



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UN PROCESO DE
FORJA EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE COMPONENTES PARA LA
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

CAMPOS, JESÚS
PARADA, JUAN

VALENCIA, ABRIL DE 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UN PROCESO DE
FORJA EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE COMPONENTES PARA LA
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

**Trabajo Especial de Grado, presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo
para optar al Título de Ingeniero Mecánico**

CAMPOS, JESÚS
PARADA, JUAN

VALENCIA, ABRIL DE 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UN PROCESO DE FORJA EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE COMPONENTES PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ”**, realizado por los bachilleres: Campos, Jesús, cédula de identidad N° 16.786.349, y Parada, Juan, cédula de identidad N° 14.490.279, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho Trabajo.

Prof. José Gutiérrez

Tutor

Prof. Arístides Boada

Jurado

Prof. Luís Escalona

Jurado

VALENCIA, ABRIL DE 2008

DEDICATORIA

Primeramente dedico este trabajo a Dios y a mis padres, por ser los que incesantemente velan por mi existencia, me inspiran a seguir adelante, me acompañan en todo momento y celebran orgullosamente mis metas alcanzadas.

Y a todos aquellos familiares, amistades y compañeros de estudio que me ofrecieron su ayuda y consuelo en los momentos difíciles.

Jesús Campos

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado.

A mis hermanos Jaime y Alejandro gracias por estar conmigo y apoyarme siempre; y muy especialmente a mi hermano Yonathan que sin él nada de esto fuera realidad, gracias por todo tu apoyo incondicional. Los quiero mucho.

Por último a quien ha sido el pilar fundamental de todo este fruto; a Carolina, quien me ha brindado todo su amor, cariño, estímulo y apoyo constante. Gracias mi amor TE AMO.

Juan Carlos Parada Martínez

AGRADECIMIENTOS

A la ilustre Universidad de Carabobo, Alma Mater en la cual tuve la oportunidad de cursar mis estudios en Ingeniería Mecánica.

A la empresa DANA Traction Technologies, quien nos abrió sus puertas y permitió el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

En especial mi más sincero agradecimiento al Ing. José Gutiérrez, Tutor Académico del Proyecto de Grado, quien nos guió en la realización de este proyecto.

A los profesores Luís Escalona y Arístides Boada; por sus tutorías, colaboración y apoyo prestado durante el desarrollo del presente trabajo.

A todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Jesús Campos

AGRADECIMIENTOS

A mi Señor, Jesús, quien me dio la fé, la fortaleza, la salud y la esperanza para culminar este trabajo.

Al Ingeniero José Gutiérrez, tutor académico del proyecto de grado quien nos guió en la realización de este proyecto.

Al ingeniero Héctor Contreras, quien nos abrió las puertas en la empresa DANA Traction Technologies permitiendo la realización de este trabajo.

A todos aquellos compañeros de estudio y amistades que me brindaron su apoyo en los momentos más difíciles.

Juan Carlos Parada Martínez

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad el diseño de un sistema automatizado para un proceso de forja en una empresa fabricante de componentes para la industria automotriz, ya que actualmente en el área de forjado se ha venido presentando una creciente demanda en la elaboración de estas piezas, generando con ello problemas ergonómicos en el proceso.

Para el desarrollo de la investigación se plantearon objetivos tales como el análisis del funcionamiento actual en el proceso de forjado, con el cual se logró además definir los parámetros de operación del mismo, como lo son el tiempo de forjado, las dimensiones del área de trabajo, y las dimensiones de los tochos antes y después de ser forjados; la realización de un diseño mecánico viable para el sistema de posicionamiento de piezas en la máquina de forjado, seleccionado de las tres posibles soluciones propuestas; por consiguiente realizar el diseño del sistema de control para el posicionamiento automatizado de las piezas en la máquina de forjado, mediante el uso de la electroneumática; y por ultimo la realización de un estudio económico en el cual se comprobará la factibilidad del sistema diseñado mediante el calculo del valor actual y la tasa interna de retorno.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	Pág.
1.1.- Planteamiento del problema	3
1.1.1.- Descripción del problema	3
1.1.2.- Formulación del problema	5
1.2.- Objetivos	5
1.2.1.- Objetivo general	5
1.2.2.- Objetivos específicos	5
1.3.- Justificación de la investigación	6
1.4.- Limitaciones	6
1.5.- Delimitaciones	7
 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1.- Antecedentes de la investigación	8
2.1.1.- Antecedente N°1	8
2.1.2.- Antecedente N°2	9
2.1.3.- Antecedente N°3	10
2.2.- Bases teóricas	11
2.2.1.- Elementos a considerar en el manejo de materiales	11
2.2.2.- Sistemas mecánicos y transportadores	15
2.2.3.- Sistemas automatizados	16
2.3.- Definición de términos básicos	24
 CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1.- Nivel de la investigación	26
3.2.- Diseño de la investigación	26

3.2.1.- 1ra Etapa: Búsqueda de información	27
3.2.2.- 2da Etapa: Generación de alternativas de solución	27
3.2.3.- 3ra Etapa: Especificaciones del sistema a diseñar	27
3.2.4.- 4ta Etapa: Selección de la mejor solución o toma de decisión	28
3.2.5.- 5ta Etapa: Diseño, cálculo y selección	29
3.2.6.- 6ta Etapa: Factibilidad económica del sistema diseñado	29
 CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO	
4.1.- Planteamiento de las diferentes alternativas de solución	30
4.1.1.- Posible solución N°1: Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un imán	30
4.1.2.- Posible solución N°2: Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un brazo neumático	33
4.1.3.- Posible solución N°3: Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de una pinza neumática	36
4.2.- Selección de la mejor solución	39
4.2.1.- Criterios	39
4.2.2.- Ponderación de soluciones de acuerdo a cada criterio	40
4.2.3.- Ponderación final de las soluciones	40
4.3.- Descripción de la solución	41
4.4.- Diseño, cálculo y selección de elementos mecánicos	46
4.4.1.- Selección y dimensionamiento de los elementos requeridos por el arreglo neumático 1	46
4.4.2.- Selección y dimensionamiento de los elementos requeridos por el arreglo neumático 2	57
4.4.3.- Elementos requeridos para la estructura de soporte	62

4.5.- Diseño del sistema de control	65
4.5.1.- Descripción de elementos de entrada y salida	65
4.5.2.- Memoria descriptiva del sistema automatizado	67
4.5.3.- Diagrama neumático del sistema automatizado	73
4.5.4.- Selección de elementos introductores de señal y procesamiento	74
4.5.5.- Diagrama de conexiones eléctricas de entradas y salidas del PLC	80
4.5.6.- Direccionamiento de las señales de entrada y salida	81
4.5.7.- Diagrama funcional	84
4.6.- Estudio de factibilidad económica	85
4.6.1.- Inversión requerida para la implementación del sistema diseñado	85
4.6.2.- Ahorros esperados con la implementación del sistema diseñado	86
4.6.3.- Evaluación económica del sistema diseñado	87
4.6.4.- Cálculo de la tasa de interés mensual	88
4.6.5.- Valor actual	90
4.6.6.- Tasa interna de retorno (i^*)	92
4.6.7.- Tiempo de pago	96

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	98
Recomendaciones	99
Bibliografía	100
Sitios web	101

ANEXOS

Anexo 1. Tabla del chart de materia prima de forjas
Anexo 2. Pinza paralela
Anexo 3. Propiedades del acero SAE 1018
Anexo 4. Actuador giratorio

