.	1 080 hPa
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
• Altitud de instalación, mín.	-1 000 m
• Altitud de instalación, máx.	2 000 m
Humedad relativa del aire	
• En servicio máx.	95 %; sin condensación
Vibraciones	
• Resistencia a vibraciones durante el funcionamiento según IEC 60068-2-6	Montaje en pared 2 g (m/s ²); perfil DIN 1 g (m/s ²)
• En servicio, según DIN IEC 60068-2-6	Sí
Ensayo de resistencia a choques	
• ensayado según DIN IEC 60068-2-27	Sí
Configuración	
programación	
Lenguaje de programación	
— KOP	Sí
— FUP	Sí
— SCL	Sí
Protección de know-how	
• Protección de programas de usuario/Protección por contraseña	Sí
• Protección contra copia	Sí
• Protección de bloques	Sí
Protección de acceso	
• Nivel de protección: Protección contra escritura	Sí
• Nivel de protección: Protección contra escritura/lectura	Sí
• Nivel de protección: Protección completa	Sí
Vigilancia de tiempo de ciclo	
• Configurable	Sí
Dimensiones	
Ancho	110 mm
Altura	100 mm
Profundidad	75 mm
Pesos	
Peso, aprox.	455 g
Última modificación:	16/01/2021 

KRT18BM

Sensor de contraste multicolor

es 01-2016/06 50133230



13mm



- Gran confort de ajuste con la indicación de la potencia de señal en el equipo
- Emisor RGB
- Máxima calidad de los packs gracias a un tiempo de respuesta breve
- Supresión automática del brillo
- Control remoto vía IO-Link o cable de control
- Bloqueo de todos los elementos de uso vía IO-Link o cable de control
- Varios modos Teach en un equipo
- Corrección automática del umbral mediante función de tracking (seguimiento)

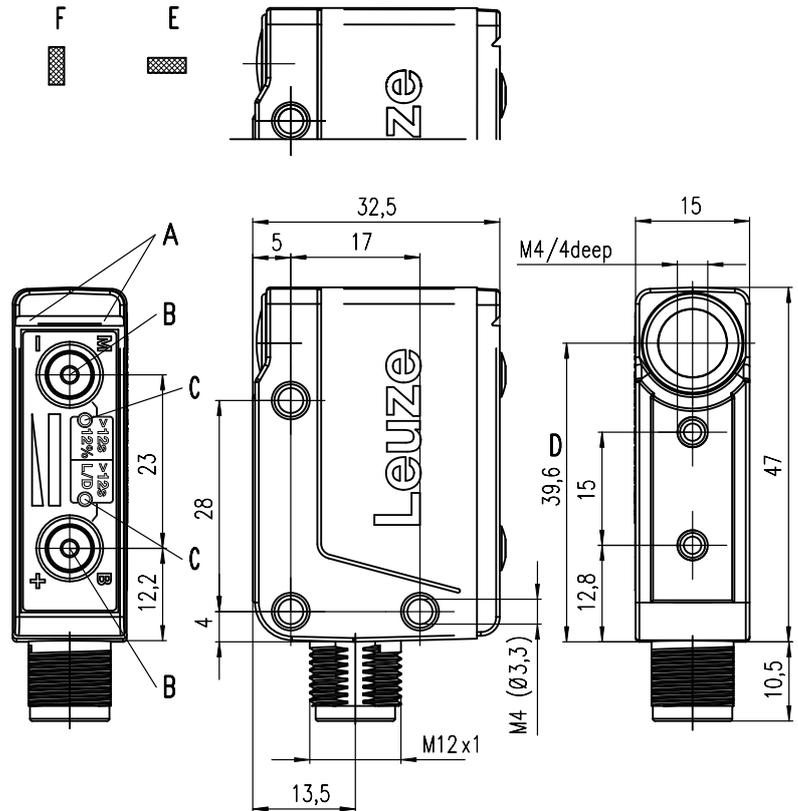


Accesorios:

(disponible por separado)

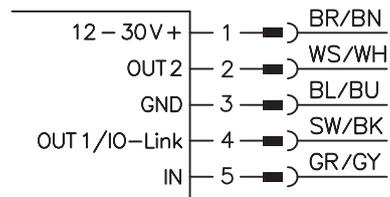
- Sistemas de sujeción (BTU 200M..., BT 95)
- Adaptador de montaje al diseño estándar (80mm x 53mm x 30mm) BTX 018M
- Cables con conector M12 (K-D M12...)
- Maestro USB IO-Link SET US2-IL1.1

Dibujo acotado



- A** Diodos indicadores
- B** Teclas de Teach
- C** Indicación de las funciones especiales
- D** Eje óptico
- E** Orientación del punto de luz horizontal (transversal)
- F** Orientación del punto de luz vertical (longitudinal)

Conexión eléctrica



Derechos a modificación reservados • DS_KRT18BM_5_IOLink_es_50133230.fm

Datos técnicos

Datos ópticos

Alcance efectivo de detección 13mm ± 3mm
 Fuente de luz ¹⁾ LED RVA (rojo, verde, azul)
 Medidas del punto luminoso 1mm x 4mm (a 13mm de distancia)
 Orientación del punto de luz vertical (longitudinal) u horizontal (transversal)

Respuesta temporal

Frecuencia de conmutación tipos de Speed KRT18BM...S...: 22kHz
 demás tipos: 15kHz
 tipos de Speed KRT18BM...S...: 22,5µs
 demás tipos: 33µs
 ≤ 0,1 m/s (con una marca de 1mm de anchura)
 Tiempo de respuesta < 300 ms
 Velocidad de la cinta (durante teach din. con 2 puntos)
 Tiempo de inicialización

Datos eléctricos

Tensión de trabajo U_B ²⁾ modo SIO: 12 ... 30VCC (incl. ondulación residual)
 modo COM2: 18 ... 30VCC (incl. ondulación residual)
 ≤ 15% de U_B
 Ondulación residual 25 mA (con 24V)
 Corriente en vacío salida push-pull, IO-Link modo SIO, conmutable
 Salidas/funciones OUT1 salida push-pull, parametrizable
 OUT2 ≥ (U_B-2V) ≤ 2V
 máx. 100mA
 Tensión de señal high/low entrada de Teach y bloqueo de los elementos de uso
 Corriente de salida COM2 (38,4kBaudo), vers. 1.1, mín. tiempo del ciclo 2,3ms,
 Entrada IN da soporte a SIO
 IO-Link sí (se soporta comunicación IO-Link paralela y salida OUT2 rápida)
 Dual Channel

Indicadores

LED verde luz permanente disponible
 LED amarillo luz permanente marca detectada
 LED verde y amarillo intermitentes (a 2Hz) teach-In activo
 LED verde y amarillo intermitentes (a 8Hz) error de Teach
 Gráfico de barras potencia de señal de recepción, 13 niveles
 Funciones especiales LEDs amarillos posición del umbral de conmutación, conmutación claridad/oscuridad, seguimiento (tracking)

Datos mecánicos

Carcasa fundición a presión de cinc, niquelado químicamente
 Conector circular fundición a presión de cinc, niquelado químicamente
 Óptica PMMA
 Operación 2 teclas de Teach para marca (M) y fondo (B)
 Peso 60g
 Tipo de conexión conector M12, de 5 polos

Datos ambientales

Temperatura ambiente (operación/almacén) -40°C ... +60°C/-40°C ... +70°C
 Circuito de protección ³⁾ 2, 3
 Clase de seguridad VDE ⁴⁾ III
 Índice de protección IP67, IP 69K
 Fuente de luz grupo exento de riesgos (según EN 62471)
 Sistema de normas vigentes IEC 60947-5-2
 Certificaciones UL 508, C22.2 No.14-13 ^{2) 5)}
 Tolerancia química probado según ECOLAB

Funciones adicionales

Control total sobre la aplicación indicación de señal con gráfico de barras en 13 niveles en el equipo
 2 procedimientos de Teach teach estático sobre fondo y marca
 teach dinámico sobre fondo y marca
 Conmutación claridad/oscuridad (L/D) activable con teclas de control
 Umbral de conmutación cerca de la marca activable con teclas de control
 Función de tracking (seguimiento) para la activable con teclas de control
 corrección de señales automática
 Salida de aviso señala cuando la función de tracking ya no puede seguir reajustando la sensibilidad parametrizable a través de IO-Link
 Prolongación de impulso

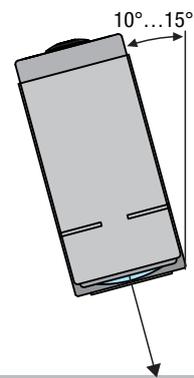
1) Vida media de servicio 100.000h con temperatura ambiental 25°C
 2) En aplicaciones UL: sólo para el empleo en circuitos de corriente «Class 2» según NEC
 3) 2=protección contra polarización inversa, 3=protección contra cortocircuito para todas las salidas de transistor
 4) Tensión asignada 50V
 5) These proximity switches shall be used with UL Listed Cable assemblies rated 30V, 0.24A min, in the field installation, or equivalent (categories: CYJV/CYJV7 or PVVA/PVVA7)

Notas

¡Atención al uso conforme!

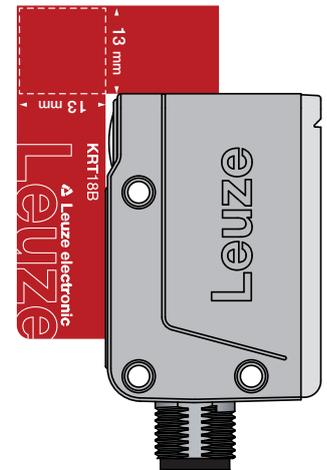
- ☞ El producto no es un sensor de seguridad y no es apto para la protección de personas.
- ☞ El producto solo lo pueden poner en marcha personas capacitadas.
- ☞ Emplee el producto para el uso conforme definido.

