

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE MOLDES DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA SERVICIOS MECÁNICOS Y METALÚRGICA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

DAVID PATRICIO DONOSO QUEZADA

david.champs88@outlook.com

DIEGO JAVIER ROSERO CUASPA

didaco_diego@hotmail.com

Director: ING. LUIS RICARDO SOTO AYMAR

ricardo.soto@epn.edu.ec

Quito, julio 2015

DECLARACIÓN

Nosotros David Patricio Donoso Quezada y Diego Javier Rosero Cuaspa, juramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se han consultado todas las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

David Patricio Donoso Quezada

Diego Javier Rosero Cuaspa

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado por David Patricio Donoso Quezada y Diego Javier Rosero Cuaspa bajo mi supervisión.

Ing. Ricardo Soto

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Mil gracias a Dios por darnos la fuerza necesaria para culminar nuestra carrera estudiantil de la mejor forma.

A nuestros padres por su gran sacrificio y ejemplo, siendo nuestra motivación a ser mejores cada día. Gracias por enseñarnos tantas lecciones importantes para ser mejores.

Al ingeniero Ricardo Soto por su acertada dirección y apoyo durante la realización de este proyecto.

Agradecemos a todos nuestros maestros durante nuestra vida estudiantil por todo el conocimiento y las herramientas necesarias para nuestro futuro profesional.

Al personal administrativo de nuestra Facultad de Ingeniería Mecánica quienes nos brindaron las facilidades y el apoyo necesario.

A nuestros amigos y compañeros por su apoyo en esos momentos de dificultad por darnos su amistad sincera.

Diego Rosero

Quiero agradecer a Dios por permitir las circunstancias en mi vida que han desencadenado las más variadas y fructíferas experiencias.

Agradezco de la manera más total y absoluta a mi mamá Mercy por ser quien ha hecho posible absolutamente todo a lo largo de mi vida: mis primeros pasos, mis primeras letras, mis primeros logros, mi ingeniería. Sin ti, yo no sería nada.

A mi papá Patricio, por apoyarme siempre en los estudios y por estar a mi lado, ya sea en la inevitable distancia o en la proximidad más breve. Gracias a ti por ser un padre cariñoso y guía en este camino.

A mi hermano Javier por ser mi mejor amigo y el cómplice de muchas risas y momentos geniales, por ser mi apoyo y mi ejemplo. Gracias por estar siempre en medio de todo y frente a mí.

A Diego, mi compañero. Gracias por el acolite en este intrincado y escabroso culminar.

Gracias a mi familia; a mi abuela Teonilita por ser mi luz; a mi Dorita que siempre me dijo: "ya falta poco"; a mis amigos de siempre: Andrés, Richi, Danny, Andrés C., Euge, y todos los demás por estar siempre ahí, a Thom, Enrique, Juan, Jonny, Gustavo, Lucky. Gracias.

Champs

DEDICATORIA

A mi madre por que en cada momento de mi vida fue un gran apoyo y ejemplo para mí y por su gran fortaleza.

A mi hermano Ulpiano un gran ejemplo de bondad, a mi hermano Rubén por estar siempre cuidado de mi como un padre, a mi hermano Freddy por su apoyo en toda mi vida, a mi hermana Varinia por ser una gran confidente y estar conmigo en los momentos más difíciles, a mi hermano Ángel por toda su ayuda, a mi hermano Johann por sus consejos. A toda mi familia por siempre estar unida y por siempre estar apoyándome.

A mis buenos amigos que han estado en cada buen y mal momento de mi vida, a Deisy por todo este tiempo conmigo por ser un gran apoyo y por sus buenos deseos por mi superación y bienestar. A todos esos amigos que como un sol me han iluminado dado la fuerza para no rendirme nunca.

Finalmente agradezco a Dios y a todos los ingenieros de la Facultad de Ingeniería Mecánica que gracias a sus conocimientos hacen de sus alumnos los más grandes profesionales.

Diego Rosero

A mis padres y mi hermano.

Champs

ÍNDICE

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XVI
PRESENTACIÓN.....	XVIII
1. CAPÍTULO 1 CONTROL AUTOMÁTICO.....	1
1.1. CONTROL AUTOMÁTICO.....	1
1.1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. SISTEMAS DE CONTROL.....	2
1.2.1. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL.....	2
1.2.1.1. Controlador.....	2
1.2.1.2. Sensor	3
1.2.1.3. Actuador	3
1.2.1.4. Pre actuador.....	3
1.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	4
1.2.2.1. Sistemas de control en lazo abierto.....	4
1.2.2.2. Sistemas de control en lazo cerrado.....	5
1.3. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES	6
1.3.1. GENERALIDADES.....	6
1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PLC'S.....	7
1.3.2.1. Por su construcción.....	7
1.3.2.2. Por la cantidad de entradas y salidas	8
1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC'S.....	9

1.3.4. ESTRUCTURA DEL PLC.....	10
1.3.4.1. Fuente de alimentación	10
1.3.4.2. CPU	10
1.3.4.3. Módulos de entrada.....	12
1.3.4.4. Módulos de salida.....	13
1.3.4.5. Terminales de programación	14
1.3.4.6. Módulos periféricos.....	15
1.3.4.7. Interfaces.....	15
1.3.4.8. Memoria.....	16
1.3.5. FUNCIONES DEL PLC.	19
1.3.5.1. Funciones básicas	19
1.3.5.2. Funciones complementarias	19
1.3.6. PROGRAMACIÓN	20
1.3.6.1. Lenguajes de programación	20
2. CAPÍTULO 2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	23
2.1. ANÁLISIS DEL PROCESO DE FUNDICIÓN LLEVADO A CABO EN LA EMPRESA.....	23
2.1.1. MOLDEO.....	23
2.1.2. FUSIÓN.....	24
2.1.3. COLADO	25
2.1.3.1. Tiempos de colado obtenidos del horno de cubilote.....	25
2.2. PROCESO ACTUAL EN LA EMPRESA.....	26
3. CAPÍTULO 3 DISEÑO Y SELECCIÓN	28
3.1. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	28
3.2. PARÁMETROS FUNCIONALES Y PARÁMETROS DE DISEÑO	30
3.2.1. PARÁMETROS FUNCIONALES.....	30
3.2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO	30
3.3. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	31
3.3.1. ALTERNATIVA 1: TRANSPORTE DE MOLDES REALIZADO CON TRANSPORTADORES DE BANDAS	31
3.3.1.1. Funcionamiento del transporte realizado con transportador de bandas.....	32

3.3.1.2. Ventajas y desventajas del transporte realizado por bandas.....	32
3.3.2. ALTERNATIVA 2: TRANSPORTE DE MOLDES REALIZADO CON TRANSPORTADOR DE RODILLOS.....	33
3.3.2.1. Funcionamiento del transporte realizado con transportador de rodillos	34
3.3.2.2. Ventajas y desventajas del transporte realizado por rodillos	34
3.3.3. ALTERNATIVA 3: TRANSPORTE DE MOLDES REALIZADO CON COCHES METÁLICOS	34
3.3.3.1. Funcionamiento del sistema de transporte con coches metálicos	34
3.3.3.2. Ventajas y desventajas del transporte realizado por coches metálicos	35
3.4. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	36
3.4.1. CRITERIOS DE VALORACIÓN	36
3.4.1.1. Costo	36
3.4.1.2. Facilidad de operación.....	36
3.4.1.3. Mantenimiento	36
3.4.1.4. Seguridad del molde.....	36
3.4.1.5. Seguridad del operario	37
3.4.1.6. Facilidad de fabricación	37
3.4.2. PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	38
3.5. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	41
3.5.1. DISEÑO DE LOS COCHES	41
3.5.1.1. Dimensionamiento del coche de moldes	42
3.5.1.2. Dimensionamiento del coche de transporte.....	45
3.5.1.3. Cálculo del espesor de las placas de los coches	46
3.5.1.4. Selección de las ruedas para los coches.....	48
3.5.1.5. Selección de rieles para los coches	50
3.5.1.6. Diseño del mecanismo para el actuador neumático	50
3.5.1.7. Selección del motor eléctrico.....	51
3.5.1.8. Diseño del eje del coche de transporte	54
3.5.1.9. Selección de las chumaceras	57
3.5.1.8 Selección de las chavetas paralelas y chaveteros	59
3.5.2. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	61
3.5.2.1. Selección de catarinas y cadenas	61

3.5.2.2. Selección de los cilindros neumáticos	63
3.5.2.3. Selección del acople del motor eléctrico al eje	66
3.6. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	68
3.6.1. SELECCIÓN DEL PLC	68
3.6.2. SELECCIÓN DE LOS SENSORES	68
3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	69
3.7.1. Costos de materiales del coche de transporte	69
3.7.2. Costos de materiales por cada coche de moldes.....	69
3.7.3. Costos de fabricación.....	70
3.7.4. Costos de los elementos del sistema neumático	71
3.7.5. Costos de los elementos del sistema electrónico.....	71
3.7.6. Costos de los elementos del sistema electromecánico.....	72
3.7.7. Costos de rieles y soportes	73
3.7.8. Costos de diseño	73
3.7.9. Costo total del sistema	74
4. CAPÍTULO 4 PROGRAMACIÓN DEL PLC	75
4.1. CRITERIOS PARA LA PROGRAMACIÓN	75
4.2. ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC	76
4.3. LÓGICA DE LA PROGRAMACIÓN	79
4.4. SIMULACIÓN.....	80
5. CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1. CONCLUSIONES	85
5.2. RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Datos almacenados en la memoria del PLC.	16
Tabla 1.2: Clasificación de la memoria interna del PLC.	17
Tabla 1.3: Símbolos de los elementos básicos del lenguaje Ladder.	20
Tabla 2.1: Tiempos del horno de cubilote de la empresa Servicios Mecánicos y Metalúrgica.	25
Tabla 3.1: Especificaciones para el diseño de la automatización	31
Tabla 3.2: Ponderación de criterios	37
Tabla 3.3: Ponderación del peso específico del criterio "Seguridad del operario" respecto a las diferentes alternativas	38
Tabla 3.4: Ponderación del peso específico del criterio "Seguridad del molde" respecto a las diferentes alternativas	38
Tabla 3.5: Ponderación del peso específico del criterio "Costo" respecto a las diferentes alternativas	39
Tabla 3.6: Ponderación del peso específico del criterio "Facilidad de operación" respecto a las diferentes alternativas	39
Tabla 3.7: Ponderación del peso específico del criterio "Facilidad de fabricación" respecto a las diferentes alternativas	39
Tabla 3.8: Ponderación del peso específico del criterio "Mantenimiento" respecto a las diferentes alternativas.	40
Tabla 3.9: Conclusión en base a los criterios	40
Tabla 3.10: Dimensiones del coche de moldes	43
Tabla 3.11: Dimensiones del coche de transporte	45
Tabla 3.12: resultados del análisis por elementos finitos para diferentes espesores de placa.	48
Tabla 3.13: Catálogo Ducasse	49
Tabla 3.14: Costos de materiales del coche de transporte	69
Tabla 3.15: Costos de materiales por cada coche de moldes	70

Tabla 3.16: Costos de fabricación.....	70
Tabla 3.17: Costos de los elementos del sistema neumático.....	71
Tabla 3.18: Costos de los elementos del sistema electrónico.....	71
Tabla 3.19: Costos de los elementos del sistema electromecánico.....	72
Tabla 3.20: Costos de rieles y soportes.....	73
Tabla 3.21: Costo total del sistema de automatización.....	74
Tabla 4.1: Entradas del sistema con su respectiva función.....	78
Tabla 4.2: Salidas del sistema con su respectiva función.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Sistema de control en lazo abierto	4
Figura 1.2: Sistema de control en lazo cerrado	5
Figura 1.3: Controlador lógico programable marca Siemens	6
Figura 1.4: Esquema de un PLC modular	7
Figura 1.5: PLC compacto Siemens.....	8
Figura 1.6: Estructura del PLC	10
Figura 1.7: Representación de captadores pasivos	12
Figura 1.8: Representación de captadores activos.	12
Figura 1.9: Terminal de programación portátil.....	15
Figura 2.1: Galpón donde se encuentra el horno (área 1).....	26
Figura 2.2: Galpón donde se almacenan los moldes (área 2).....	27
Figura 2.3: Esquema del proceso actual de la empresa.	27
Figura 3.1: Nueva disposición del espacio en el área 1.	29
Figura 3.2: Flujo de moldes entre las zonas transporte y colado	29
Figura 3.3: Vista de un transportador de bandas.	32
Figura 3.4: Transportador de rodillos	33
Figura 3.5: Coches para el transporte de los moldes	35
Figura 3.6: Esquema del sistema de transporte de moldes	41
Figura 3.7: Conjunto de coche de transporte (izquierda) y coche de molde (derecha)	42
Figura 3.8: Vista del coche de moldes y sus partes	43
Figura 3.9: Coche de transporte y sus partes	46
Figura 3.10: Simulación de los esfuerzos para placa de espesor de 6mm	47
Figura 3.11: Simulación de las deformaciones para placa de espesor 6mm	47
Figura 3.12: Riel para los coches.....	50

Figura 3.13: Mecanismo de bisagra para el actuador neumático	51
Figura 3.14: Diagrama de cuerpo libre (coche de transporte + coche de molde + molde)	52
Figura 3.15: Eje con catarina	54
Figura 3.16: Diagrama de cargas del eje.	56
Figura 3.17: Diagrama de fuerza cortante.....	56
Figura 3.18: Diagrama de momento flector.	56
Figura 3.19: Selección de las chumaceras.....	58
Figura 3.20: Selección de la chaveta	59
Figura 3.21: Disposición de los cilindros neumáticos y dirección en la que cada uno empujará al coche del molde	63
Figura 3.22: Diagrama de cuerpo libre (coche de molde + molde).....	64
Figura 3.23: Circuito neumático del sistema	66
Figura 3.24: Selección del acople del eje.....	67
Figura 3.25: Acople KD2-0.53	67
Figura 4.1: Esquema del proceso de transporte de moldes	76
Figura 4.2: Disposición de los sensores y actuadores en las zonas de almacenamiento, transporte y colado.....	77
Figura 4.3: Simulación en PC SIMU	81
Figura 4.4: Coche trasladado debido a molde presente en fila 1	82
Figura 4.5: Coche de transporte recogiendo a coche de moldes de la fila 1	83
Figura 4.6: Coche de moldes saliendo del coche de transporte al llegar a la zona de colado.....	83
Figura 4.7: Coche de transporte recogiendo a otro coche de moldes	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Selección del motor.....	90
Anexo 2: Selección de la catarina.....	91
Anexo 3 Selección de la cadena.....	92
Anexo 4: Selección del cilindro neumático.....	93
Anexo 5: Selección PLC.....	94
Anexo 6: Sensor.....	96
Anexo 7: Programación del PLC.....	98

RESUMEN

Día a día los requerimientos de la industria y el mercado son más exigentes, y requieren por parte de las empresas un servicio cada vez mejor y a la mayor celeridad. Es por esta razón que las empresas se ven en la necesidad de automatizar sus procesos para ser cada vez más competitivos.

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema automático para el transporte de moldes de fundición desde la zona de almacenamiento hasta la zona de colado en la empresa Servicios Mecánicos y Metalúrgica, misma que se encuentra ubicada en la ciudad de Otavalo.

El sistema deberá optimizar la utilización de los recursos de la empresa, enfatizando en ello la adecuada utilización del espacio físico y el tiempo.

En el primer capítulo se realiza un enfoque teórico respecto a la automatización, señalando en ello los principales componentes que intervienen en ella. También describe los principales componentes de los PLCs en cuanto a su parte física e interna. Se exponen además los lenguajes de programación existentes para los PLCs.

En el segundo capítulo se expone la situación actual de la empresa, señalando en ello la manera en la que se utiliza el espacio físico, la manera manual de realizar los procesos, así como los tiempos de colado y fusión del metal.

El tercer capítulo aborda el diseño del sistema automático, identificando previo a ello la necesidad, así como los parámetros funcionales y de diseño. Se estudiarán las alternativas para llevar a cabo dicha automatización y se diseñará la mejor de ellas. Se llevará a cabo el diseño de los elementos que deban ser diseñados y la selección de aquellos que se encuentren en el mercado. En la parte final de este capítulo se realizará un análisis económico que brinde un aproximado del costo que tendrá el proyecto.

El cuarto capítulo se dedicará a explicar la programación del PLC que se utilizará en la automatización, detallando para en ello todo el proceso, definiendo el número de entradas y salidas y exponiendo los criterios y lógica de la programación. Al final del

capítulo se muestra la simulación realizada, con la cual se ha comprobado que la programación funciona correctamente.

Finalmente en el quinto capítulo se muestran las conclusiones del proyecto, así como las recomendaciones para llevar a cabo el mismo.

PRESENTACIÓN

La empresa Servicios Mecánicos y Metalúrgica se encuentra situada en la ciudad de Otavalo, y en ella los procesos son realizados de manera manual. El presente proyecto automatizará uno de esos procesos, el correspondiente al transporte de moldes desde la zona de almacenamiento hasta la zona de colado.

El transporte de los moldes se lo realizará mediante coches, y la automatización se la realizará con un PLC.

Para llevar a cabo el proyecto se realizará un estudio de alternativas, así como el dimensionamiento y selección de los elementos constitutivos del sistema. Se programará asimismo el PLC utilizando el software Microwin 7 y dicha programación será comprobada con el simulador PC SIMU.

CAPÍTULO 1

CONTROL AUTOMÁTICO

1.1. CONTROL AUTOMÁTICO

1.1.1. GENERALIDADES

El control automático ha tomado con el paso de los años un papel esencial para el desarrollo de la ingeniería y la ciencia en general, a tal punto que hoy en día podemos asegurar que se ha vuelto un aspecto clave en los procesos industriales. Por ejemplo el control automático tiene una importancia fundamental en el control numérico de máquinas herramientas en la industria manufacturera; es vital en la industria aeroespacial, automotriz y control de operaciones en la industria, tales como control de temperatura, presión, flujo, entre otros.

El control automático se ocupa de intervenir en un proceso determinado, estudiando los parámetros que afectan a los sistemas dinámicos, y por medio del principio de realimentación, consiguiendo que las salidas de dicho sistema se acerquen lo más posible a un comportamiento previamente establecido.

Estos sistemas de control poseen las siguientes características:

- La entrada en el sistema es una señal análoga o digital captada en algún punto específico del sistema.
- Los procesos intermedios representan las diferentes perturbaciones que afectan al sistema, así como también el efecto de los reguladores del sistema de control.
- Los efectos de los reguladores de control pueden representarse mediante funciones matemáticas que las describen, mismas que son conocidas como funciones de transferencia.
- La salida del sistema se la llama referencia y corresponde a la señal después de que sobre ella han actuado las funciones de transferencia anteriores.

Cuando varias variables de salida del sistema tienen que seguir el valor de una referencia que cambia con el tiempo es necesario un controlador que manipule la señal de entrada hasta obtener la señal de salida deseada. (OGATA, 2003)

1.2. SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control son sistemas dinámicos que emplean con frecuencia diferentes tipos de componentes, combinándolos para lograr el control de un determinado sistema en particular. Entre los componentes que se emplean se tiene: componentes hidráulicos, mecánicos, eléctricos, neumáticos.

El conjunto de componentes empleados en el sistema de control tienen una relación unos con otros, de tal forma que aquello que afecta a una parte del sistema afectará también a todo el sistema de una u otra manera.

La finalidad de implementar un sistema de control es que los componentes actúen o se regulen por sí mismos para obtener con ello un determinado funcionamiento sin que deba intervenir el ser humano, reduciendo la probabilidad de tener errores y así lograr los resultados esperados.

1.2.1. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control está formado por varios elementos que interactúan entre sí para cumplir con una especificación determinada. En resumidas cuentas, el sistema de control está constituido por las entradas, mismas que son las encargadas de transmitir la información del medio físico a otro elemento llamado controlador para que dicha información sea procesada e interpretada con el fin de poder obtener una salida deseada. (RUANO & ZAMBRANO, 2009)

Los elementos que constituyen un sistema de control son:

1.2.1.1. Controlador

Es el elemento que recibe la información del medio físico que le otorgan los sensores, almacena y procesa dicha información para posteriormente convertirla en una señal que ordena a los actuadores la realización de determinadas acciones que se encaminan al logro de los objetivos concretos de todo el sistema de control. En resumen se puede decir que el controlador es el cerebro del sistema.

1.2.1.2. Sensor

El sensor es aquel que proporciona las entradas al sistema. Por entradas se entiende toda magnitud física que afecta de una u otra manera las condiciones del sistema a controlar. Estas entradas al ingresar al controlador se convierten en señales del tipo eléctrico cuya función es la obtención de una salida determinada, encaminada a controlar el sistema con condiciones previamente establecidas.

1.2.1.3. Actuador

El actuador es un dispositivo que recibe la señal u orden proveniente del controlador después de que las entradas proporcionadas por el o los sensores han sido procesadas. Tiene como función mover otro dispositivo mediante la aplicación de una fuerza; dicha fuerza puede tener su origen en una fuerza motriz eléctrica, en la presión hidráulica o en la presión neumática. Será este tipo de fuerza la que determine la denominación del actuador como eléctrico, hidráulico o neumático respectivamente.

1.2.1.4. Pre actuador

El pre actuador es el elemento que toma como entrada la señal eléctrica y posteriormente envía esta señal como salida al actuador.

Los pre actuadores más utilizados son los siguientes:

Equipos para el control de motores eléctricos: el más común es el variador de frecuencia. Estos equipos se utilizan con el fin de controlar el funcionamiento de los motores, permitiendo para ello regular su velocidad y dirección de giro, encenderlos y apagarlos.

Electroválvulas: generalmente se utilizan para controlar los cilindros; también están comprendidos por los actuadores de giro, tanto neumático como hidráulico.

Arrancadores estáticos: son utilizados para conectar o desconectar motores eléctricos, controlando las corrientes de arranque con el fin de impedir daños producidos por corrientes demasiado elevadas.

Relés y contactores: se emplean para desconectar y conectar actuadores eléctricos, tales como motores, solenoides o resistencias, entre otros. (RUANO & ZAMBRANO, 2009)

1.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control se clasifican en:

- Sistemas de Control en Lazo Abierto
- Sistemas de Control en Lazo Cerrado

1.2.2.1. Sistemas de control en lazo abierto

Los sistemas de control en lazo abierto son sistemas en los cuales la acción del control no se ve afectada por la salida, es decir, no existe una retroalimentación que permita comparar los valores obtenidos a la salida con los valores que se tienen a la entrada. En este tipo de sistemas las entradas tienen valores referenciales a los cuales deben adaptarse las salidas, procurando que éstas tomen dichos valores. Se tiene entonces que a cada valor de referencia le atañe una sola condición en cuanto a operación se refiere, siendo para el proceso muy importante la calibración, ya que de ello dependerá la precisión del sistema. (Haro Flores, 2011)

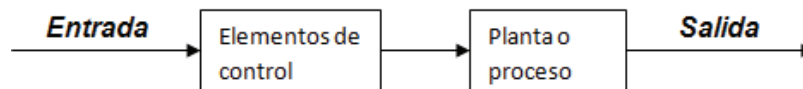


Figura 1.1. Sistema de control en lazo abierto

Fuente: (RUANO & ZAMBRANO, 2009)

Las principales ventajas de los sistemas de control en lazo abierto son:

- Más económicos que los sistemas de lazo cerrado equivalentes.
- No presenta problemas de estabilidad.
- Presentan facilidad de mantenimiento y su construcción es simple.

Las principales desventajas de los sistemas de control en lazo abierto son:

- La salida puede verse afectada debido a cambios en la calibración o a perturbaciones, ocasionando como consecuencia resultados de salida incorrectos o no deseados.

Requiere de recalibración periódica para mantener la calidad y fidelidad deseada en la salida.

1.2.2.2. Sistemas de control en lazo cerrado

Los sistemas de control en lazo cerrado son sistemas realimentados, es decir, el controlador recibe también la señal del error de actuación. El error de actuación es la diferencia entre el valor de entrada y el valor de salida, y la finalidad de añadir este dato a la señal de entrada es que ésta pueda modificarse en cada momento en función de la salida para obtener el resultado deseado.

En los sistemas de control de lazo cerrado las salidas son medidas con instrumentos llamados sensores que son diseñados para captar cierta información específica que será posteriormente procesada en el controlador. Esta información, como se observa en la figura 1.2, será luego comparada con los valores de referencia y la señal de control obtenida como resultado cierra el lazo al añadirse a la entrada. (Haro Flores, 2011)

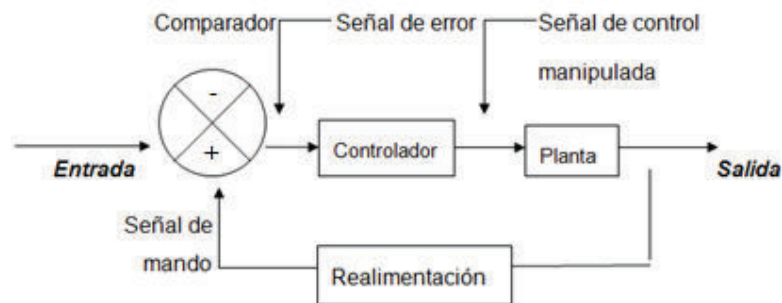


Figura 1.2: Sistema de control en lazo cerrado

Fuente: (RUANO & ZAMBRANO, 2009)

Las principales ventajas de los sistemas de control en lazo cerrado son:

- Brinda la posibilidad de estabilizar procesos no estables.
- Permite corregir perturbaciones
- Presenta cierta tolerancia ante variación de los parámetros.
- Precisión pese a inexactitudes del modelo, esto es posible gracias a la realimentación. En ocasiones la medición de los parámetros para la representación del modelo no puede llevarse a cabo de manera precisa o,

por algún otro motivo, el modelo no representa la realidad de manera exacta, entonces resulta conveniente utilizar un control en lazo cerrado.

Entre las desventajas de los sistemas de control en lazo cerrado se pueden citar, como las más importantes, las siguientes:

- Con el fin de lograr estabilidad en el sistema, se suele trabajar en un rango de control que deberá ser determinado de manera adecuada.
- El control de lazo cerrado tiene elevados costos.

1.3. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

1.3.1. GENERALIDADES

Un PLC (Programmable Logic Controller) es un equipo electrónico utilizado en procesos de automatización industrial, además de ser programable en lenguaje informático, permite controlar procesos secuenciales en tiempo real.

Está diseñado para tener múltiples entradas y salidas, es capaz de soportar cambios de temperatura, sobrecargas eléctricas, vibraciones y soportar impactos; lo que quiere decir que es un equipo robusto para trabajos industriales.

Un PLC recoge los datos de las fuentes de entrada que pueden ser análogas o digitales y a partir de éstos tomar decisiones en base a los criterios de programación previamente instalados, actuando mediante dispositivos externos con el uso de las salidas análogas y digitales.

En la figura 1.3 se muestra un ejemplo de un PLC



Figura 1.3: Controlador lógico programable marca Siemens

Fuente: (Siemens, 2015)

1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PLC'S

Debido a que existen una gran cantidad de tipos de PLC es importante realizar una clasificación de acuerdo a los parámetros relevantes y distintivos de estos aparatos, los criterios más relevantes para una clasificación son: por su construcción y por el número de entradas y salidas, ya que en sus otros aspectos son similares.