Anexo 5. Actuador cilíndrico 1
Anexo 6. Actuador cilíndrico 2
Anexo 7. Actuador lineal
Anexo 8. Unidad de guía
Anexo 9. Eje de guía
Anexo 10. Especificaciones de tubo cuadrado
Anexo 11. Especificaciones de perfil en ángulo
Anexo 12. Pulsador sin retención
Anexo 13. Pulsador con retención
Anexo 14. Sensor de presión
Anexo 15. Sensor de proximidad magnético 1
Anexo 16. Sensor de proximidad magnético 2
Anexo 17. Sensor de proximidad inductivo
Anexo 18. Indicador luminoso
Anexo 19. Electroválvula 5/2 vías
Anexo 20. Electroválvula 2/2 vías
Anexo 21. Especificaciones del PLC
Anexo 22. Cotización de equipos FESTO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Máquina de forja.	4
Figura 1.2. Entrada de tochos al horno.	4
Figura 2.1. Cilindro neumático de simple efecto.	17
Figura 2.2. Cilindro neumático doble efecto sin y con amortiguación.	18
Figura 2.3. Esquema de un cilindro neumático oscilante y giratorio.	19
Figura 2.4. Tipos de accionamiento.	20
Figura 2.5. Denominación de las válvulas.	20
Figura 2.6. Electroválvula 5/2 vías monoestable de accionamiento manual.	21
Figura 2.7. Electroválvula 5/2 vías biestable con accionamiento manual.	22
Figura 2.8. Componentes básicos de un PLC.	23
Figura 2.9. Representación de un sistema basado en lógica programada.	24
Figura 4.1. Cesta para el suministro de los tochos en la canal del horno.	31
Figura 4.2. Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un imán.	32
Figura 4.3. Sistema automatizado para el suministro del tocho en la canal del horno.	34
Figura 4.4. Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un brazo neumático.	35
Figura 4.5. (A) Cesta de compuerta para el suministro de los tochos en la canal del horno, (B) detalle de la bandeja y el actuador cilíndrico.	37
Figura 4.6. Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de una pinza neumática.	38
Figura 4.7. Sistema automatizado a diseñar para el proceso de forjado.	42
Figura 4.8. Arreglo neumático 1.	43

Figura 4.9. Arreglo neumático 2.	44
Figura 4.10. Estructura metálica de soporte.	45
Figura 4.11. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas presentes en la tenaza.	48
Figura 4.12. Vistas de la tenaza de sujeción.	50
Figura 4.13. Diagrama de cuerpo libre de la tenaza.	51
Figura 4.14. Diagrama de cuerpo libre en el plano XY.	52
Figura 4.15. Diagrama de corte y momento en el plano XY.	52
Figura 4.16. Diagrama de cuerpo libre en el plano XZ.	54
Figura 4.17. Diagrama de corte y momento en el plano XZ.	54
Figura 4.18. Diagrama de cuerpo libre del actuador cilíndrico 1.	57
Figura 4.19. Gráfica de fuerza flexión en función de la carrera.	58
Figura 4.20. Carga aplicada sobre el actuador cilíndrico 2.	59
Figura 4.21. Carga aplicada sobre el actuador lineal.	60
Figura 4.22. Carga aplicada en función de la longitud del actuador lineal.	60
Figura 4.23. Vistas de la estructura de soporte.	62
Figura 4.24. Diagrama de cuerpo libre en el plano XY.	63
Figura 4.25. Diagrama de compresión en el plano XY.	64
Figura 4.26. Colocación de sensores en la máquina de forja.	68
Figura 4.27. Diagrama neumático.	73
Figura 4.28. Diagrama de consumo de aire.	77
Figura 4.29. Diagrama de conexiones eléctricas.	80
Figura 4.30. Diagrama funcional.	84
Figura 4.31. Zonas de rentabilidad de un proyecto.	96

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4.1. Ponderación de soluciones respecto a los criterios.	40
Tabla 4.2. Coeficientes de roce estático y dinámico.	47
Tabla 4.3. Direccionamiento de E/S del PLC.	81
Tabla 4.4. Inversión inicial (ver Anexo 23).	85
Tabla 4.5. Costos generados por horas extras.	87
Tabla 4.6. Flujos asociados a la inversión.	88
Tabla 4.7. Financiamiento de la inversión inicial.	89
Tabla 4.8. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i = 1,24 \%$.	91
Tabla 4.9. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i^* = 0,5 \%$.	94
Tabla 4.10. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i^* = 3 \%$.	95
Tabla 4.11. Calculo del interés para un $VA = 0$.	95
Tabla 4.12. Inversión pendiente por pagar al final.	97



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UN PROCESO DE
FORJA EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE COMPONENTES PARA LA
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

CAMPOS, JESÚS
PARADA, JUAN

VALENCIA, ABRIL DE 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UN PROCESO DE
FORJA EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE COMPONENTES PARA LA
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

**Trabajo Especial de Grado, presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo
para optar al Título de Ingeniero Mecánico**

CAMPOS, JESÚS
PARADA, JUAN

VALENCIA, ABRIL DE 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UN PROCESO DE FORJA EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE COMPONENTES PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ”**, realizado por los bachilleres: Campos, Jesús, cédula de identidad N° 16.786.349, y Parada, Juan, cédula de identidad N° 14.490.279, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho Trabajo.

Prof. José Gutiérrez

Tutor

Prof. Arístides Boada

Jurado

Prof. Luís Escalona

Jurado

VALENCIA, ABRIL DE 2008

DEDICATORIA

Primeramente dedico este trabajo a Dios y a mis padres, por ser los que incesantemente velan por mi existencia, me inspiran a seguir adelante, me acompañan en todo momento y celebran orgullosamente mis metas alcanzadas.

Y a todos aquellos familiares, amistades y compañeros de estudio que me ofrecieron su ayuda y consuelo en los momentos difíciles.

Jesús Campos

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado.

A mis hermanos Jaime y Alejandro gracias por estar conmigo y apoyarme siempre; y muy especialmente a mi hermano Yonathan que sin él nada de esto fuera realidad, gracias por todo tu apoyo incondicional. Los quiero mucho.

Por último a quien ha sido el pilar fundamental de todo este fruto; a Carolina, quien me ha brindado todo su amor, cariño, estímulo y apoyo constante. Gracias mi amor TE AMO.

Juan Carlos Parada Martínez

AGRADECIMIENTOS

A la ilustre Universidad de Carabobo, Alma Mater en la cual tuve la oportunidad de cursar mis estudios en Ingeniería Mecánica.

A la empresa DANA Traction Technologies, quien nos abrió sus puertas y permitió el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

En especial mi más sincero agradecimiento al Ing. José Gutiérrez, Tutor Académico del Proyecto de Grado, quien nos guió en la realización de este proyecto.

A los profesores Luís Escalona y Arístides Boada; por sus tutorías, colaboración y apoyo prestado durante el desarrollo del presente trabajo.

A todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Jesús Campos

AGRADECIMIENTOS

A mi Señor, Jesús, quien me dio la fé, la fortaleza, la salud y la esperanza para culminar este trabajo.

Al Ingeniero José Gutiérrez, tutor académico del proyecto de grado quien nos guió en la realización de este proyecto.

Al ingeniero Héctor Contreras, quien nos abrió las puertas en la empresa DANA Traction Technologies permitiendo la realización de este trabajo.

A todos aquellos compañeros de estudio y amistades que me brindaron su apoyo en los momentos más difíciles.

Juan Carlos Parada Martínez

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad el diseño de un sistema automatizado para un proceso de forja en una empresa fabricante de componentes para la industria automotriz, ya que actualmente en el área de forjado se ha venido presentando una creciente demanda en la elaboración de estas piezas, generando con ello problemas ergonómicos en el proceso.

Para el desarrollo de la investigación se plantearon objetivos tales como el análisis del funcionamiento actual en el proceso de forjado, con el cual se logró además definir los parámetros de operación del mismo, como lo son el tiempo de forjado, las dimensiones del área de trabajo, y las dimensiones de los tochos antes y después de ser forjados; la realización de un diseño mecánico viable para el sistema de posicionamiento de piezas en la máquina de forjado, seleccionado de las tres posibles soluciones propuestas; por consiguiente realizar el diseño del sistema de control para el posicionamiento automatizado de las piezas en la máquina de forjado, mediante el uso de la electroneumática; y por ultimo la realización de un estudio económico en el cual se comprobará la factibilidad del sistema diseñado mediante el calculo del valor actual y la tasa interna de retorno.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	Pág.
1.1.- Planteamiento del problema	3
1.1.1.- Descripción del problema	3
1.1.2.- Formulación del problema	5
1.2.- Objetivos	5
1.2.1.- Objetivo general	5
1.2.2.- Objetivos específicos	5
1.3.- Justificación de la investigación	6
1.4.- Limitaciones	6
1.5.- Delimitaciones	7
 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1.- Antecedentes de la investigación	8
2.1.1.- Antecedente N°1	8
2.1.2.- Antecedente N°2	9
2.1.3.- Antecedente N°3	10
2.2.- Bases teóricas	11
2.2.1.- Elementos a considerar en el manejo de materiales	11
2.2.2.- Sistemas mecánicos y transportadores	15
2.2.3.- Sistemas automatizados	16
2.3.- Definición de términos básicos	24
 CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1.- Nivel de la investigación	26
3.2.- Diseño de la investigación	26