- **Objetos brillantes:**
 Cuando haya objetos brillantes el sensor se deberá fijar inclinado aprox. 10° ... 15° con respecto a la superficie del objeto.



- **Ayuda para la alineación:**

En el volumen de entrega de cada sensor se incluye una ayuda para la alineación. Ésta permite una fácil alineación del sensor a la distancia de trabajo de 13mm sin puesta en marcha eléctrica alguna.



KRT18BM

Sensor de contraste multicolor

Nomenclatura

K	R	T	1	8	B	M	.	H	S	5	/	L	6	T	-	M	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Principio de funcionamiento

KRT Sensor de contraste

Serie

18B Serie 18B

Fuente de luz

M Multicolor RGB

Orientación del punto de luz

H Horizontal (transversal)

V Vertical (longitudinal)

Función adicional

S Speed, frecuencia de conmutación de 25 kHz

T Función de tracking (seguimiento) para la corrección de señales automática

No procede Sin funciones adicionales, frecuencia de conmutación 15 kHz

Ajuste

5 Teach-In con indicación de señal en gráfico de barras

Asignación de pines del conector pin 4 / conductor de cable negro (OUT1/IO-Link)

L Salida push-pull en funcionamiento SIO, PNP activa en la marca, NPN activa en el fondo, comunicación IO-Link

Asignación de pines del conector pin 2 / conductor de cable blanco (OUT2)

6 Salida push-pull, PNP activa en el fondo, NPN activa en la marca

Asignación de pines del conector pin 5 / conductor de cable gris (IN)

T Entrada de Teach

Sistema de conexión

M12 Conector M12, 5 polos

Indicaciones de pedido

Los sensores aquí enumerados son tipos preferentes; encontrará información actual en www.leuze.com

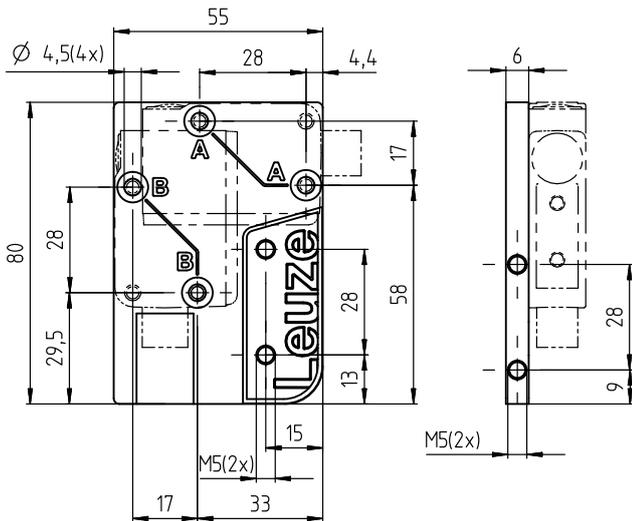
Denominación de pedido	Código	Características
KRT18BM.V5/L6T-M12	50130950	Orientación del punto de luz vertical (longitudinal), Función adicional seleccionable: umbral de conmutación cerca de la marca, conmutación claridad/oscuridad
KRT18BM.H5/L6T-M12	50131241	Orientación del punto de luz horizontal (transversal), Función adicional seleccionable: umbral de conmutación cerca de la marca, conmutación claridad/oscuridad
KRT18BM.VT5/L6T-M12	50131242	Orientación del punto de luz vertical (longitudinal), Función adicional seleccionable: umbral de conmutación cerca de la marca, función de tracking (seguimiento)
KRT18BM.HT5/L6T-M12	50131243	Orientación del punto de luz horizontal (transversal), Función adicional seleccionable: cerca de la marca, función de tracking (seguimiento)
KRT18BM.VS5/L6T-M12	50131244	Orientación del punto de luz vertical (longitudinal), variante Speed con frecuencia de conmutación de 25 kHz, Función adicional seleccionable: umbral de conmutación cerca de la marca, conmutación claridad/oscuridad
KRT18BM.HS5/L6T-M12	50131245	Orientación del punto de luz horizontal (transversal), variante Speed con frecuencia de conmutación de 25 kHz, Función adicional seleccionable: umbral de conmutación cerca de la marca, conmutación claridad/oscuridad

Accesorios

BTX 018M	50133412	Adaptador para el montaje en piezas de fijación para sensores de diseño estándar (80mm x 53mm x 30mm)
----------	----------	---

Adaptador de montaje BTX 018M

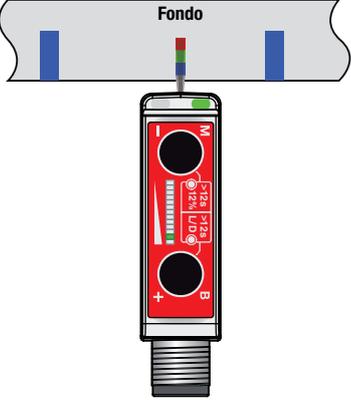
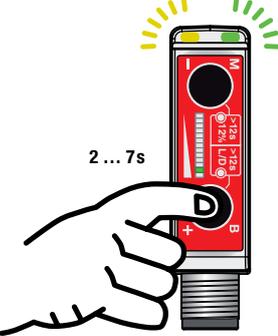
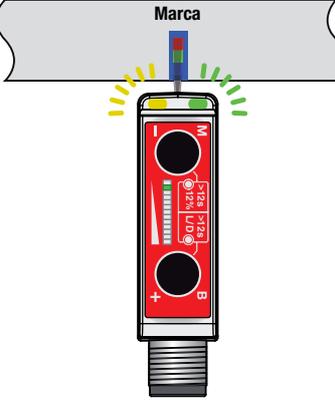
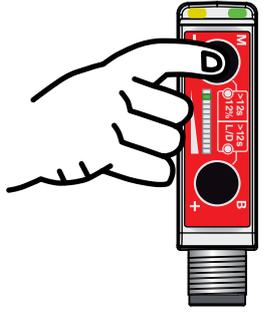
Con ayuda del adaptador de montaje BTX 018M (código 50133412) se pueden montar sensores de contraste KRT18B... en piezas de fijación para sensores de contraste de diseño estándar (80mm x 53mm x 30mm).



Ajuste de sensores por tecla de Teach

Teach estático con 2 puntos

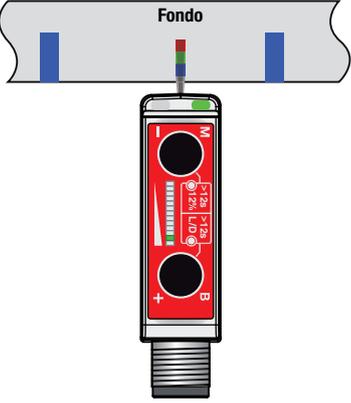
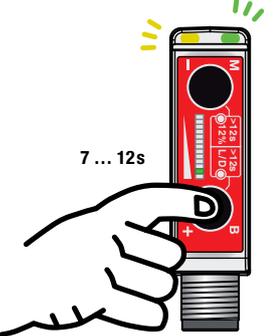
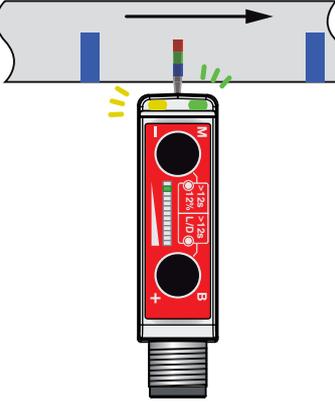
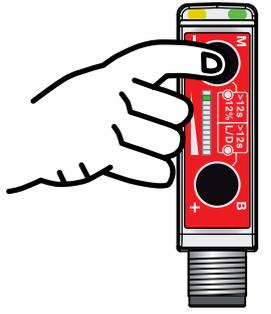
Apropiado para posicionamientos manuales de las marcas.

<p>Posicionar fondo.</p> 	<p>Presionar la tecla B (Background) 2 ... 7s y soltarla.</p>  <p>2 ... 7s</p> <p>Se adopta el valor para el fondo. LEDs parpadean simultáneamente (2Hz).</p>	<p>Posicionar marca.</p> 	<p>Presionar brevemente la tecla M (Marca) y soltarla.</p>  <p>Se adopta el valor para la marca. Sensor en modo RUN.</p> <p>Si se produce un error de Teach (muy poco contraste entre fondo y marca), los LEDs parpadean rápidamente (8Hz). Reinicialización con otra pulsación más.</p>
---	--	--	---

i El Teach estático con 2 puntos se puede realizar análogamente en orden inverso (primero Teach de la marca).

Teach dinámico con 2 puntos

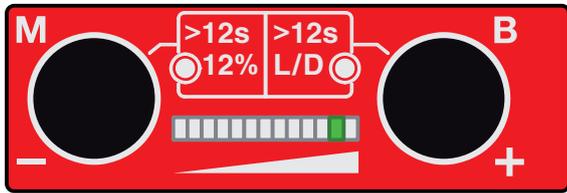
Apropiado para aplicaciones en las que la marca sólo se puede posicionar bajo el punto de luz con gran esfuerzo.

<p>Posicionar fondo.</p> 	<p>Presionar la tecla B (Background) 7 ... 12s y soltarla.</p>  <p>7 ... 12s</p> <p>Se abre la ventana de medición. LEDs parpadean en contrafase (2Hz).</p>	<p>Hacer pasar las marcas dinámicamente.</p> 	<p>Presionar brevemente la tecla M (Marca) y soltarla.</p>  <p>Se cierra la ventana de medición. Sensor en modo RUN.</p> <p>Si se produce un error de Teach (muy poco contraste entre fondo y marca), los LEDs parpadean rápidamente (8Hz). Reinicialización con otra pulsación más.</p>
---	--	--	---

Indicación de la potencia de señal

Mediante el indicador con gráfico de barras integrado en el equipo se puede supervisar y optimizar fácilmente la fiabilidad de detección.