1.3.2.1. Por su construcción

Por su construcción los PLC's se clasifican en modular, semi modular y compacto.

Los modulares son aquellos que poseen varios elementos en conjunto que conforman el controlador lógico definitivo: Rack (soporte metálico que aloja equipo electrónico), fuente de alimentación, CPU (Unidad Central de Proceso), módulos de E/S (Entrada/Salida).

La sujeción de los módulos se la realiza mediante una placa perforada o con el uso de un Rack en donde va alojado el BUS (Conjunto de líneas conductoras de hardware) externo que une los distintos módulos.

Estos pueden llegar a tener grandes cantidades de E/S. En la figura 1.4 se muestra el esquema de un PLC modular, donde las señales del proceso ingresan por la unidad de entradas para posteriormente pasar a la unidad lógica, donde la información es procesada en la unidad de memoria para pasar a la unidad de salida que enviará la señal final a ejecutarse en el proceso.

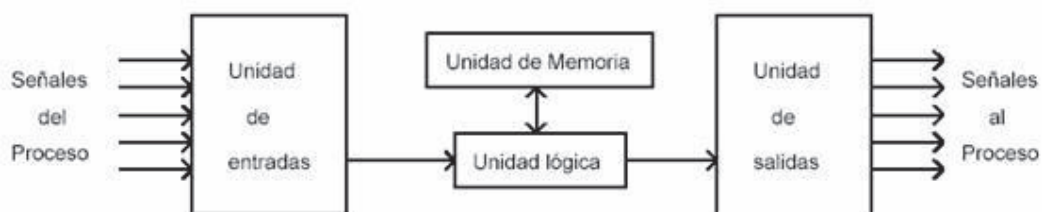


Figura 1.4: Esquema de un PLC modular

Fuente: (PRIETO, 2015)

Los semi modulares se caracterizan por tener separadas las entradas y salidas del resto del PLC ya que este forma un bloque compacto conformado por el CPU, la memoria del programa o de usuario y la fuente de alimentación.

Estos pueden llegar a tener un gran número de entradas o salidas dependiendo de su aplicación.

Los PLC's compactos forman un solo módulo conformado, a su vez, por sus módulos de entrada y salida, así como por CPU y su respectiva fuente de alimentación. Estos PLCs pueden manejar un número pequeño de entradas así como también pueden manejar hasta cerca de 500 salidas y entradas. Estos PLCs pueden tener algunos módulos:

- Entradas y salidas de tipo analógico
- Expansiones tanto para las salidas como para las entradas
- Módulos contadores de gran velocidad
- Módulos para comunicaciones

En la figura 1.5 se tiene un ejemplo de un PLC compacto marca Siemens.



Figura 1.5: PLC compacto Siemens

Fuente: (My Siemens, 2014)

1.3.2.2. Por la cantidad de entradas y salidas

- Nano menos de 64 entradas y salidas
- Micro con 64 entradas y salidas
- Pequeño entre 65 a 255 entradas y salidas
- Mediano entre 256 a 1023 entradas y salidas

- Grande más de 1024 entradas y salidas

1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLC'S

Las ventajas de un PLC frente a los sistemas de control anteriores a él son varias, razón por la cual su aplicación se ha difundido en diversos campos.

Entre las ventajas que presentan los PLC's:

- Reducción de tiempo en la formulación de proyectos, debido a que ya no se requiere dibujar los contactos ni simplificar las ecuaciones lógicas gracias a su capacidad de almacenamiento.
- Poseen un pequeño número de partes, facilitando su armado y mantenimiento.
- Facilidad al momento de hacer variaciones en la programación sin necesidad de modificar el cableado ni añadir más equipos.
- Reducción del espacio necesario
- Reducción en la mano de obra requerida
- Aumento de fiabilidad del sistema. También disminuye los costos de mantenimiento
- Facilidad de manejar varias maquinas
- Reducción del tiempo de puesta en funcionamiento del sistema debido a que ya no se necesita realizar el cableado
- Pueden ser utilizados en otros sistemas en caso de que el sistema actual quede eliminado.

Entre sus principales desventajas se puede mencionar:

- Es necesario un programador, lo que exige preparación para poder realizarlo.
- La inversión inicial es mayor que en el caso de uso de relés. Una decisión acertada del tipo de PLC debe ser tomada en cuenta para poder amortiguar esta inversión inicial.

1.3.4. ESTRUCTURA DEL PLC

Un PLC dentro de su estructura, como se muestra en la figura 1.6, cuenta con una fuente de alimentación; CPU; módulo de entradas; módulo de salidas; terminal de programación; periféricos; interfaces de comunicación y memoria.

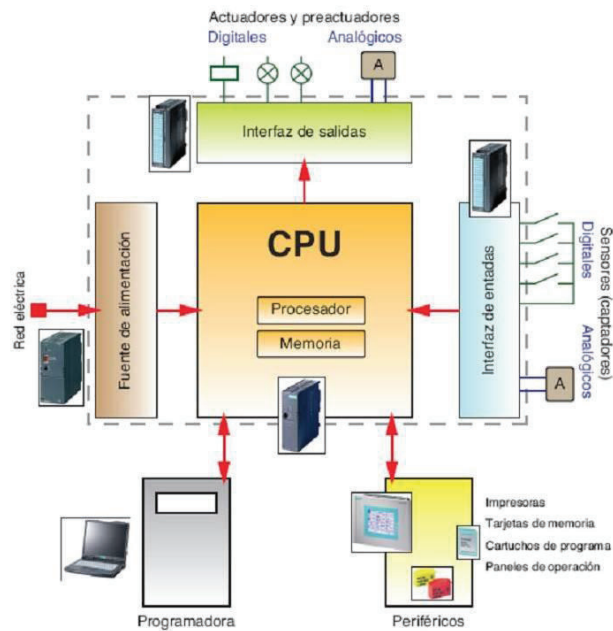


Figura 1.6: Estructura del PLC

Fuente: (Automatismo Industrial, 2014)

1.3.4.1. Fuente de alimentación

Se encarga de transformar el voltaje de la red de 220V en corriente alterna a la de baja tensión necesaria para el funcionamiento de cada PLC. Esta alimentación puede ser de 24V en corriente continua o a 110/220 en corriente alterna. En cualquiera de los casos es el propio CPU el que alimenta cada una de las interfaces que se encuentran conectadas mediante el bus interno, alimentando así a cada una de las entradas y salidas con un voltaje de 48/110/220 en corriente alterna o 12/24/48 en corriente continua.

1.3.4.2. CPU

Llamada también Unidad Central de Procesamiento es el cerebro del sistema se encarga de recibir las órdenes del operario mediante la consola de programación y

de recibir información de las entradas para procesarlas y dar respuestas a los módulos del sistema.

El CPU está formado por los siguientes elementos:

1.3.4.2.1. Procesador

Está formado por el microprocesador y un chip auxiliar. El microprocesador realiza varias operaciones, entre las cuales se pueden señalar: operaciones de carácter lógico, operaciones de control de transferencia de información dentro del PLC, operaciones de carácter aritmético, entre otras. (Automatismo Industrial, 2014)

Para realizar estas operaciones el Microprocesador posee algunos circuitos internos que son:

- Circuitos ALU, correspondiente a la unidad de lógica aritmética: es el lugar donde se toman las decisiones para el control en base a cálculos.
- Circuitos de unidad de control (UC), que es el encargado de decodificar las instrucciones leídas en la memoria y generar las señales de control.
- Acumulador: almacena los resultados obtenidos por la unidad de lógica aritmética.
- Contador de programa: lee las indicaciones programadas por el usuario.

Bus interno: zona de transmisión de datos entre las diferentes partes del microprocesador.

1.3.4.2.2. Memoria monitor del sistema

Es una memoria ROM, contiene el sistema operativo del PLC con las rutinas instaladas por el fabricante.

1.3.4.2.3. Funciones básicas del CPU

El CPU es el encargado de todas las funciones del PLC, en él se encuentra la memoria ROM en la cual el fabricante instala el software del sistema.

Entre las funciones que realiza el CPU:

- Vigilar que el tiempo en que se ejecuta el programa del usuario no exceda un tiempo máximo determinado.

- Ejecutar el programa del usuario.
- Se crea una imagen de las entradas debido a que el usuario no debe acceder a ellas de manera directa.
- Chequeo del sistema.

1.3.4.3. Módulos de entrada

Está comprendido por captadores, sensores, pulsadores, entre otros. La información que brindan las entradas es enviada al CPU para proceder acorde a la programación.

Los captadores son de los siguientes tipos:

Captadores pasivos: son aquellos que, mediante la acción mecánica de interruptores, pulsadores u otros, cambian su estado lógico de activado a desactivado y viceversa. Un esquema de estos captadores se presenta en la figura 1.7 (RUANO & ZAMBRANO, 2009).

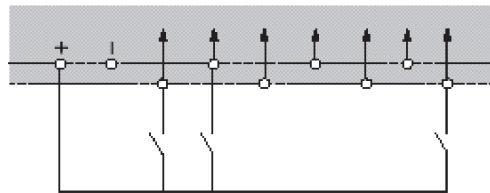


Figura 1.7: Representación de captadores pasivos

Fuente: (RUANO & ZAMBRANO, 2009)

Captadores activos: son elementos electrónicos que no requieren de un voltaje o alimentación para variar su estado lógico de activado o no activado. Estos captadores son los diferentes tipos de detectores inductivos, capacitivos y fotoeléctricos. Un esquema de estos captadores se presenta en la figura 1.8.

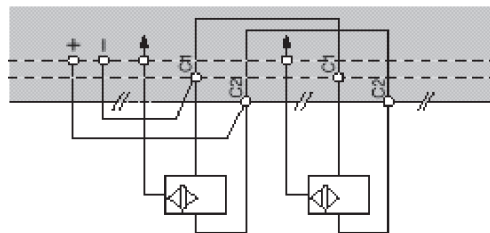


Figura 1.8: Representación de captadores activos.

Fuente: (RUANO & ZAMBRANO, 2009)

Las entradas pueden ser analógicas o digitales.

Las entradas digitales trabajan con el voltaje; por ejemplo, en el caso de tener una señal de 24V el captador interpreta como un "1" y cuando se tiene una señal de 0V el captador interpreta como un "0".

La señal es adquirida en varias etapas: protección de sobrecargas eléctricas; filtración de señales; puesta de forma de la onda y aislamiento.

Las entradas análogas permiten que el PLC trabaje con accionadores de mando análogo que sean capaces de leer señales tales como la temperatura, la presión o el caudal. Estos módulos lo que hacen es una conversión de las señales de análogas en digitales, dando un valor numérico a la magnitud analógica, convirtiéndola en una variable interna del PLC. La precisión de la conversión depende del número de bits del PLC.

La adquisición de la señal análoga tiene tres etapas: filtrado de la señal; conversión de análogo a digital y almacenamiento en la memoria interna.

1.3.4.4. Módulos de salida

Se encargan de activar o de desactivar los actuadores que pueden ser focos, motores, contactores, cilindros neumáticos, etc. Después de la recepción de información otorgada por las entradas, el CPU las procesa y de acuerdo a la programación envía señales a los módulos de salida para que sean activados y a su vez a los actuadores que están conectados.

Existen tres tipos de módulos de salidas (RUANO & ZAMBRANO, 2009):

- Módulos de salidas a los relés: su principio de funcionamiento está basado en el cambio mecánico de posición gracias a bobinas de relés en contactos NA (normalmente abiertos).
- Módulos de salidas a triacs: se requieren cuando los cambios deben ser muy veloces.

- Módulos de salidas a transistores: son de uso exclusivo con corriente continua. Al igual que los triacs, son utilizados cuando se requiera bajos tiempos de actuación en la conexión y desconexión.

Las salidas pueden ser digitales o análogas.

Las salidas digitales son aquellas que permiten dar la orden de ejecución de los actuadores y pre actuadores que admitan órdenes del tipo “1” o “0”, este valor binario es el que se convierte o se transforma en la apertura o cierre de un contacto del PLC.

Los módulos de salida estáticos solamente pueden actuar en elementos que trabajen en el mismo voltaje que el módulo de salida, en cambio los módulos de salida electromecánicos pueden actuar sobre elementos que trabajen en voltajes distintos al módulo de salida (RUANO & ZAMBRANO, 2009).

El proceso de salida de la señal comprende las siguientes etapas: puesta en forma de la señal; aislamiento de la señal; protección electrónica y tratamiento contra corto circuitos.

Las salidas análogas, debido a que el PLC solamente opera con señales digitales en su CPU, convierten la codificación interna del PLC en señales de apertura o cierre, efectuando una conversión de digital a analógica.

Esta conversión de señal se la realiza a determinada precisión en intervalos de tiempo establecidos.

El voltaje de salida sirve para regular y controlar de procesos continuos en los casos de actuadores para variadores de velocidad, tiristores de hornos, reguladores de temperatura, entre los más importantes.

La señal analógica de salida cumple las siguientes etapas: conversión de señal de digital a analógica; amplificación y adaptación de la señal y protección electrónica de la señal.

1.3.4.5. Terminales de programación

Este terminal es el que permite al operario realizar las actividades de comunicación con el sistema. El terminal de programación cumple con las siguientes funciones:

trasferencia y transformación de los programas; verificaciones del código de programación; información acerca del funcionamiento de los procesos (RUIZ & VÁSCONEZ, 2012).

Existen dos tipos de consolas utilizadas para la programación de los PLC, la una es la construida específicamente para el PLC que es parecida a una calculadora llamada *Hand held monitor*, o bien se podría utilizar un computador con la capacidad de manejar el software que permite la programación y control del PLC.



Figura 1.9: Terminal de programación portátil.

Fuente: (RUIZ & VÁSCONEZ, 2012)

1.3.4.6. Módulos periféricos

Estos módulos no intervienen en el funcionamiento directo del PLC. Su función es facilitar las actividades del operario. Los periféricos más utilizados son los siguientes: ampliadores de entradas y salidas; módulos de memoria adicional; visualizadores y paneles de operación (RUANO & ZAMBRANO, 2009).

1.3.4.7. Interfaces

Los PLC tienen la capacidad de manejar altos rangos de voltajes y corrientes industriales gracias a que utilizan bloques de interfaces de entradas y salidas muy potentes que les permite conectarse a las entradas y salidas del proceso.

Las interfaces se pueden clasificar en tres grandes grupos que son los siguientes:

- Entradas y salidas especiales

Estas interfaces son las encargadas únicamente de adecuar las entradas y salidas en el caso de ser entradas entendidas por el CPU o que sean interpretadas correctamente, tal como en el caso de actuadores.

- Entradas y salidas inteligentes

Están en la capacidad de comparar, realizar conteos a velocidades muy altas, de conectarse mediante otros microprocesadores para manejar lenguajes como BASIC cuando para el control se tengan requerimientos que demanden estas características especiales.

- Procesadores periféricos inteligentes

Son módulos que poseen elementos diseñados para realizar una tarea muy específica, donde es suficiente con conocer los puntos que brindan la señal y los parámetros para que la aplicación tenga independencia del CPU del PLC.

1.3.4.8. Memoria

Es donde el PLC guarda toda la información que necesita para realizar el control. Los datos que se manejan son los siguientes:

Tabla 1.1: Datos almacenados en la memoria del PLC.

Datos del Proceso	Señales de planta, entradas y salidas
	VARIABLES INTERNAS EN BITS Y EN PALABRAS
	Datos alfanuméricos y constantes
Datos de Control	Instrucciones de usuario del programa
	Configuración del PLC: modo de funcionamiento, número de entradas y salidas conectadas, etc.

Fuente: (Autómatas programables, 2014)

Existen los siguientes tipos de memoria del PLC (Autómatas programables, 2014):

Memoria RAM: es la memoria interna del PLC que es utilizada solamente para almacenar el programa y que, mediante una batería exterior al sistema, mantiene los datos almacenados.

Memoria ROM: esta memoria se utiliza para almacenar el programa que sirve de monitor del sistema, esta memoria es solamente de lectura y no se puede programar.

Memoria EPROM: es una memoria de sólo lectura que puede llegar a ser reprogramada. Esta memoria es la encargada de almacenar el programa de usuario después de haber sido depurado.

Memoria EEPROM: esta es una memoria de sólo lectura que solamente puede ser alterada por medios eléctricos. Esta memoria es utilizada para el almacenaje de programas, aunque últimamente se usa en combinaciones con la memoria RAM para cumplir la función de memoria de seguridad y así poder mantener a salvo el contenido de la memoria RAM. Cuando se reanuda la alimentación al momento de existir interrupciones de corriente eléctrica, el contenido de la memoria EEPROM es la que se descarga en la memoria RAM, llegando a ser una solución más óptima y menos costosa que la utilización de una batería de respaldo.

1.3.4.8.1. Memoria interna

Esta memoria es la encargada de almacenar las diferentes variables tales como entradas, contadores, bobinas internas, salidas, etc., que utiliza el PLC. Esta memoria se divide en distintas zonas donde cada una de ellas posee distinta información. A esta memoria interna se la puede clasificar de la siguiente manera:

Tabla 1.2: Clasificación de la memoria interna del PLC.

Área de imágenes de entradas/salidas y Área interna (IR)	<ul style="list-style-type: none"> • Canales de registros asociados a los terminales externos entradas y salidas. • Los relés (bits) internos que no corresponden al terminal externo, gestionados como relés de E/S
Área especial (SR)	<p>Relés de señalización para funciones particulares que son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relé de señalización de servicio siempre ON, OF • Relé de señalización de diagnosis

	<ul style="list-style-type: none"> • Relés para las funciones de temporizaciones • Calculo • Comunicaciones
Área auxiliar	<p>Contiene bits de control e información de los recursos del PLC, se divide en dos bloques:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Señalización de errores de configuración y datos del sistema • Memorización y gestión de datos.
Área de enlace (LR)	<p>Es utilizada para el intercambio de datos entre PLCs mediante PC Link (1:1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dedicado al intercambio de información entre PLCs • Si no es utilizado como LR se puede usar como IR • Es accesible en forma de bit o de canal.
Área de retención (HR)	<ul style="list-style-type: none"> • Mantienen su estado ante los fallos de alimentación o cambio en el modo del PLC • Son gestionados como la área IR y direccionales como bit o como canal
Área de temporizadores y contadores (TIM/CNT)	<ul style="list-style-type: none"> • En esta área es donde se simula el funcionamiento de estos dispositivos • Son utilizados por el PLC para la realización de retardos y conteos.
Área de datos (DM)	<ul style="list-style-type: none"> • Es una memoria de 16 bits del tipo palabra • Se utiliza para la gestión de valores numéricos • Mantiene su estado cuando existen cambios de modo de

	<p>trabajo o fallo en la alimentación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es direccionable como canal (palabra) • Esta área contiene la configuración del PLC o setup
--	--

Fuente: (RUANO & ZAMBRANO, 2009)

1.3.4.8.2. Memoria de programa

Esta memoria es externa al CPU y almacena el programa realizado por el programador.

1.3.5. FUNCIONES DEL PLC.

1.3.5.1. Funciones básicas

Detección: el PLC realiza una lectura de las entradas conectadas a todo el sistema

Mando: envía las operaciones indicadas en el programa por medio de actuadores y pre actuadores.

Diálogo hombre-máquina: mantiene informado al operario encargado de producción del proceso que está siendo controlado.

Programación: introduce, elabora y permite cambiar el programa del PLC aún cuando éste se encuentra controlando alguna operación.

1.3.5.2. Funciones complementarias

Redes de comunicación: permite que se establezcan comunicaciones con las otras partes del control, estas redes industriales permiten que se realice un canje de datos entre los PLCs a tiempo real.

Supervisión: estas operaciones se las realiza gracias a programas de carácter industrial a través de conexiones a una red mediante ordenador o mediante la utilización de conexiones realizadas directamente.

Control de procesos continuos: mediante los módulos de salida y entrada de tipo analógico, se efectúan regulaciones del tipo proporcional integral derivativo (PID) ya previstos en el PLC.

Entradas y salidas distribuidas: los diferentes módulos pueden distribuirse en distintas partes físicas de la instalación o planta, conectándose al PLC mediante cables de red.

1.3.6. PROGRAMACIÓN

A mitad de los ochentas los primeros PLCs se programaban mediante terminales de programación específicos cuyos elementos lógicos para la programación estaban contenidos en las teclas.

Los primeros PLC eran utilizados y programados por electricistas que aprendían la programación en los puestos de trabajo, eran programados mediante lógica de escalera (ladder logic) mas hoy en día éstos pueden ser programados en distintos lenguajes de programación (EPN, 2014).

1.3.6.1. Lenguajes de programación


- Lenguaje de contactos o Ladder.
- Lenguaje booleano (lista de instrucciones).
- Diagrama de funciones.






1.3.6.1.1. Lenguaje Ladder

Este lenguaje es del tipo grafico que se deriva del lenguaje de programación de los relés mediante el uso de símbolos que representan contactos, bobinas, etc.

Una ventaja que tiene este lenguaje es que los símbolos de programación están normalizados según la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Los símbolos básicos utilizados son los siguientes (EPN, 2014):

Tabla 1.3: Símbolos de los elementos básicos del lenguaje Ladder.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.

	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Fuente: (EPN, 2014)

Con este tipo de diagramas se describen las diferentes operaciones de las máquinas y pueden ser utilizados para esquematizar un sistema de control y de este modo efectuar la programación.

Se debe tomar en cuenta que en el diagrama eléctrico las acciones se producen de manera simultánea pero en el programa se realizan de acuerdo al orden en que fueron escritos los escalones. Las principales características de esta programación son las siguientes:

- Rama de contactos formada debido a la utilización de diagramas electrónicos.
- Los contactos que conforman la rama se conectan en paralelo, así como en serie, generando la información lógica almacenada en una bobina.
- La lectura del código se efectúa en un orden establecido: izquierda a derecha y de arriba a abajo.
- Una bobina deberá recibir la señal de los contactos que a su vez estarán supeditados a las condiciones requeridas por el sistema, es decir, una bobina jamás podrá estar aislada de otros elementos de programación.
- Después de tener una bobina con la información necesaria, será imposible introducir código a su derecha, puesto que la bobina es una especie de "salida temporal" en la programación.
- Se puede utilizar un gran número de contactos y de bobinas.
- Se podrán colocar en la programación dos o más bobinas en paralelo.

1.3.6.1.2. Lenguaje booleano (lista de instrucciones)

La sintaxis de este tipo de lenguaje está basada en el álgebra de Boole, misma que básicamente consiste en generar las instrucciones mediante el uso de operadores lógicos, tales como OR, AND, NOT, entre otros. Asimismo instrucciones mnemotécnicas para obtener la lógica del control (EPN, 2014).

1.3.6.1.3. Diagrama de funciones (FBD)

Este tipo de lenguaje utiliza símbolos lógicos para representar a todos los elementos de la programación (bloque de funciones), es decir, se trata de un lenguaje gráfico en el cual el programa muestra sus elementos interconectados como si se tratase de un circuito eléctrico. Las salidas lógicas del programa no necesitan la inclusión de una bobina para cada salida debido a que dicha salida está representada por una variable previamente asignada a la salida del bloque.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

La empresa Servicios Mecánicos y Metalúrgica se ubica en la ciudad de Otavalo en la provincia de Imbabura. Esta empresa privada brinda varios servicios, entre ellos, fundición de diversos elementos para la industria; y es precisamente este proceso de fundición el que tiene primordial importancia en el presente proyecto de titulación.

La empresa hoy en día se encuentra en la necesidad de crecer y de aumentar su producción para así poder realizar proyectos más grandes, por lo que considera necesario automatizar y mejorar el proceso de producción y así disminuir tiempos para la obtención de piezas fundidas y mejorar la calidad de las mismas.

La empresa ha determinado que para aumentar su capacidad de producción es necesaria la automatización de uno de los procesos que se realizan durante la fundición, este proceso a ser automatizado es el transporte de moldes. Por el momento la empresa realiza las operaciones de transporte de moldes de forma manual con los operarios, lo que hace que los tiempos de producción aumenten y con ello disminuye el número de piezas obtenidas al final del proceso de fundición. Por lo que este capítulo servirá para la recopilación de los datos necesarios para el diseño de la automatización que la empresa requiere.

2.1. ANÁLISIS DEL PROCESO DE FUNDICIÓN LLEVADO A CABO EN LA EMPRESA

2.1.1. MOLDEO

Se realizará el análisis del proceso de moldeo llevado a cabo por la empresa con el fin de llegar a obtener la mayor cantidad de datos necesarios para la automatización del proceso de transporte de moldes. La empresa realiza sus moldes en arena, en un proceso que consiste en la elaboración de moldes a partir de una mezcla de arena sílice y bentonita con una cantidad adecuada de agua.

Esta mezcla se comprime alrededor del patrón de la pieza a una presión y temperatura específica que le permita mantener su forma durante el proceso de fundición. La arena al ser comprimida toma la forma del modelo. El diseño en algunas ocasiones requiere de conductos internos dentro del molde, los cuales se realizarán utilizando machos de arena que están formados por una mezcla de arena. En el proceso se incluye además la elaboración de conductos para la evacuación de gases.

Cabe señalar que la elaboración de los moldes se realiza de manera manual por parte de los empleados de la empresa. En la entrevista con el Sr. Edwin Guevara se indicó que los moldes se fabricaban un día antes al colado, dedicando un día entero al moldeo y un día entero, el siguiente, al colado.

2.1.2. FUSIÓN

El proceso de fundición se la realiza en un horno de cubilote, donde la combustión se realiza inicialmente por la parte inferior al precalentar el aire, empleando para ello combustible.

El horno cuenta con una zona para el precalentamiento del metal. Al momento en el que la carga metálica alcanza una temperatura adecuada, ésta entra en la zona de fusión. Dicha temperatura de fusión depende del tipo de metal a fundir, ya que el hierro funde a aproximadamente 1200°C y en el caso del acero unos 1500°C. En esta zona se tienen problemas debido a la oxidación del hierro y de otros elementos, además se debe tener un adecuado control de la escoria, compuesta por óxidos metálicos (MEDINA, 2009). Tanto los trabajadores como los encargados de la empresa han adquirido experiencia con el paso del tiempo para poder tener un control apropiado sobre los problemas presentes en el proceso de fusión del metal.

Cabe señalar que el principal fenómeno que se produce en esta zona es el cambio de fase de la carga metálica de sólido a líquido. Al momento en el que tiene lugar la fusión del metal la empresa requiere al menos de seis personas que ayuden a controlar los distintos parámetros y eventuales problemas que puedan presentarse.

2.1.3. COLADO

El colado es la etapa en la cual el metal fundido es vertido dentro del molde para tomar su forma definitiva al solidificar dentro del mismo. En otras palabras, en colado es el proceso en el cual el molde se llena con metal fundido.

La operación de colado se debe realizar de manera rápida y evitando el flujo turbulento de metal fundido en el molde. Para ello el personal de la empresa cuenta con gran experiencia en la fabricación de moldes. Además los moldes son previamente estudiados para determinar la manera más óptima de generar sus distintas partes y para garantizar lo señalado anteriormente.