3.2.1.- 1ra Etapa: Búsqueda de información	27
3.2.2.- 2da Etapa: Generación de alternativas de solución	27
3.2.3.- 3ra Etapa: Especificaciones del sistema a diseñar	27
3.2.4.- 4ta Etapa: Selección de la mejor solución o toma de decisión	28
3.2.5.- 5ta Etapa: Diseño, cálculo y selección	29
3.2.6.- 6ta Etapa: Factibilidad económica del sistema diseñado	29
 CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO	
4.1.- Planteamiento de las diferentes alternativas de solución	30
4.1.1.- Posible solución N°1: Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un imán	30
4.1.2.- Posible solución N°2: Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un brazo neumático	33
4.1.3.- Posible solución N°3: Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de una pinza neumática	36
4.2.- Selección de la mejor solución	39
4.2.1.- Criterios	39
4.2.2.- Ponderación de soluciones de acuerdo a cada criterio	40
4.2.3.- Ponderación final de las soluciones	40
4.3.- Descripción de la solución	41
4.4.- Diseño, cálculo y selección de elementos mecánicos	46
4.4.1.- Selección y dimensionamiento de los elementos requeridos por el arreglo neumático 1	46
4.4.2.- Selección y dimensionamiento de los elementos requeridos por el arreglo neumático 2	57
4.4.3.- Elementos requeridos para la estructura de soporte	62

4.5.- Diseño del sistema de control	65
4.5.1.- Descripción de elementos de entrada y salida	65
4.5.2.- Memoria descriptiva del sistema automatizado	67
4.5.3.- Diagrama neumático del sistema automatizado	73
4.5.4.- Selección de elementos introductores de señal y procesamiento	74
4.5.5.- Diagrama de conexiones eléctricas de entradas y salidas del PLC	80
4.5.6.- Direccionamiento de las señales de entrada y salida	81
4.5.7.- Diagrama funcional	84
4.6.- Estudio de factibilidad económica	85
4.6.1.- Inversión requerida para la implementación del sistema diseñado	85
4.6.2.- Ahorros esperados con la implementación del sistema diseñado	86
4.6.3.- Evaluación económica del sistema diseñado	87
4.6.4.- Cálculo de la tasa de interés mensual	88
4.6.5.- Valor actual	90
4.6.6.- Tasa interna de retorno (i^*)	92
4.6.7.- Tiempo de pago	96

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	98
Recomendaciones	99
Bibliografía	100
Sitios web	101

ANEXOS

Anexo 1. Tabla del chart de materia prima de forjas
Anexo 2. Pinza paralela
Anexo 3. Propiedades del acero SAE 1018
Anexo 4. Actuador giratorio

Anexo 5. Actuador cilíndrico 1
Anexo 6. Actuador cilíndrico 2
Anexo 7. Actuador lineal
Anexo 8. Unidad de guía
Anexo 9. Eje de guía
Anexo 10. Especificaciones de tubo cuadrado
Anexo 11. Especificaciones de perfil en ángulo
Anexo 12. Pulsador sin retención
Anexo 13. Pulsador con retención
Anexo 14. Sensor de presión
Anexo 15. Sensor de proximidad magnético 1
Anexo 16. Sensor de proximidad magnético 2
Anexo 17. Sensor de proximidad inductivo
Anexo 18. Indicador luminoso
Anexo 19. Electroválvula 5/2 vías
Anexo 20. Electroválvula 2/2 vías
Anexo 21. Especificaciones del PLC
Anexo 22. Cotización de equipos FESTO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Máquina de forja.	4
Figura 1.2. Entrada de tochos al horno.	4
Figura 2.1. Cilindro neumático de simple efecto.	17
Figura 2.2. Cilindro neumático doble efecto sin y con amortiguación.	18
Figura 2.3. Esquema de un cilindro neumático oscilante y giratorio.	19
Figura 2.4. Tipos de accionamiento.	20
Figura 2.5. Denominación de las válvulas.	20
Figura 2.6. Electroválvula 5/2 vías monoestable de accionamiento manual.	21
Figura 2.7. Electroválvula 5/2 vías biestable con accionamiento manual.	22
Figura 2.8. Componentes básicos de un PLC.	23
Figura 2.9. Representación de un sistema basado en lógica programada.	24
Figura 4.1. Cesta para el suministro de los tochos en la canal del horno.	31
Figura 4.2. Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un imán.	32
Figura 4.3. Sistema automatizado para el suministro del tocho en la canal del horno.	34
Figura 4.4. Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un brazo neumático.	35
Figura 4.5. (A) Cesta de compuerta para el suministro de los tochos en la canal del horno, (B) detalle de la bandeja y el actuador cilíndrico.	37
Figura 4.6. Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de una pinza neumática.	38
Figura 4.7. Sistema automatizado a diseñar para el proceso de forjado.	42
Figura 4.8. Arreglo neumático 1.	43

Figura 4.9. Arreglo neumático 2.	44
Figura 4.10. Estructura metálica de soporte.	45
Figura 4.11. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas presentes en la tenaza.	48
Figura 4.12. Vistas de la tenaza de sujeción.	50
Figura 4.13. Diagrama de cuerpo libre de la tenaza.	51
Figura 4.14. Diagrama de cuerpo libre en el plano XY.	52
Figura 4.15. Diagrama de corte y momento en el plano XY.	52
Figura 4.16. Diagrama de cuerpo libre en el plano XZ.	54
Figura 4.17. Diagrama de corte y momento en el plano XZ.	54
Figura 4.18. Diagrama de cuerpo libre del actuador cilíndrico 1.	57
Figura 4.19. Gráfica de fuerza flexión en función de la carrera.	58
Figura 4.20. Carga aplicada sobre el actuador cilíndrico 2.	59
Figura 4.21. Carga aplicada sobre el actuador lineal.	60
Figura 4.22. Carga aplicada en función de la longitud del actuador lineal.	60
Figura 4.23. Vistas de la estructura de soporte.	62
Figura 4.24. Diagrama de cuerpo libre en el plano XY.	63
Figura 4.25. Diagrama de compresión en el plano XY.	64
Figura 4.26. Colocación de sensores en la máquina de forja.	68
Figura 4.27. Diagrama neumático.	73
Figura 4.28. Diagrama de consumo de aire.	77
Figura 4.29. Diagrama de conexiones eléctricas.	80
Figura 4.30. Diagrama funcional.	84
Figura 4.31. Zonas de rentabilidad de un proyecto.	96

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4.1. Ponderación de soluciones respecto a los criterios.	40
Tabla 4.2. Coeficientes de roce estático y dinámico.	47
Tabla 4.3. Direccionamiento de E/S del PLC.	81
Tabla 4.4. Inversión inicial (ver Anexo 23).	85
Tabla 4.5. Costos generados por horas extras.	87
Tabla 4.6. Flujos asociados a la inversión.	88
Tabla 4.7. Financiamiento de la inversión inicial.	89
Tabla 4.8. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i = 1,24 \%$.	91
Tabla 4.9. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i^* = 0,5 \%$.	94
Tabla 4.10. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i^* = 3 \%$.	95
Tabla 4.11. Calculo del interés para un $VA = 0$.	95
Tabla 4.12. Inversión pendiente por pagar al final.	97

INTRODUCCIÓN

El forjado fue el primero de los procesos del tipo de compresión indirecta y es probablemente el método más antiguo de formado de metales. Involucra la aplicación de esfuerzos de compresión que exceden el esfuerzo de fluencia del metal. El esfuerzo puede ser aplicado rápida o lentamente. El proceso puede realizarse en frío o en caliente, la selección de la temperatura es decidida por factores como la facilidad y costo que involucre la deformación. La producción de piezas con ciertas características mecánicas o de acabado superficial es un factor de menor importancia.

Existen dos clases de procedimientos de forjado: forjado por impacto y forjado por presión. En el primero, la carga es aplicada por impacto y la deformación tiene lugar en un corto tiempo. Por otra parte, en el forjado por presión, se involucra la aplicación gradual de presión para lograr la cedencia del metal. El tiempo de aplicación es relativamente largo, siendo por ello el 90% de los procesos de forjado en caliente.