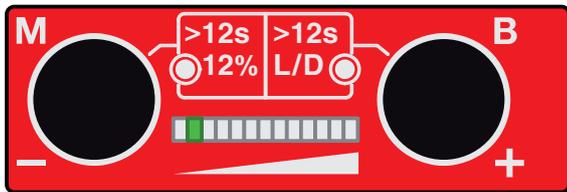
Señal alta (p. ej. fondo claro):



LED Q1 apagado:



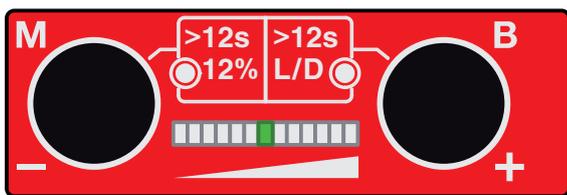
Señal baja (p. ej. marca oscura):



LED Q1 encendido:



Punto de conmutación ajustado:



El sensor tiene el ajuste óptimo cuando la señal de máximo y la de mínimo están simétricas con respecto al punto de conmutación.

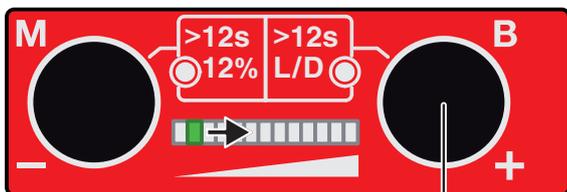
Ajuste de precisión del umbral de conmutación

El sensor de contraste KRT18B... permite un ajuste de precisión del umbral de conmutación para adaptar el sensor de modo óptimo a la aplicación.



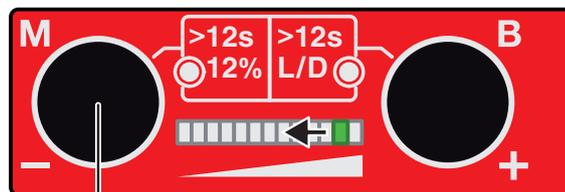
El ajuste preciso se debería efectuar sólo después de un Teach-In.

Una pulsación breve de la tecla '+' aumenta la sensibilidad del sensor, el gráfico de barras indica más señal.



Tecla '+'

Una pulsación breve de la tecla '-' disminuye la sensibilidad del sensor, el gráfico de barras indica menos señal.



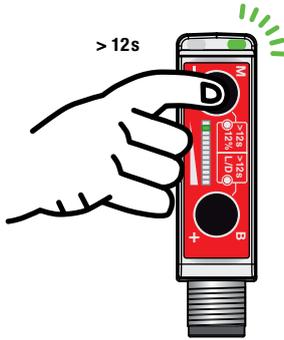
Tecla '-'

Para lograr un ajuste óptimo, la señal de máximo y la señal de mínimo indicadas deben estar simétricas con respecto al punto de conmutación (centro del gráfico de barras).

En los equipos con función de tracking, el ajuste preciso del umbral de conmutación sólo es posible si el tracking está desactivado.

Conexión/desconexión de funciones adicionales

Pulsar la tecla asignada a la función adicional durante más de 12s.



Sólo parpadea el LED verde.

Soltar la tecla.

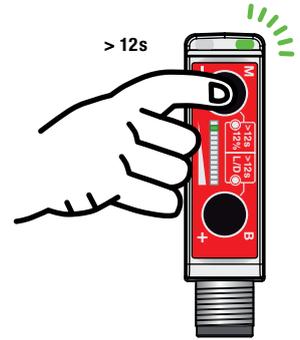


LED encendido = función adicional activa



LED apagado = función adicional inactiva

Para cambiar de nuevo el ajuste, presionar otra vez la tecla durante más de 12s y soltarla.



Funciones especiales disponibles (dependiendo de la variante de equipo)

12% – umbral de conmutación cerca de la marca

Esta función es apropiada para aplicaciones en las que el fondo es muy heterogéneo. Funciona con la tecla **M** (> 12s). El desplazamiento del umbral de conmutación tiene efecto inmediato, independientemente del procedimiento de Teach.



LED apagado

Umbral de conmutación centrado entre marca y fondo.



LED encendido

El umbral de conmutación está cerca de la marca.



El LED también se activa cuando se ha seleccionado una posición del umbral de conmutación distinta que la del 50%.

L/D - Conmutación claridad/oscuridad

Esta función invierte la lógica de conmutación de las salidas. Funciona con la tecla **B** (> 12s).



LED apagado

OUT1 (pin 4): señal high en la marca.
OUT2 (pin 2): señal low en la marca.



LED encendido

OUT1 (pin 4): señal low en la marca.
OUT2 (pin 2): señal high en la marca.

TBA - Función de tracking

Esta función aumenta la estabilidad del proceso del sensor de contraste. Aunque el color o el contraste de la marca cambie ligeramente, el sensor opera con el umbral de conmutación óptimo, porque el umbral se reajusta automáticamente en el proceso. Funciona con la tecla **B** (> 12s).



LED apagado

Función de tracking inactiva.



LED encendido

Función de tracking activa.

Interfaz IO-Link

El sensor de contraste KRT18B... tiene una interfaz IO-Link. Gracias a ello se puede parametrizar el sensor, leer informaciones de diagnóstico e integrar el sensor en un dispositivo de control con poco esfuerzo, rápida y fácilmente y, por consiguiente, con costes favorables.

Mediante un maestro IO-Link se puede integrar el sensor económicamente en el control. Para ello se necesita el archivo de descripción del equipo (IODD). En el archivo HTML asociado se encuentra una especificación exacta de los parámetros de IO-Link. Todos los archivos están en el área de descarga del sensor en www.leuze.com.

Con el USB-IO-Link Master SET US2-IL1.1 (código 50121098) y el Leuze Sensor Studio (en el área de descargas del sensor en www.leuze.com) se logran una parametrización con PC y una visualización sencillas.

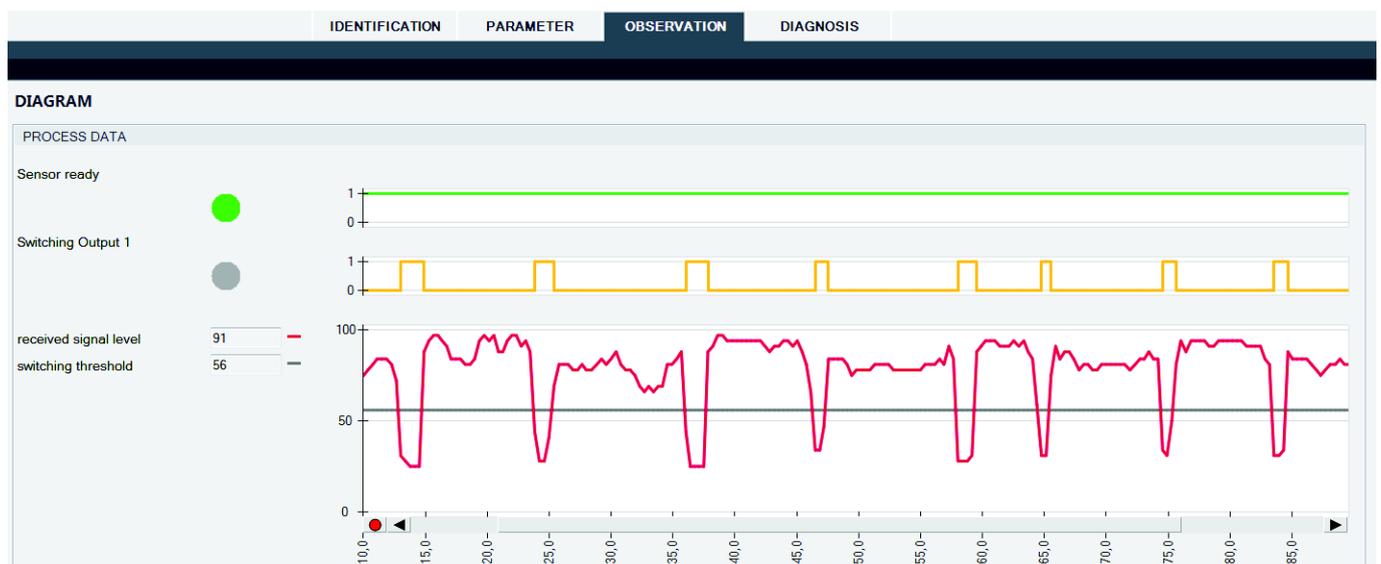
Datos de proceso IO-Link

El sensor transmite 2 bytes al maestro.

Bit de datos																Asignación	Ajustes por defecto
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
																Salida	0 = no hay marca, 1 = marca detectada
																Advertencia de tracking ¹⁾	0 = no hay advertencia, 1 = advertencia
																Funcionamiento del sensor	0 = apagado, 1 = encendido
																Umbral de conmutación LSB	Rango de valores 0 ... 31 (0 ... 100% en etapas de aprox. 3%) 0% = mín. umbral de conmutación 100% = máx. umbral de conmutación
																Umbral de conmutación	
																Umbral de conmutación	
																Umbral de conmutación	
																Umbral de conmutación MSB	
																Emisor activo LSB	00 = rojo, 01 = verde, 10 = azul
																Emisor activo MSB	
																No asignado	Libre
																Valor de medición LSB	Rango de valores 0 ... 31 (0 ... 100% en etapas de aprox. 3%) 0% = mín. nivel de señal 100% = máx. nivel de señal
																Valor de medición	
																Valor de medición	
																Valor de medición	
																Valor de medición MSB	

1) Sólo en combinación con función de tracking (seguimiento). Este bit no está asignado en las versiones de sensores sin función de tracking (seguimiento).

Visualización de los datos de proceso con *Leuze Sensor Studio*



La simple visualización de los datos de proceso en el software de parametrización con PC *Leuze Sensor Studio* permite evaluar rápidamente la estabilidad del proceso.