El colado en la empresa se realiza de manera manual, llevando el crisol con el metal fundido hacia los moldes. Este proceso se explicará de mejor manera al final del presente capítulo.

2.1.3.1. Tiempos de colado obtenidos del horno de cubilote

La obtención de tiempos se la realizó en el momento del colado de fundición gris en el horno de cubilote. Se tomaron los tiempos en base al tiempo de operación por picadas. La primera picada no fue tomada en cuenta debido a que en este punto inicial el horno todavía está inestable; después de esta primera picada, el horno comienza a estabilizarse. El tiempo entre picadas es el tiempo luego de dos picadas del horno de cubilote. Se tomó en cuenta los tiempos que se necesitan para el colado de 4 moldes debido a que ésta es capacidad máxima del crisol, este tiempo fue tomado en una picada y en la siguiente tabla se muestran los valores promedios.

Tabla 2.1: Tiempos del horno de cubilote de la empresa Servicios Mecánicos y Metalúrgica.

Tiempo entre picadas	16 minutos
Tiempos de colado para un molde promedio	
1er molde 25 segundos	
2do molde 20 segundos	
3er molde 17 segundos	

4to molde 17 segundos

Fuente: Propia

2.2. PROCESO ACTUAL EN LA EMPRESA

Actualmente, todos los procesos dentro de la empresa son llevados a cabo de forma manual. Es decir, después de fundido el metal, éste es llevado en el crisol por los obreros con la ayuda de un coche fabricado en la empresa, hasta la zona de almacenamiento de moldes para ser vertido en los mismos. Dicha zona de almacenamiento se encuentra actualmente ubicada en un galpón contiguo al que alberga al horno. Se ha señalado anteriormente que cada crisol tiene capacidad para llenar cuatro moldes, y luego de ello los trabajadores deben regresar al horno, esperar aproximadamente dieciséis minutos hasta que el metal esté fundido en el siguiente crisol, transportarlo hasta el galpón contiguo y llenar los cuatro moldes siguientes. El galpón donde se encuentra el molde puede ser visualizado en la figura 2.1; y el galpón donde se almacenan los moldes en la figura 2.2.



Figura 2.1: Galpón donde se encuentra el horno (área 1)

Fuente: propia.



Figura 2.2: Galpón donde se almacenan los moldes (área 2).

Fuente: propia

Este proceso no optimiza el tiempo del trabajador al hacerlo viajar con la colada desde un galpón a otro para realizar el colado y luego de retorno hasta esperar la siguiente picada, además puede representar un potencial peligro al transportar metal distancias relativamente grandes a elevadas temperaturas. En la figura 2.3 se muestra el proceso que se lleva a cabo actualmente en la empresa. Se indica con línea de color rojo el viaje que hace el trabajador desde el horno hacia los moldes para el colado, y después de ello el retorno, marcado con línea azul, desde la zona de moldes hasta el horno nuevamente:

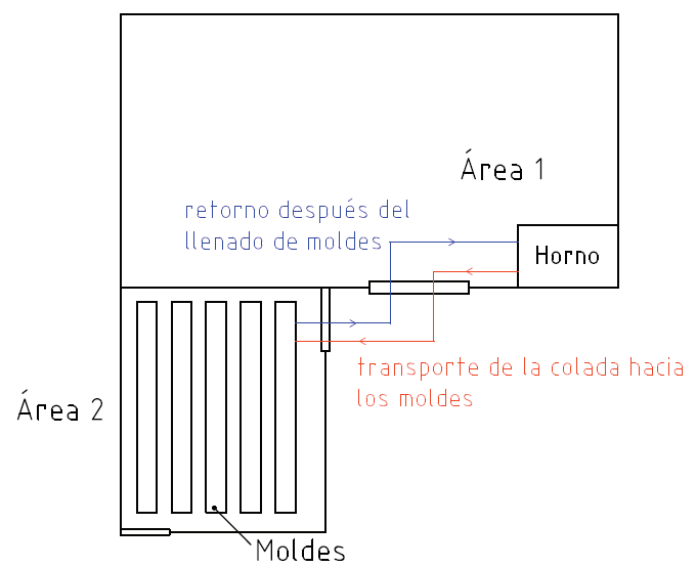


Figura 2.3: Esquema del proceso actual de la empresa.

Fuente: Propia

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y SELECCIÓN

En este capítulo se realizará el diseño y selección de todos los elementos mecánicos y electrónicos necesarios para la automatización del proceso de transporte de moldes del proceso de fundición para la empresa Servicios Mecánicos y Metalúrgica. Se tomarán en cuenta todos los aspectos y datos adquiridos del proceso de fundición que la empresa realiza, así como sus requerimientos.

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

El diseño de la automatización del proceso de transporte de moldes de fundición ha sido propuesto con base a la necesidad de optimizar los recursos de la empresa y disminuir los tiempos de producción en la obtención del producto.

En el país no existe una empresa que se encargue de manera específica a automatizar procesos de este tipo, es por ello que dichos procesos se realizan de manera manual debido al alto costo de la maquinaria extranjera.

Actualmente la empresa se encuentra en un proceso de crecimiento y requiere producir más elementos fundidos en un tiempo menor. El transporte de moldes requiere de los siguientes procesos principales:

- Ubicación del molde desde la zona de almacenamiento a la zona de transporte.
- Transporte del molde a la zona de colado.
- Ubicación del molde en la zona de colado.

Para llevar a cabo el nuevo proceso en la empresa, se ha reorganizado el espacio que ésta utiliza, de tal modo que el galpón en el que se encuentra el horno (área 1) será el sitio donde la automatización tendrá efecto. Para ello se han definido las diferentes zonas para llevar a cabo el proceso tal y como se muestran en la figura:

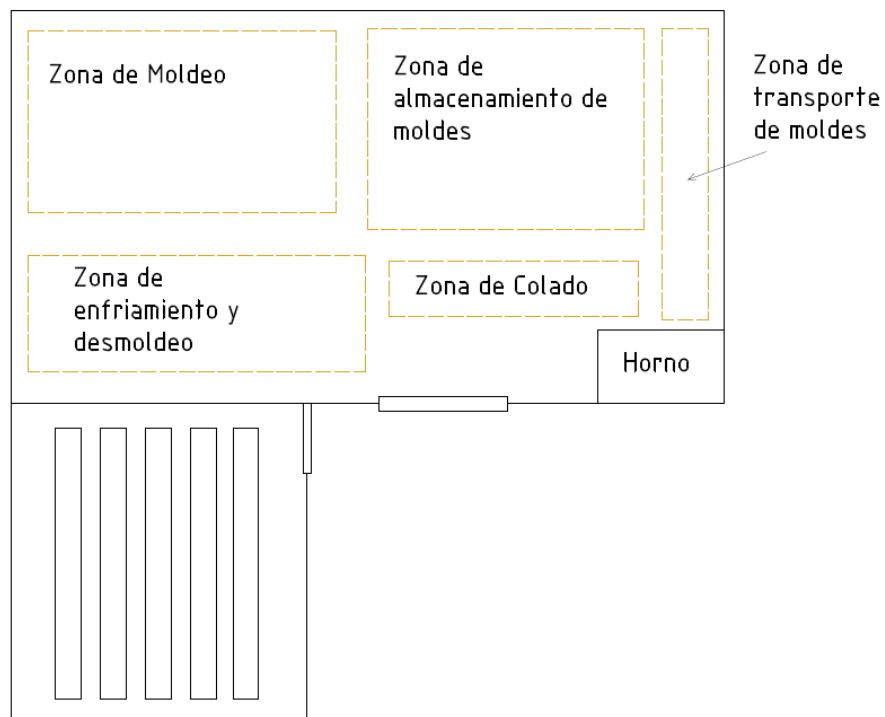


Figura 3.1: Nueva disposición del espacio en el área 1.

Fuente: propia

Entonces, basados en la figura anterior, podemos definir el proceso de una manera muy general: los moldes que se encuentran en la zona de almacenamiento deberán ser llevados hasta la zona de transporte; una vez ahí éstos serán llevados hasta la zona de colado y posteriormente posicionados en el sitio final para el colado. En la figura 3.2 se muestra con flechas color rojo el flujo de moldes de una zona a la otra.

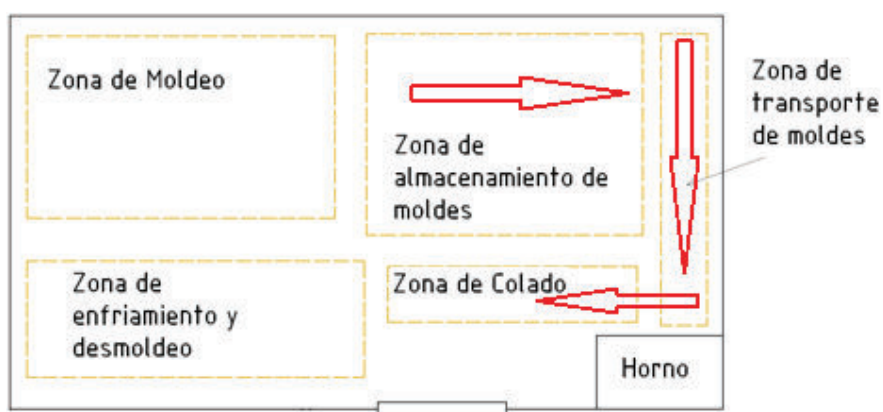


Figura 3.2: Flujo de moldes entre las zonas transporte y colado

Fuente: propia

Si bien los moldes podrían pasar directamente de la zona de almacenamiento a la zona de colado (sin que exista la zona definida como zona de transporte), el flujo expuesto en la figura 3.2 se justifica debido a que la zona de colado deberá tener disponible espacio suficiente de ambos lados del molde para efectuar el colado, esto con el fin de brindar total comodidad al obrero al momento de efectuar la operación crítica de colado de metal fundido. Si los moldes pasaran directamente de la zona de almacenamiento a la zona de colado, inmediatamente debemos suponer que estas zonas estarán unidas de algún modo y no existirá espacio entre ellas, lo que limitará al obrero a realizar el colado de un solo lado del molde, mermando comodidad al efectuar esta operación y arriesgando a que se produzcan errores al verter el metal fundido en el molde. Es por esta principal razón que se define una zona de transporte que permita tener un espacio suficiente en la zona de colado para efectuar con comodidad dicha operación.

3.2. PARÁMETROS FUNCIONALES Y PARÁMETROS DE DISEÑO

3.2.1. PARÁMETROS FUNCIONALES

Los parámetros funcionales que se han determinado para el funcionamiento adecuado del sistema de automatización son los siguientes:

- El proceso debe ser automático y controlado por el operario que realiza el colado de los moldes.
- El proceso debe de contar con las seguridades adecuadas para evitar que se paralice la producción.
- La potencia deberá ser la necesaria para mover los moldes.
- El transporte de los moldes se deberá realizar en el tiempo en el cual el horno tarda en fundir el metal (tiempo entre picadas), es decir, 16 minutos.
- El control deberá tener solamente botones de encendido y apagado.

3.2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Estos parámetros son los que definen el diseño y están encaminados a cumplir las necesidades de la empresa. En la tabla 3.1 (RIBA, 2002) se tienen las especificaciones obtenidas después de la entrevista con el Sr. Edwin Guevara:

Tabla 3.1: Especificaciones para el diseño de la automatización

Empresa:		Producto:		Fecha inicial:	
Servicios Mecánicos y Metalúrgica		Sistema de automatización del proceso de transporte de moldes para fundición.		11/11/2014	
				Última revisión:	
				Página:	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
Concepto	Propone	R/D	Descripción		
Función	C	R	Transportar moldes de fundición de 320 Kg		
	D	R	Garantizar que cuatro moldes sean puestos en la zona de colado en 16 minutos.		
Mantenimiento	C	R+D	Fácil mantenimiento		
	D	R	Seleccionar elementos existentes el el mercado		
Dimensiones	C	R	Dimensiones del molde: 600x600x95,2 [mm]		
Materiales	D	R	Acero A36 antideslizante para el coche.		
Seguridad y ergonomía	D	D	Fácil operación: no se necesita capacitar al personal		

C: cliente; **D:** diseñador; **R:** requerimiento; **D:** deseo; **R+D:** requerimiento y deseo

Fuente: propia

3.3. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la selección de alternativas se considerará que el proceso se llevará a cabo tomando en cuenta la disposición del galpón expuesta en la figura 3.1 y siguiendo el flujo descrito de manera general en la figura 3.2.

En el siguiente estudio se proponen tres alternativas para el sistema de transporte de moldes:

3.3.1. ALTERNATIVA 1: TRANSPORTE DE MOLDES REALIZADO CON TRANSPORTADORES DE BANDAS

Se propone transportar los moldes mediante la utilización de bandas. Esta forma de trasladar objetos es muy utilizada en las empresas. Un ejemplo de un transportador de bandas se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3: Vista de un transportador de bandas.

Fuente: propia

3.3.1.1. Funcionamiento del transporte realizado con transportador de bandas

Las bandas deberían estar tanto en la zona de almacenamiento como en las zonas de transporte y colado, es decir, deberá haber una banda por cada fila de moldes que se tengan almacenados; otra en la zona de transporte para llevarlos hasta la zona de colado; y otra en la zona de colado. Cada una de estas bandas deberá tener un motor que efectúe el movimiento debido a que cada una deberá ser independiente de las otras.

3.3.1.2. Ventajas y desventajas del transporte realizado por bandas

Ventajas:

- Los únicos elementos móviles en el sistema son las bandas.
- Debido a que las bandas de las diferentes zonas estarán contiguas, no existen problemas de posicionamiento para pasar de una zona a otra.

Desventajas:

- Debido a que en la fundición se manejan elevadas temperaturas, las bandas corren gran riesgo de daños producidos por el calor.
- Al trabajar con moldes de arena, ésta podría convertirse en un agente abrasivo para las bandas.
- Debido a que las bandas deben permanecer tensas, y para ello hacen falta cilindros cada ciertos tramos, pueden producirse pulsaciones verticales en las bandas que generen daños en los moldes.
- Cada transportador requiere de un motor propio.
- Al producirse el movimiento en la banda se desplazan todos los moldes que estén sobre ella, es decir, no se tiene independencia de movimiento para cada molde.

3.3.2. ALTERNATIVA 2: TRANSPORTE DE MOLDES REALIZADO CON TRANSPORTADOR DE RODILLOS

El transporte por rodillos es también una de las formas de transporte más utilizadas en la industria. Un ejemplo de un transportador de rodillos se muestra en la figura 3.4.

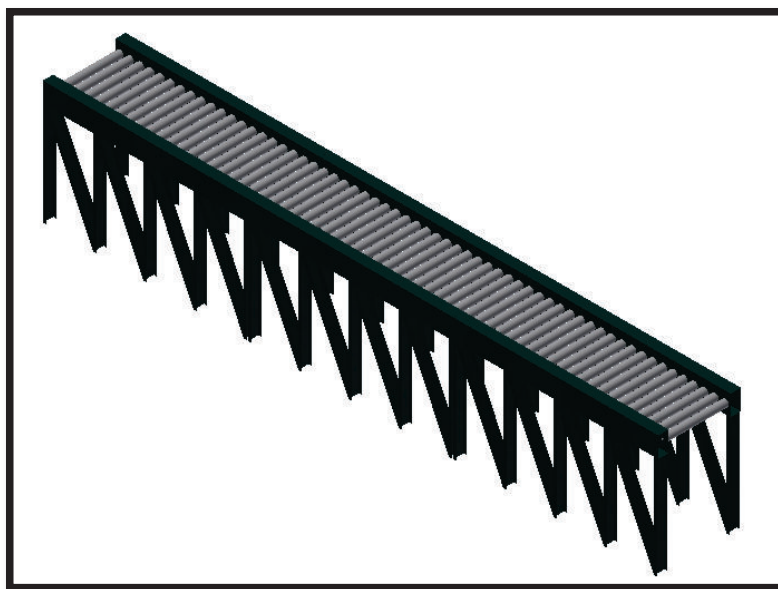


Figura 3.4: Transportador de rodillos

Fuente: propia

3.3.2.1. Funcionamiento del transporte realizado con transportador de rodillos

El transporte realizado con rodillos es muy similar al transporte realizado con bandas, es decir, los rodillos estarán contiguos entre la zona de almacenamiento y de transporte, y del mismo modo entre la zona de transporte y de colado. Los moldes que estén en la zona de almacenamiento pasarán por los rodillos hasta la zona de transporte, donde los rodillos los guiarán hasta otros que los llevarán a la zona de colado.

3.3.2.2. Ventajas y desventajas del transporte realizado por rodillos

Ventajas:

- Los únicos elementos móviles del sistema son los rodillos.
- Debido a que los rodillos de las diferentes zonas son contiguos, no existen problemas de posicionamiento para pasar de una zona a otra.

Desventajas:

- Cada sección con rodillos requiere de un motor independiente.
- Los rodillos pueden producir trepidaciones que afecten al molde.
- Al producirse el movimiento de los cilindros, todos los moldes se desplazan, es decir, no existe un movimiento independiente de cada molde.

3.3.3. ALTERNATIVA 3: TRANSPORTE DE MOLDES REALIZADO CON COCHES METÁLICOS

3.3.3.1. Funcionamiento del sistema de transporte con coches metálicos

El transporte por coches requiere de rieles para el desplazamiento y también demanda que cada molde tenga un coche independiente. Los coches con los moldes estarán en la zona de almacenamiento, mientras un sistema compuesto por otro coche móvil conectado a un motor esperará al coche con molde para llevarlo (a través de la zona de transporte) hacia la zona de colado. En la zona de colado el coche con el molde abandonará al coche transportador y se posicionará para la operación de colado. Los coches con los moldes se moverán al coche transportador por medio de cilindros neumáticos, y asimismo desde el coche de transporte hacia la zona de colado. En la figura 3.5 se muestran ambos coches dentro del sistema.

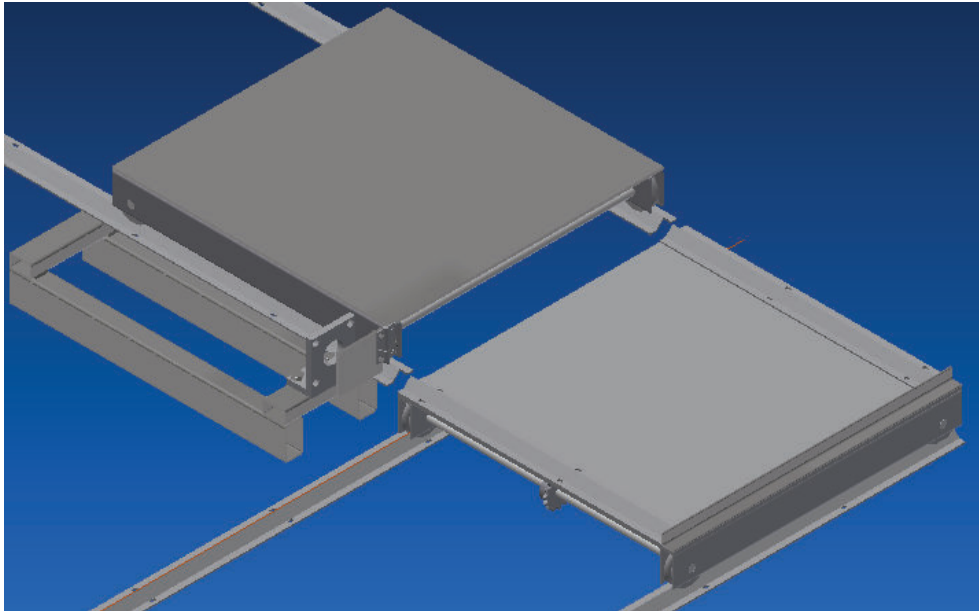


Figura 3.5: Coches para el transporte de los moldes

Fuente: propia

3.3.3.2. Ventajas y desventajas del transporte realizado por coches metálicos

Ventajas:

- Al estar los moldes sobre unos coches, no existe el problema de daños producidos por la trepidación.
- En la zona de almacenamiento los elementos móviles serán únicamente cilindros neumáticos, mismos que generarán el desplazamiento de un solo molde hacia la zona de interés; es decir, se mueve un molde a la vez.
- Debido a que cada molde tiene su coche, se genera total independencia de movimiento en cada molde.
- Las altas temperaturas no imposibilitarán el uso de los coches metálicos.
- La arena no producirá desgaste significativo en el coche metálico.
- Al moverse un molde a la vez, se tiene mayor control del proceso.

Desventajas:

- Mayor costo debido al gran número de coches.

- Para efectuar el movimiento se requieren varios actuadores (cilindros neumáticos y un motor).
- Se requieren varios sensores.

3.4. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Se empleará el método ordinal corregido de criterios ponderados para seleccionar la alternativa más adecuada.

3.4.1. CRITERIOS DE VALORACIÓN

3.4.1.1. Costo

La empresa, para invertir en el proyecto de automatización, deberá tener muy en cuenta el costo del sistema. Este es uno de los aspectos medulares debido a que de la capacidad de inversión de la empresa dependerá la implementación de la automatización.

Para la ponderación, el valor mayor es indicador de un bajo costo.

3.4.1.2. Facilidad de operación

El manejo del sistema deberá ser simple, procurando una operación intuitiva por parte del obrero.

Para la ponderación, el mayor valor es indicador de mayor facilidad de operación.

3.4.1.3. Mantenimiento

El sistema deberá tener, de preferencia, un mantenimiento mínimo, procurando con ello abaratar el costo a largo plazo del mismo y evitar interrupciones en la producción.

Para la ponderación, el mayor valor es indicador de un mantenimiento mínimo.

3.4.1.4. Seguridad del molde

Debido a que los moldes hechos en la empresa son de arena, el transporte de los mismos deberá garantizar que no sufran daños, evitando con ello mayor número de piezas rechazadas, lo que generará un ahorro de tiempo y de dinero.

Para la ponderación, el mayor valor es indicador de mayor seguridad del molde.

3.4.1.5. Seguridad del operario

El sistema, ante todo, deberá garantizar que el operario no sufra accidentes ni traumatismos en el ejercicio de su labor.

Para la ponderación, el mayor valor es indicador de mayor seguridad del operario.

3.4.1.6. Facilidad de fabricación

Será preferible tener mayor facilidad de fabricación o de instalación del sistema para evitar fallas en el funcionamiento del mismo.

Para la ponderación, el mayor valor es indicador de mayor facilidad de fabricación o de instalación.

En la tabla 3.2 se muestra la ponderación de los criterios. De ella se deriva el criterio que tiene la prioridad mayor.

Tabla 3.2: Ponderación de criterios

CRITERIOS	Costo	Facilidad de operación	Mantenimiento	Seguridad del molde	Seguridad del operario	Facilidad de fabricación	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Costo	-	1	1	0,5	0,5	1	5	0,22
Facilidad de operación	0	-	1	0,5	0,5	0	3	0,13
Mantenimiento	0	0,5	-	0,5	0	0	2	0,09
Seguridad del molde	1	1	1	-	0	1	5	0,22
Seguridad del operario	1	1	1	1	-	1	6	0,26
Facilidad de fabricación	0	0	0,5	0,5	0	-	2	0,09
SUMA							23	1

Fuente: propia

De acuerdo a los valores obtenidos de la tabla 3.2 se puede determinar el orden de prioridad de los criterios, siendo el más importante la seguridad del operario.

*Seguridad del operario > Seguridad del molde > Costo > Facilidad de operación
> Facilidad de fabricación > Mantenimiento*

3.4.2. PONDERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

A continuación se someterán a análisis las alternativas tomando en cuenta cada uno de los criterios. Al final de dicho análisis se obtendrá la alternativa de diseño que priorice los criterios de mayor incidencia.

Las tablas 3.3 a la 3.8 muestran los pesos específicos de cada criterio respecto a las alternativas. Finalmente en la tabla 3.9 se obtendrá la valoración de las alternativas que permitan determinar el diseño de la más idónea.

Tabla 3.3: Ponderación del peso específico del criterio "Seguridad del operario" respecto a las diferentes alternativas

SEGURIDAD DEL OPERARIO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1	-	0,5	0,5	2	0,33
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	0,33
Alternativa 3	0,5	0,5	-	2	0,33
SUMA				6	1

Fuente: propia.

Tabla 3.4: Ponderación del peso específico del criterio "Seguridad del molde" respecto a las diferentes alternativas

SEGURIDAD DEL MOLDE	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1	-	0,5	0	1,5	0,27
Alternativa 2	0	-	0	1	0,18
Alternativa 3	1	1	-	3	0,55
SUMA				5,5	1

Fuente: propia

Tabla 3.5: Ponderación del peso específico del criterio "Costo" respecto a las diferentes alternativas

COSTO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
	Alternativa 1	-	0,5		
Alternativa 2	0,5	-	1	2,5	0,42
Alternativa 3	0	0	-	1	0,17
SUMA				6	1

Fuente: propia

Tabla 3.6: Ponderación del peso específico del criterio "Facilidad de operación" respecto a las diferentes alternativas

FACILIDAD DE OPERACIÓN	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
	Alternativa 1	-	0,5		
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	0,29
Alternativa 3	1	1	-	3	0,43
SUMA				7	1

Fuente: propia

Tabla 3.7: Ponderación del peso específico del criterio "Facilidad de fabricación" respecto a las diferentes alternativas

FACILIDAD DE FABRICACIÓN	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
	Alternativa 1	-	0,5		
Alternativa 2	0,5	-	1	2,5	0,36
Alternativa 3	0,5	0,5	-	2	0,29
SUMA				7	1

Fuente: propia

Tabla 3.8: Ponderación del peso específico del criterio "Mantenimiento" respecto a las diferentes alternativas

MANTENIMIENTO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1	-	0	0	1	0,18
Alternativa 2	0,5	-	0,5	2	0,36
Alternativa 3	1	0,5	-	2,5	0,45
SUMA				5,5	1

Fuente: propia

Tabla 3.9: Conclusión en base a los criterios

CONCLUSIÓN	Seguridad del operario	Seguridad del molde	Costo	Facilidad de operación	Facilidad de fabricación	Mantenimiento	PONDERACIÓN	CONCLUSIÓN
PONDERACIÓN	0,26	0,22	0,22	0,13	0,09	0,09	-	-
Alternativa 1	0,33	0,27	0,42	0,29	0,36	0,18	0,321	II
Alternativa 2	0,33	0,18	0,42	0,29	0,36	0,36	0,317	III
Alternativa 3	0,33	0,55	0,17	0,43	0,29	0,45	0,362	I

Fuente: propia

Después de realizado el análisis por el método corregido de los criterios ponderados se concluye que la mejor alternativa para el sistema de transporte de moldes es la alternativa 3: transporte de moldes realizado por coches metálicos. Un esquema básico del sistema se muestra en la figura 3.6.