Por otra parte, debido al creciente aumento en la demanda de productos a nivel nacional e internacional, las empresas hoy en día siguen una tendencia hacia la automatización de sus procesos de fabricación, tal es el caso de la industria automotriz la cual no escapa a este hecho. Por tales motivos, existe la necesidad de diseñar un sistema automatizado para una prensa de 2500 toneladas en el área de forjado de una empresa fabricante de componentes para la industria automotriz, en la cual se forjan tochos de acero a una temperatura promedio de 800°C, para lograr el deformado del material en menos tiempo y a un menor costo.

Como meta está la necesidad de proporcionar un diseño que cumpla con las funciones realizadas anteriormente por el operario de la forja, cuyas

responsabilidades serán ahora iniciar las operaciones del sistema automatizado y vigilar el correcto funcionamiento del proceso, generando así un mayor beneficio para el operario en un medio de trabajo tan exigente como éste.

Debido a lo anteriormente expuesto, se diseñará un sistema automatizado para el proceso de forja que permita realizar las operaciones requeridas.

Con relación a la estructura del trabajo de grado, el primer capítulo presenta el planteamiento y formulación del problema, los objetivos general y específicos, la justificación de la investigación, las limitaciones y las delimitaciones.

En el segundo capítulo se presentan el marco teórico, donde se hace la revisión bibliográfica utilizada para el desarrollo de los objetivos planteados.

En el tercer capítulo se explica detalladamente el marco metodológico, para la realización del diseño del sistema automatizado.

En el cuarto capítulo se presentan las posibles soluciones, el diseño de la mejor solución, los cálculos y la selección de equipos requeridos, y un estudio de la factibilidad económica del sistema diseñado.

Por último, en el quinto capítulo se describen las conclusiones, recomendaciones, bibliografías y sitios web consultados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del problema

1.1.1.- Descripción del problema

La empresa DANA en su División Traction Technologies, ubicada en la Zona Industrial de Valencia, Estado Carabobo, se encarga de fabricar todos los componentes relacionados con la transmisión de vehículos para varias ensambladoras de automóviles a nivel nacional e internacional, para esto la empresa cuenta con dos áreas, el área de forjas y el área de ejes diferenciales.

El área de Forjas se divide en siete líneas de trabajo las cuales son: Forjas, Corte de Barras, Blank Satélite Planetario, Línea Final, Mecanizado de Tubos, Pasadores y Manufactura. En esta área de la planta se recibe toda la materia prima y se realiza principalmente el proceso de forjado para la obtención de piñones, coronas, satélites, planetarios, bridas, entre otros.

Uno de los procesos de forja de esta empresa se realiza en una máquina de forjado de 2500 TON (ver Figura 1.1), a la cual le fue adaptado un horno con capacidad de 1200 °C en uno de sus lados para el calentamiento de piezas (ver Figura 1.2), con el fin de evitar un enfriamiento rápido del material a forjar desde un sitio más alejado.



Figura 1.1. Máquina de forja (*)

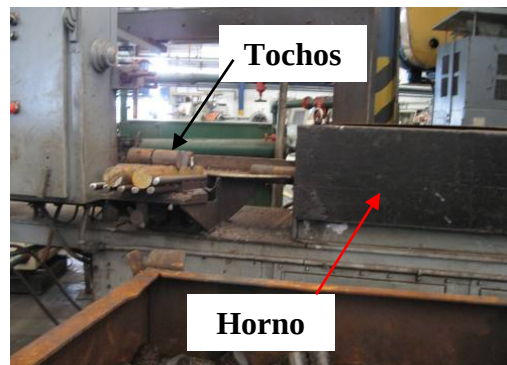


Figura 1.2. Entrada de tochos al horno. (*)

Actualmente la introducción de los tochos al horno y el cambio de posición de las piezas dentro de la máquina de forja se lleva a cabo de forma manual por dos operarios; un operario se encarga de la colocación de las piezas en el horno y el otro operario se encuentra frente al martinete y es el encargado de la puesta a punto y el cambio de posición de la pieza con la ayuda de una pinza en la máquina de forja. En esta máquina se realizan tres tipos de piezas:

1. Engranaje tipo **PIÑON**, el cual requiere tres cambios de posición en la máquina de forja.
2. Engranaje tipo **PLANETARIO**, el cual requiere dos cambios de posición en la máquina de forja.
3. **BRIDA** para ensamble de tubo, la cual requiere dos cambios de posición en la máquina de forja.

Las operaciones mencionadas anteriormente llevadas a cabo por los operarios traen además como consecuencia que el proceso sea ineficiente y riesgoso para los mismos, los cuales están expuestos a altas temperaturas debido a la radiación emitida por el horno y por las piezas, además del esfuerzo físico que realizan para la puesta a punto de las piezas en la máquina y la mala postura que adoptan los trabajadores al estar manipulando durante muchas horas de trabajo dichas piezas.

(*) Danaven Traction Technologies

Por otra parte, debido al creciente aumento del ramo automotriz en el país, se ha incrementado la demanda de estas piezas para transmisiones, convirtiéndose esta operación de forja de gran importancia para la empresa.

1.1.2.- Formulación del problema

Se requiere diseñar un sistema automatizado para el cambio de posición de las piezas en la máquina de forjado de manera tal que el proceso sea eficiente y menos riesgoso para el empleado.

1.2.- Objetivos

1.2.1.- Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado para un proceso de forja en una empresa fabricante de componentes para la industria automotriz.

1.2.2.- Objetivos específicos

1. Analizar el funcionamiento del sistema actual del proceso de forjado para definir los parámetros de operación del mismo.
2. Realizar el diseño mecánico del sistema de posicionamiento de piezas en la máquina de forjado.
3. Diseñar el sistema de control para el posicionamiento automático de las piezas en la máquina de forjado.
4. Realizar el estudio de factibilidad económica del sistema diseñado.

1.3.- Justificación de la investigación

De acuerdo a la problemática planteada existe la necesidad de diseñar un sistema automatizado capaz de realizar las operaciones necesarias para llevar a cabo un proceso tan importante como lo es éste para la empresa, buscando con ello minimizar los errores humanos que se puedan cometer en la fabricación de estas piezas; además eliminar los riesgos a los cuales se exponen los operarios de esta máquina.

Por otra parte se necesita hacer más eficiente este proceso ya que se requiere disminuir los tiempos que retardan la producción y con esto cumplir con las exigencias del mercado.

1.4.- Limitaciones

1. Reducido espacio físico para el montaje del sistema automatizado en la máquina de forja.
2. La disponibilidad de tiempo para la realización de este proyecto no debe ser mayor a dos períodos lectivos.
3. El material a forjar no debe exceder un peso específico según estándar de la empresa.
4. Para un óptimo forjado la pieza no debe ser expuesta a una temperatura mayor que 800 °C.

1.5.- Delimitaciones

1. El dispositivo diseñado no realizará la introducción de las piezas al horno.
2. El dispositivo diseñado realizará el cambio de posición y ubicación de todas las piezas (piñón, planetario y brida) en la máquina de forja.
3. El dispositivo no realizará cambio de matrices en la máquina de forja.
4. Las piezas forjadas serán dispuestas en una cesta sin hacer uso del dispositivo diseñado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes de la investigación

Para la sustentación de éste proyecto se hizo referencia a los siguientes trabajos de investigación.

2.1.1.- Antecedente N°1

En el año 2003, Mario Lobo y Daniel Mariño realizaron un estudio en la Universidad de Carabobo en el Área de Diseño y Automatización, dicho estudio se basó en el ***“Diseño de una línea de transporte automatizada para una empresa productora de envases plásticos”***.

La presente investigación tuvo como objetivo definir el sistema de transporte adecuado a las características y propiedades de los envases a manejar, y además definir el sistema de control conveniente para gobernar el sistema de transporte elegido.

Una vez finalizado este proyecto se llegaron a varias conclusiones, entre ellas se destaca la optimización de la línea de producción de los envases plásticos desde su conformación hasta el momento del embalaje, la disminución del número de operarios por turno que utiliza dicha línea de producción en 75%, trayendo como consecuencia una mejor distribución del personal. Se lograría una disminución del número de envases contaminados ya que se prescindiría el contacto o manipulación de los envases por parte de los operarios, que solo estarán presentes en la zona de embalaje. Se eliminarán canastas, bolsas y otros instrumentos para el traslado y almacenaje de

los envases para ser transportados a la etiquetadora, ya que el sistema satisface dichas especificaciones mejorando orden, limpieza, seguridad y estética de la planta.