KRT18BM
Sensor de contraste multicolor
Contador de marcas

El sensor de contraste KRT18B... tiene un contador de marcas interno. Cuenta los eventos de conmutación, pudiendo leerlo y reinicializarlo a voluntad. Esta función permite validar fácilmente el proceso.

Sinopsis de las principales opciones de parametrización vía IO-Link

Bloque funcional	Función	Descripción
General	Bloqueo elementos de uso	Se bloquea la operación de las teclas de Teach.
	Bloqueo Easytune	El ajuste preciso de la sensibilidad se bloquea con las teclas + y -.
	Reinicio del equipo	Se restablece el ajuste de fábrica.
	Función de tracking ¹⁾	Aquí se puede activar y desactivar la función de tracking (seguimiento).
Salida	Función salida OUT1	La salida se puede ajustar a «Señal high en marca» o «Señal low en marca».
	Función salida OUT2	La salida se puede ajustar a «Función invertida respecto a OUT1» (salida antivalente), «Función idéntica a OUT1» (conveniente en el funcionamiento Dual-Channel de IO-Link) o a «Salida de aviso» ¹⁾ (cuando no se puede seguir reajustando la sensibilidad en los equipos con seguimiento, señala que hay que reprogramarlos de nuevo).
	Módulo de temporización	Aquí se pueden parametrizar funciones de temporización. La función actúa sobre todas las salidas. La principal función de temporización es la prolongación de impulso. Con ella se prolongan a una longitud mínima incluso las señales de salida muy cortas, para que puedan ser captadas por una entrada de control más lenta.
Teach	Color de emisión en el Teach	Aquí se pueden seleccionar los colores que se van a utilizar en el Teach. Es conveniente limitar los colores cuando, por experiencia, se sabe que el Teach consigue muy buenos resultados con colores determinados, particularmente cuando los objetos son muy desiguales. En el caso normal se debería trabajar con los 3 colores.
	Teach estático con 2 puntos	La marca y el fondo se reprograman sucesivamente. En el Teach desde la marca se posiciona la marca en el punto de luz, luego se inicia el Teach, a continuación se presenta el fondo y se concluye el Teach. En el Teach desde el fondo se invierte el orden.
	Teach dinámico con 2 puntos	El proceso se inicia con el punto de luz en el fondo. Se pasan varias marcas por el punto de luz. A continuación se concluye el Teach.
	Estado del Teach	Aquí se muestra el estado del último Teach. Existen los valores: «Teach satisfactorio», «Error de Teach» (se indica cuando en el Teach hay muy poco contraste entre la marca y el fondo) y «Últimos valores válidos utilizados» (se indica tras confirmar un error de Teach).
	Reiniciar error de Teach	Aquí se puede reiniciar un error de Teach. Se restablecen los últimos valores de Teach válidos.
Posición del umbral de conmutación	Selección de la posición del umbral de conmutación	Aquí se puede elegir la posición del umbral de conmutación entre la marca y el fondo. Por regla general es conveniente un umbral del 50% (centrado entre marca y fondo). Si los fondos son muy desiguales, un umbral cerca de la marca (p. ej. 12%) aumenta la fiabilidad de la detección. La posición del umbral de conmutación se puede modificar independientemente de un proceso de Teach.
	EasyTune: aumentar la sensibilidad	Esta es una posibilidad alternativa para ajustar con precisión el umbral de conmutación. Se aumenta un incremento la sensibilidad del sensor, los colores oscuros (p. ej. marcas) se detectan antes. Equivale a una breve pulsación de la tecla + del sensor.
	EasyTune: disminuir la sensibilidad	Se disminuye un incremento la sensibilidad del sensor, los colores claros (p. ej. fondo) se detectan antes. Equivale a una breve pulsación de la tecla - del sensor.
Memoria de resultados de Teach	Índice para cargar una memoria de resultados de Teach	Aquí se pueden cargar a la memoria central máx. 30 resultados de Teach memorizados en el sensor. Esta es una característica importante para los cambios de fórmulas.
	Índice para escribir una memoria de resultados de Teach	Aquí se pueden guardar máx. 30 resultados de Teach memorizados en el sensor. Esta es una característica importante para los cambios de fórmulas.
	Mostrar Teach Result Memory	Aquí se pueden leer los resultados de Teach memorizados, sin cargarlos a la memoria central.
Parámetros de trabajo	Aquí se almacenan los parámetros de trabajo actuales del sensor. Cuando no se quiere guardar los resultados de Teach en el sensor, sino en el control, y al cambiar una receta/un formato se quiere instalarlos de nuevo, entonces hay que leer esos parámetros o escribirlos de nuevo.	

1) Sólo en versiones de sensores con función de tracking (seguimiento)

Datos de diagnóstico

En los datos de diagnóstico se puede leer la seguridad del proceso después de un Teach-In. La información se refiere solamente a los dos valores reprogramados de la marca y del fondo. Cuando los objetos a detectar son muy desiguales, la seguridad real del proceso puede diferir del valor indicado.

- **100%**: gran seguridad del proceso
- **75%**: seguridad del proceso elevada
- **50%**: suficiente contraste entre fondo y marca.
Debería evitarse que vibren los materiales a detectar.
- **25%**: poco contraste entre fondo y marca.
Hay que asegurarse de que las condiciones del proceso sean muy estables; debe evitarse sin falta que vibren los materiales a detectar. En determinadas circunstancias, ladeando el sensor 10°...15° con respecto a la perpendicular se obtienen unas condiciones del proceso mejores.

KRT18BM

Sensor de contraste multicolor

Ajustes del sensor a través de la entrada IN (pin 5)

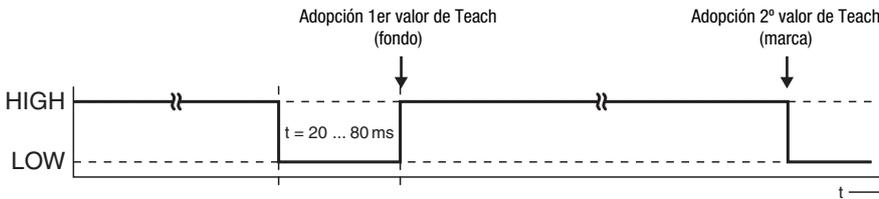
Además de la parametrización vía IO-Link, muchas funciones del sensor también se pueden parametrizar a través de la entrada de Teach.



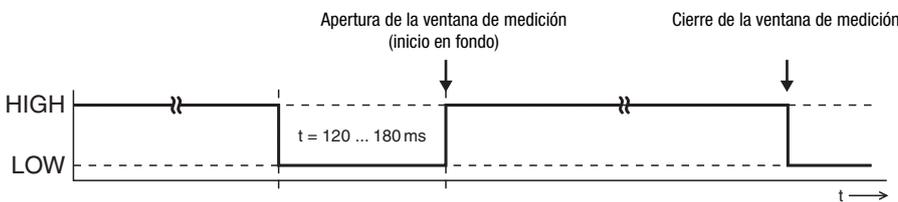
Nivel de señal LOW $\leq 2V$
 Nivel de señal HIGH $\geq (U_B - 2V)$

Teach-In

Teach estático con 2 puntos

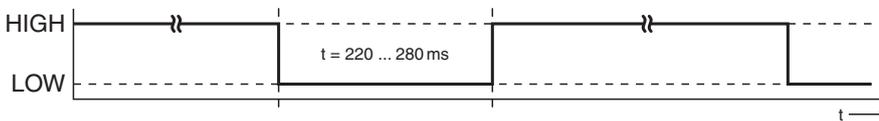


Teach dinámico con 2 puntos

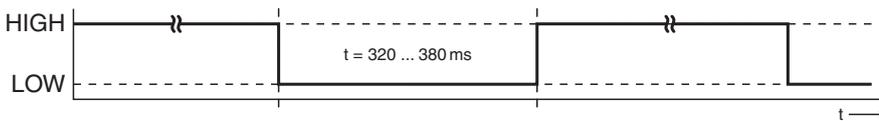


Umbral de conmutación

Umbral de conmutación cerca de la marca

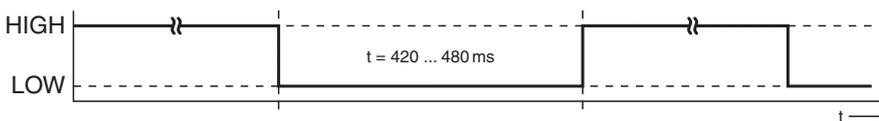


Umbral de conmutación centrado entre marca y fondo

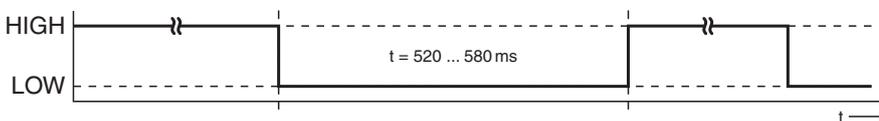


Conmutación claridad/oscuridad

Señal low en la marca (OUT1)

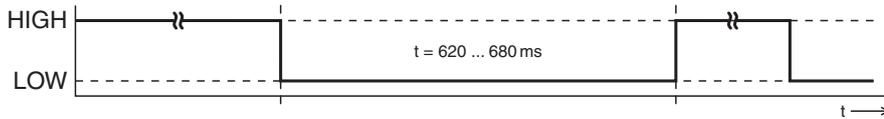


Señal high en la marca (OUT1)

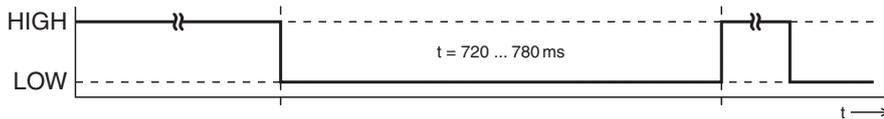


Función de tracking

Activar función de tracking



Desactivar función de tracking



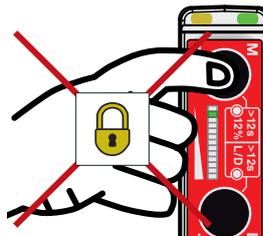
Bloqueo de las teclas de Teach a través de la entrada IN (pin 5)

i Una **señal HIGH estática** (≥ 20 ms) en la **entrada IN** (pin 5) bloquea en caso necesario todos los elementos de uso del sensor, de tal forma que no se pueda efectuar una operación manual (por ejemplo, protección contra operación o manipulación errónea).