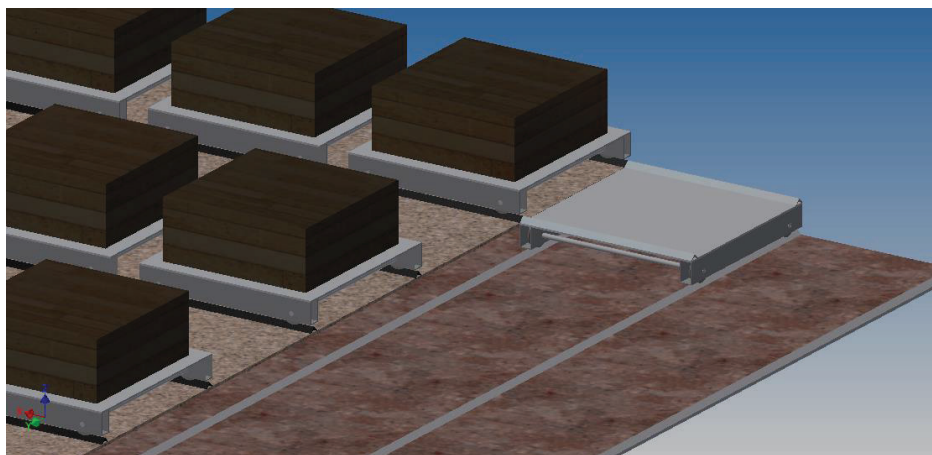


Figura 3.6: Esquema del sistema de transporte de moldes

Fuente: propia

3.5. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

El sistema de transporte mediante coches metálicos consta básicamente de rieles; dos coches: uno para los moldes (coche de molde), y otro que transportará al conjunto anterior (coche de transporte); un motor que estará situado en la zona de transporte y que será el encargado de generar el movimiento en el coche de transporte; actuadores neumáticos en cada fila y el PLC que controlará al sistema.

Es pertinente ahora determinar cuáles son los elementos que se deberán diseñar y cuáles los que se deberán seleccionar.

Los elementos del sistema a ser diseñados son los siguientes: el coche para los moldes y el coche de transporte.

Los elementos a ser seleccionados son los siguientes: rieles y llantas; motor eléctrico, pistones neumáticos; PLC.

3.5.1. DISEÑO DE LOS COCHES

Se deberá tomar en cuenta que se deben diseñar dos coches: el coche de moldes y el coche de transporte. Sin embargo el diseño de los elementos será el mismo para ambos debido a que, como se verá más adelante, ambos soportan prácticamente la misma carga. La única diferencia, respecto a la carga, es que el coche de transporte soportará, además del peso del molde, el peso del coche del molde; por ello se ha

determinado en el cálculo un factor de seguridad para que no exista inconveniente alguno al respecto. En la figura 3.7 se muestran los dos coches a ser diseñados.

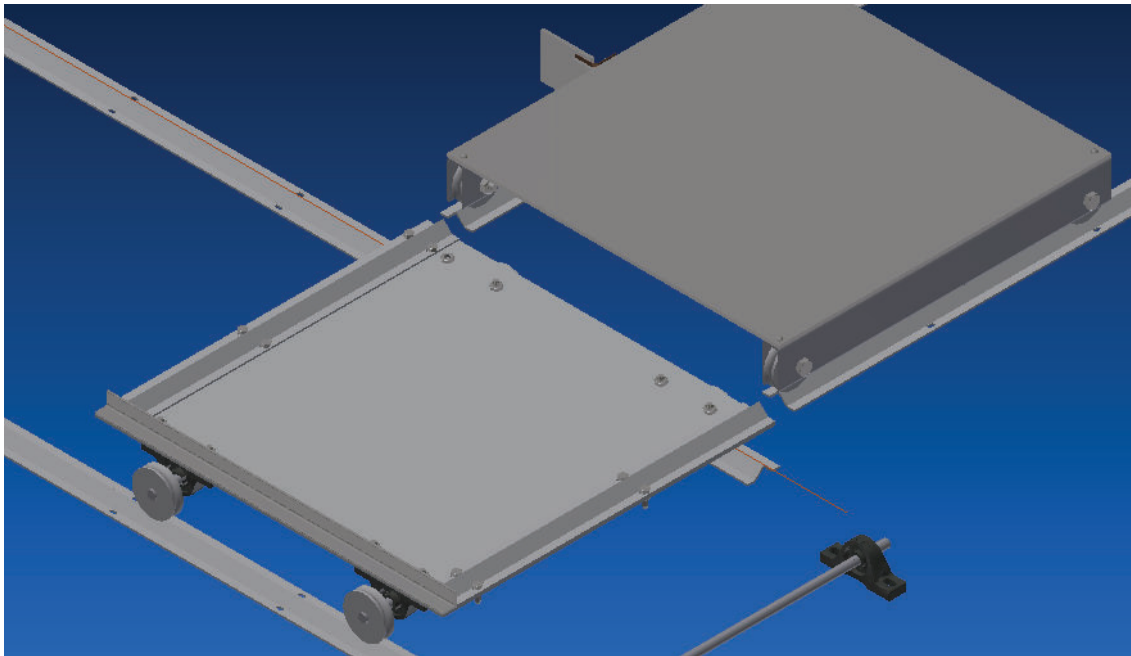


Figura 3.7: Conjunto de coche de transporte (izquierda) y coche de molde (derecha)

Fuente: propia

Otro aspecto que diferenciará a los coches, es que el eje que une las ruedas del coche de transporte deberá ser diseñado para albergar una catarina que le transmitirá el movimiento; además la placa deberá tener rieles soldados para llevar al coche de moldes.

A continuación se procederá a diseñar los coches y todos sus elementos. Asimismo se seleccionarán los elementos constitutivos de los mismos.

3.5.1.1. Dimensionamiento del coche de moldes

Para el dimensionamiento del coche que va a transportar los moldes se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

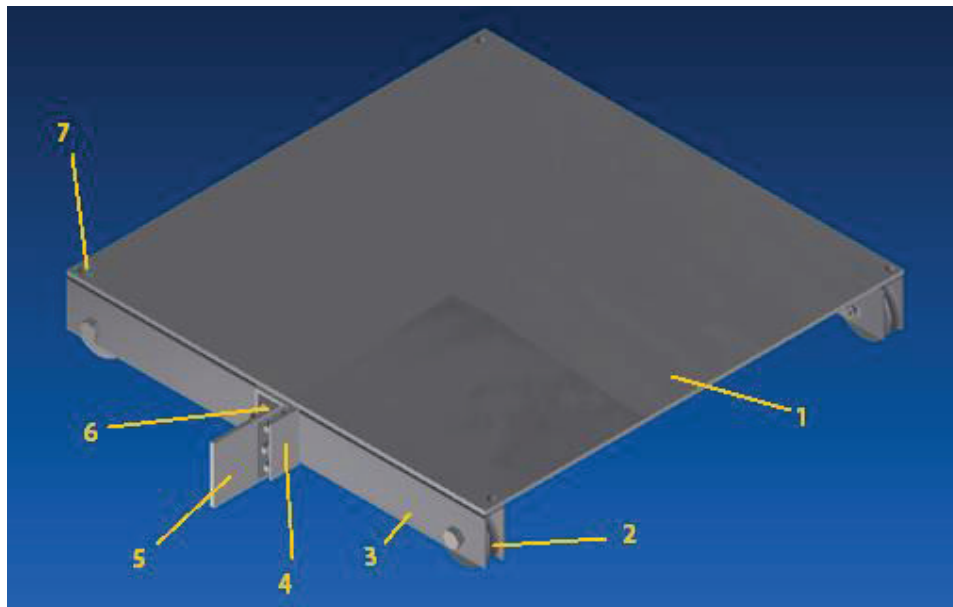
- Las dimensiones de una caja de moldes promedio
- El peso de un molde colado

El coche se encuentra sometido únicamente al peso del molde a ser transportado.

Tabla 3.10: Dimensiones del coche de moldes

Largo	600 mm
Ancho	600 mm
Altura	95,2 mm

Fuente: propia.

**Figura 3.8:** Vista del coche de moldes y sus partes

Fuente: propia

El coche de moldes está formado por las siguientes partes:

1. Placa
2. Ruedas
3. Tubo rectangular
4. Perfil en "L"
5. Placa para el cilindro neumático
6. Bisagra con resorte

7. Remaches

Para el diseño del coche se procederá primero al cálculo del peso promedio que va a soportar, mismo que será la suma del peso de la caja del molde, la arena y el metal fundido, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P_{\text{molde}} = P_{\text{caja}} + P_{\text{arena}} + P_{\text{metal}}$$

La caja tiene una masa de 8 kg, mientras que la masa del metal es de 80 kg, según datos proporcionados por la empresa. Tomando el valor de la aceleración de la gravedad como $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, los pesos de la caja y el metal son, respectivamente, de 78,4N y de 784 N.

Para el cálculo del peso de la arena se utilizará la siguiente expresión:

$$P_{\text{arena}} = \rho V g$$

Donde:

ρ = densidad de mezcla de arena de moldeo.

V = volumen de la caja

g = gravedad

La densidad de la mezcla de moldeo es de $1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. El volumen de la caja se lo obtiene con los valores de la tabla 3.10, que son datos proporcionados por la empresa. Con estos datos se obtiene:

$$P_{\text{arena}} = 2257,92 \text{ N}$$

Con los pesos obtenidos anteriormente se procede a hallar el peso del molde.

$$P_{\text{molde}} = 3120,32 \text{ N}$$

Para cálculos posteriores, se requerirá este valor en kilogramos, de tal modo que:

$$P_{\text{molde}} = 318.4 \text{ kg}$$

Aproximando, se utilizará el siguiente valor:

$$P_{\text{molde}} \approx 320 \text{ kg}$$

3.5.1.2. Dimensionamiento del coche de transporte

El coche de transporte deberá ser dimensionado tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Deberá soportar el peso del coche de moldes con el molde
- Tendrá rieles y un tope para albergar al coche de moldes
- Tendrá dos ejes
- Para que el movimiento pueda ser transmitido deberá tener una catarina

Tomando en cuenta lo anterior, el coche de transporte tendrá las siguientes dimensiones:

Tabla 3.11: Dimensiones del coche de transporte

Largo	600 mm
Ancho	628 mm
Altura	119 mm

Fuente: propia

Estas dimensiones se justifican debido a que este coche deberá ser un poco más grande para poder albergar al coche de moldes; además deberá ser más alto para que pueda contener a la catarina. Sin embargo el espesor de la placa será el mismo debido a que el peso extra que soportará (es decir el peso del coche de moldes) no es alto. Las ruedas serán las mismas ya que la carga a soportar es muy similar, pero las ruedas en este coche estarán ensambladas sobre un eje, mientras que en el coche de moldes éstas se encuentran montadas sobre los pernos que proporciona el fabricante.

En la figura 3.9 se muestra un esquema del coche de transporte, en el cual se pueden apreciar, de manera general, sus distintos componentes. En la vista frontal

se pueden apreciar las diferencias de las ruedas con respecto al coche de moldes, ya que este coche no tiene tubo rectangular para albergar las ruedas..

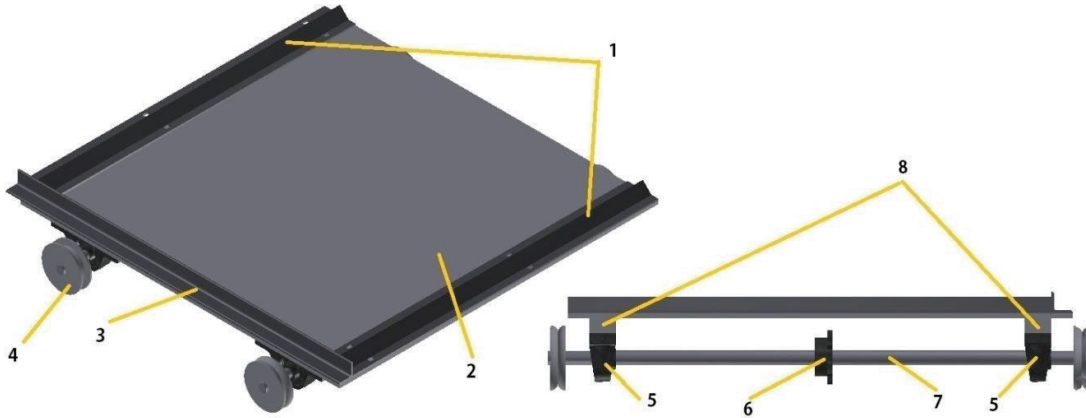


Figura 3.9: Coche de transporte y sus partes

Fuente: propia

El coche de transporte consta de las siguientes partes:

1. Rieles
2. Placa
3. Perfil en "L" (para detener al coche) de moldes
4. Ruedas
5. Chumaceras
6. Catarina
7. Eje
8. Soportes para chumaceras

Todos los elementos constitutivos de los coches serán diseñados o seleccionados posteriormente, según sea el caso, y se mostrarán en los planos respectivos.

3.5.1.3. Cálculo del espesor de las placas de los coches

Como se mencionó anteriormente, ambos coches utilizarán el mismo espesor de placa, por lo que el análisis se lo realizará una sola vez. Para la determinación del espesor de la placa dicho análisis se realizará por medio de elementos finitos

utilizando el software de simulación Autodesk Inventor Professional 2015. Para la simulación se han seguido los siguientes pasos:

- Asignar los materiales a cada uno de las partes. En el caso de la placa un acero A36
- Dar las restricciones fijas a las ruedas del coche
- Colocar las cargas tanto del peso del molde como de la fuerza de gravedad
- Seleccionar un mallado con un tamaño de elemento de 0,1mm
- Simulación

En las figuras 3.10 y 3.11 se muestran los resultados del análisis por elementos finitos para la determinación de esfuerzos y deformaciones respectivamente.

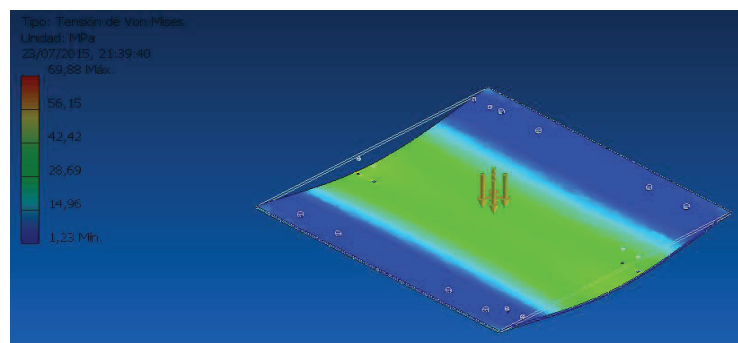


Figura 3.10: Simulación de los esfuerzos para placa de espesor de 6mm

Fuente: propia

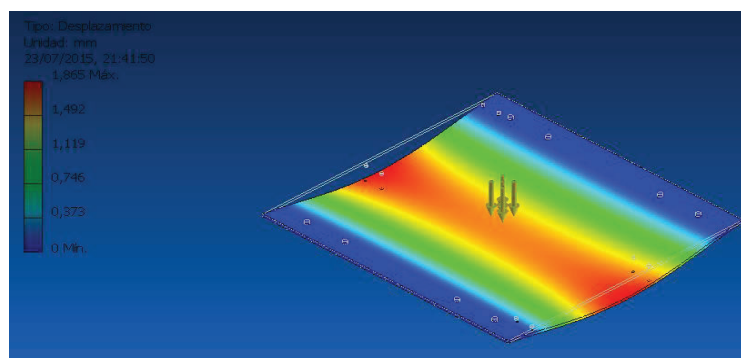


Figura 3.11: Simulación de las deformaciones para placa de espesor 6mm

Fuente: propia

En base a los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas para diferentes espesores, se ha obtenido la siguiente tabla:

Tabla 3.12: resultados del análisis por elementos finitos para diferentes espesores de placa

Espesor (mm)	Esfuerzos (MPa)	Deformación (mm)	Factor de Seguridad
4	156,3	5,5	1,6
6	75,3	1,6	3,3
8	44,7	0,7	5,6
10	32,54	0,36	7,7

Fuente: propia

Con lo que se puede concluir que el espesor seleccionado de la plancha de 6 mm es el más adecuado para soportar el peso calculado para el molde y también podrá soportar pesos mayores en el caso de que la empresa lo requiera debido a que posee un factor de seguridad de 3.3.

Con este valor obtenido anteriormente para el factor de seguridad, queda justificado el hecho de utilizar el mismo espesor de placa para ambos coches debido a que el coche de transporte, que es el que más peso soportaría (coche de molde + molde) no llegará a tener cargas que lleguen a ser el triple del peso del molde, por lo que queda garantizada su funcionalidad.

3.5.1.4. Selección de las ruedas para los coches

Para la selección de las ruedas que se utilizarán en ambos, se procederá primero a calcular el peso total tomando en cuenta el peso del molde, el peso de la placa de acero y el peso de los perfiles que van a ser utilizados para la colocación de las ruedas. Todos estos valores serán promedios y tomados en kilogramos para la selección de las ruedas. El peso de los perfiles se lo ha tomado del catálogo DIPAC, dicho valor corresponde a 5.4 kg.

De esta manera el peso que soportará el coche de moldes será:

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{molde}} + P_{\text{placa}} + P_{\text{perfiles}}$$

El peso de la placa fue determinado en la simulación, con un valor de 17 kg.

De este modo se tiene que el peso total es:

$$P_{\text{Total}} = 342,4 \text{ KG}$$

El peso aproximado del conjunto es de unos 350 kg que servirá para la selección del tipo de ruedas, este peso va a estar repartido por igual entre las cuatro ruedas. Para aumentar la capacidad de carga del coche, se realizará una selección de ruedas según el catálogo Ducasse con el fin de que las ruedas seleccionadas puedan ser utilizadas tanto por el coche de moldes como por el coche de transporte.

Tabla 3.13: Catálogo Ducasse

RUEDA	50 mm	64 mm	75 mm	85 mm	100 mm	150 mm
CAPACIDAD DE CARGA por unidad	75 KG.	100 KG.	250 KG.	275 KG.	300 KG.	700 KG.
DIAMETRO EXTERIOR	49 mm	62 mm	75 mm	87.5 mm	100 mm	150 mm
DIAMETRO CANAL	38 mm	47 mm	59 mm	68 mm	80 mm	126 mm
ANGULO	50 x 30 x 3 50 x 30 x 2	70 x 30 x 3 70 x 30 x 2	70 x 30 x 3 70 x 30 x 2	80 x 40 x 3	100 x 50 x 3	150 x 50 x 3
A desde la base del perfil al centro de la perforación	17 - 19	23 - 25	25 - 27	26 - 28 mm	23 - 25	58 - 60
B	55 mm	68 mm	81 mm	91 mm	106 mm	156 mm
C	24 mm	24 mm	24 mm	34 mm	44 mm	44 mm
D	13 mm	16 mm	18 mm	18 mm	22 mm	30 mm

Fuente: (Ducasse, 2014)

De acuerdo al catálogo la rueda que soportaría el peso sin ningún inconveniente sería la de un diámetro exterior de 75mm, que por las cuatro ruedas del coche soportarían en conjunto 1000 kg, lo que indica que soportará sin ningún inconveniente el peso del conjunto y, además, también servirán para ser utilizadas en el coche de transporte.

Para cubrir esta rueda de 75mm de diámetro el fabricante recomienda un perfil rectangular estructural de las siguientes medidas de 70x30x3mm, que fácilmente se encuentra en el mercado nacional.

Este perfil también ayudará a brindar mayor rigidez al coche y a proteger las ruedas de potenciales daños que pudieran ocasionarse durante el proceso.

3.5.1.5. Selección de rieles para los coches

La selección de los rieles se ha hecho según las recomendaciones del fabricante de las ruedas. El perfil seleccionado corresponde al código 847/HGV3MT de la marca Carbone Portones.

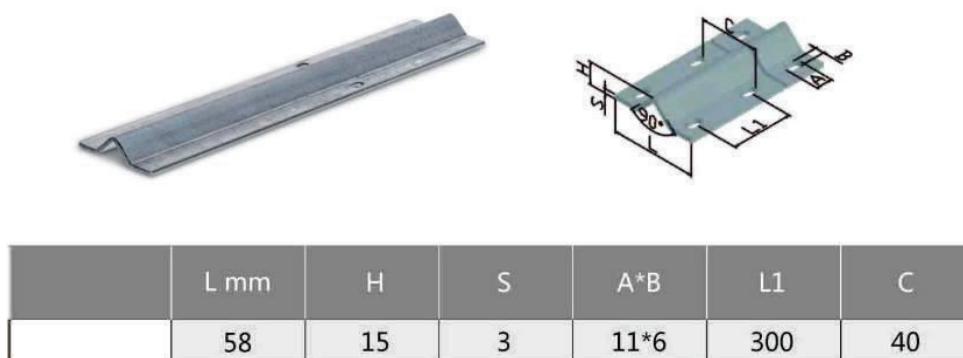


Figura 3.12: Riel para los coches

Fuente: (Portones, 2014)

3.5.1.6. Diseño del mecanismo para el actuador neumático

Este es un mecanismo exclusivo del coche de moldes. Es el lugar donde el cilindro neumático actuará. Consiste, básicamente, en una bisagra con resorte acoplada al coche, misma que tiene como función alojar a una placa que recibirá la acción del cilindro neumático, debiendo pivotar hacia un lado, pero no hacia el otro. Un esquema del mecanismo en cuestión se presenta en la figura 3.13.

La placa tendrá las siguientes dimensiones: 80x90x4 mm. Estas dimensiones se justifican tomando en cuenta, sobre todo, la distancia a la que el cilindro neumático realizará su trabajo.

La bisagra es una bisagra industrial de 3 pulgadas con resorte, su función es la de pivotar cuando la placa choque con el cilindro neumático, pero no deberá hacerlo cuando sobre ella actúe dicho cilindro. La bisagra estará unida al coche con tres pernos M8x25, y a la placa con tres tornillos tipo C M8x19.

El mecanismo además cuenta con un perfil en "L" de 60x40x4. En este perfil estará alojada la bisagra, brindándole libertad para el pivote en una dirección e impidiéndolo en la otra.

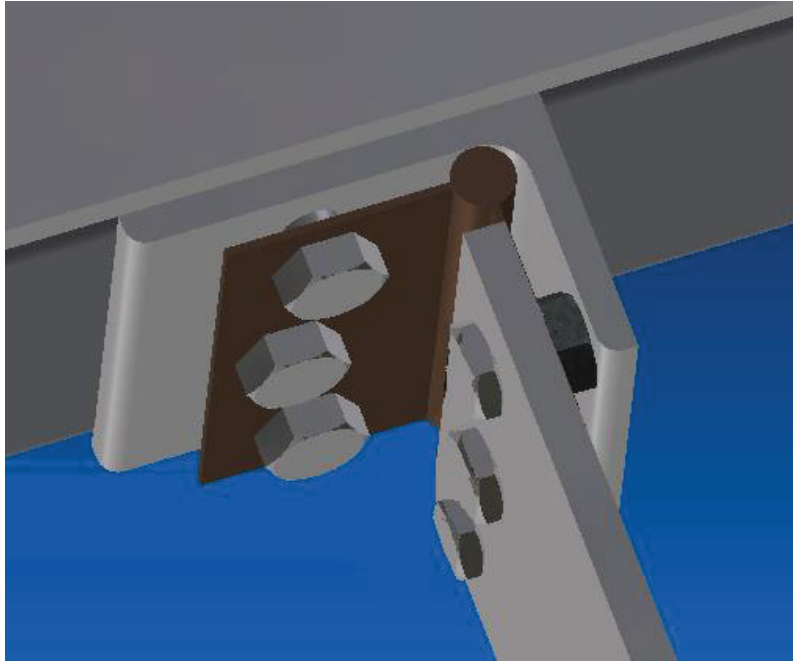


Figura 3.13: Mecanismo de bisagra para el actuador neumático

Fuente: propia

3.5.1.7. Selección del motor eléctrico

Para proseguir con el diseño del eje, se deberá determinar primero la potencia que se tendrá después de seleccionado el motor.

Para la selección del motor se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- El desplazamiento máximo que debe realizar el coche de transporte desde la zona de almacenamiento hasta la zona de colado es de 14.8m.
- El tiempo que el coche de transporte debe emplear en realizar dicho desplazamiento no debe ser mayor de 10s.
- La masa total del conjunto sería aproximadamente de unos 400 kg.
- El coeficiente de rozamiento entre las ruedas y los rieles es (acero con acero) de 0,15.

Con estos datos se procede a realizar un diagrama de cuerpo libre para realizar el cálculo de la fuerza requerida para desplazar al coche.

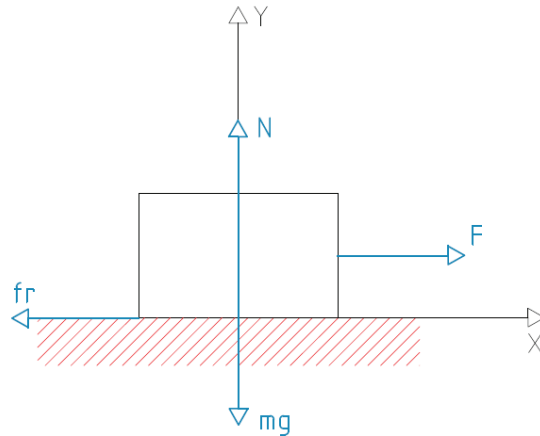


Figura 3.14: Diagrama de cuerpo libre (coche de transporte + coche de molde + molde)
Fuente: propia.

De realizar la sumatoria de fuerzas en el eje X en el eje se tiene:

$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$F - fr = m \cdot a$$

$$F = fr + m \cdot a$$

$$F = \mu \cdot N + m \cdot a$$

Para obtener la fuerza es necesario determinar el valor de la fuerza normal y de la aceleración.

La fuerza normal se obtiene con la siguiente expresión:

$$\sum F_y = 0$$

$$N = m \cdot g$$

$$N = 3920 \text{ N}$$

La aceleración se obtiene de la siguiente manera:

$$d = V_{ot} + \frac{1}{2} at^2$$

Como la velocidad inicial es cero, entonces la aceleración se determinará de la siguiente forma:

$$a = \frac{2d}{t^2}$$

La distancia corresponde al desplazamiento que realizará el coche (14.8m).
Entonces la aceleración es de:

$$a = 0,296 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Utilizando los valores de la fuerza normal y de la aceleración se tiene que:

$$F = 706,4 \text{ N}$$

Donde:

F = fuerza necesaria para mover al coche, N

fr = fuerza de rozamiento, N

μ = coeficiente de rozamiento entre las ruedas y rieles

N = normal de contacto, N

a = aceleración del coche, $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

d = distancia, m

t = tiempo, s

Con la fuerza requerida para transportar el coche se procede a calcular la potencia necesaria para realizar el desplazamiento.

$$P = \frac{F \cdot d}{t}$$

Donde:

P = potencia, W

F = fuerza, N

d = distancia, m

t = tiempo, s

$$P = 1045,47 \text{ W} = 1,04 \text{ kW}$$

Por lo tanto, de acuerdo al catálogo Rossi de motoredutores, se selecciona el motor MR 2I 40 - 80 B 2 que tiene una potencia de 1,1 kw, y de 440 rpm de velocidad angular.

El motor seleccionado se encuentra en el Anexo 1.

3.5.1.8. Diseño del eje del coche de transporte

A continuación se realizará el diseño del eje del coche de transporte que contiene la catarina. Cabe señalar que este eje únicamente estará en el coche de transporte, mas no en el coche de moldes.

Para el diseño del eje del coche de transporte se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Diámetro del eje es de 17mm que será el diámetro máximo permitido, debido a que en esta parte se encuentra la sección crítica del eje.
- La potencia del motor es de 1,1 kw
- La catarina tiene una velocidad angular de 440 rpm, proporcionada por el motor.