2.1.2.- Antecedente N°2

En el año 2006, Priscila Díaz y Genadio Salones realizaron un estudio en la Universidad de Carabobo en el Área de Diseño y Automatización, dicho estudio se basó en el ***“Diseño de un sistema automatizado de empaque de barras de acero para una empresa metalmecánica”***.

En el presente trabajo de grado se propuso una solución para la empresa VICSON S.A., específicamente en el área de corte y empaque de las barras, en la cual se encuentran las máquinas de corte que se utilizan para enderezar y cortar alambre; un operario introduce un extremo del alambre a la máquina de corte, al arrancar la máquina el alambre pasa por el canal de la misma, debido al empuje de los rodillos, un extremo del alambre llega al tope, éste acciona las cuchillas, cortando el alambre a la longitud requerida, la barra cae en la bandeja de la máquina, luego el operario cuenta la cantidad de barras cortadas por paquete, lo amarra de acuerdo a la longitud y lo coloca en los asientos para envolverlo con plástico para ser almacenado.

El sistema propuesto constó en hacerle una modificación a la máquina de corte, esto comprende en colocar un nivel más a la bandeja para acumular paquetes de barras y en la automatización de éste y los demás niveles, también constó de un sistema de transporte en donde se trasladará el paquete de barras ya flejado hacia la máquina envolvedora, en donde se empacará el paquete, y finalmente hacia el contenedor o carro para luego ser almacenado.

Se concluyó que con la implementación del sistema propuesto la productividad del proceso aumentaría de un 31% a un 67%, el personal trabajará en condiciones más seguras y ergonómicas, además de traer ahorros significativos a la empresa.

2.1.3.- Antecedente N°3

En el año 2007, Iván Fuentes y Jesús Mora realizaron un estudio en la Universidad de Carabobo en el Área de Diseño y Automatización, dicho estudio se basó en el *“Diseño de un sistema automatizado de posicionamiento de botellas en una línea de decorado de envases de vidrio”*.

El objetivo del presente trabajo fue diseñar un sistema automatizado de posicionamiento de botellas en una línea de decorado de envases de vidrio. Para ello, se hizo un estudio de las condiciones operacionales de la máquina decoradora Kart Strutz, la cual presentaba problemas por diversas fallas en el sistema de posicionamiento de botellas a la hora de su decoración. Además se realizó un estudio exhaustivo de manuales, catálogos, libros de texto y consultas a expertos en el área. De los estudios y análisis realizados, se planteó una propuesta de solución la cual se fundamentó en el diseño y dimensionamiento de los elementos pertenecientes al sistema mecánico y selección de los elementos del sistema de control. La alternativa propuesta fue un diseño de una pinza neumática, ya que ésta cumplió con las características en cuanto a la velocidad de respuesta del sistema como en la confiabilidad del frenado para el posicionamiento de la botella. El diseño mecánico se basó en el análisis resistivo de cada una de las partes que conforman el sistema de posicionamiento, y para el sistema de control se seleccionaron cada uno de los elementos considerando principalmente la velocidad de respuesta. Del estudio de factibilidad económica basado en la comparación del valor actual de los costos de mantenimiento y producción del registro actual con los costos referidos a la inversión inicial del proyecto y mantenimiento del diseño propuesto, se verificó la rentabilidad

de la propuesta. El sistema diseñado cumple con los requerimientos mínimos de diseño, por lo que las piezas no fallarán desde el punto de vista resistivo, cumplirá con los requerimientos de posicionamiento de la botella en lo que respecta a tiempo de respuesta requerido de los elementos que componen el lazo de control.

2.2.- Bases teóricas

2.2.1.- Elementos a considerar en el manejo de materiales

Al realizar un estudio de manejo de materiales debe considerarse los siguientes elementos que afectan el problema como lo son:

- El producto
- La cantidad
- La ruta y el proceso de producción
- El tiempo
- Los servicios

- El producto

La naturaleza de los materiales y productos a manejar determinan en gran medida las características de los equipos a emplearse. El análisis por tanto exige examinar con detalle cada una de las propiedades de los materiales, especialmente aquellas que afectan su manejabilidad.

Aunque sean simples en apariencia, estas piezas son en realidad una parte importante para la fabricación de transmisiones y diferenciales de automóviles, que requieren además de técnicas y materiales específicos. Estas piezas de Acero se

componen básicamente de hierro y carbono alcanzando normalmente porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%.

El conocimiento de las características de los materiales a transportar es fundamental, tanto, para elegir el medio más adecuado, como para estudiar los aspectos prácticos derivados de la acción del material sobre el elemento de transporte.

- La cantidad

La cantidad de material por unidad de tiempo que requiere ser transportado, es un factor de vital importancia en la selección del sistema de manejo; tipo y cantidad de equipos necesarios.

Se hace evidente que no es lo mismo manejar 100 kg/día de un material, que manejar 100 TM/día. El sistema de manejo seleccionado en cada caso debe satisfacer los requerimientos de la empresa al más bajo costo posible. Si las cantidades a manejar son relativamente pequeñas, bastaría usar algún sistema manual o algún sistema sencillo no motorizado en cambio para grandes cantidades, sería más adecuado usar equipos automatizados.

- La ruta y el proceso de producción

En este caso el producto está estandarizado y su proceso es repetitivo, donde su fabricación se realiza por medio de lotes de producción. Laboran tres (3) turnos en jornadas de ocho (8) horas cada uno, pero no por razones del proceso, sino por los requerimientos de la producción.

La distribución del proceso toma en cuenta las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso, que se lleva a cabo en la fabricación de un producto, agrupando

máquinas y equipos, de acuerdo con el proceso o funciones similares. La elaboración de una pieza completa cuatro (4) etapas básicas, dentro de las cuales se encuentran actividades que se explican detalladamente a continuación:

a) Recepción de la materia prima

Aquí se reciben materiales nacionales e importados para la elaboración del producto. Estos materiales son luego almacenados, agrupándolos según su naturaleza y características. Posteriormente se toman muestras de cada uno de ellos para determinar en el laboratorio su aceptación o rechazo según estándares específicos de la empresa. Paralelamente, se le hace seguimiento a los productos intermedios durante el curso del proceso.

b) Elaboración del material (tochos)

La elaboración del material consiste netamente en la preparación de los recursos o materia prima requerida, en esta etapa del proceso se le realizan varios cortes a las barras, obteniendo así los trozos de barras o tochos a forjar.

c) Calentamiento del material (tochos)

En este proceso, se le aplica calor al material mediante un horno, hasta una temperatura requerida que no deberá superar la temperatura de fundición. Esto con la finalidad de que el material pueda deformarse fácilmente adquiriendo a su vez mayor resistencia. Los hornos en su interior van recubiertos de material refractario para evitar pérdidas de calor, estas cajas llevan incorporadas varias resistencias eléctricas que producen el calentamiento de las piezas a la temperatura requerida y llevan incorporado un reloj programador para el control del tiempo de calentamiento y un

pirómetro que facilita el conocimiento de la temperatura que hay en el interior del horno.

d) Proceso de forjado

Es aquí donde se obtiene el producto final, luego de aplicar un forjado por martinete en dado abierto, con dos (2) o tres (3) cambios de posición del material en la máquina de forja.

- El tiempo

Se refiere a cuándo se realizarán los movimientos. Los factores más importantes a considerar son: la regularidad con la cual deben realizarse los movimientos y la duración de estos.

La sincronización de las entregas en las distintas etapas del proceso evita la acumulación de inventarios entre estaciones de trabajo y reduce las demoras durante la fabricación. Esto tiene especial importancia en la implementación de programas de mejoras de productividad y calidad.

- Los servicios

Para llevar a cabo operaciones productivas y de manejo de materiales deberá existir un determinado número de servicios anexos que hagan que el proceso funcione con normalidad. Los procedimientos de recepción y despacho, el mantenimiento, los sistemas de suministro de electricidad, agua, gas, vapor y combustible, y las facilidades de almacenamiento, son servicios esenciales. Estos, conjuntamente con las edificaciones y las facilidades de producción se consideran el entorno físico sobre el cual se debe operar.