Si la entrada no está conectada, o si hay una señal LOW estática, todos los elementos de uso están desbloqueados y se puede operar con ellos libremente.

Nota:

El enclavamiento de los elementos de uso también es posible a través de IO-Link.

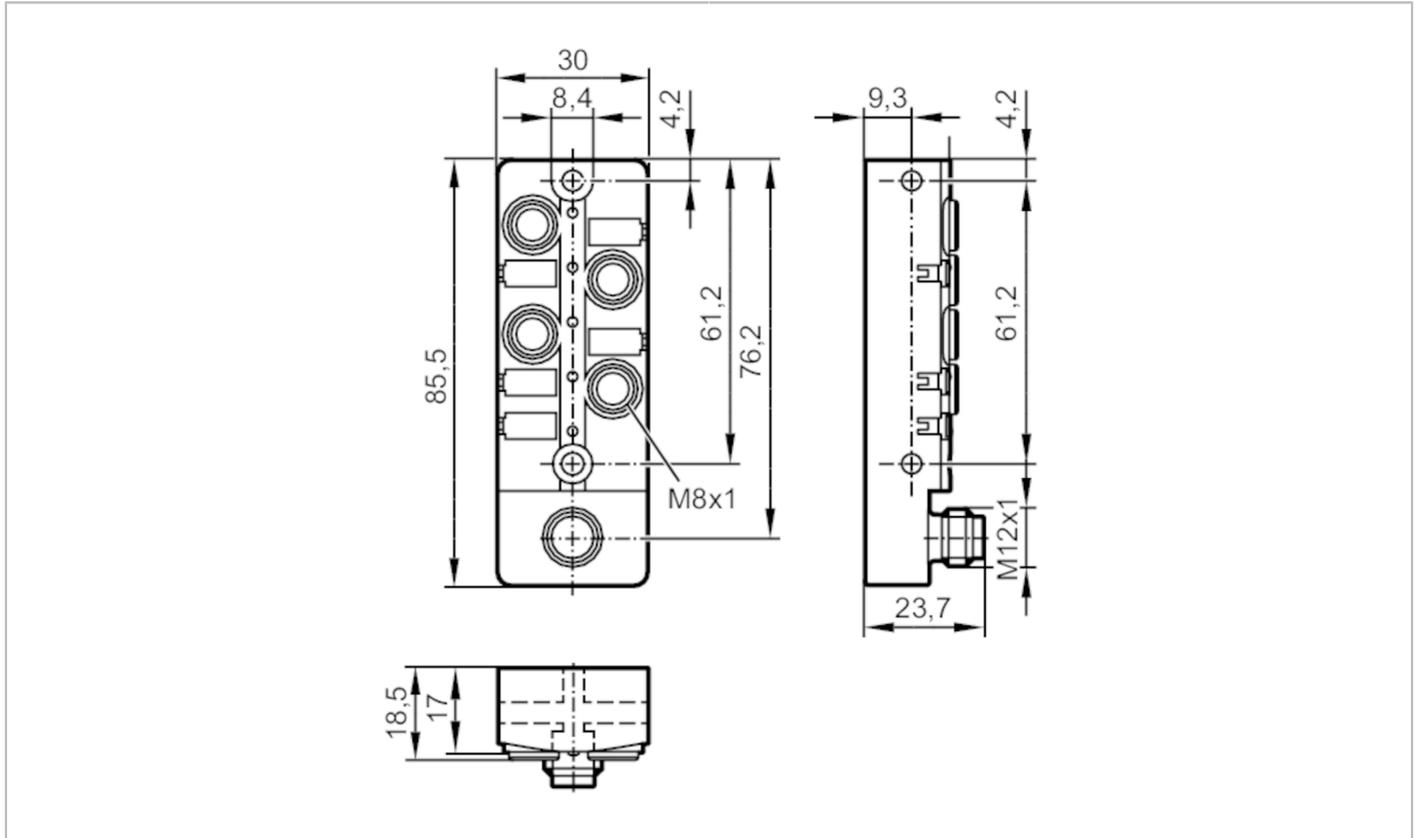


AL2410



Módulo CompactLine IO-Link

IO-Link module 4 DI M8 IP 67



Datos eléctricos

Tensión de alimentación [V]	18...30 DC; ("supply class 2" según cULus)
Consumo de corriente [mA]	50
Alimentación del sensor US	
Corriente máxima por cada puerto [A]	0,1

Entradas/salidas

Número de entradas y salidas	Número de entradas digitales: 4
------------------------------	---------------------------------

Entradas

Número de entradas digitales	4
Conexión de las entradas digitales	PNP
Limitación de corriente de entrada [mA]	15
Corriente de entrada alta [mA]	6...10
Corriente de entrada baja [mA]	0...2
Punto de conmutación alto [V]	> 11
Resistencia a cortocircuitos de las entradas digitales	sí

Interfaces

Interfaz de comunicación	IO-Link
--------------------------	---------

AL2410



Módulo CompactLine IO-Link

IO-Link module 4 DI M8 IP 67

DeviceIDs compatibles	Modo de funcionamiento	DeviceID
	default	789
IO-Link Device		
Tipo de transmisión	COM2 (38,4 kBaud)	
Revisión IO-Link	1.1	
Norma SDCI	IEC 61131-9	
Modo SIO	no	
Datos del proceso binarios	32	
Tiempo mínimo del ciclo de proceso [ms]	2,9	
Condiciones ambientales		
Temperatura ambiente [°C]	-25...70	
Temperatura de almacenamiento [°C]	-25...85	
Humedad relativa del aire máx. [%]	90; (sin condensación)	
Grado de protección	IP 67	
Grado de protección (NEMA 250)	6P	
Fluidos químicos	ISO 16750-5	AA, BA, BD, HLP, CC, DB, DC, DD, CA
	NEMA 250 5.13.1	AA
Homologaciones / pruebas		
CEM	EN 61000-6-2	
	EN 61000-6-3	
	IEC 61131-9	
Datos mecánicos		
Peso [g]	105,5	
Materiales	PBT; conector hembra: latón niquelado; Junta tórica: FKM	
Material de la junta	FKM	
Indicaciones / elementos de mando		
Indicación	Disponibilidad	LED, verde
	errores	LED, rojo
	función	LED, amarillo
Accesorios		
Componentes incluidos	campo de rotulación	
	Tapones de protección: 2	
Accesorios (opcionales)	Tapón de protección: M8, E73005	
Notas		
Notas	Solo para uso en aplicaciones NFPA 79	
	El equipo debe ser utilizado según la especificación IO-Link V1.1.2.	
	La longitud máxima del cable IO-Link es 20 m.	
Cantidad por pack	1 unid.	



Módulo CompactLine IO-Link

IO-Link module 4 DI M8 IP 67

Conexión eléctrica - Entradas

Conector: 4 x M8; codificación: A; Junta de estanqueidad: FKM



	Entradas X1.0...X1.3
1	Alimentación del sensor +24 V
3	Alimentación del sensor -
4	entrada de datos

Conexión eléctrica - IO-Link

Conector: 1 x M12; codificación: A



	IO-Link
1	L +
2	no utilizado
3	L -
4	C/Q / IO-Link

Hoja técnica

Lector de código de barras fijo

Código: 50116205

BCL 300i SF 100



La figura puede variar

Contenido

- Datos técnicos
- Dibujos acotados
- Conexión eléctrica
- Diagramas
- Operación e Indicación
- Código de producto
- Notas
- Accesorios



Datos técnicos

Datos básicos

Serie	BCL 300i
-------	----------

Funciones

Funciones	AutoConfig
	AutoControl
	AutoRefAct
	Comparación con códigos de referencia
	CRT - Tecnología de Reconstrucción de Códigos
	Indicador LED
	Modo de ajuste

Parámetros

MTTF	110 Años
------	----------

Datos de lectura

Tipos de códigos legibles	2/5 Interleaved
	Codabar
	Code 128
	Code 39
	Code 93
	EAN 8/13
	GS1 Databar Expanded
	GS1 Databar Limited
	GS1 Databar Omnidireccional
	UPC

Velocidad de escaneo, típica	1.000 scans/s
Códigos de barras por puerta de lectura, número máx.	64 Unidad(es)

Datos ópticos

Distancia de lectura	70 ... 445 mm
Fuente de luz	Láser, Rojo
Longitud de onda	655 nm
Láser de clase	1, IEC/EN 60825-1:2014
Forma de señal de emisión	Continuo
Ángulo de apertura útil (apertura del campo de lectura)	60 °
Tamaño de módulo	0,3 ... 0,5 mm
Sistema de lectura	Escáner lineal con espejo deflector
Desviación de haz	Mediante rueda poligonal rotatoria + espejo deflector
Salida del haz de luz	Lateral con espejo deflector

Datos eléctricos

Circuito de protección	Protección contra polarización inversa
------------------------	--

Datos de potencia

Tensión de alimentación U_B	18 ... 30 V, CC
Consumo de potencia, máx.	4,5 W

Entradas/salidas seleccionables

Corriente de salida, máx.	60 mA
Número de entradas/salidas seleccionables	2 Unidad(es)
Corriente de entrada, máx.	8 mA

Interfaz

Tipo	RS 232, RS 422
------	----------------

RS 232

Función	Proceso
Velocidad de transmisión	4.800 ... 115.200 Bd
Formato de datos	Ajustable
Bit de arranque	1
Bit de datos	7,8
Bit de stop	1,2
Paridad	Ajustable
Protocolo de transmisión	<STX><datos><CR><LF>
Codificación de datos	ASCII

RS 422

Función	Proceso
Velocidad de transmisión	4.800 ... 115.200 Bd
Formato de datos	Ajustable
Bit de arranque	1
Bit de datos	7, 8 bits de datos
Bit de stop	1, 2 bits de stop
Protocolo de transmisión	Ajustable
Codificación de datos	ASCII

Interfaz servicio

Tipo	USB 2.0
------	---------

USB

Función	Configuración/parametrización vía software
---------	--

Conexión

Número de conexiones	1 Unidad(es)
----------------------	--------------

Conexión 1

Función	BUS OUT
	Conexión con el equipo
	Interfaz de datos
	Interfaz de servicio
	PWR / SW IN/OUT

Tipo de conexión Regleta de conectores, Para la puesta en marcha del equipo, es obligatorio utilizar una unidad de conexión.