En la figura 3.12 se muestra un esquema del eje con la catarina acoplada a él.

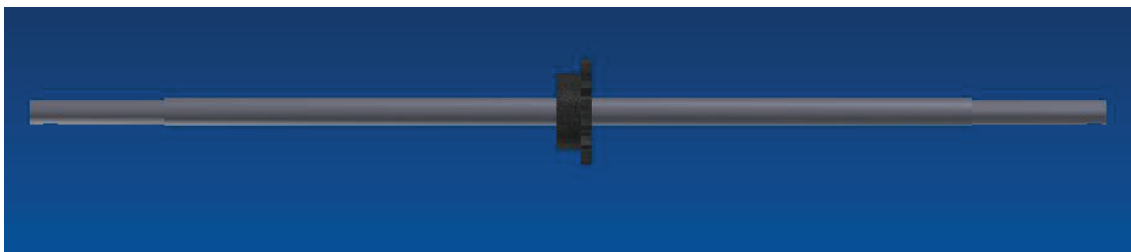


Figura 3.15: Eje con catarina

Fuente: propia

Se procede primero a calcular tanto el momento torsor como la fuerza cortante en la catarina.

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Donde:

T = momento torsor, Nm

P = potencia del motor, W

ω = velocidad angular, $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

$$T = 23,87\text{Nm}$$

Con el momento torsional se procede a calcular la Fuerza aplicada a las catarinas.

$$F = \frac{T}{r}$$

Donde:

F = fuerza, N

T = momento torsor, Nm

r = radio de la catarina, m

$$F = 723,33 \text{ N}$$

A continuación, con ayuda del software MDSolid se determinan los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Entonces, para los valores de carga P₁, P₂, y P₃ se tomará en cuenta lo siguiente:

- P₃ será la carga de 723.33 N determinada anteriormente.
- P₁ y P₂ son las fuerzas generadas por la distribución del peso del coche de moldes con el molde y el metal fundido (350Kg). Esta carga se distribuye, a través de las chumaceras, hacia el eje. Tomando en cuenta que se cuentan con 4 chumaceras para los dos ejes, la carga será, tanto para P₁ como para P₂, de $\frac{350 \text{ Kg}}{4} = 87.5 \text{ kg} = 857.5 \text{ N}$.

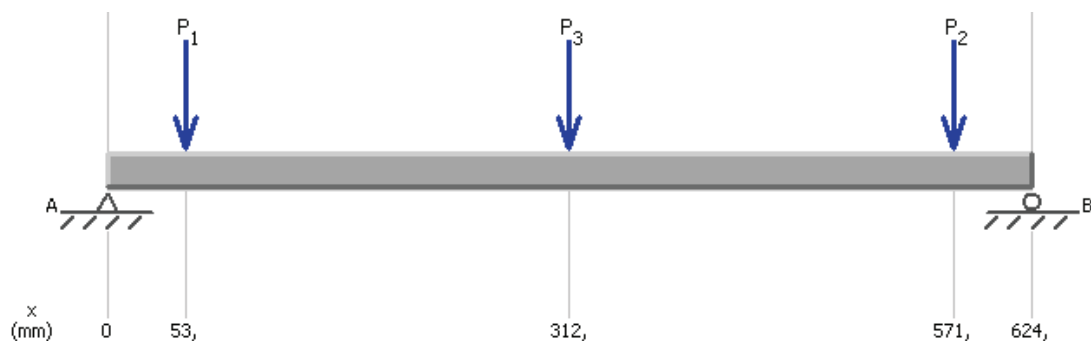


Figura 3.16: Diagrama de cargas del eje.

Fuente: propia



Figura 3.17: Diagrama de fuerza cortante

Fuente: propia.

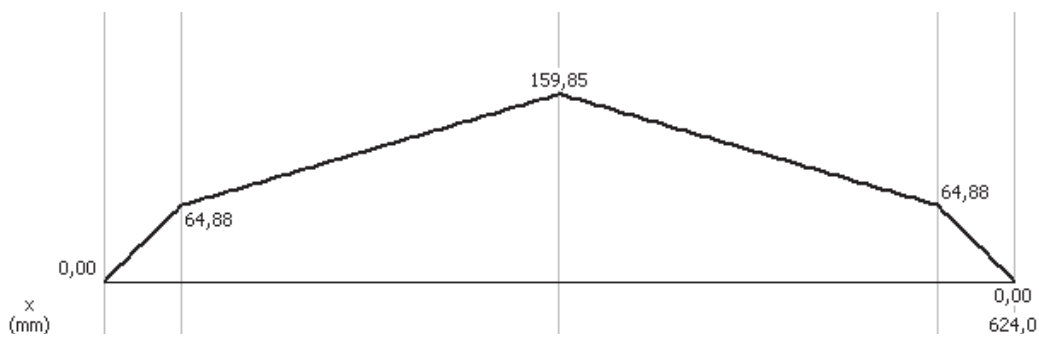


Figura 3.18: Diagrama de momento flector.

Fuente: propia

Como resultado se tiene un momento máximo de $159,85$ Nm.

Se procede primero al análisis estático del eje mediante la determinación de esfuerzos principales normales.

$$\sigma = \frac{16}{\pi d^3} \left(M \pm \sqrt{M^2 + T^2} \right)$$

de donde se obtiene:

$$\sigma_1 = 3,33 \times 10^8 \text{ Pa} = 333 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_3 = -1,83 \times 10^6 \text{ Pa} = -1,83 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2 = 0$$

Una vez realizado el análisis anterior para el eje, se utilizarán los esfuerzos obtenidos para aplicar la teoría de la distorsión para material dúctil. Se ha seleccionado un acero para maquinaria AISI 4340, mismo que presenta un $S_y = 700 \text{ MPa}$

$$S_A = \frac{S_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right) + \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right)^2}}$$

$$S_A = 719.1 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{719,1 \text{ Mpa}}{333 \text{ Mpa}} = 2.16$$

3.5.1.9. Selección de las chumaceras

Para la selección de las chumaceras que serán utilizadas para los ejes del sistema de transporte del coche y para las chumaceras del sistema de transmisión de potencia se tomarán las siguientes consideraciones:

- Las cargas que soporta son radiales y no axiales.
- Diámetro del eje donde van a ser ubicados es de 15mm
- El número de revoluciones del eje es 440rpm.

Se realizara el cálculo del factor de seguridad para el caso más crítico que es el de las chumaceras utilizadas para el sistema de transporte del coche ya que en este caso se tienen mayores fuerzas.

La carga que soporta el rodamiento es estática y se procederá a calcular de la siguiente manera según el catálogo de chumaceras SKF:

$$P_o = 0.6F_r + 0.5F_a$$

Dónde:

P_o : Carga Estática

F_r : Fuerza Radial, 857.5 (N)

F_a : Fuerza Axial, 0 (N)

Si $P_o < F_r \rightarrow P_o = F_r$

$$P_o = 857.5 (N)$$

El factor de seguridad del rodamiento se procederá a calcular de la siguiente manera tomando en cuenta la siguiente chumacera de acuerdo a las condiciones requeridas.



Y-bearing plummer block units, cast housing, grub screw locking									
Principal dimensions					Basic load ratings		Designations		
d	A	H	H1	L	dynamic C	static C0	Bearing unit	Housing	Bearing
mm					kN		-		
12	32	57	30,2	127	9,56	4,75	SY 12 TF	SY 503 M	YAR 203/12-2F
12,7	32	56,2	30,2	127	9,56	4,75	SY 1/2 TF	SY 503 U	YAR 203-008-2F
12,7	32	56,2	30,2	127			SY 1/2 RM	SY 503 U	YAT 203-008
12,7	32	53	27	127	9,56	4,75	SYH 1/2 TF	SYH 503 U	YAR 203-008-2F
12,7	32	53	27	127			SYH 1/2 RM	SYH 503 U	YAT 203-008
15	32	57	30,2	127	9,56	4,75	SY 15 TF	SY 503 M	YAR 203/15-2F
15,875	32	56,2	30,2	127	9,56	4,75	SY 5/8 TF	SY 503 U	YAR 203-010-2F
15,875	32	53	27	127	9,56	4,75	SYH 5/8 RM	SYH 503 U	YAT 203-010
15,875	32	53	27	127	9,56	4,75	SYH 5/8 TF	SYH 503 U	YAR 203-010-2F
15,875	32	56,2	30,2	127	9,56	4,75	SY 5/8 RM	SY 503 U	YAT 203-010
17	32	57	30,2	127	9,56	4,75	SY 17 TF	SY 503 M	YAR 203-2F
19,05	32	64	33,3	127	12,7	6,55	SY 3/4 TF	SY 504 U	YAR 204-012-2F
19,05	34	65	33,3	127	12,7	6,55	SYJ 3/4 TF	SYJ 504	YAR 204-012-2F
19,05	32	64	33,3	127	12,7	6,55	SY 3/4 RM	SY 504 U	YAT 204-012
19,05	32	62,5	31,75	127	12,7	6,55	SYH 3/4 TF	SYH 504 U	YAR 204-012-2F

Figura 3.19: Selección de las chumaceras

Fuente: (SKF, 2014)

$$n = \frac{C_o}{P_o}$$

Dónde:

n : Factor de Seguridad

C_o : Capacidad Carga Estática, 4750 (N)

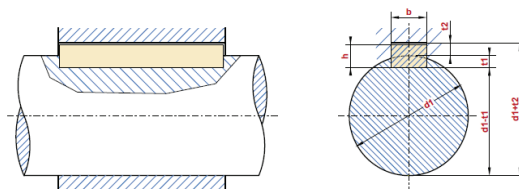
P_o : Carga Estática, 857. (N)

$$n = 5,5$$

Estas serán las chumaceras utilizadas en el sistema.

3.5.1.8 Selección de las chavetas paralelas y chaveteros

De acuerdo al diámetro del eje se seleccionara la sección de la chaveta y del chavetero de acuerdo a la norma DIN 6.885. El material seleccionado para la chaveta es AISI 1010 con una resistencia de $S_y = 300MPa$.



Sección de la lengua de ajuste de acero para chavetas DIN 6880)		Anchura b		2		3		4		5		6		8		10		
		Altura h		2	3	4	3	5	4	6	5	7	6	8				
Para diámetro del eje	d1 3)	más de	6	8	10	12	17	22	30									
		hasta	8	10	12	17	22	30	38									
Chavetero del eje	Anchura b 4)	asiento fijo P9	Máxima	1,991	2,991	3,988	4,988	5,988	7,985	9,985								
		Mínima	1,966	2,966	3,958	4,958	5,958	7,949	9,989									
	asiento ligero N9	Máxima	2	3	4	5	6,000	8,000	10,000									
		Mínima	1,975	2,975	3,970	4,97	5,97	7,964	9,954									
Profundidad t1 5)	con juego en el lomo o aprieto		1,1	1,7	2,4	1,9	2,9	2,5	3,5	3,1	4,1	3,7	4,7					
		dif. adm.	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2								
Chavetero del cubo	Anchura b 4)	asiento fijo P9	Máxima	1,991	2,991	3,988	4,988	5,988	7,985	9,985								
			Mínima	1,966	2,966	3,958	4,958	5,958	7,949	9,949								
		asiento ligero N9	Máxima	2,012	3,012	4,015	5,015	6,015	8,018	10,018								
			Mínima	1,987	2,987	3,985	4,985	5,985	7,982	9,982								
	Profundidad t2 5)	con juego en el lomo		0,9	1,3	1,6	1,1	2,1	1,6	2,5	1,9	2,9	2,3	3,3				
			dif. adm.	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2				
		con aprieto		0,7	1,1	1,4	0,9	1,9	1,2	2,2	14,5	2,5	1,9	2,9				
			dif. adm.	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1				
Redondeado del fondo del chavetero	r		0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6						
		dif. adm.	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2					

Figura 3.20: Selección de la chaveta

Fuente: (OPAC)

La selección de la chaveta, según la norma, para el diámetro del eje de la Catarina es de 17mm; y para las ruedas, donde el diámetro del eje es de 15mm, tanto para la chaveta como para el chavetero será 5x5 mm.

Para el cálculo de los factores de seguridad, debido tanto a la fuerza cortante como a la de aplastamiento, se tomará en cuenta la chaveta que está sometida a la mayor fuerza cortante. Esta condición se da en la zona de la catarina.

La fuerza cortante en la chaveta dependerá del momento torsor y del diámetro del eje, esta fuerza estará aplicada en el área transversal de la chaveta. El cálculo se lo realizará de la siguiente manera:

$$F = \frac{Mt}{r}$$

Dónde:

F: Fuerza cortante (N)

Mt: Momento Torsor, 23.87 (Nm)

r: Radio del eje, 13.8mm=0.0138 (m)

$$F = 1729.7 \text{ N}$$

Se procede al cálculo de la fuerza cortante:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{l \cdot t}$$

Dónde:

τ : Esfuerzo cortante, (Pa)

t: Ancho de la chaveta 5 (mm)= 0,005 (m)

l: Longitud de la chaveta 10 (mm)= 0,01(m)

$$\tau = 34,6 \text{ MPa}$$

Para la energía de distorsión, la resistencia al cortante se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_{Sy} = 0.577(S_y)$$

$$S_{Sy} = 0.577(300MPa) = 173.1 (MPa)$$

El factor de seguridad debido a los esfuerzos cortantes se calculará de la siguiente manera:

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau}$$

$$n = 5$$

El factor de seguridad debido al aplastamiento con el área de la cara de la chaveta de la mitad:

$$n = \frac{S_y \cdot t \cdot l}{2F}$$

$$n = 4.3$$

3.5.2. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

El motor eléctrico ya fue seleccionado anteriormente para poder diseñar el eje, por lo que se procederá a la selección de los demás elementos del sistema.

3.5.2.1. Selección de catarinas y cadenas

Para la selección de las catarinas y cadenas se tomará las siguientes consideraciones:

- La velocidad angular de salida del motor eléctrico es de 440 rpm
- La potencia de salida del motor eléctrico es de 1,1 KW
- Distancia entre centros es de 7,4 m

Para la selección de las catarinas, debido a que el sistema va a ser utilizado para el movimiento del coche de transporte en conjunto con el coche de moldes, las revoluciones por minuto deben de ser las mismas en cualquier punto de la cadena por lo que la catarina conductora y conducida son las mismas. Por lo tanto la selección de la catarina se la realizó a partir de la velocidad de 1,48 m/s necesaria para mover los coches en los tiempos determinados para el transporte.

La catarina seleccionada es, según el catálogo de Intermec, una 40B15 que tiene las siguientes características:

- Para una cadena ANSI N°40 simple
- Paso de ½ pulgada
- Diámetro de 66mm

La catarina seleccionada se encuentra en el Anexo 2

La potencia para la selección de la cadena se determina de la siguiente manera:

$$P_c = f_1 f_2 x P$$

Donde:

P_c = potencia de la cadena

f_1 = factor de aplicación de carga, 1

f_2 = factor de corrección por dientes, 0,85

$$P_c = 0,935 \text{ KW}$$

Por lo que se selecciona una cadena de rodillos N°40 de paso simple de ½ pulgada según el catálogo de la ANSI.

La longitud de la cadena se calcula así: (SHIGLEY, 2008).

$$\frac{L_c}{P} = \frac{2C}{P} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 \left(\frac{C}{P}\right)}$$

Donde:

L_c = longitud de la cadena

N_1 = número de dientes de la catalina conductora, 15 dientes

N_2 = número de dientes de la catalina conducida, 15 dientes

P = paso de la cadena, $\frac{1}{2}$ pulg

C = distancia entre centros, 291.4 pulg

$$L_c = 590,3 \text{ pulgadas} = 15 \text{ m}$$

La cadena seleccionada se encuentra en el Anexo 3

3.5.2.2. Selección de los cilindros neumáticos

Cabe señalar que se cuentan cuatro cilindros neumáticos. Tres de ellos estarán en las filas (zona de almacenamiento) y serán los encargados de mover el coche de moldes hacia el coche de transporte, y otro actuador estará ubicado al final de la zona de transporte será el encargado de mover el coche de moldes desde el coche de transporte hacia la zona de colado.

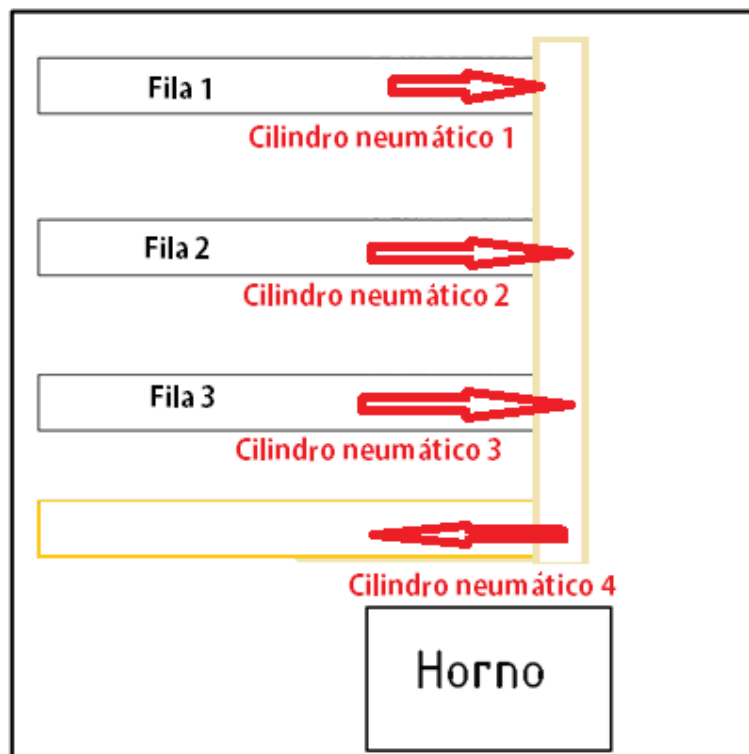


Figura 3.21: Disposición de los cilindros neumáticos y dirección en la que cada uno empujará al coche del molde

Fuente: propia

Se puede indicar que cada cilindro neumático solamente moverá al coche de transporte, por tanto, para su selección se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- La masa a mover es de 350 kg
- El coeficiente de rozamiento entre las rieles y el mecanismo de transporte es de 0,15
- La distancia que debe moverse es de 0,6m, que es el ancho del coche
- El tiempo para mover al coche será de 3s.

Para la selección del actuador se procederá a calcular la fuerza necesaria para mover el coche en el tiempo y la distancia adecuados.

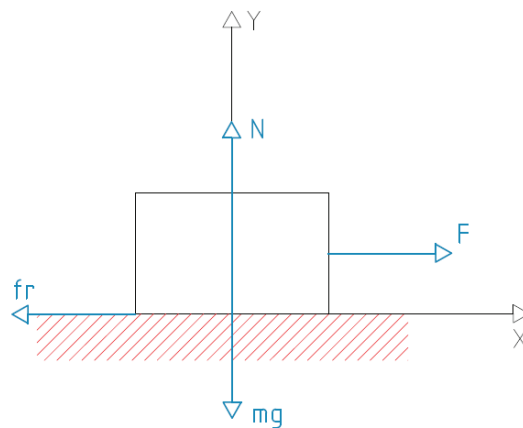


Figura 3.22: Diagrama de cuerpo libre (coche de molde + molde)

Fuente: propia.

Realizando el sumatorio de fuerzas en dirección del eje X se tiene:

$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$F - fr = m \cdot a$$

$$F = fr + m \cdot a$$

Realizando el sumatorio de fuerzas en dirección del eje Y se tiene:

$$\sum F_y = 0$$

$$N = m \cdot g$$

La aceleración se obtendrá de la siguiente expresión:

$$d = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$a = \frac{2d}{t^2}$$

Donde:

F = fuerza necesaria para mover al coche, N

fr = fuerza de rozamiento, N

μ = coeficiente de rozamiento entre las ruedas y rieles

N = normal de contacto, N

a = aceleración del coche, $\frac{m}{s^2}$

d = distancia, m

t = tiempo, s

$$F = \mu \cdot N + m \cdot a$$

La normal será igual al peso, por tanto, para la masa de 350 kg:

$$N = 3430 \text{ N}$$

La aceleración será:

$$a = \frac{2(0,6m)}{3s^2}$$

$$a = 0,13 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 0,15(3430N) + 350kg * 0,13 \frac{m}{s^2} = 560 \text{ N}$$

Con el valor de la fuerza requerida, según el catálogo de cilindros neumáticos Numatics, para un actuador con una presión de alimentación de 6bar del tipo de cilindro PCN de tirantes, se tienen las siguientes características:

- Cilindro de simple vástago
- Diámetro del cilindro 80mm
- Diámetro del vástago 22mm
- Fuerza desarrollada de 880N
- Longitud de la carrera: 600mm

El circuito neumático del sistema se muestra en la siguiente figura:

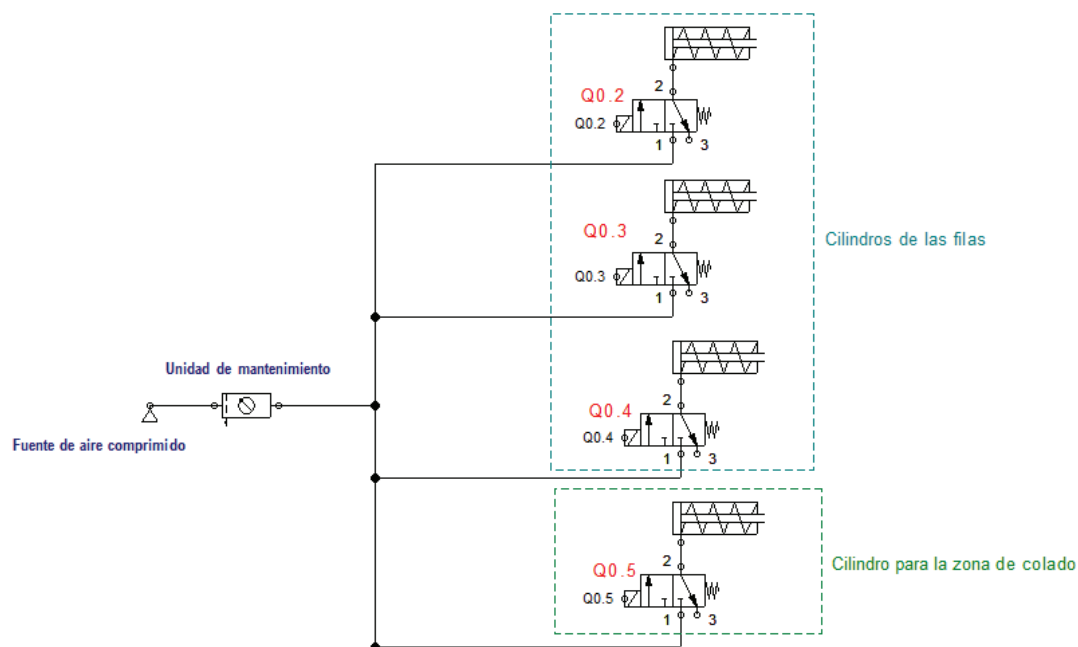


Figura 3.23: Circuito neumático del sistema

Fuente: propia

El catálogo Numatics con el cilindro seleccionado se encuentra en el Anexo 4.

3.5.2.3. Selección del acople del motor eléctrico al eje

Para la selección del acople del eje se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Diámetro del eje del motor eléctrico es de 19mm
- Diámetro del eje de la Catarina es de 15mm
- El par continuo del motor eléctrico es de 23,4Nm

Se procederá a la selección del acople de disco del tipo KD según el catálogo SKF, de acuerdo a las consideraciones necesarias.



Acoplamiento de disco, tipo KD

Diámetro del eje		Par Continuo máx. kNm	máx. rpm	Dimensiones principales				Designación
mín. mm	máx.			A	B	E	G	
13	44	0,23	8200	100	-	41	65	KD2-053
13	48	0,31	10000	109	-	38	67	KD2-103
16	44	0,45	18200	100	-	42	65	KD21-103
16	38	0,452	5400	100	89	43	53	KD10-103
19	54	1,54	4500	137	111	54	75	KD10-153
19	64	1,54	14800	137	-	49	90	KD21-153
19	73	0,89	14200	145	-	51	105	KD2-153
25	83	1,63	12800	171	-	57	121	KD2-203
25	102	2,67	11500	203	-	73	146	KD2-253
26	76	4,07	13000	162	-	60	110	KD21-204
26	95	5,88	11200	194	-	76	136	KD21-254
26	67	4,07	4100	162	143	70	92	KD10-204
26	83	5,88	3600	194	159	77	116	KD10-254
38	95	10,06	3200	229	187	91	133	KD10-304
38	114	10,16	9900	229	-	90	156	KD21-304

Figura 3.24: Selección del acople del eje.

Fuente: (SKF, Catálogo de disco tipo KD (online))

De acuerdo al catálogo se seleccione el acople KD2-053 que tiene las siguientes características:

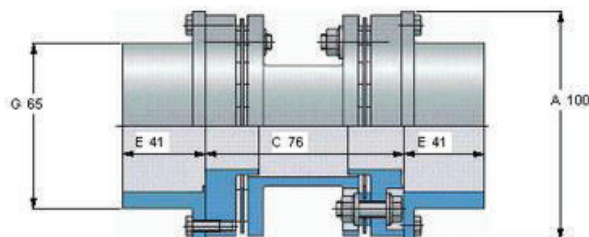


Figura 3.25: Acople KD2-0.53

Fuente: (SKF, Catálogo de disco tipo KD (online))

- Diámetro mínimo de 13mm
- Diámetro máximo de 44mm
- Par continuo de 230Nm

Numero de revoluciones máximas de 8200 rpm

3.6. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para la automatización del proceso se van a utilizar los siguientes equipos:

- PLC (Programador Lógico Programable)
- Sensor
- Panel de control

3.6.1. SELECCIÓN DEL PLC

Para la selección del PLC se han tomado en cuenta los siguientes parámetros:

- Número de entradas: 10
- Número de salidas: 6

En función de los parámetros anteriores, el PLC seleccionado es un Siemens SIMATIC S7-1200, CPU 1214C. que tiene catorce entradas digitales y diez salidas a relé.

La información técnica completa del PLC seleccionado se encuentra en el Anexo 5.

3.6.2. SELECCIÓN DE LOS SENSORES

Para la selección del sensor de proximidad se tomará en cuenta únicamente el alcance del sensor, mismo que deberá ser de 40mm. Por tanto el sensor seleccionado es el siguiente:

- Sensor rectangular
- Alcance de sensado: 40 mm
- Alimentación: 10...30 vdc
- Salida: NPN-NO
- Conexión eléctrica: conector m12-4 pines
- Marca: PEPPERL+FUCHS

La información técnica del sensor utilizado se encuentra en el Anexo 6.