2.2.2.- Sistemas mecánicos y transportadores

Son un conjunto de elementos rígidos, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones, llamadas pares cinemáticos (pernos, uniones de contacto, pasadores, etc.), cuyo propósito es la transmisión de movimientos y fuerzas. Son, por tanto, las abstracciones teóricas del funcionamiento de las máquinas, y de su estudio se ocupa la Teoría de Mecanismos.

A diferencia de los equipos que funcionan por gravedad, los transportadores mecánicos se caracterizan por disponer de un sistema de impulsión que provee la energía necesaria para el movimiento de los materiales. El uso de estos es bastante extendido en el medio industrial por la variedad de equipos existentes que pueden satisfacer una amplia gama de necesidades en lo relativo a capacidad, trayectoria, naturaleza de los materiales, etc.

- Bandas y rodillos activados

En este sistema de transporte las bandas y rodillos son accionados por un conjunto motor-reductor mediante una correa o cadena. Dependiendo del mecanismo de transmisión utilizado, se pueden diferenciar dos tipos:

- Transportadores de transmisión por correa.
- Transportadores de transmisión por cadena.

En general se utilizan para el traslado de cajas, bultos, paquetes, contenedores, cargas paletizadas y cualquier otro material que en uno de sus lados tenga una cara de apoyo relativamente rígida. Puede funcionar en posición horizontal o con ligeras

inclinaciones, además tienen la ventaja de que las cargas pueden ser detenidas en su recorrido con suavidad y transportadas en ambos sentidos.

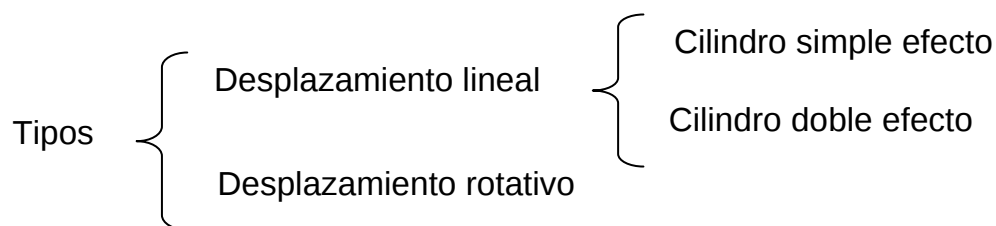
Los transportadores de transmisión por correa se usan principalmente para cargas livianas y altas velocidades, permitiendo un traslado libre de ruidos. Los de transmisión por cadena están robustamente constituidos para manejar cargas pesadas y resistir los daños que puedan ocasionar algunos contaminantes como grasas, aceites y polvos. Están además diseñados para operar a bajas velocidades y para uso continuo.

2.2.3.- Sistemas automatizados

Son sistemas diseñados con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos y para controlar la secuencia de las operaciones utilizando herramientas tales como: Neumática, electroneumática, hidráulica o controladores lógicos programables (PLC) entre otros.

- Actuadores neumáticos

Son los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura.



a) Cilindro de simple efecto

Su funcionamiento es a través de aire comprimido, el cual se le aplica solo en un lado de la cara del émbolo, el otro lado está abierto a la atmósfera. Este tipo de cilindro (ver Figura 2.1) realiza su trabajo sólo en una dirección, ya que el movimiento de regreso del vástago se realiza por efecto de un muelle interno o una fuerza externa de reposición. La fuerza de este muelle interno es solamente la necesaria para regresar el vástago a su posición inicial a una velocidad razonable y sin carga en el actuador. Es necesario destacar que para actuadores con muelle incorporado, la carrera está limitada por la longitud natural del muelle, estos cilindros de simple efecto vienen disponibles con carreras de hasta 80mm aproximadamente.

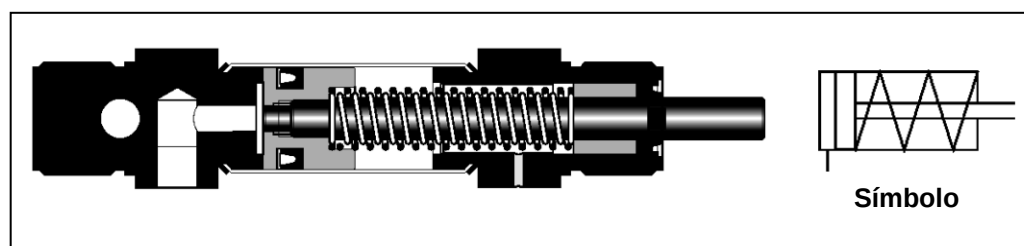


Figura 2.1. Cilindro neumático de simple efecto. ^(*)

b) Cilindro de doble efecto

En este tipo de cilindro (ver Figura 2.2) el aire comprimido se aplica en los dos lados del émbolo y por lo tanto se encarga del desplazamiento en ambos sentidos, así como también realizar trabajo en ambas direcciones. Es importante mencionar que la

^(*) www.festo.com

fuerza transferida por el vástago es mayor en la carrera de extensión que en la retracción y cuando se mueven grandes masas con el cilindro, es posible emplear amortiguación en las posiciones finales para prevenir impactos dañinos.

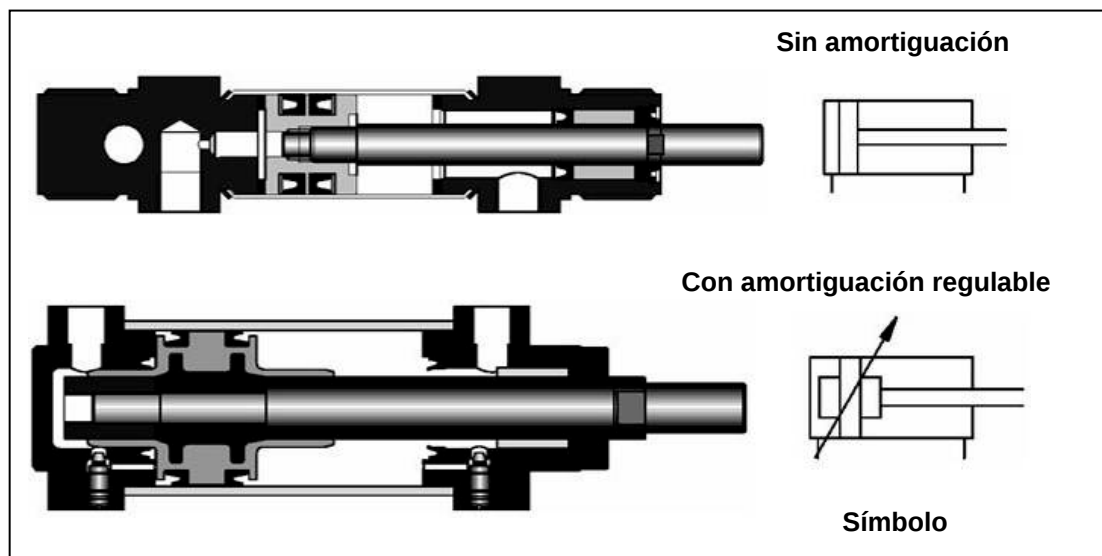


Figura 2.2. Cilindro neumático de doble efecto sin y con amortiguación. (*)

c) Actuadores giratorios

Existen dos tipos de estos actuadores los cuales son rotativos y oscilantes (ver Figura 2.3):

En el actuador rotativo, el vástago del émbolo tiene un perfil de cremallera que a su vez activa una rueda dentada, luego el movimiento lineal del vástago se transforma en un movimiento circular de la rueda dentada. El ángulo de giro se encuentra entre 0° y 360° .

(*) www.festo.com

En el accionamiento oscilante, el aire a presión acciona una aleta oscilante, permitiendo que el movimiento de la aleta oscilante se transmita directamente al árbol de accionamiento. El ángulo de giro se encuentra entre 0° y 270° .