Número de polos	32 polos
-----------------	----------

Tipo	Conector macho
------	----------------

Datos mecánicos

Diseño	Cúbico
Dimensiones (An x Al x L)	103 mm x 44 mm x 96 mm
Material de carcasa	Metal
Carcasa de metal	Fundición a presión de aluminio
Material, cubierta de óptica	Vidrio
Peso neto	350 g
Color de carcasa	Plata
	Rojo

Tipo de fijación	Fijación para el lado posterior
	Mediante pieza de fijación opcional
	Ranuras de cola de milano

Operación e Indicación

Tipo de indicación	LED
--------------------	-----

Número de LED	2 Unidad(es)
---------------	--------------

Tipo de configuración/parametrización	A través de navegador web
---------------------------------------	---------------------------

Datos técnicos

Datos ambientales

Temperatura ambiente en servicio	0 ... 40 °C
Temperatura ambiente en almacén	-20 ... 70 °C
Humedad del aire relativa (sin condensación)	0 ... 90 %

Certificaciones

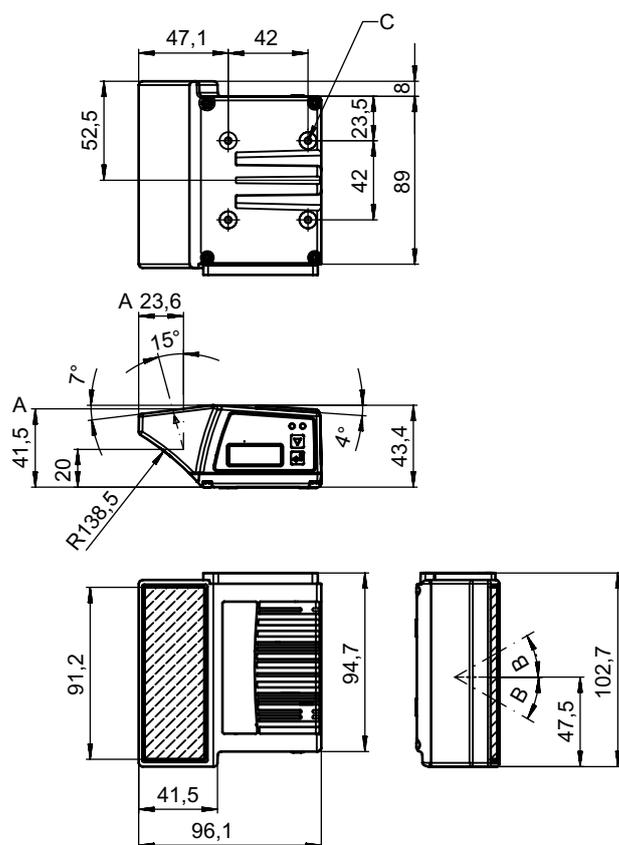
Índice de protección	IP 65
Clase de seguridad	III
Certificaciones	c UL US
Método de prueba CEM según norma	EN 55022 EN 61000-4-2, -3, -4, -6
Método de prueba choque según norma	IEC 60068-2-27, test Ea
Método de prueba impacto permanente según norma	IEC 60068-2-29, test Eb
Método de prueba vibración según norma	IEC 60068-2-6, test Fc

Clasificación

Número de arancel	84719000
ECLASS 5.1.4	27280102
ECLASS 8.0	27280102
ECLASS 9.0	27280102
ECLASS 10.0	27280102
ECLASS 11.0	27280102
ECLASS 12.0	27280102
ECLASS 13.0	27280102
ECLASS 14.0	27280102
ETIM 5.0	EC002550
ETIM 6.0	EC002550
ETIM 7.0	EC002550
ETIM 8.0	EC002550
ETIM 9.0	EC002550

Dibujos acotados

Todas las medidas en milímetros



- A Eje óptico
- B Ángulo de desvío del haz láser: $\pm 30^\circ$
- C Rosca M4 (5 mm de profundidad)

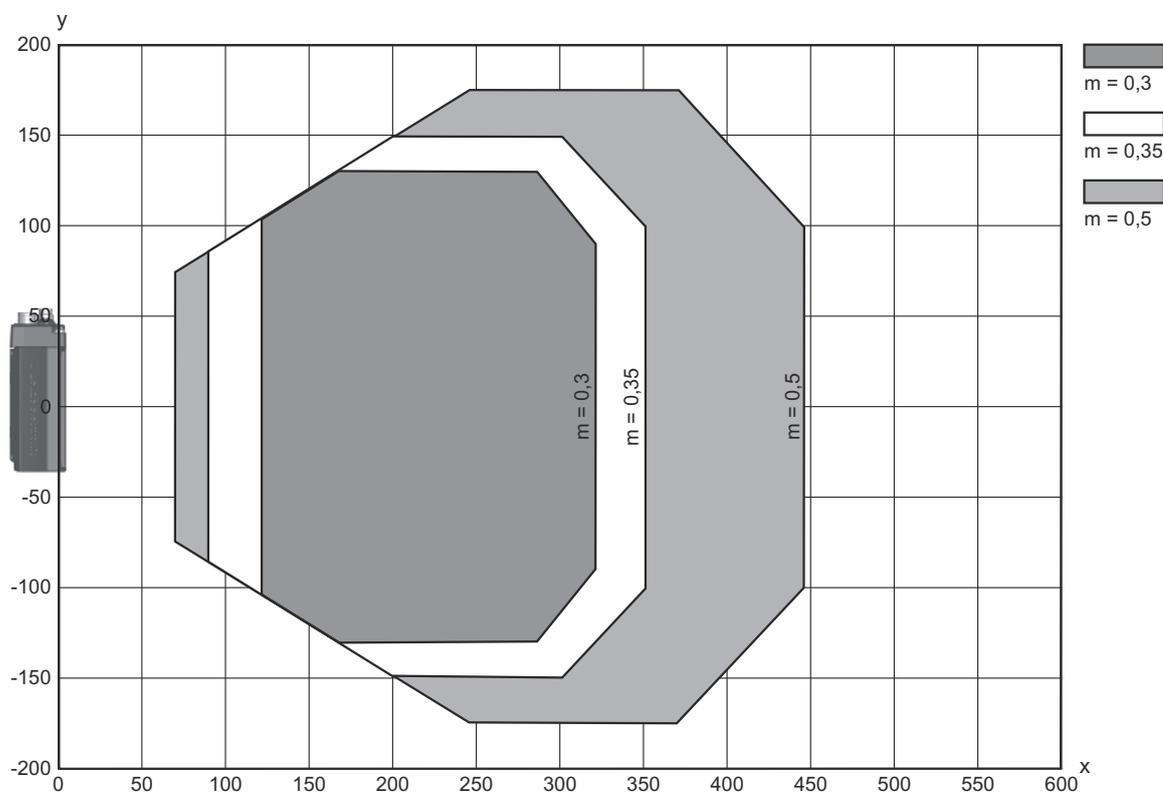
Conexión eléctrica

Conexión 1

Función	BUS OUT Conexión con el equipo Interfaz de datos Interfaz de servicio PWR / SW IN/OUT
Tipo de conexión	Regleta de conectores
Tipo de conexión	Para la puesta en marcha del equipo, es obligatorio utilizar una unidad de conexión.
Número de polos	32 polos
Tipo	Conector macho

Diagramas

Curva del campo de lectura



x Distancia del campo de lectura [mm]

y Ancho del campo de lectura [mm]

Operación e Indicación

LED	Display	Significado
1 PWR	Verde, parpadeante	Equipo correcto, fase de inicialización
	Verde, luz continua	Equipo correcto
	Verde brevemente off - on	Lectura satisfactoria
	Verde brevem. apag.- brevem. rojo - encendido	La lectura no ha tenido éxito
	Naranja, luz continua	Modo de servicio
	Rojo, parpadeante	Equipo correcto, aviso activado

Operación e Indicación

LED	Display	Significado
1 PWR	Rojo, luz continua	Error, error del equipo
2 BUS	Verde, parpadeante	Inicialización
	Verde, luz continua	Funcionamiento de bus en orden
	Rojo, parpadeante	Error de comunicación
	Rojo, luz continua	Error del bus

Código de producto

Denominación del artículo: **BCL XXXX YYZ AAA BB CCCC**

BCL	Principio de funcionamiento BCL: lector de código de barras
XXXX	Serie/interfaz (tecnología de bus de campo integrada) 300i: RS 232 / RS 422 (monopuesto) 301i: RS 485 (esclavo multiNet) 304i: PROFIBUS DP 308i: EtherNet TCP/IP, UDP 338i: EtherCAT 348i: PROFINET RT 358i: EtherNet/IP
YY	Principio de exploración S: escáner lineal (single line) R1: escáner multihaz (raster) O: escáner con espejo oscilante (oscillating mirror)
Z	Óptica N: High Density (cerca) M: Medium Density (distancia media) F: Low Density (lejos) L: Long Range (distancia muy grande) J: Ink-Jet (en función de la aplicación)
AAA	Salida del haz 100: lateral 102: frontal
BB	Equipamiento especial D: con display H: con óptica calefactada DH: con display y óptica calefactada P: ventana de salida de plástico
CCCC	Funciones F007: estructura de los datos de proceso optimizada F099: función OPC-UA

Nota

	Encontrará una lista con todos los tipos de equipo disponibles en el sitio web de Leuze: www.leuze.com .
--	---

Notas

¡Atención al uso conforme!	
	<ul style="list-style-type: none"> ☞ El producto no es un sensor de seguridad y no es apto para la protección de personas. ☞ El producto solo lo pueden poner en marcha personas capacitadas. ☞ Emplee el producto para el uso conforme definido.