3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizará un análisis de los costos del sistema de automatización del transporte de moldes; dichos costos son los siguientes:

- Costos de materiales del coche de transporte
- Costos de materiales por cada coche de moldes
- Costos de fabricación
- Costos de elementos electrónicos
- Costo de diseño

3.7.1. Costos de materiales del coche de transporte

Los costos que han sido determinados para los materiales utilizados en el coche de transporte se presentan a continuación en la tabla 3.14 :

Tabla 3.14: Costos de materiales del coche de transporte

Material	Descripción	Dimensiones (mm)	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total x material (USD)
Plancha de acero (antideslizante)	A36	600x600	1	17,50	17,5
Eje de transmisión	AISI 4340	φ25,4 ; L=600	2	12,01	24,02
Ruedas	250 Kg		4	9,00	36,00
Catarina	N=15; P=1/2 in	φ66	1	110,00	110,00
Rieles	847/HGV3MT	700	3	8,01	24,03
Pernos para rieles	M6x10	10mm	5	0,03	0,15
Chumacera	SKF SY15TF	-	4	23,00	92,00
lengüetas	DIN 6885 A5x5x10	A5x5x10	3	8,00	24,00
				Total USD	327,70
				Total USD 12%	367,02

Fuente: propia

3.7.2. Costos de materiales por cada coche de moldes

Los costos que a continuación se presentan en la tabla 3.15 han sido determinados para cada coche de moldes. De esta manera se tiene una idea más clara de la inversión que se requiere por coche.

Tabla 3.15: Costos de materiales por cada coche de moldes

Material	Descripción	Dimensiones (mm)	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total x material (USD)	
Tubo rectangular	70x40x3	600	2	5,00	10	
Plancha de acero (antideslizante)	A36	600x600	1	17,50	17,5	
Placa para la bisagra	80x95x4	80x95x4	1	7,00	7	
Bisagra	bisagra industrial	-	1	5,00	5	
Resorte (bisagra)	68 N		1	10,00	10	
Ruedas	250 Kg		4	9,00	36	
Perfil en L	60x40x4	70	1	2,00	2	
Pernos	M8x25	8x25	3	0,05	0,15	
Tornillos	tipo C M8x19	8x19	3	0,02	0,06	
					Total USD (por coche)	87,71
					Total USD 12%	98,23

Fuente: propia

3.7.3. Costos de fabricación

En la siguiente tabla se detallan los costos de fabricación de los diferentes elementos del sistema. El presente análisis se ha realizado suponiendo una construcción de 40 coches de moldes debido a que esta es aproximadamente la capacidad actual de la empresa.

Tabla 3.16: Costos de fabricación

	Componente	Proceso	Costo (USD/hr)	Cantidad	Tiempo requerido (hr)	Subtotal de fabricación
Coche de transporte	Plancha de acero antideslizante	Corte plasma	15	1	0,17	2,55
		Amoladora	3	1	0,25	0,75
		Taladrado	5	1	0,17	0,85
	Eje	Corte	8	2	0,1	1,6
		Torneado	8	2	4	64
		Fresado	10	2	1,75	35
Coche de moldes (x40)	Plancha de acero antideslizante	Corte plasma	15	40	0,17	102
		Amoladora	3	40	0,25	30
		Taladrado	5	40	1,5	300
	Tubo rectangular 70x40x3	Corte	8	40	0,17	54,4
		Amoladora	3	1	0,17	0,51

Rieles	Riel	Corte	8	1	0,1	0,8
		Taladrado	5	10	0,17	8,5
					Total USD	600,96
					Total USD 12%	673,08

Fuente: propia

3.7.4. Costos de los elementos del sistema neumático

En esta sección se analizarán los costos de los elementos del sistema correspondientes a la parte neumática.

En la tabla 3.17 constan los costos de los elementos seleccionados para el funcionamiento del sistema neumático:

Tabla 3.17: Costos de los elementos del sistema neumático

Elemento	Descripción	Dimensiones (mm)	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total x material (USD)	
cilindro neumático	Numatics 8ba, retorno con muelle	φcil: 80mm; φvas: 22mm; L=600	4	366,00	1464	
válvula 3/2	Numatics 3/4	-	4	261,00	1044	
Manguera para aire	Sang-A/ polietileno	6000	7	3,79	26,53	
					Total USD	2534,53
					Total USD 12%	2838,67

Fuente: propia

3.7.5. Costos de los elementos del sistema electrónico

En la tabla 3.18 se detallan los costos correspondientes a la parte electrónica del sistema.

Tabla 3.18: Costos de los elementos del sistema electrónico

Elemento	Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal
PLC	Siemens S7 1200 CPU1214C	1	452,43	452,43
Sensores	PEPPERL+FUCHS NBN40-L2M-A0-V1	8	117,00	936,00
Relé térmico	7,0-10 A 3RU2126-	1	45,48	45,48

	1JB0			
Braker 3 polos	10A 240V REL 10KA	1	28,40	28,40
Relay	8 pines MK2P 220VAC 7A	1	4,85	4,85
Base Relay	8 huecos p/riel DIN 35	1	1,52	1,52
Pulsador verde	1NA Telemecanique	1	10,16	10,16
Pulsador rojo	1NC Telemecanique	1	10,16	10,16
Gabinete	Metálico 40x40x20	1	69,00	69,00
Fusible	10x38 2A	3	1,50	4,50
Base Portafusible	10x38 unipolar CSC	3	2,88	8,64
Cable flexible	#16 AWG Negro (mts)	40	0,32	12,80
Cable flexible	#18 AWG rojo (mts)	40	0,32	12,80
Riel	DIN (mts)	3	2,89	8,67
Canaleta ranurada	25x40 (6mts)	1	6,40	6,40
Bornera 2,5 mm	12AWG 20A	20	1,10	22,00
Bornera 4 mm	10 AWG 30A	10	1,20	12,00
Libretin marcador de redes	Dexon 0-9	1	9,66	9,66
Cinta espira	φ=6 mm; L=10mts	1	1,80	1,80
Total USD				1657,27
Total USD 12%				1856,14

Fuente: propia

3.7.6. Costos de los elementos del sistema electromecánico

En la tabla 3.19 se detallarán los costos del sistema electromecánico, comprendido por el motor y demás elementos que generarán el movimiento en el coche de transporte.

Tabla 3.19: Costos de los elementos del sistema electromecánico

Elemento	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal
Motor	MR 2I 40 - 80 B 2	1	396,00	396,00

Acoplamiento de eje	SKF KD2053	1	20,00	20,00
Cadena	ANSI, paso simple 1/2in. N° 40 (3mts)	5	21,00	105,00
Chumaceras	SKF SY15TF	4	23,00	92,00
Eje	AISI 4340 (ϕ 25,4mm ; L=100mm)	2	3,00	6,00
Catarina	N=15; P=1/2 in, ϕ 66	2	6,37	12,74
Lengüetas	DIN 6885 A5x5x10	3	8,00	24,00
Total USD				619,00
Total USD 12%				693,28

Fuente: propia

3.7.7. Costos de rieles y soportes

En la tabla 3.20 se especifican los costos de los rieles de la zona de almacenamiento, donde estarán ubicados los coches con moldes. Del mismo modo se especifican los costos de los materiales empleados en la construcción de los soportes para los cilindros neumáticos.

Tabla 3.20: Costos de rieles y soportes

Material	Descripción	Dimensiones (mm)	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total x material (USD)
rieles	Carbone Portones 847/HGV3MT	6000	15	10,87	163,08
pernos de anclaje	5/16*2. 1/2 "	-	370	0,210	77,7
escuadra alta normal	-	-	1	10,00	10
Total USD					250,78
Total USD 12%					280,87

Fuente: propia

3.7.8. Costos de diseño

Los costos de diseño serán el 20% de los costos de construcción del sistema.

3.7.9. Costo total del sistema

A continuación se determina el costo total del sistema. Se tomará una utilidad del 15% y un 5% de imprevistos. Además, el costo de materiales del coche de moldes obtenido anteriormente se multiplicará por 40 debido a que el valor obtenido en la tabla 3.15 correspondía a costos de materiales para un solo coche, y el sistema se aproximará a una capacidad de 40 moldes, por tanto, 40 coches.

Tabla 3.21: Costo total del sistema de automatización

COSTOS	COSTO TOTAL
Costos de materiales del coche de transporte	252,78
Costos de materiales del coche de moldes (x40)	3929,408
Costos de construcción	673,08
Costos de los elementos del sistema neumático	2838,67
Costos de los elementos del sistema electrónico	1856,14
Costos de los elementos del sistema electromecánico	693,28
Costos de rieles y soportes	280,87
Costos de diseño	134,62
Subtotal	10658,85
Utilidad (15%)	1598,83
Imprevistos (5%)	532,94
Total	12790,62

Fuente: propia

CAPÍTULO 4

PROGRAMACIÓN DEL PLC

4.1. CRITERIOS PARA LA PROGRAMACIÓN

Para llevar a cabo la programación se deberá primero determinar el proceso y su lógica. Como se mostró en la figura 3.1, las zonas de transporte, almacenamiento y colado se encuentran cercanas al horno, por tanto el transporte se efectuará desde la zona de almacenamiento hasta la zona de colado.

En la zona de almacenamiento se encontrarán los moldes listos, preparados previamente por los obreros. Estos moldes estarán sobre unos coches (coche del molde), mismos que a su vez estarán sobre unos rieles. Cuando exista la demanda de moldes en la zona de colado, el coche con el molde pasará a la zona de transporte, donde otro coche (coche de transporte) lo albergará y lo llevará hasta la zona de colado, donde finalmente el coche del molde esperará el momento en que se efectúe el colado.

En la figura 4.1 se simplifica este proceso mediante colores. El coche del molde se lo representa con color verde; su trayectoria desde la zona de almacenamiento hasta la zona de colado se muestra con una línea roja entrecortada. La zona de transporte albergará al coche de transporte que viaja desde las filas hasta la zona de colado, esta trayectoria está representada con un recuadro color naranja dentro de la zona de transporte. Finalmente el coche del molde pasará a la zona de colado representada con un recuadro de color azul.

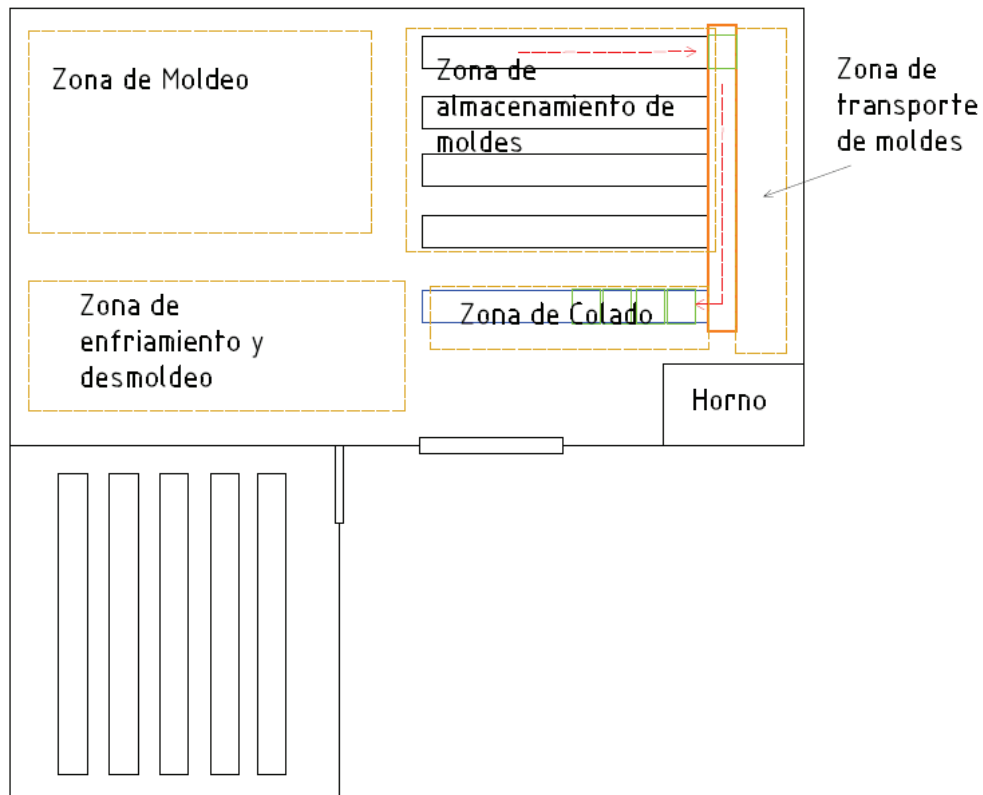


Figura 4.1: Esquema del proceso de transporte de moldes

Fuente: propia.

Para la programación del PLC, una vez definido el proceso general, se deberá señalar que es necesario el uso de sensores para definir posiciones del coche de transporte de acuerdo a cada fila; de actuadores que muevan el coche de molde hasta el coche de transporte y posteriormente de éste hasta la zona de colado. En otras palabras, se deberán definir de manera exacta el número de sensores, así como sus posiciones. También se deberá establecer el número de actuadores necesarios para el proceso.

4.2. ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

La determinación del número de entradas y salidas necesarias para la programación, así como su posicionamiento, estarán basadas en el proceso general descrito anteriormente.

En la zona de almacenamiento habrá tres filas con moldes almacenados. Al final de cada fila (donde deberá estar posicionado un molde en caso de estar llena dicha

fila), deberá ubicarse un sensor que indique que, en efecto, existe un molde listo a ser transportado hacia la zona de colado. También deberá haber un sensor ubicado en cada fila que le indique al coche de transporte dónde éste deberá detenerse a cargar un coche de molde. Asimismo, al final de cada fila deberá haber un actuador neumático que se encargue de ubicar el coche del molde en el coche de transporte y de igual manera deberá haber un sensor al inicio de la zona de colado que le indique al coche de transporte que debe detenerse en ese punto para que un actuador neumático ubique el coche de molde en la zona de colado. En el coche de transporte también deberá haber un sensor que indique la presencia de un coche con su respectivo molde. Esta relación entre la ubicación y el número de elementos con el proceso general se representa gráficamente en la figura 4.2.

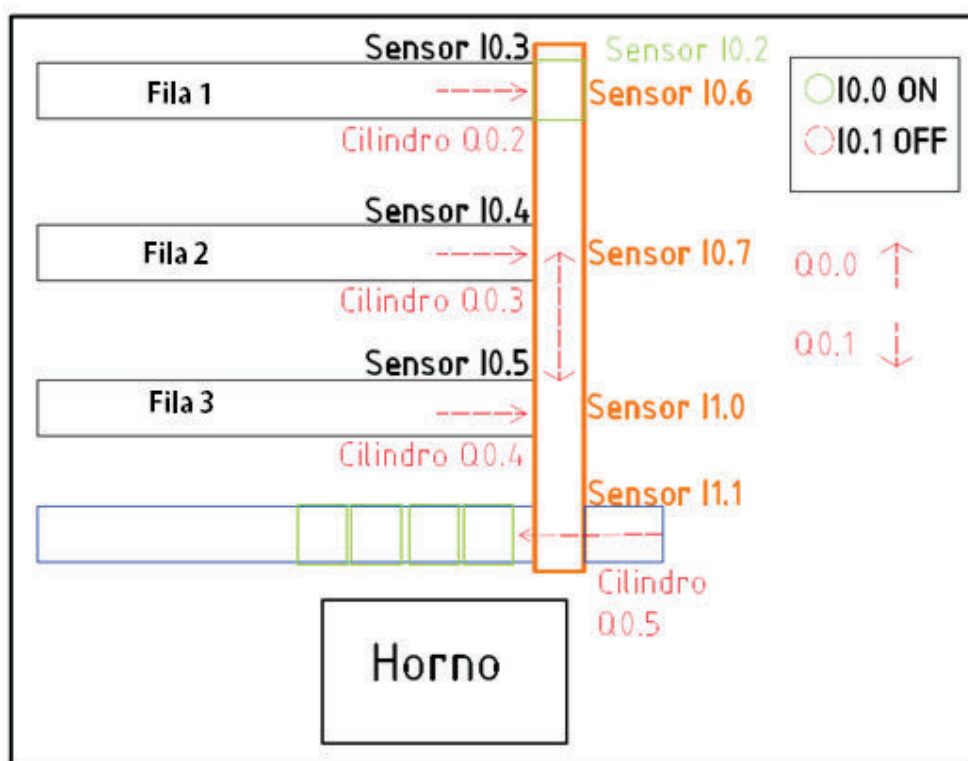


Figura 4.2: Disposición de los sensores y actuadores en las zonas de almacenamiento, transporte y colado.

Fuente: propia.

En la figura 4.2 se muestra la disposición de los sensores y actuadores en las zonas de interés. Se ha respetado el código de colores de la figura 4.1, por tanto, los sensores color naranja representan a aquellos que indican las posiciones de cada

fila para que el coche de transporte se detenga frente a ellos; los sensores color negro corresponden a la zona de almacenamiento, e indican la presencia de un molde al final de la fila; el sensor color verde es el que está a bordo del coche de transporte para indicar si éste se encuentra o no cargado con un coche de molde. También se muestran los actuadores correspondientes a los cilindros con color rojo, y con el mismo color las dos salidas correspondientes al giro del motor que efectuará el movimiento del coche de transporte entre las distintas zonas.

El número de entradas y salidas totales, así como sus funciones, se resumen en las tablas 4.1 y 4.2 respectivamente:

Tabla 4.1: Entradas del sistema con su respectiva función

Entradas	Función
I0.0	Master ON
I0.1	Master OFF
I0.2	Sensor del coche de transporte. Indica si el coche de transporte se encuentra cargado con un coche de molde
I0.3	Sensor que indica la posición del molde en fila 1
I0.4	Sensor que indica la posición del molde en fila 2
I0.5	Sensor que indica la posición del molde en fila 3
I0.6	Sensor de posición de fila 1
I0.7	Sensor de posición de fila 2
I1.0	Sensor de posición de fila 3
I1.1	Sensor de posición de la zona de colado

Fuente: propia

Tabla 4.2: Salidas del sistema con su respectiva función

Salidas	Función
Q0.0	Giro del motor para recoger molde
Q0.1	Giro del motor para despachar molde

Q0.2	Cilindro neumático que posiciona el coche de molde de la fila 1 en el coche de transporte
Q0.3	Cilindro neumático que posiciona el coche de molde de la fila 2 en el coche de transporte
Q0.4	Cilindro neumático que posiciona el coche de molde de la fila 2 en el coche de transporte
Q0.5	Cilindro neumático que posiciona el coche de molde (ya transportado) en la zona de colado.
Q0.6	Lámpara que indica si el sistema se encuentra encendido

Fuente: propia

4.3. LÓGICA DE LA PROGRAMACIÓN

La programación del PLC se la realiza en lenguaje Ladder. En ella se plasmará el proceso anteriormente descrito y se definirá la lógica y el orden en el que los moldes serán transportados. Dicha lógica es la siguiente:

- Se enciende el sistema presionando el master ON.
- Una vez encendido el sistema se enciende una lámpara, y cuando éste se apague, también lo hará dicha lámpara.
- Se prioriza la fila 1 para el transporte de los moldes, es decir, siempre que haya un molde en esta fila, éste será recogido y llevado a la zona de colado.
- Si no existe molde en la fila 1, se prioriza la fila 2; y en caso de no haber moldes en las filas 1 y 2, se recogerá el molde correspondiente a la fila 3. Si no hay moldes en ninguna de las filas, el coche de transporte no se mueve y no realiza ninguna operación.
- Una vez que el coche de transporte empieza su recorrido hacia alguna de las filas, se desactivarán todos los demás sensores, excepto el I0.2 (sensor del coche de transporte) y el sensor correspondiente a la posición de dicha fila. Esto con el fin de imposibilitar interferencias en el funcionamiento del coche.
- Cuando el coche de transporte llegue a una fila, habrá un tiempo de espera de seis segundos antes de que el actuador neumático ubique el coche de molde en el coche de transporte. Este tiempo se justifica debido a que el

coche de transporte deberá estar bien posicionado y completamente inmóvil antes de que el coche de molde sea ubicado en él.

- Una vez que el coche de molde sea detectado a bordo del coche de transporte, éste esperará un tiempo de cinco segundos antes de partir hacia la zona de colado. Cuando se haya agotado este tiempo, el coche de transporte emprenderá el viaje hacia la zona de colado.
- Cuando el coche de transporte emprende el viaje hacia la zona de colado, se desbloquea el sensor I1.1 y permanecen bloqueados los demás. Esto debido a que el sensor en cuestión es el que indicará al coche que éste se encuentra ya en la zona de colado.
- Al momento de llegar a la zona de colado, el coche de transporte se detiene y espera un tiempo de tres segundos antes de que se active el cilindro neumático Q0.5.
- Cuando se activa el cilindro Q0.5, encargado de ubicar el coche de molde en la zona de colado, habrá un tiempo de espera de seis segundos para permitir que el cilindro actúe y efectúe su labor.
- Una vez que el cilindro haya ubicado al coche de molde en la zona de colado, éste se contraerá; después de ello habrá un tiempo de espera de cinco segundos antes de volver a empezar el ciclo e ir a recoger un nuevo molde en la fila correspondiente.
- El proceso podrá detenerse en cualquier momento presionando master OFF.
- El proceso, luego de detenerse con Master OFF, podrá nuevamente ser accionado y continuar con Master ON.
- En caso de que el coche de transporte, por alguna circunstancia, se encuentre en una fila sin contener un coche de molde, podrá ser regresado a la posición inicial (zona de colado) presionando tres veces seguidas master ON.

La programación entera del PLC se encuentra en el Anexo 7.

4.4. SIMULACIÓN

Para comprobar que la programación funcione como se espera, se ha utilizado el simulador PC SIMU; el PLC se ha programado en el software MICROWIN 7. Cabe

señalar que dicho software de programación corresponde al PLC Siemens S7-200, y que el seleccionado para el presente proyecto es un Siemens S7-1200. La razón para utilizar este software radica en que el software del S7-1200 no tiene simulador gráfico; sin embargo la lógica de la programación no variará y el esquema planteado deberá mantenerse al momento de realizar la programación en el software del S7-1200.

En la simulación constan los elementos del sistema: cilindros neumáticos (4 en total); sensores de proximidad (8 en total); el motor con giro en ambos sentidos; el coche de transporte, ubicado en la zona de transporte, representado por una caja; la cadena está representada por una serie de bandas sobre las cuales se desplaza el coche de transporte; los coches de moldes están representados por cajas ubicadas bajo los sensores, en la zona de almacenamiento.

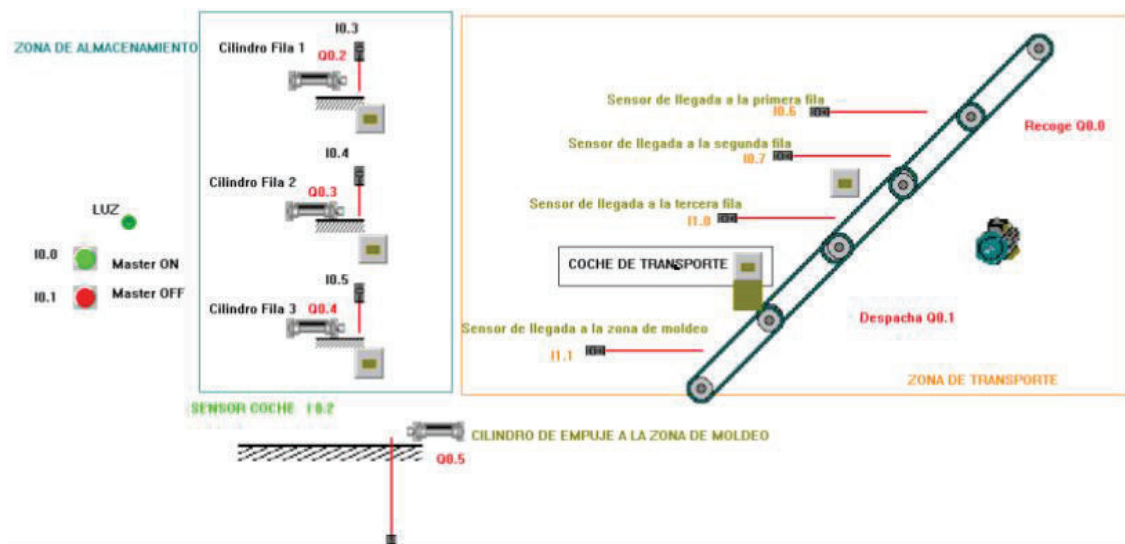


Figura 4.3: Simulación en PC SIMU

Fuente: propia

En la figura 4.3 se muestra que el coche de transporte (derecha) no se mueve si no hay coches de moldes en la zona de almacenamiento (derecha) pese a que el sistema está encendido, tal como muestra la lámpara verde ubicada sobre los botones de master ON y master OFF.

En la figura 4.4 se muestra al coche trasladado debido a la presencia de un coche de moldes en la fila 1, este hecho es resaltado con dos flechas de color azul. Se puede también apreciar, encerrado en un círculo azul, el sentido de giro del motor.

Asimismo, el coche de moldes se dirigirá hacia donde haya un coche de moldes presente.

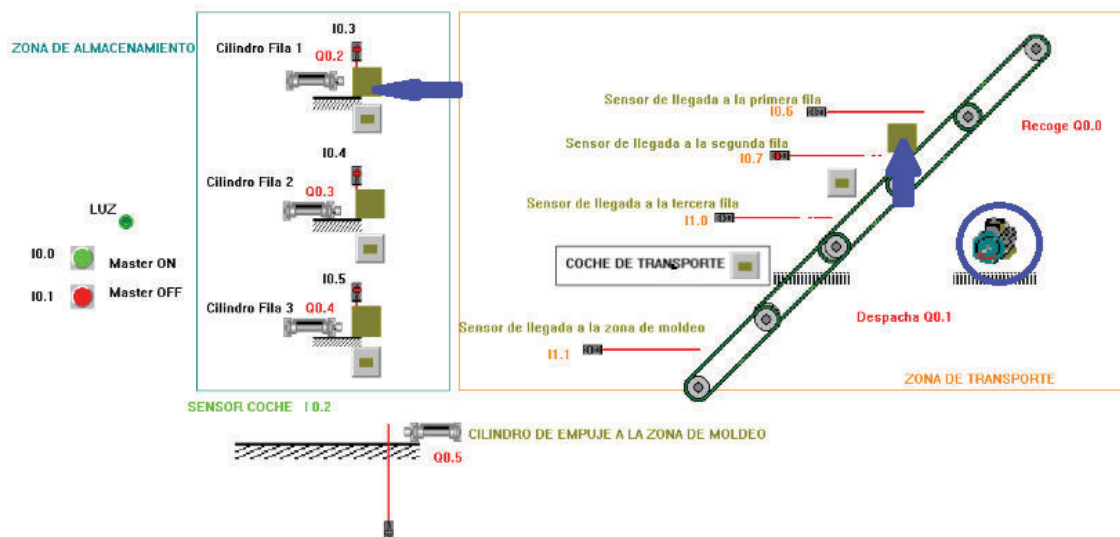


Figura 4.4: Coche trasladado debido a molde presente en fila 1

Fuente: propia

Una vez que el coche ha llegado a la fila 1, y ha sido detectado por el sensor de dicha fila, el cilindro Q0.2 se encarga de llevarlo hacia el coche de transporte, cuyo interior se representa en la parte inferior con el sensor I0.2. Dicho sensor detecta que el coche está en posición, entonces el coche de transporte emprende el retorno.