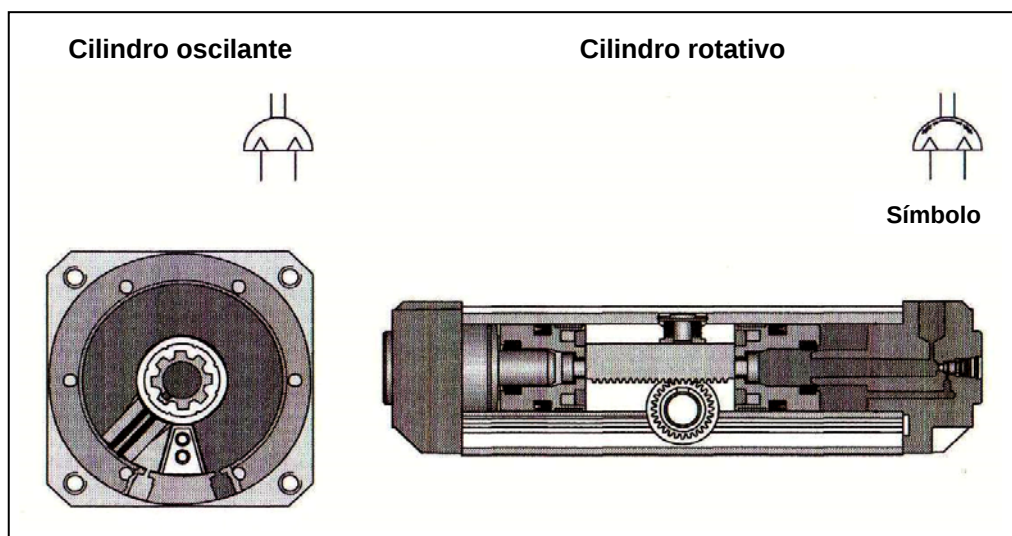


Figura 2.3. Esquema y símbolo de un cilindro neumático oscilante y giratorio. (*)

- Válvulas

Una válvula es un dispositivo que permite establecer o cortar la conexión hidráulica o neumática entre dos o más conductos de vías. En cualquier válvula se hace necesario distinguir dos partes:

- Elemento de mando.
- Circuito de potencia.

En este tipo de válvulas el elemento de mando se encarga de conmutar la conexión hidráulica o neumática y el circuito de potencia son aquellos conductos por donde circula el fluido de trabajo. El mando puede ser de tipo manual (pulsador), neumático

(*) www.festo.com

o hidráulico y eléctrico (ver Figura 2.4). Las válvulas suelen clasificarse atendiendo al número de posiciones distintas que permite el circuito de mando y al número de vías de entrada y/o salidas del circuito de potencia en cada posición (ver Figura 2.5).

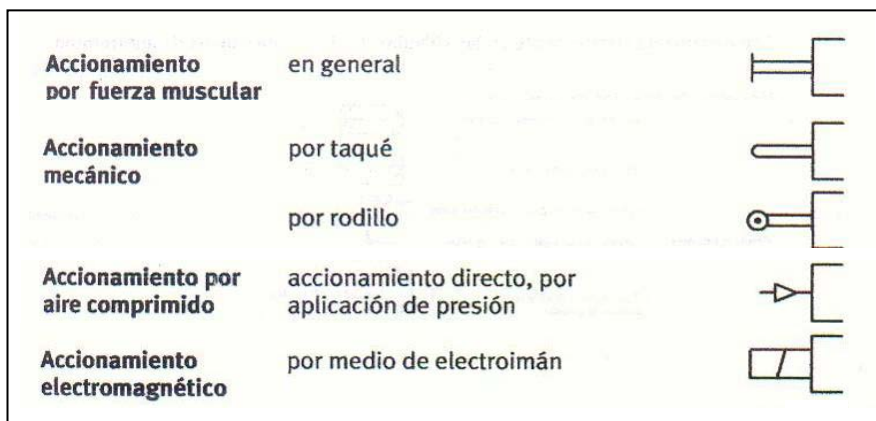


Figura 2.4. Tipos de accionamiento. (*)

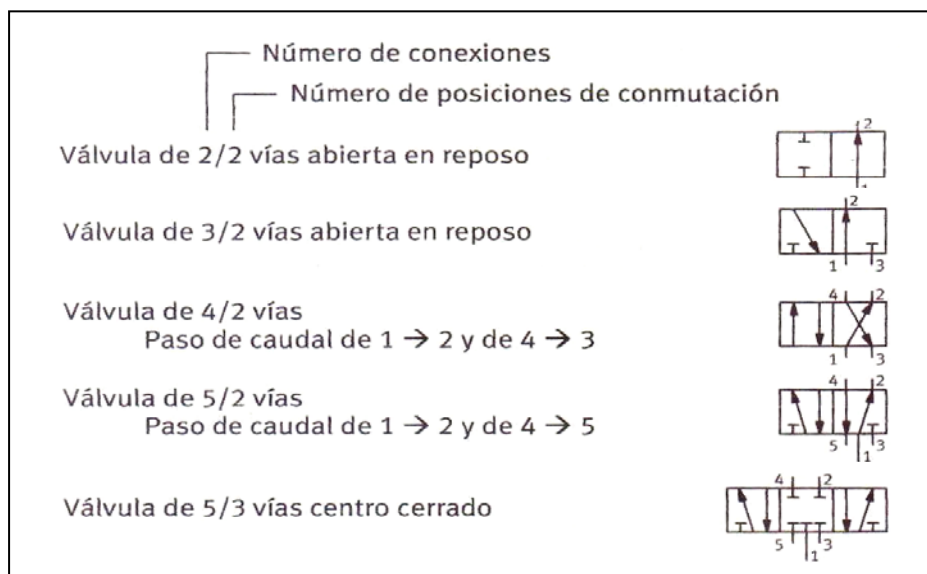


Figura 2.5. Denominación de las válvulas. (*)

(*) www.festo.com

- Convertidores electroneumáticos (electroválvulas)

Las electroválvulas son válvulas distribuidoras o de vías las cuales, tienen un accionamiento eléctrico, es decir, conmutan con la ayuda de solenoides, y pueden dividirse en dos tipos:

- Electroválvulas monoestables (ver Figura 2.6), son aquellas en las que solo una de sus posiciones es estable, de modo que se mantienen activadas (en su posición actuada) mientras se mantenga energizado el solenoide correspondiente, cuando se desenergiza éste último, la válvula regresa a su posición estable o normal.

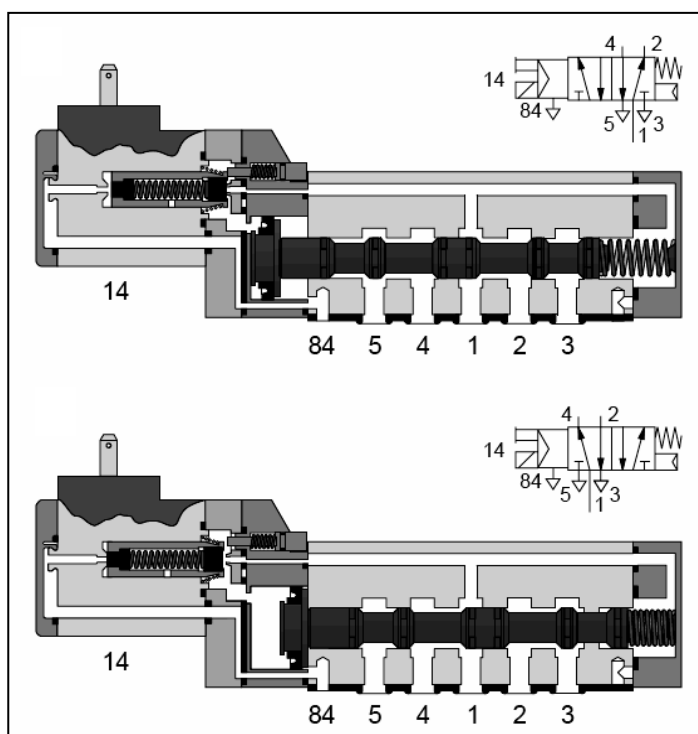


Figura 2.6. Electroválvula 5/2 vías monoestable con accionamiento manual. (*)

(*) www.festo.com

- Electroválvulas biestables (ver Figura 2.7), son aquellas en las que las dos posiciones son estables, pueden mantener su última posición sin necesidad de energizar algún solenoide.