Notas

¡ATENCIÓN! RADIACIÓN LÁSER – PRODUCTO LÁSER DE CLASE 1



El equipo cumple los requisitos conforme a la IEC/EN 60825-1:2014 para un producto de **láser de clase 1** y las disposiciones conforme a la U.S. 21 CFR 1040.10 con las divergencias correspondientes a la Laser Notice No. 56 del 08/05/2019.

☞ Observe las vigentes medidas de seguridad de láser locales.

☞ No están permitidas las intervenciones ni las modificaciones en el equipo.

El equipo no contiene ninguna pieza que el usuario deba ajustar o mantener.

Cualquier reparación debe ser realizada exclusivamente por Leuze electronic GmbH + Co. KG.

Accesorios

Sistema de conexión - Unidad de conexión

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50114369	MA 100	Unidad de conexión modular	Tensión de alimentación: 18 ... 30 V Interfaz: RS 232, RS 485 Conexiones: 1 Unidad(es) Índice de protección: IP 54

Sistema de conexión - Cables de conexión

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50132079	KD U-M12-5A-V1-050	Cable de conexión	Conexión 1: Conector redondo, M12, Axial, Conector hembra, Codificación A, 5 polos Conector redondo, LED: No Conexión 2: Final abierto Apantallado: No Longitud de cable: 5.000 mm Material de cubierta: PVC

Sistema de conexión - Cables de interconexión

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50114571 *	KB 301-3000	Cable de interconexión	Apropiado para interfaz: RS 232, RS 422, RS 485 Conexión 1: Regleta hembra Conexión 2: JST ZHR, 10 polos, 6 polos Apantallado: Sí Longitud de cable: 3.000 mm Material de cubierta: PVC
	50117011	KB USB A - USB miniB	Línea de servicio	Apropiado para interfaz: USB Conexión 1: USB Conexión 2: USB Apantallado: Sí Longitud de cable: 1.500 mm Material de cubierta: PVC

* Accesorios necesarios, pedir por separado, por favor

Accesorios

Sistema de conexión - Cajas de conexión

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50116463 *	MK 300	Pieza de conexión	Apropiado para: BCL 300i, BPS 300i Interfaz: RS 232 Número de conexiones: 3 Unidad(es) Conexión: Borne
	50116468 *	MS 300	Pieza de conexión	Apropiado para: BCL 300i, BPS 300i Interfaz: RS 232 Número de conexiones: 3 Unidad(es) Conexión: Conector redondo, M12

* Accesorios necesarios, pedir por separado, por favor

Sistema de fijación - Escuadras de fijación

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50121433	BT 300 W	Pieza de fijación	Versión de la pieza de fijación: Ángulo en forma de L Fijación, lado de la instalación: Fijación pasante Fijación, del lado del equipo: Enroscable Tipo de pieza de fijación: Ajustable Material: Metal

Sistema de fijación - Fijaciones con varilla

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50121435	BT 56 - 1	Pieza de fijación	Funciones: Aplicaciones estáticas Versión de la pieza de fijación: Sistema de montaje Fijación, lado de la instalación: Para varilla 12 mm, Para varilla 14 mm, Para varilla 16 mm Fijación, del lado del equipo: Puede unirse por apriete Material: Metal Par de apriete de las mordazas: 8 N·m

Sistema de fijación - Otros

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50124941	BTU 0300M-W	Pieza de fijación	Fijación, lado de la instalación: Fijación pasante Fijación, del lado del equipo: Puede unirse por apriete, Adecuado para tornillos M4, Montaje en ranura Material: Metal Amortiguación de vibraciones: No

Accesorios

Cintas reflectoras para aplicaciones estándar

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	50106119	REF 4-A-100x100	Cinta reflectora	Diseño: Rectangular Superficie de reflexión: 100 mm x 100 mm Material: Plástico Denominación química material: PMMA Fijación: Autoadhesivo

Servicios

	Código	Denominación	Artículo	Descripción
	S981020	CS30-E-212	Importe por hora	Detalles: Recopilación de datos de aplicación, selección y propuesta de los sensores apropiados, elaboración de esquemas en forma de boceto de montaje. Condiciones: Se dispone de un formulario relleno o de una especificación del proyecto con una descripción de la aplicación.
	S981014	CS30-S-110	Asistencia en la puesta en marcha	Detalles: Realización en un lugar deseado por el cliente, duración: máx. 10 horas. Condiciones: Los equipos y los cables de conexión ya están montados, precio sin incluir gastos de desplazamiento y, en su caso, de pernoctación.
	S981019	CS30-T-110	Formación de producto	Detalles: Lugar y contenidos tras acordarlo, duración: máx. 10 horas. Condiciones: Precio sin gastos de viaje y, en su caso, de pernoctación.
	S981021	CS30-V-212	Importe por hora	Detalles: Evaluación REA con redacción de un informe de comprobación, evaluación de la calidad de los códigos. Condiciones: El cliente proporcionará los códigos de barras originales.

Nota



Encontrará una lista con todos los accesorios disponibles en el sitio web de Leuze, en la pestaña de Descargas de la página detallada del artículo.

Automatización y control de plegado de estuches de cartón

DOCUMENTO IV: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES.....	102
CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES	103
CAPÍTULO 2: CONDICIONES FACULTATIVAS	104
2.1 Obligaciones del director de montaje.....	104
2.2 Obligaciones del director de programación	104
2.3 Facultades de la dirección técnica	105
CAPÍTULO 3: CONDICIONES ECONÓMICAS.....	106
CAPÍTULO 4: CONDICIONES TÉCNICAS	106
4.1 Normas de mantenimiento del autómatas	106
4.2 Cableado	106
4.3 Alimentación.....	107
4.4 Mantenimiento.....	107
CAPÍTULO 5: NORMATIVA DE SEGURIDAD E HIGIENE.....	108
5.1 Canalizaciones prefabricadas	108
5.2 Conductores eléctricos.....	108
5.3 Interruptores y cortocircuitos para baja tensión	108

CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES

El presente proyecto regirá en unión de las disposiciones con carácter general y particular que se indican, y tiene por objeto la ordenación de las condiciones técnicas y facultativas que han de regir en la ejecución del presente proyecto.

El pliego de condiciones, como parte del proyecto, tiene como finalidad fijar los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que correspondan, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, a la propiedad, al contratista sus técnicos y sus encargados, al ingeniero, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

La ejecución del proyecto se efectuará bajo la dirección de un ingeniero técnico industrial, o en su defecto por un ingeniero industrial.

El pliego de prescripciones técnicas establece la definición del montaje en cuanto a su naturaleza intrínseca. Los planos constituyen los documentos que definen las conexiones entre los diferentes componentes del sistema.

Lo mencionado acerca del pliego de prescripciones técnicas e incluso en los planos y viceversa, se considera como si estuviese expuesto en ambos documentos siempre y cuando la unidad del montaje este definida en uno y otro y figure en el presupuesto.

El organismo correspondiente queda obligado a abonar al ingeniero técnico industrial autor del presente proyecto y al director del montaje el importe de los respectivos honorarios facultativos de formación del proyecto, de dirección técnica y administrativa, con arreglo a las tarifas y honorarios correspondientes. El ingeniero redactor del proyecto se reserva el derecho de percibir todo ingreso que en concepto de derechos de autor pudieran derivarse de una posterior comercialización, reservándose además el derecho de introducir cuantas modificaciones crea convenientes.

CAPÍTULO 2: CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1 Obligaciones del director de montaje

Las presentes condiciones técnicas serán de obligado cumplimiento para el director de montaje, el cual deberá hacer constar que las acepta y que se compromete a terminarlas.

Todos los trabajos serán ejecutados por personas preparadas, tanto en la instalación del autómatas como en el conocimiento de la instalación.

El director del montaje tiene la responsabilidad en la instalación de los diferentes elementos siendo el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio que pudiera costarle dicha instalación, ni por las erradas maniobras que cometiese durante la realización del montaje, siendo estas de su cuenta y riesgo.

De igual modo corresponde al director de montaje coordinar la obra, facilitando la interpretación del proyecto en el aspecto técnico, económico, etc. Así como redactar las modificaciones, adiciones o rectificaciones del proyecto que se precisen.

Así mismo será responsable ante los tribunales de los accidentes que por inexperiencia o descuido se sobrevinieran, tanto en la instalación del proyecto como en su uso, atendándose a todas las disposiciones y leyes sobre la materia.

También habrá que tener en cuenta una serie de restricciones expresando, según los casos, por los órganos oficiales a través de las normas UNE, todo ello en función de las necesidades del montaje.

2.2 Obligaciones del director de programación

Las presentes condiciones técnicas serán de obligado cumplimiento para el director de programa, el cual deberá hacer constar que las acepta y se compromete a finalizarlas dentro de los plazos exigidos.

El trabajo de instalación del programa en el autómatas deberá ser ejecutado por personas especialmente preparadas y con conocimientos teórico-prácticos sobre el autómatas colocado en la instalación.