Este proceso se muestra en la figura 4.5 :

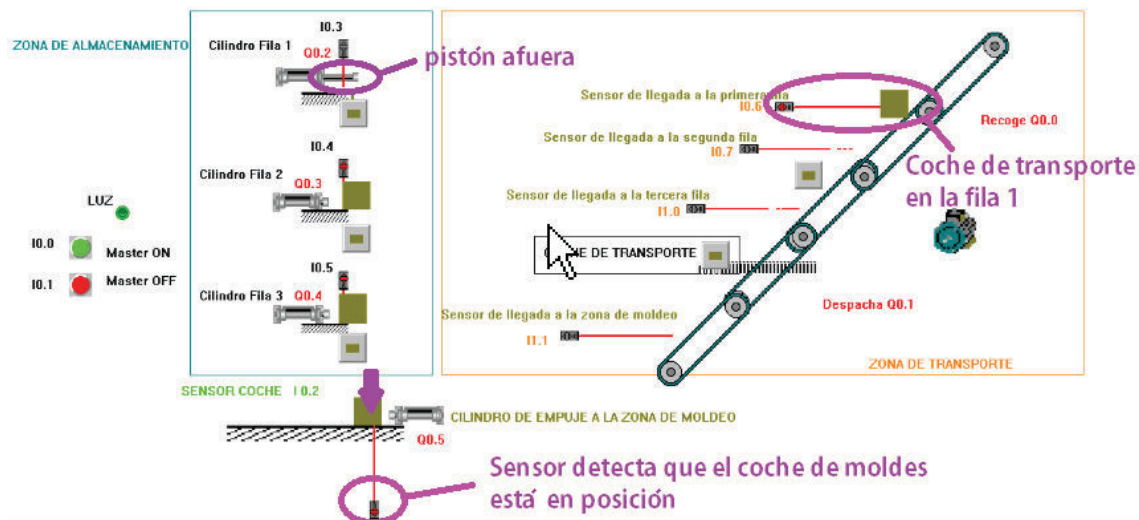


Figura 4.5: Coche de transporte recogiendo a coche de moldes de la fila 1

Fuente: propia

Cuando el coche de moldes es recogido por el coche de transporte, éste último lo lleva hacia la zona de colado, donde será detectado por un sensor. Una vez que está ahí, el cilindro ubicado en dicha zona (Q0.5) despacha el coche de moldes hacia la zona donde posteriormente se colará el molde. Esta parte del proceso se indica en la figura 4.6.

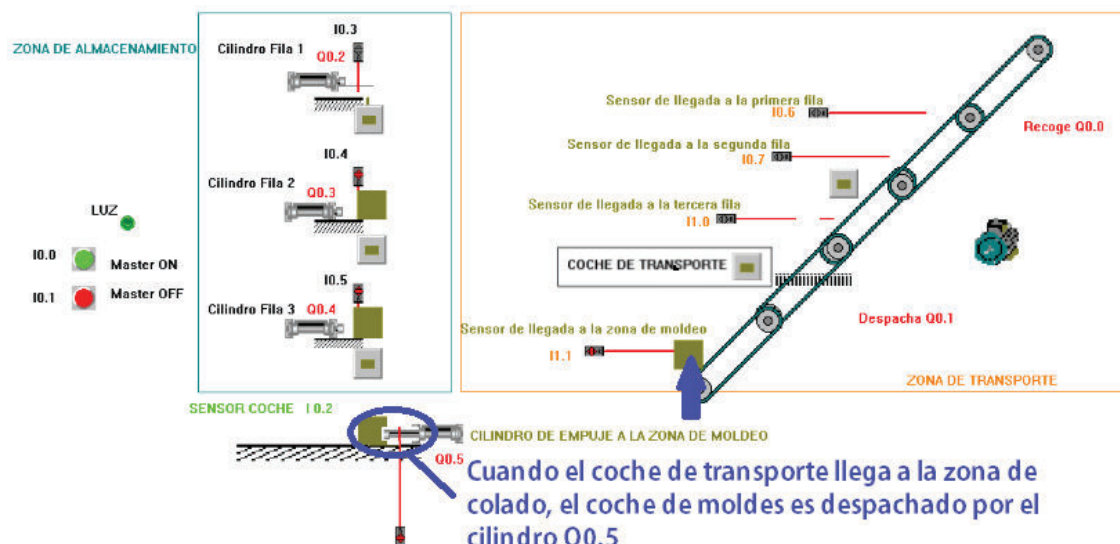


Figura 4.6: Coche de moldes saliendo del coche de transporte al llegar a la zona de colado

Fuente: propia

Una vez que el coche de moldes ha sido despachado, el proceso se reinicia, y el coche de transporte va a la siguiente fila donde haya un coche de moldes esperando. Una vez que éste llega, el pistón presente en la fila empujará al coche de moldes hacia el coche de transporte, donde éste emprenderá el retorno; colocará al coche de moldes en la zona de colado, y reiniciará el ciclo, tal como se indica en la figura 4.7.

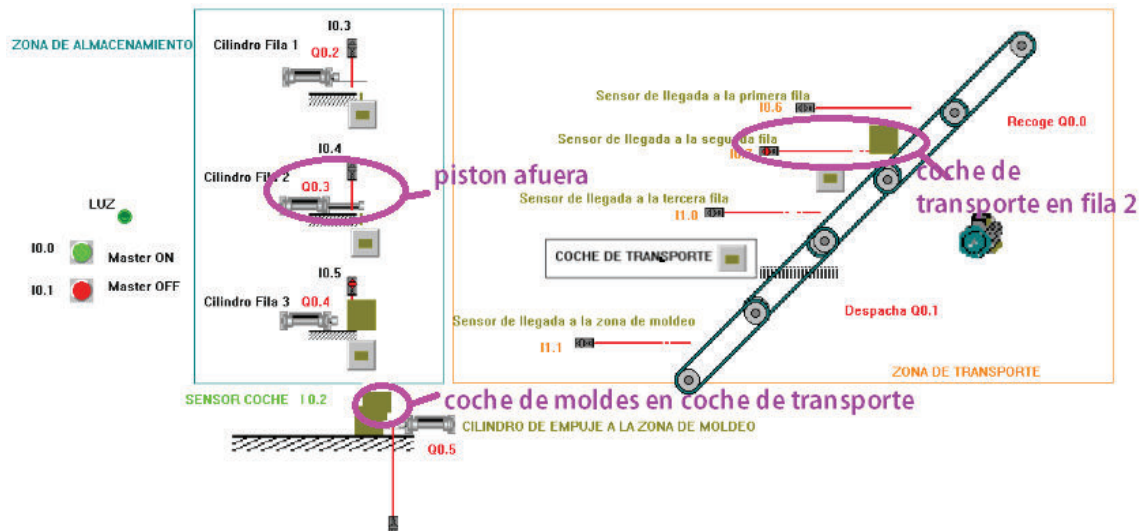


Figura 4.7: Coche de transporte recogiendo a otro coche de moldes

Fuente: propia

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se logró cumplir el objetivo de automatizar el proceso de transporte de moldes desde la zona de almacenamiento hasta la zona de colado, sin embargo se requiere de un obrero para posicionar los coches de moldes cargados en el sitio donde éstos serán detectados por el sensor al final de las filas en la zona de almacenamiento, debido a que la automatización dentro de dicha zona requeriría concebir todos los procesos como una cadena productiva totalmente automatizada.
- El trabajo con el sistema diseñado podrá ser realizado por tres o cuatro obreros, lo que resulta una ventaja frente a las condiciones anteriores, en donde el mismo trabajo era realizado por seis o siete personas.
- El sistema diseñado optimiza el espacio físico de la empresa "Servicios Mecánicos y Metalúrgica" debido a que se implementará en el mismo galpón donde se encuentra el horno, efectuando el proceso de transporte de moldes, así como el proceso de colado, en regiones cercanas al mismo.
- Se diseñaron dos tipos de coches para llevar a cabo la automatización y ambos cuentan con el sobredimensionamiento que les permitirá soportar mayores cargas en caso de que la empresa lo requiera, por tanto, la empresa puede utilizar el sistema para llevar a cabo proyectos más grandes. Dicho sobredimensionamiento se evidencia al tener un factor de seguridad de 3.3 en la placa; además las ruedas, en conjunto, pueden soportar hasta 1000 kg, que es casi el triple de la carga con las condiciones actuales de la empresa.
- Es sumamente importante definir una posición inicial del sistema que le permita a éste trabajar sin inconvenientes si acaso sucede algún imprevisto. En el presente proyecto dicha posición inicial se contempla cuando se presiona el master ON: si el coche de transporte está cargado con un coche

de moldes al momento de iniciar, éste lo regresará a la zona de colado, y después de ello reiniciará el ciclo e irá por un nuevo molde si fuera el caso.

- Con las condiciones de producción actuales el sistema estaría sub utilizado, debido a que se pueden tener los cuatro moldes en la zona de colado en un tiempo de, máximo, cuatro minutos; mientras que el horno proporciona el metal para colar cuatro moldes cada 16 minutos.

5.2. RECOMENDACIONES

- En vista de que la empresa es familiar, y por tanto el sistema resulta costoso, se recomienda que antes de ponerlo en marcha se realice un estudio más profundo respecto a la automatización de cada uno de los procesos y cómo éstos se comunicarán posteriormente en una cadena de producción definitiva, con el fin de evitar que se implemente un sistema que luego no sea coherente con todo el contexto productivo.
- La automatización permite el transporte de moldes de manera continua desde la zona de almacenamiento hasta la zona de colado. Esta característica no sería óptimamente aprovechada con las condiciones de producción actuales debido a que el horno presenta limitantes en cuanto a su capacidad de obtención del metal fundido. Por tanto, para explotar todo el potencial del sistema y mejorar la capacidad productiva, se debe mejorar el horno.
- La automatización de uno de los procesos que se llevan a cabo dentro de una empresa genera la necesidad de automatizar los demás procesos. En el caso concreto del sistema automatizado en el presente proyecto, se evidencia que es menester automatizar los procesos de moldeo y desmoldeo con el fin de obtener una producción continua e ininterrumpida.
- La automatización de los otros procesos que se lleven a cabo en la empresa deberá estar en función y concordancia con el sistema diseñado. Desde este punto de vista, en el que todos los procesos que se lleven a cabo formarán parte de un solo sistema de producción continuo, podría ser que la automatización del proceso de transporte de moldes, tal cual está propuesta en el presente proyecto, no sea la más adecuada.
- Es recomendable que cuando se realice la programación de toda la automatización en el PLC, se cuente con un simulador que permita corregir y

visualizar ciertos problemas que se podrían presentar durante el funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

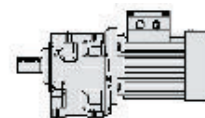
- [1] *Autómatas programables*. (20 de 11 de 2014). Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/MEMORIA/memoria.htm>
- [2] *Automatismo Industrial*. (11 de 11 de 2014). Obtenido de <http://automatismoindustrial.com/d-9-2-estructura/>
- [3] Ducasse. (2014). Catálogo de Productos.
- [4] EPN. (6 de 10 de 2014). *Biblioteca digital EPN*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9276/6/LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC.doc>.
- [5] Haro Flores, S. V. (2011). *Sistema de control, utilizando arquitectura descentralizada Profibus para una centrifuga en el Ingenio Valdez*. Ambato: UTA.
- [6] Itescam. (6 de 9 de 2014). Obtenido de <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r104858.PDF>
- [7] MEDINA, J. (2009). *Diseño y construcción de un horno de cubilote precalentado para fines didácticos*. Quito: EPN.
- [8] *My Siemens*. (11 de 11 de 2014). Obtenido de <http://www.my-siemens-plc.com/>
- [9] OGATA, K. (2003). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: Prentice Hall.
- [10] OPAC. (s.f.). *Catálogo de chavetas*.
- [11] Portones, C. (2014). Catálogo de accesorios de portones.
- [12] PRIETO, P. (08 de 04 de 2015). *Observatorio Tecnológico*. Obtenido de Gobierno de España- Ministerio de educación, cultura y deporte: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

- [13] RIBA, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya. BarcelonaTech.
- [14] RUANO, E., & ZAMBRANO, J. (2009). *Diseño, construcción automatización con un PLC Allen-Bradley micrilogix 1100, de un caldero de vapor saturado (Tesis de pregrado)*. EPN. Quito, Ecuador.
- [15] RUIZ, W., & VÁSCONEZ, R. (2012). *Construcción de un prototipo para una lavadora de autos controlada por PLC*. Quito, Ecuador: EPN.
- [16] SHIGLEY. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica* (Octava Edición ed.). Nueva York: Mc Graw Hill.
- [17] *Siemens*. (08 de 04 de 2015). Obtenido de <http://w3.siemens.com/mcems/programmable-logic-controller/en/logic-module-logic/modular-basic-variants/Pages/Default.aspx>
- [18] SKF. (2014). *Catálogo de chumaceras*.
- [19] SKF. (s.f.). *Catálogo de disco tipo KD (online)*.

ANEXO 1

Selección del Motor

8 - Programa de fabricación (motorreductores)
8 - Programme de fabrication (motoréducteurs)



P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daN m	f_s	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	i	P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daN m	f_s	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	i		
1)				2)		1)				2)			
1,1	34,8	28,9	1,12	MR 3I 63 - 80 C	4	40,2	93,4	11	1,18	MR 2I 50 - 90 L	6	9,64	
	34,8	28,9	1,5	MR 3I 64 - 80 C	4	40,2	93,4	11	1,6	MR 2I 51 - 90 L	6	9,64	
	35,2	28,6	2,36	MR 3I 80 - 90 S	4	39,8	94,2	10,9	1,12	MR 2I 50 - 80 C	4	14,9	
	35,2	28,6	3,15	MR 3I 81 - 90 S	4	39,8	98,8	10,4	2,8	MR 2I 63 - 80 C	4	14,2	
	36,3	27,8	2,36	MR 3I 80 - 80 C	4	38,6	104	9,9	1,4	MR 2I 50 - 90 L	6	8,67	
	36,3	27,8	1,18	MR 3I 63 - 90 S	4	38,5	104	9,9	1,9	MR 2I 51 - 90 L	6	8,67	
	36,3	27,8	1,5	MR 3I 64 - 90 S	4	38,5	110	9,4	3,15	MR 2I 63 - 80 C	4	12,7	
	36,7	28	1,9	MR 2I 80 - 90 L	6	24,5	110	9,3	3	MR 2I 63 - 90 S	4	12,7	
	37,1	27,8	0,95	MR 2I 63 - 90 L	6	24,3	114	9	1,5	MR 2I 50 - 80 C	4	12,2	
	37,1	27,2	0,8	MR 3I 51 - 80 C	4	37,7	114	9	1,9	MR 2I 51 - 80 C	4	12,2	
	37,9	26,6	1,18	MR 3I 63 - 80 C	4	36,9	115	9	1,6	MR 2I 50 - 90 L	6	7,85	
	37,9	26,6	1,5	MR 3I 64 - 80 C	4	36,9	115	9	2,24	MR 2I 51 - 90 L	6	7,85	
	40,2	25,1	1,32	MR 3I 63 - 90 S	4	34,8	120	8,6	1,4	MR 2I 50 - 90 S	4	11,7	
	40,2	25,1	1,7	MR 3I 64 - 90 S	4	34,8	122	8,5	3,55	MR 2I 63 - 80 C	4	11,5	
	40,3	25	2,65	MR 3I 80 - 90 S	4	34,8	124	8,3	3,55	MR 2I 63 - 90 S	4	11,3	
	40,6	24,8	0,9	MR 3I 51 - 80 C	4	34,5	126	8,2	1,8	MR 2I 50 - 90 L	6	7,14	
	42,2	23,9	1,32	MR 3I 63 - 80 C	4	33,2	126	8,2	2,5	MR 2I 51 - 90 L	6	7,14	
	42,2	23,9	1,8	MR 3I 64 - 80 C	4	33,2	127	8,1	1,7	MR 2I 50 - 80 C	4	11	
	42,7	23,6	2,8	MR 3I 80 - 80 C	4	32,8	127	8,1	2,24	MR 2I 51 - 80 C	4	11	
	44,2	22,8	1,4	MR 3I 63 - 90 S	4	31,7	133	7,8	0,8	MR 2I 40 - 80 C	4	10,6	
	44,2	22,8	1,9	MR 3I 64 - 90 S	4	31,7	133	7,8	0,9	MR 2I 41 - 80 C	4	10,6	
	44,9	22,9	2,5	MR 2I 80 - 90 L	6	20,1	141	7,3	1,9	MR 2I 50 - 80 C	4	9,96	
	45,5	22,2	3	MR 3I 80 - 90 S	4	30,8	141	7,3	2,65	MR 2I 51 - 80 C	4	9,96	
	46,7	21,6	1,5	MR 3I 63 - 80 C	4	30	145	7,1	1,8	MR 2I 50 - 90 S	4	9,64	
	46,7	21,6	2	MR 3I 64 - 80 C	4	30	145	7,1	2,36	MR 2I 51 - 90 S	4	9,64	
	47	21,5	1	MR 3I 51 - 80 C	4	29,8	149	6,9	0,95	MR 2I 40 - 80 C	4	9,41	
	47,4	21,7	1,32	MR 2I 63 - 90 L	6	19	149	6,9	1,12	MR 2I 41 - 80 C	4	9,41	
	47,4	21,7	1,6	MR 2I 64 - 90 L	6	19	154	6,7	2,12	MR 2I 50 - 80 C	4	9,07	
	48,1	21	1,5	MR 3I 63 - 90 S	4	29,1	154	6,7	3	MR 2I 51 - 80 C	4	9,07	
	48,1	21	1,9	MR 3I 64 - 90 S	4	29,1	162	6,4	2,12	MR 2I 50 - 90 S	4	8,67	
	51,4	19,6	1,6	MR 3I 63 - 80 C	4	27,2	162	6,4	2,8	MR 2I 51 - 90 S	4	8,67	
	51,4	19,6	2,24	MR 3I 64 - 80 C	4	27,2	165	6,2	1,06	MR 2I 40 - 80 C	4	8,46	
	53,6	18,8	1,7	MR 3I 63 - 90 S	4	26,1	165	6,2	1,32	MR 2I 41 - 80 C	4	8,46	
	53,6	18,8	2,24	MR 3I 64 - 90 S	4	26,1	169	6,1	2,36	MR 2I 50 - 80 C	4	8,29	
	55,5	18,5	1,4	MR 2I 63 - 90 L	6	16,2	178	5,8	2,36	MR 2I 50 - 90 S	4	7,85	
	56,1	18	0,85	MR 3I 50 - 80 C	4	25	178	5,8	3,35	MR 2I 51 - 90 S	4	7,85	
	56,1	18	1,18	MR 3I 51 - 80 C	4	25	187	5,5	1,18	MR 2I 40 - 80 C	4	7,5	
	57,1	18	2,8	MR 2I 80 - 90 S	4	24,5	187	5,5	1,5	MR 2I 41 - 80 C	4	7,5	
	57,7	17,8	1,4	MR 2I 63 - 80 C	4	24,3	195	5,3	2,65	MR 2I 50 - 80 C	4	7,17	
	59,3	17	1,9	MR 3I 63 - 90 S	4	23,6	196	5,3	2,65	MR 2I 50 - 90 S	4	7,14	
	59,3	17	2,5	MR 3I 64 - 90 S	4	23,6	214	4,8	2,8	MR 2I 50 - 90 S	4	6,53	
	60	16,8	1,9	MR 3I 63 - 80 C	4	23,3	216	4,77	3	MR 2I 50 - 80 C	4	6,49	
	60	16,8	2,65	MR 3I 64 - 80 C	4	23,3	220	4,68	1,4	MR 2I 40 - 80 C	4	6,36	
	61,6	16,4	0,9	MR 3I 50 - 80 C	4	22,7	220	4,68	1,8	MR 2I 41 - 80 C	4	6,36	
	61,6	16,4	1,32	MR 3I 51 - 80 C	4	22,7	240	4,29	1,5	MR 2I 40 - 80 C	4	5,83	
	65,2	15,5	2	MR 3I 63 - 90 S	4	21,5	240	4,29	2	MR 2I 41 - 80 C	4	5,83	
	65,2	15,5	2,8	MR 3I 64 - 90 S	4	21,5	240	4,29	2	MR 2I 50 - 90 S	4	5,65	
	66,7	15,1	2,12	MR 3I 63 - 80 C	4	21	274	4,15	3,35	MR 2I 50 - 90 S	4	5,11	
	66,7	15,1	2,8	MR 3I 64 - 80 C	4	21	282	3,76	3,75	MR 2I 50 - 90 S	4	5,11	
	67,4	15	1	MR 3I 50 - 80 C	4	20,8	282	3,65	1,8	MR 2I 40 - 80 C	4	4,96	
	67,4	15	1,4	MR 3I 51 - 80 C	4	20,8	282	3,65	2,24	MR 2I 41 - 80 C	4	4,96	
	70,9	14,5	2	MR 2I 63 - 90 L	6	12,7	342	3,01	3,75	MR 2I 50 - 90 S	4	4,1	
	70,9	14,5	2,36	MR 2I 64 - 90 L	6	12,7	353	2,91	1,9	MR 2I 40 - 80 C	4	3,96	
	73,6	14	0,95	MR 2I 50 - 90 L	6	12,2	374	2,76	2,24	MR 2I 40 - 80 B	2	7,5	
	73,6	14	1,25	MR 2I 51 - 90 L	6	12,2	374	2,76	3	MR 2I 41 - 80 B	2	7,5	
	73,7	14	2	MR 2I 63 - 80 C	4	19	440	2,34	2,65	MR 2I 40 - 80 B	2	6,36	
	73,7	14	2,5	MR 2I 64 - 80 C	4	19	480	2,14	3	MR 2I 40 - 80 B	2	5,83	
	76,2	13,2	2,36	MR 3I 63 - 90 S	4	18,4	564	1,82	3,55	MR 2I 40 - 80 B	2	4,96	
	76,8	13,4	0,9	MR 2I 50 - 90 L	6	11,7	706	1,46	3,55	MR 2I 40 - 80 B	2	3,96	
	77,9	12,9	1,18	MR 3I 50 - 80 C	4	18							
	77,9	12,9	1,6	MR 3I 51 - 80 C	4	18							
	81,8	12,6	1,12	MR 2I 50 - 90 L	6	11							
	81,8	12,6	1,5	MR 2I 51 - 90 L	6	11							
	82,7	12,4	2,36	MR 2I 63 - 80 C	4	16,9							
	84,7	11,9	2,65	MR 3I 63 - 90 S	4	16,5							
	86,1	11,7	1,32	MR 3I 50 - 80 C	4	16,3							
	86,1	11,7	1,8	MR 3I 51 - 80 C	4	16,3							
	86,4	11,9	2,12	MR 2I 63 - 90 S	4	16,2							
	88,6	11,6	2,65	MR 2I 63 - 90 L	6	10,2							
	90,4	11,4	1,32	MR 2I 50 - 90 L	6	9,96							
	90,4	11,4	1,8	MR 2I 51 - 90 L	6	9,96							
	92,1	11,2	2,8	MR 2I 63 - 80 C	4	15,2							
							1,5	6,02	229	0,95	MR 3I 125 - 100 LA	6	150
								7,62	181	0,85	MR 3I 101 - 90 LC	6	118
								7,68	179	1,32	MR 3I 125 - 100 LA	6	117
								7,68	179	1,7	MR 3I 126 - 100 LA	6	117
								7,68	179	2,36	MR 3I 140 - 100 LA	6	117
								9,36	147	0,9	MR 3I 100 - 90 LC	6	96,2
								9,36	147	1,18	MR 3I 101 - 90 LC	6	96,2
								9,4	146	0,85	MR 3I 100 - 100 LA	6	95,7
								9,4	146	1	MR 3I 101 - 100 LA	6	95,7
								9,6	143	1,9	MR 3I 125 - 100 LA	6	93,7

ANEXO 2

Selección de la catarina

MEC

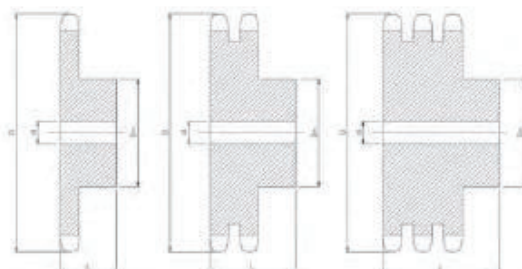
www.interr

ONES
(40)

TABLA DE DIMENSIONES

DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1/2" (12.7 mm)
para Cadena ANSI No. 40 Tipo B Sencillos, Dobles y Triples

Dimensiones en Milímetros



REF	D	SENCILLOS			REF	DOBLES			REF	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
40B10 R	45,5	32	22	12,7	40-2B10 R	27	38	12,7	40-3B10 R	27	51	12,7
40B11 R	49,5	35	22	12,7	40-2B11 R	37	38	12,7	40-3B11 R	37	51	12,7
40B12 R	53,8	40	22	12,7	40-2B12 R	40	38	12,7	40-3B12 R	40	51	12,7
40B13	57,9	40	22	12,7	40-2B13	38	38	12,7	40-3B13	38	51	12,7
40B14	62,0	43	22	12,7	40-2B14	43	35-38	12,7	40-3B14	43	51	12,7
40B15	66,0	46	22	15,88	40-2B15	46	38	12,7	40-3B15	46	51	12,7
40B16	70,1	51	22	15,88	40-2B16	51	38	15,88	40-3B16	51	51	15,88
40B17	74,2	54	25	15,88	40-2B17	54	38	15,88	40-3B17	54	51	15,88
40B18	78,5	59	26	15,88	40-2B18	59	38	15,88	40-3B18	59	51	15,88
40B19	82,6	64	26	15,88	40-2B19	64	38	15,88	40-3B19	64	51	15,88
40B20	86,6	67	26	15,88	40-2B20	67	42	15,88	40-3B20	67	51	15,88
40B21	90,7	69	25	15,88	40-2B21	70	42	15,88	40-3B21	70	51	15,88
40B22	94,7	73	26	15,88	40-2B22	73	42	15,88	40-3B22	73	51	15,88
40B23	98,8	76	26	15,88	40-2B23	76	41	15,88	40-3B23	76	51	15,88
40B24	102,9	82	25	15,88	40-2B24	82	41	15,88	40-3B24	82	51	15,88
40B25	106,9	82	25	15,88	40-2B25	83	41	15,88	40-3B25	83	51	15,88
40B26	111,0	68	26	15,88	40-2B26	83	41	15,88	40-3B26	83	51	15,88
40B27	115,1	83	26	15,88	40-2B27	83	41	15,88	40-3B27	83	51	15,88
40B28	119,1	82	26	15,88	40-2B28	83	41	15,88	40-3B28	83	51	15,88
40B29	123,2	83	26	15,88	40-2B29	83	41	15,88	40-3B29	83	51	15,88
40B30	127,3	83	25	15,88	40-2B30	83	41	22,23	40-3B30	83	51	22,23
40B31	131,3	83	25	15,88	40-2B31	83	38	15,88	40-3B31	83	51	15,88
40B32	135,4	83	26	15,88	40-2B32	83	41	22,23	40-3B32	83	51	22,23
40B33	139,4	83	26	15,88	40-2B33	83	41	22,23	40-3B33	83	51	22,23
40B34	143,5	83	26	15,88	40-2B34	83	41	22,23	40-3B34	83	51	22,23
40B35	147,6	83	26	15,88	40-2B35	83	41	22,23	40-3B35	83	54	22,23
40B36	151,6	83	26	15,88	40-2B36	83	41	22,23	40-3B36	83	54	22,23
40B37	155,4	83	26	15,88	40-2B37	95	41	23,81	40-3B37	95	54	23,81
40B38	159,5	83	26	15,88	40-2B38	95	41	23,81	40-3B38	95	54	23,81
40B39	163,6	83	26	15,88	40-2B39	95	41	23,81	40-3B39	95	54	23,81
40B40	167,6	89	29	19,05	40-2B40	95	45	23,81	40-3B40	95	54	23,81
40B41	171,7	89	29	19,05	40-2B41	95	45	23,81	40-3B41	95	54	23,81
40B42	176,5	89	28	19,05	40-2B42	95	45	23,81	40-3B42	95	64	23,81
40B43	179,8	89	29	19,05	40-2B43	95	45	23,81	40-3B43	95	64	23,81
40B44	183,9	89	29	19,05	40-2B44	95	45	23,81	40-3B44	95	64	23,81
40B45	188,0	89	29	19,05	40-2B45	95	45	23,81	40-3B45	95	64	23,81
40B46	192,0	89	29	19,05	40-2B46	95	45	23,81	40-3B46	95	64	23,81
40B47	196,0	89	29	19,05	40-2B47	95	45	23,81	40-3B47	95	64	23,81
40B48	200,4	89	29	19,05	40-2B48	95	45	23,81	40-3B48	95	64	23,81