El director de programa será responsable del cumplimiento de todas las especificaciones indicadas en la memoria del proyecto, así como también será responsable de todos aquellos perjuicios que se puedan derivar de una incorrecta programación del autómatas, no teniendo

derecho a recibir pago alguno por el costo derivado de cualquier modificación necesaria tendente al cumplimiento de las especificaciones de la memoria.

2.3 Facultades de la dirección técnica

El director de montaje, así como el del programa quedan obligados a que todas las dudas que surjan de la interpretación de los documentos del proyecto o posteriormente durante su uso, serán resueltas por la dirección facultativa de acuerdo con el pliego de condiciones técnicas.

Las especificaciones no descritas en el presente pliego de condiciones con relación al proyecto (memoria, planos, anexos, presupuesto) deberán considerarse como datos a tener en cuenta en la formulación del presupuesto por parte del demandante del proyecto.

Los componentes serán reconocidos antes de su montaje, sin cuya aprobación no podrán ser usados. Existirá el derecho de desechar aquellos componentes que no reúnan las condiciones sobre la base de sus características técnicas para ser considerados aptos.

CAPÍTULO 3: CONDICIONES ECONÓMICAS

Las valoraciones de las unidades de cada componente que figuren en el presente proyecto se efectuarán multiplicando el número de estos por su precio unitario asignado a los mismos en el presupuesto.

Todos los precios están sujetos a variaciones, pues su valor no es constante, sino que varía a través del tiempo, siendo generalmente más baratos cuanto más tarde, desde su aparición en el mercado se compran ya que se van quedando obsoletos debido a la salida al mercado de nuevas referencias tecnológicamente superiores.

CAPÍTULO 4: CONDICIONES TÉCNICAS

4.1 Normas de mantenimiento del autómatas

Los autómatas son máquinas preparadas para trabajar en un ambiente industrial, pero se deben observar una serie de normas para garantizar su correcto aprovechamiento y prolongar su vida. Un autómata sin un mantenimiento adecuado puede dar fallos de funcionamiento y su vida media se reduce de forma considerable.

Estas normas básicas de mantenimiento son las siguientes:

- Las temperaturas del recinto en el que se encuentre localizado el autómata o PLC estarán comprendidas entre los 5°C y los 50°C aproximadamente.
- La humedad ambiental se moverá en un margen del 20 al 80%.
- Deberá asegurarse una correcta sujeción de los elementos para evitar golpes fuertes y vibraciones.
- Tendrá que estar protegido contra el polvo y los agentes corrosivos.
- El autómata se habrá de situar por estas razones en un armario con envolvente metálica.
- Se ha de valorar la necesidad de instalar un ventilador para que no se eleve la temperatura por encima de los márgenes fijados anteriormente. En caso de ser necesario, el ventilador se colocará en la parte superior del armario.

4.2 Cableado

Sobre el cableado se deben de seguir las siguientes normas:

- Hay que separar los cables de continua de los de corriente alterna para evitar interferencias. Para ello en el autómata colocaremos los módulos de corriente continua y a continuación los de corriente alterna.
- Los cables de potencia (hasta 400V) y las líneas de señales pueden ser tendidas en los mismos canales y sin separación física, pero es aconsejable distinguirlos y separarlos.
- Los cables de alimentación de entrada y salida discurrirán por canaletas separadas (30 cm si van paralelas). En caso de que esto no sea posible se situarán placas metálicas conectadas a tierra.

4.3 Alimentación

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- En la alimentación de equipos en los que se instalan los autómatas programables será necesario tener en cuenta si ésta es para el aparato o por el contrario es para los emisores de señal y los receptores. Cuando la fuente de alimentación es independiente se han de prever medidas de vigilancia comunes de la tensión de carga de las fuentes de alimentación.
- Hay que proporcionarle al autómata una tensión estable del valor indicado por el fabricante. Se tendrán en cuenta los posibles picos de tensión creados por otros dispositivos de la instalación.
- Las oscilaciones de la tensión de red respecto al valor nominal deben encontrarse dentro del margen de tolerancia admisible.

4.4 Mantenimiento

El mantenimiento de un autómata es muy sencillo. Se limita a hacer cada cierto tiempo una inspección visual para garantizar que se mantiene limpio, observar las condiciones ambientales y verificar y controlar los parámetros de la tensión de alimentación para que se encuentren comprendidas dentro de los márgenes adecuados y localizar y reparar las anomalías producidas.

CAPÍTULO 5: NORMATIVA DE SEGURIDAD E HIGIENE

5.1 Canalizaciones prefabricadas

Deberán tener el grado de protección adecuado a las características del local por el que discurren de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-20 del R.E.B.T. según el real decreto 842/2002 de 2 de Agosto. Cumpliendo a su vez con UNE EN-60570 en el caso de canalizaciones prefabricadas para iluminación y la normativa UNE EN- 60439-2 en el caso de las canalizaciones de uso general.

5.2 Conductores eléctricos

Los conductores unipolares o multipolares deberán estar aislados según la norma UNE EN-20.460-5-52 de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-20 del R.E.B.T. según el real decreto 842/2002 de 2 de Agosto.

Según las prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de locales con riesgo de incendio o explosión los requisitos de los cables a emplear estarán de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-29 del R.E.B.T. según el real decreto 842/2002 de 2 de Agosto, y conforme a la norma UNE EN-50086-1 debido a la cual deberán estar aislados con mezclas termoplásticas o termoestables. En caso de alimentación de equipos portátiles o móviles se usarán cables con cubierta de policloropropeno según la norma UNE EN-21027 parte 4 o UNE EN-21150 de tensión asignada mínima 450/700V, flexibles y de sección mínima de 1,5mm².

5.3 Interruptores y cortocircuitos para baja tensión

Los fusibles o cortacircuitos no estarán al descubierto a menos que estén montados de tal forma que no puedan producirse proyecciones.

Los interruptores deberán ser de equipo completamente cerrado y protegido contra contactos directos e indirectos según lo dispuesto en la ITC-BT-24 del R.E.B.T. según el real decreto 842/2002 de 2 de agosto. Tomando como referencias la norma UNE EN-20460-4-41 para los contactos directos y la norma UNE EN- 20572-1 para los contactos indirectos.

Los interruptores situados en locales de carácter inflamable o explosivo se colocarán fuera de las zonas de peligro. Cuando ello sea posible, estarán cerrados en cajas antideflagrantes o herméticas, según el caso, las cuales no se podrán abrir a menos que la fuente de energía eléctrica este desconectada.

Los fusibles montados serán de construcción tal, que ningún elemento de tensión podrá tocarse y estarán instalados de tal manera que se desconecten automáticamente de la fuente de energía eléctrica antes de ser accesible.

Automatización y control de plegado de estuches de cartón

DOCUMENTO V: PRESUPUESTO

Trabajo de fin de Máster MII – Septiembre 2024

César Narváez Rodríguez

Universidad de Cantabria

PRESUPUESTO

Nº de orden	Designación	Descripción			
1	Adquisición de equipos para la instalación del sistema.	Coste de adquisición del controlador y módulos necesarios, software de implementación, PC para el desarrollo del proyecto, sensores y luces de señalización			
Desglose					
Nº	Elemento	Referencia	Cantidad	Precio Ud.(€)	Precio Total (€)
Equipo S7-1200					
1	CPU 1214 AC/DC/RLY	6ES7214-1BG40-0XB0	1	309,59 €	309,59 €
	Fuente de alimentación 24 Vdc				
	Siemens POWER MODUL PM1207	6EP1332-1SH71	1	100,19 €	100,19 €
2	Módulo de entradas Analógicas	6ES7 231-5ND32-0XB0	1	172,00 €	172,00 €
3	Módulo de salidas digitales	6ES7 222-1HF32-0XB0	1	132,86 €	132,86 €
4	Siemens SIMATIC STEP 7 Professional V19	6ES7822-1AA23-0YA5	1	2.670,71 €	2.670,71 €
5	Pantalla de HMI	6AV2 123-23B03-0AX0	1	808,04 €	808,04 €
6	Portátil HP 15-fd0096ns	7P6V8EA#ABE	1	769,00 €	769,00 €
Sensores y conectores					
7	Sensor de Contraste	KRT 18BM-50131248	3	256,00 €	768,00 €
8	Módulo CompactLine / IO-Link	AL2410	1	159,20 €	160,20 €
9	Lector de Códigos	BCL 348i R1 M 100 D - 50116431	1	2.588,00 €	2.588,00 €
10	Sensor fotoeléctrico	950811190 - S100-PR-5-C00-PK	9	30,73 €	276,57 €
Pulsadores y setas de emergencia					
11	Pulsador verde Siemens Sirius Act	3SU1150-0AB40-1BA0	1	18,15 €	18,15 €
12	Pulsador blanco Siemens Sirius Act	3SU1152-0AB60-1BA0	1	28,31 €	28,31 €
13	Pulsador de seta Siemens Sirius Act	3SU1150-1BA20-1CA0	3	36,18 €	108,54 €
Luces de señalización					
14	Luz de señalización ÁMBAR compacta PATLITE NE-24A-Y	105282	2	34,85 €	69,70 €
15	Luz de señalización compacta PATLITE NE-24A-R	105281	1	34,85 €	34,85 €
Total:					9.014,71 €
Nº de orden	Designación	Descripción			
2	Coste de mano de obra para el desarrollo del proyecto	Compensación económica a percibir por parte del ingeniero			
Nº		Cantidad	Precio Ud.(€)	Precio Total (€)	
1	Retribución por el tiempo de trabajo dedicado al desarrollo del proyecto	20	16,00 €	320,00 €	
2	Bonificación proporcional al valor del proyecto desarrollado. 6% del coste de la partida 1 del presupuesto			540,88 €	
Total:				860,88 €	

El presupuesto de ejecución material sale a un total de **NUEVE MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**

Santander, 13 de septiembre de 2024

El ingeniero,

César Narváez