ANEXO 3

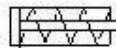


Selección de la cadena



Nº Cadena Ansi	Nº Cadena BS/ISO	Paso	Diámetro del rodillo	Distancia entre placas interiores	Diámetro del pasador	Longitud del pasador	Longitud del pasador con claveta	Altura de la placa interior	Espesor de la placa	Paso transversal	Carga límite de rotura	Carga de rotura promedio	Peso por metro	Designación	
-	-	P	d ₁ max	b ₁ max	d ₂ max	L max	L _c max	h ₂ max	T max	Pt	Q min	Q ₀	q	-	
-	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN	kg/m	-	
15-1+	03C+	4,7625	2,48	2,38	1,62	6,10	6,90	-	4,30	0,60	-	1,8	2,0	0,08	PHC 15-1...
25-1+	04C-1+	6,350	3,30	3,18	2,31	7,90	8,40	-	6,00	0,80	-	3,5	4,6	0,15	PHC 25-1...
35-1+	06C-1+	9,525	5,08	4,77	3,58	12,40	13,17	-	9,00	1,30	-	7,9	10,8	0,33	PHC 35-1...
41-1	085-1	12,700	7,77	6,25	3,58	13,75	15,00	-	9,91	1,30	-	6,7	12,6	0,41	PHC 41-1...
40-1	08A-1	12,700	7,95	7,85	3,96	16,60	17,80	-	12,00	1,50	-	14,1	17,5	0,62	PHC 40-1...
50-1	10A-1	15,875	10,16	9,40	5,08	20,70	22,20	23,30	15,09	2,03	-	22,2	29,4	1,02	PHC 50-1...
60-1	12A-1	19,050	11,91	12,57	5,94	25,90	27,70	28,30	18,00	2,42	-	31,8	41,5	1,50	PHC 60-1...
80-1	16A-1	25,400	15,88	15,75	7,92	32,70	35,00	36,50	24,00	3,25	-	56,7	69,4	2,60	PHC 80-1...
100-1	20A-1	31,750	19,05	18,90	9,53	40,40	44,70	44,70	30,00	4,00	-	88,5	109,2	3,91	PHC 100-1...
120-1	24A-1	38,100	22,23	25,22	11,10	50,30	54,30	54,30	35,70	4,80	-	127,0	156,3	5,62	PHC 120-1...
140-1	28A-1	44,450	25,40	25,22	12,70	54,40	59,00	59,00	41,00	5,60	-	172,4	212,0	7,50	PHC 140-1...
160-1	32A-1	50,800	28,58	31,55	14,27	64,80	69,60	69,60	47,80	6,40	-	226,8	278,9	10,10	PHC 160-1...
180-1	36A-1	57,150	35,71	35,48	17,46	72,80	78,60	78,60	53,60	7,20	-	280,2	341,8	13,45	PHC 180-1...
200-1	40A-1	63,500	39,68	37,85	19,85	80,30	87,20	87,20	60,00	8,00	-	353,8	431,6	16,15	PHC 200-1...
240-1	48A-1	76,200	47,63	47,35	23,81	95,50	103,00	103,00	72,39	9,50	-	510,3	622,5	23,20	PHC 240-1...
25-2+	04C-2+	6,350	3,30	3,18	2,31	14,5	15,0	-	6,00	0,80	6,40	7,0	8,6	0,28	PHC 25-2...
35-2+	06C-2+	9,525	5,08	4,77	3,58	22,5	23,3	-	9,00	1,30	10,13	15,8	19,7	0,63	PHC 35-2...
41-2	085-2	12,700	7,77	6,25	3,58	25,7	26,9	-	9,91	1,30	11,95	13,3	16,9	0,81	PHC 41-2...
40-2	08A-2	12,700	7,95	7,85	3,96	31,0	32,2	-	12,00	1,50	14,38	28,2	35,9	1,12	PHC 40-2...
50-2	10A-2	15,875	10,16	9,40	5,08	38,9	40,4	41,2	15,09	2,03	18,11	44,4	58,1	2,00	PHC 50-2...
60-2	12A-2	19,050	11,91	12,57	5,94	48,8	50,5	51,1	18,00	2,42	22,78	63,6	82,1	2,92	PHC 60-2...
80-2	16A-2	25,400	15,88	15,75	7,92	62,7	64,3	65,8	24,00	3,25	29,29	113,4	141,8	5,15	PHC 80-2...
100-2	20A-2	31,750	19,05	18,90	9,53	76,4	80,5	80,5	30,00	4,00	35,76	177,0	219,4	7,80	PHC 100-2...
120-2	24A-2	38,100	22,23	25,22	11,10	95,8	99,7	99,7	35,70	4,80	45,44	254,0	314,9	11,70	PHC 120-2...
140-2	28A-2	44,450	25,40	25,22	12,70	103,3	107,9	107,9	41,00	5,60	48,87	344,8	427,5	15,14	PHC 140-2...
160-2	32A-2	50,800	28,58	31,55	14,27	123,3	128,1	128,1	47,80	6,40	58,55	453,6	562,4	20,14	PHC 160-2...
180-2	36A-2	57,150	35,71	35,48	17,46	138,6	144,4	144,4	53,60	7,20	65,84	560,5	695,0	29,22	PHC 180-2...
200-2	40A-2	63,500	39,68	37,85	19,85	151,9	158,8	158,8	60,00	8,00	71,55	707,6	877,4	32,24	PHC 200-2...
240-2	48A-2	76,200	47,63	47,35	23,81	183,4	190,8	190,8	72,39	9,50	87,83	1020,6	1255,3	45,23	PHC 240-2...
25-3+	04C-3+	6,350	3,30	3,18	2,31	21,0	21,5	-	6,00	0,80	6,40	10,5	12,6	0,44	PHC 25-3...
35-3+	06C-3+	9,525	5,08	4,77	3,58	32,7	33,5	-	9,00	1,30	10,13	23,7	28,6	1,05	PHC 35-3...
40-3	08A-3	12,700	7,95	7,85	3,96	45,4	46,6	-	12,00	1,50	14,38	42,3	50,0	1,90	PHC 40-3...
50-3	10A-3	15,875	10,16	9,40	5,08	57,0	58,5	59,3	15,09	2,03	18,11	66,6	77,8	3,09	PHC 50-3...
60-3	12A-3	19,050	11,91	12,57	5,94	71,5	73,3	73,9	18,00	2,42	22,78	95,4	111,1	4,54	PHC 60-3...
80-3	16A-3	25,400	15,88	15,75	7,92	91,7	93,6	95,1	24,00	3,25	29,29	170,1	198,4	7,89	PHC 80-3...
100-3	20A-3	31,750	19,05	18,90	9,53	112,2	116,3	116,3	30,00	4,00	35,76	265,5	309,6	11,77	PHC 100-3...
120-3	24A-3	38,100	22,23	25,22	11,10	141,4	145,2	145,2	35,70	4,80	45,44	381,0	437,2	17,53	PHC 120-3...
140-3	28A-3	44,450	25,40	25,22	12,70	152,2	156,8	156,8	41,00	5,60	48,87	517,2	593,3	22,20	PHC 140-3...
160-3	32A-3	50,800	28,58	31,55	14,27	181,8	186,6	186,6	47,80	6,40	58,55	680,4	780,6	30,02	PHC 160-3...
180-3	36A-3	57,150	35,71	35,48	17,46	204,4	210,2	210,2	53,60	7,20	65,84	840,7	983,6	38,22	PHC 180-3...
200-3	40A-3	63,500	39,68	37,85	19,85	223,5	230,4	230,4	60,00	8,00	71,55	1061,4	1217,8	49,03	PHC 200-3...
240-3	48A-3	76,200	47,63	47,35	23,81	271,3	278,6	278,6	72,39	9,50	87,83	1530,9	1756,5	71,60	PHC 240-3...

ANEXO 4

Selección del cilindro neumático

JOUCOMATIC		CILINDROS DE TIRANTES Ø 25 a 200 mm CNOMO 06-07-02 - AFNOR			 		Serie 437 Tipo PCN				
INFORMACIÓN GENERAL											
Detección	Previsto para detectores magnéticos de posición										
Fluido	Aire o gas neutro filtrado, lubricado o no										
Presión de utilización	10 bar máximo										
Temperatura admisible	-10°C a +70°C										
Normas	CNOMO 06-07-02 a 06-07-15 AFNOR NF E 49001 - NF E 49002 NF E 49011a NF E 490 15										
CONSTRUCCIÓN											
Tubo amagnético	Aleación de aluminio anodizado duro										
Tirantes	Acero inox (Ø 32 a 100 mm), acero pintado (Ø 25, 125 a 200 mm)										
Vástago	Acero cromado duro										
Pistón	POM (poliacetal) y acero cincado o aleación ligera equipado de un imán permanente anular										
Juntas de pistón	PUR (poliuretano) o NBR (nitrilo)										
Junta de amortiguación	NBR (nitrilo)										
Fondos delantero y trasero	Zamak (Ø 25 mm) - aleación (Ø 32 a 200 mm)										
Casquillo metálico	Autolubricante										
Tuerca de vástago	Acero cincado										
Amortiguación											
											
Longitud de amortiguación : Ø 25 y 32 mm = 15 mm Ø 40 y 50 mm = 20 mm Ø 63 y 80 mm = 21 mm Ø 100 y 125 mm = 24 mm Ø 160 y 200 mm = 30 mm											
SELECCIÓN DEL MATERIAL											
Ø (mm)	carrera (mm)	código #	referencia	Ø recor-daje	Ø (mm)	carrera (mm)	código #	referencia	Ø recor-daje		
25	50	43700999	PCN 25 A 50 - DM	G 1/8	100	50	43701329	PCN 100 A 50 - DM	G 1/2		
	100	43701000	PCN 25 A 100-DM			100	43701330	PCN 100 A 100 - DM			
	150	43701001	PCN 25 A 150-DM			150	43701331	PCN 100 A 150 - DM			
	200	43701002	PCN 25 A 200-DM			200	43701332	PCN 100 A 200 - DM			
	250	43701003	PCN 25 A 250-DM			250	43701333	PCN 100 A 250 - DM			
32	50	43701004	PCN 32 A 50 - DM	G 1/8		300	43701334	PCN 100 A 300 - DM		G 1/2	
	100	43701005	PCN 32 A 100-DM			400	43701335	PCN 100 A 400 - DM			
	150	43701006	PCN 32 A 150-DM			500	43701336	PCN 100 A 500 - DM			
	200	43701007	PCN 32 A 200-DM			600	43701337	PCN 100 A 600 - DM			
	250	43701008	PCN 32 A 250-DM			700	43701338	PCN 100 A 700 - DM			
40	50	43701009	PCN 40 A 50 - DM	G 1/4	800	43701339	PCN 100 A 800 - DM	G 1/2			
	100	43701010	PCN 40 A 100-DM		900	43701340	PCN 100 A 900 - DM				
	150	43701011	PCN 40 A 150-DM		1000	43701341	PCN 100 A 1000-DM				
	200	43701012	PCN 40 A 200-DM		50	43701355	PCN 125 A 50 - DM		G 1/2		
	250	43701013	PCN 40 A 250-DM		100	43701356	PCN 125 A 100 - DM				
300	43701014	PCN 40 A 300-DM	150	43701357	PCN 125 A 150 - DM						
400	43701015	PCN 40 A 400-DM	200	43701358	PCN 125 A 200 - DM						
50	50	43701016	PCN 50 A 50 - DM	G 1/4	250	43701359	PCN 125 A 250 - DM			G 1/2	
	100	43701017	PCN 50 A 100-DM		300	43701360	PCN 125 A 300 - DM				
	150	43701018	PCN 50 A 150-DM		400	43701361	PCN 125 A 400 - DM				
	200	43701019	PCN 50 A 200-DM		500	43701362	PCN 125 A 500 - DM				
	250	43701020	PCN 50 A 250-DM		600	43701363	PCN 125 A 600 - DM				
63	300	43701021	PCN 50 A 300-DM	G 3/8	700	43701364	PCN 125 A 700 - DM	G 3/4			
	400	43701022	PCN 50 A 400-DM		800	43701365	PCN 125 A 800 - DM				
	50	43701023	PCN 63 A 50 - DM		900	43701366	PCN 125 A 900 - DM				
	100	43701024	PCN 63 A 100-DM		1000	43701367	PCN 125 A 1000-DM				
	150	43701025	PCN 63 A 150-DM		50	43701381	PCN 160 A 50 - DM		G 3/4		
200	43701026	PCN 63 A 200-DM	100		43701382	PCN 160 A 100 - DM					
250	43701027	PCN 63 A 250-DM	150		43701383	PCN 160 A 150 - DM					
300	43701028	PCN 63 A 300-DM	200		43701384	PCN 160 A 200 - DM					
400	43701029	PCN 63 A 400-DM	250		43701385	PCN 160 A 250 - DM					
80	500	43701030	PCN 63 A 500-DM		G 3/8	300	43701386			PCN 160 A 300 - DM	G 3/4
	600	43701031	PCN 63 A 600 - S	400		43701387	PCN 160 A 400 - DM				
	50	43701032	PCN 80 A 50 - DM	500		43701388	PCN 160 A 500 - DM				
	100	43701033	PCN 80 A 100-DM	600		43701389	PCN 160 A 600 - DM				
	150	43701034	PCN 80 A 150-DM	700		43701390	PCN 160 A 700 - DM				
600	200	43701035	PCN 80 A 200-DM	G 3/4		800	43701391	PCN 160 A 800 - DM	G 3/4		
	250	43701036	PCN 80 A 250-DM			900	43701392	PCN 160 A 900 - DM			
	300	43701037	PCN 80 A 300-DM			1000	43701393	PCN 160 A 1000-DM			
	400	43701038	PCN 80 A 400-DM			50	43701407	PCN 200 A 50 - DM		G 3/4	
	500	43701039	PCN 80 A 500-DM			100	43701408	PCN 200 A 100 - DM			
600	43701040	PCN 80 A 600-DM	150		43701409	PCN 200 A 150 - DM					
200	43701410	PCN 200 A 200 - DM	250		43701411	PCN 200 A 250 - DM					
300	43701412	PCN 200 A 300 - DM	300		43701413	PCN 200 A 300 - DM					
400	43701413	PCN 200 A 400 - DM	400		43701414	PCN 200 A 400 - DM					
500	43701414	PCN 200 A 500 - DM	500		43701415	PCN 200 A 500 - DM					
600	43701415	PCN 200 A 600 - DM	600	43701416	PCN 200 A 600 - DM						
700	43701416	PCN 200 A 700 - DM	700	43701417	PCN 200 A 700 - DM						
800	43701417	PCN 200 A 800 - DM	800	43701418	PCN 200 A 800 - DM						
900	43701418	PCN 200 A 900 - DM	900	43701419	PCN 200 A 900 - DM						
1000	43701419	PCN 200 A 1000-DM	1000	43701419	PCN 200 A 1000-DM						

* Los detectores magnéticos de posición se solicitan por separado :
 - modelo "T" (ver página P291)
 - modelo BM, magnético inductivo (ver página P297)

Consulte nuestra documentación en : www.asconumatics.eu

ANEXO 5

PLC

© Siemens AG 2014

SIMATIC S7-1200
Módulos centrales

CPU 1214C

Sinopsis



- La CPU compacta de alto rendimiento
- Con 24 entradas/salidas integradas
- Ampliable con:
 - 1 Signal Board (SB) o Communication Board (CB)
 - 8 Signal Modules (SM)
 - Máx. 3 módulos de comunicaciones (CM)

Datos técnicos

	6ES7214-1BG40-0XB0 CPU 1214C AC/DC/relé	6ES7214-1AG40-0XB0 CPU 1214C DC/DC/DC	6ES7214-1HG40-0XB0 CPU 1214C DC/DC/relé
Tensión de alimentación			
24 V DC		Si	Si
120 V AC	Si		
230 V AC	Si		
Alimentación de sensores			
Alimentación de sensores 24 V • 24 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V
Pérdidas			
Pérdidas, tip.	14 W	12 W	12 W
Memoria			
Memoria de trabajo			
• Integrada	75 kbyte	75 kbyte	75 kbyte
Memoria de carga			
• Integrada	4 Mbyte	4 Mbyte	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	2 Gbyte; con SIMATIC Memory Card	2 Gbyte; con SIMATIC Memory Card	2 Gbyte; con SIMATIC Memory Card
Respaldo			
• sin pila	Si	Si	Si
Tiempos de ejecución de la CPU			
para operaciones a bits, tip.	0,085 µs; /Operación	0,085 µs; /Operación	0,085 µs; /Operación
para operaciones a palabras, tip.	1,7 µs; /Operación	1,7 µs; /Operación	1,7 µs; /Operación
para aritmética de coma flotante, tip.	2,3 µs; /Operación	2,3 µs; /Operación	2,3 µs; /Operación
Áreas de datos y su retención			
Marcas			
• Cantidad, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas	8 kbyte; Tamaño del área de marcas	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
Área de direcciones			
Imagen del proceso			
• Entradas, configurables	1 kbyte	1 kbyte	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte	1 kbyte	1 kbyte
Hora			
Reloj			
• Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Si	Si	Si

SIMATIC S7-1200

Módulos centrales



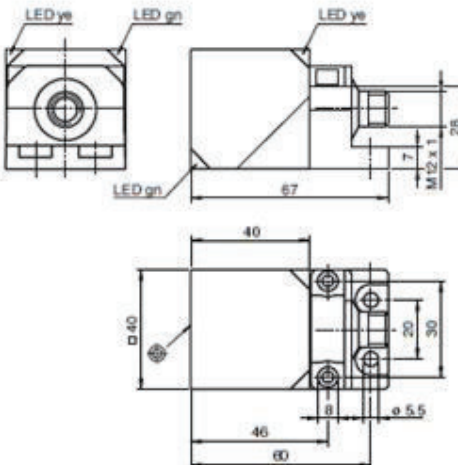
CPU 1214C

Datos técnicos (continuación)

	6ES7214-1BG40-0XB0 CPU 1214C AC/DC/relé	6ES7214-1AG40-0XB0 CPU 1214C DC/DC/DC	6ES7214-1HG40-0XB0 CPU 1214C DC/DC/relé
Entradas digitales			
Nº de entradas digitales	14; integrada	14; integrada	14; integrada
• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)	6; HSC (High Speed Counting)	6; HSC (High Speed Counting)
Salidas digitales			
Número de salidas	10; Relé	10	10; Relé
• De ellas, salidas rápidas		4; secuencia de impulsos 100 kHz	
Entradas analógicas			
Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V	2; 0 a 10 V	2; 0 a 10 V
Rangos de entrada			
• Tensión	Si	Si	Si
1. Interfaz			
Tipo de interfaz	PROFINET	PROFINET	PROFINET
Norma física	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Funcionalidad			
• PROFINET IO-Device	Si	Si	Si
• PROFINET IO-Controller	Si	Si	Si
Funciones de comunicación			
Comunicación S7			
• Soporta servidor iPAR	Si	Si	Si
Comunicación IE abierta			
• TCP/IP	Si	Si	Si
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Si	Si	Si
• UDP	Si	Si	Si
servidores web			
• Soporta servidor iPAR	Si	Si	Si
Funciones integradas			
Nº de contadores	6	6	6
Frecuencia de contaje (contadores), máx.	100 kHz	100 kHz	100 kHz
Frecuencímetro	Si	Si	Si
Posicionamiento en lazo abierto	Si	Si	Si
Regulador PID	Si	Si	Si
Nº de entradas de alarma	4	4	4
Nº de salidas de impulsos	4	4	4
Frecuencia límite (impulsos)		100 kHz	
Condiciones ambientales			
Temperatura de empleo			
• mín.	-20 °C	-20 °C	-20 °C
• máx.	60 °C	60 °C	60 °C
Configuración programación			
• Lenguaje de programación			
- KOP	Si	Si	Si
- FUP	Si	Si	Si
- SCL	Si	Si	Si
Dimensiones			
Ancho	110 mm	110 mm	110 mm
Alto	100 mm	100 mm	100 mm
Profundidad	75 mm	75 mm	75 mm
Pesos			
Peso, aprox.	475 g	415 g	435 g

ANEXO 6

Sensor

Sensor		NBN40-L2M-A0-V	
			
			
Referencia de pedido			
NBN40-L2M-A0-V1			
Características			
<ul style="list-style-type: none"> Cabeza del sensor, convertible y orientable 40 mm no enrasado 4 hilos CC Display por LED cuádruple 			
Accesorios			
V1-G Conector hembra para cables, M12, 4 polos, orientable			
V1-W Conector hembra para cables, M12, 4 polos, orientable			
V1-G-2M-PUR Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR			
V1-W-2M-PUR Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR			
MHW 01 Angulo de fijación modular			
MH 02-L Ayudas de montaje			
Datos técnicos			
Datos generales			
Función del elemento de conmutación	NPN	antivibrante	
Distancia de conmutación de medición s_m	40 mm		
Instalación	no enrasado		
Polaridad de salida	CC		
Distancia de conmutación asegurada s_a	0 ... 32,4 mm		
Factor de reducción r_{A1}	0,3		
Factor de reducción r_{C1}	0,28		
Factor de reducción $r_{1, acc}$	0,75		
Factor de reducción r_{M1}	0,38		
Datos característicos			
Tensión de trabajo	U_B	10 ... 30 V CC	
Frecuencia de conmutación	f	0 ... 100 Hz	
Histeresis	H	tp. 5 %	
Protección contra la inversión de polaridad		protegido	
Protección contra cortocircuito		sincronizado	
Caida de tensión	U_d	≤ 2 V	
Corriente de trabajo	I_L	0 ... 200 mA	
Corriente residual	I_r	0 ... 0,5 mA	
Corriente en vacío	I_0	≤ 20 mA	
Retardo a la disponibilidad	t_v	80 ms	
Display de tensión de trabajo		LED, verde	
Indicación del estado de conmutación		LED, amarillo	
Datos característicos de seguridad funcional			
MTTF _d		1230 a	
Duración de servicio (T_{10})		20 a	
Factor de cobertura de diagnóstico (DC)		0 %	
Condiciones ambientales			
Temperatura ambiente		-25 ... 85 °C (-13 ... 185 °F)	
Temperatura de almacenamiento		-40 ... 85 °C (-40 ... 185 °F)	
Datos mecánicos			
Tipo de conexión		Conector M12 x 1, 4 polos	
Material de la carcasa		PA-GF35	
		Base de metal cubierta con silano	
		Brida de fijación de metal cubierta con silano	
		PA-GF35	
Superficie frontal		IP69K	
Grado de protección		IP69K	
Conformidad con Normas y Directivas			
Conformidad con estándar			
Estándar		EN 60947-5-2:2007	
		IEC 60947-5-2:2007	
Autorizaciones y Certificados			
Clase de protección		II	
Tensión nominal de aislamiento U_i		253 V	
Resistencia de tensión de impacto de medición U_{imp}		4000 V	
Autorización UL		cULus Listed, General Purpose	
Autorización CCC		Los productos cuya tensión de trabajo máx. ≤ 36 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.	
Dimensiones			
			

Fecha de publicación: 2014-11-13 13:56 Fecha de edición: 2014-11-13 13:561_esp.pdf

Consulte "Notas generales sobre la información de los productos de Pepperl+Fuchs".

Pepperl+Fuchs Group
www.pepperl-fuchs.com

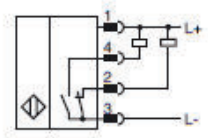
EE, UL: +1 330 486 0001
ts-info@us.pepperl-fuchs.com

Alemania: +49 621 776-1111
ts-info@pepperl-fuchs.com

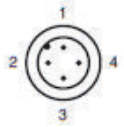
Singapur: +65 6779 9091
ts-info@sg.pepperl-fuchs.com

PEPPERL+FUCHS
SENSING YOUR NEEDS

Conexión



Pinout



Color del conductor según EN 60947-5-2

1	BN
2	WH
3	BU
4	BK

Fecha de actualización: 2014.11.03 09:06. Fecha de edición: 2014.11.03 09:06. www.pef.com

ANEXO 7

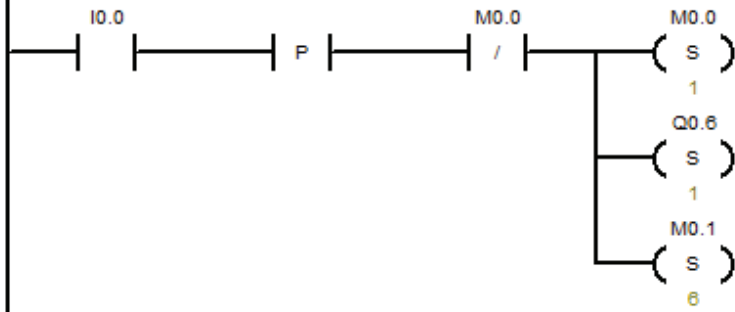
Programación del PLC

COMENTARIOS DEL PROGRAMA

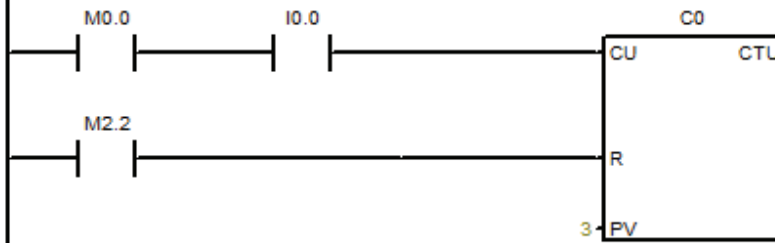
Network 1 Master ON

I0.0. Master ON

M0.1— M0.6 Bloqueo de sensores I0.3— I1.0



Network 2 contador



Network 3 Bloqueo temporizador
finido modo manual
Reseteo contador

M2.1 M2.3
M2.2