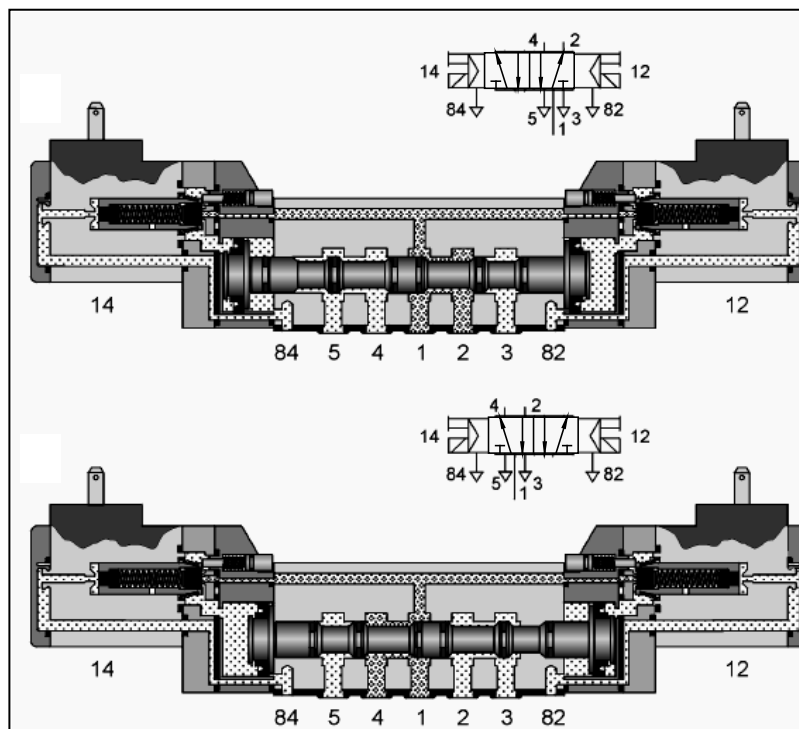


Figura 2.7. Electroválvula 5/2 vías biestable con accionamiento manual. (*)

- Controladores lógicos programables (PLC)

Los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

(*) www.festo.com

Actualmente pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas híbridos (ver Figura 2.8).

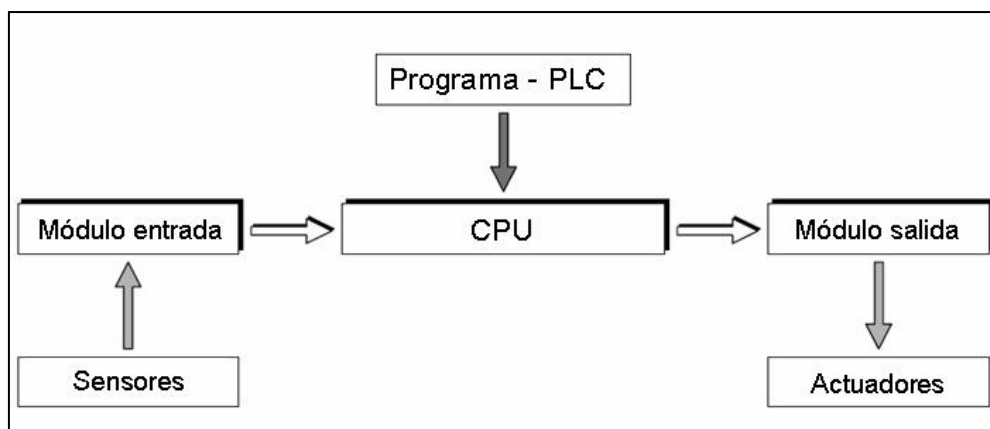


Figura 2.8. Componentes básicos de un PLC. (*)

A continuación se muestra un sistema basado en lógica programada:

- Estructura general de la sección de procesamiento de señales en un sistema basado en lógica programada:

Los componentes introductores de señales (sensores) se conectan a las entradas del PLC (ver Figura 2.9).

En este tipo de sistema las tareas de procesamiento de señales las realizan el sistema programable basado en microprocesador.

Por último, los componentes de salida se conectan a las salidas del PLC, y se accionan mediante circuitos electrónicos que forman parte del sistema basado en microprocesador.

(*) www.festo.com

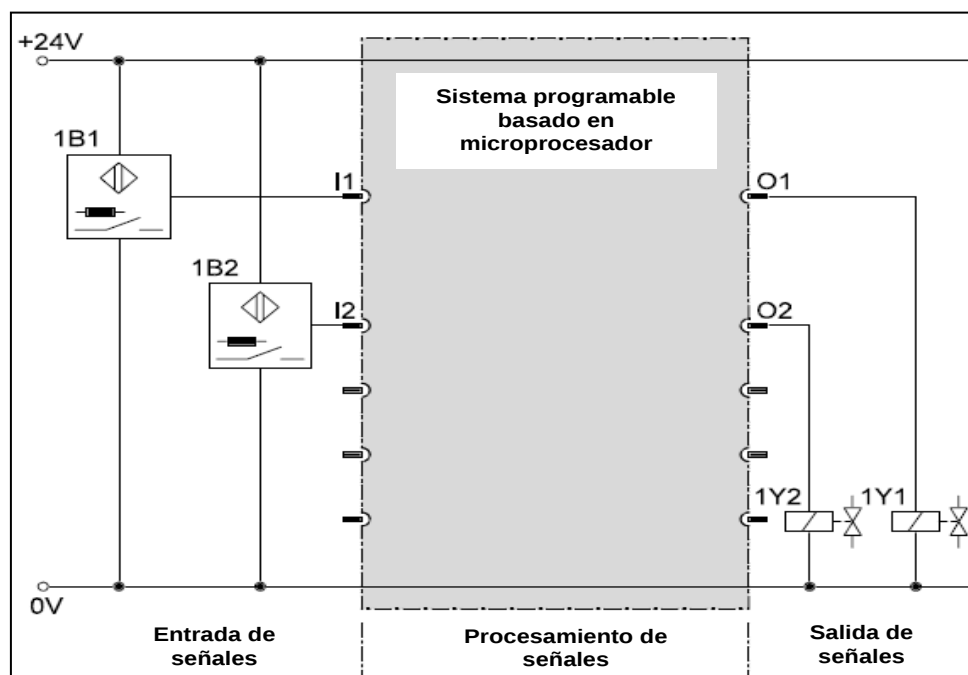


Figura 2.9. Representación de un sistema basado en lógica programada. (*)

2.3.- Definición de términos básicos

Acero forjado: Acero que ha sufrido una modificación de su forma y de su estructura interna, mediante la acción de un trabajo mecánico de forja realizado a temperatura superior a la de recristalización.

Brida: Es el elemento que une dos componentes de un sistema, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a su forma con agujeros, se montan pernos para la unión de los componentes.

Piñón: Se le llama piñón al engranaje hipoidal que transmite la potencia al eje diferencial.

(*) www.festo.com

Planetario: Se le llama planetario al engranaje epicicloidal sobre el cual gira los engranajes tipo satélite en un diferencial.

Tochos: Pieza de acero semiacabada de forma rectangular, cuadrada o cilíndrica. Los tochos son más grandes que las palanquillas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1.- Nivel de la investigación

El presente trabajo se enfoca en la modalidad de proyecto factible, ya que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un sistema automatizado viable que permita la optimización de un proceso de forja por martinete en una empresa de componentes de ejes diferenciales y cardanes.

Los objetivos de este trabajo y el nivel de conocimiento que se quiera obtener sobre lo planteado se presenta a través de una investigación del tipo exploratoria, ya que se efectúa sobre un tema poco estudiado, por lo que los resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto; de tipo descriptiva, debido a que la investigación consiste en la caracterización de un hecho con el fin de establecer su estructura o comportamiento; y del tipo explicativa, ya que se encarga de buscar el por qué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa – efecto.

Por otra parte, la eficiencia de los programas de acción y los avances tecnológicos, se hacen necesarios en este tipo de investigación, así como también los conocimientos básicos sobre a lo que investigar y diseñar sistemas se refiere.

3.2.- Diseño de la investigación

En este trabajo se utiliza para responder al problema planteado una estrategia de investigación de campo, con el fin de recaudar la información necesaria para los cálculos posteriores y la óptima realización del diseño. Para lograr cumplir por

completo cada uno de los objetivos específicos es necesario desarrollar el estudio en 6 etapas, las cuales se presentan a continuación:

3.2.1.- 1ra Etapa: Búsqueda de información

El proceso de diseño se inicia con el estudio de la información inicial que se recibe, es por ello, que en esta etapa se considera todo lo referente a la recopilación de información sobre: como afecta actualmente a los operarios y al proceso la introducción de los tochos al horno y el cambio de posición de las piezas dentro de la máquina de forja, el cual es llevado a cabo de forma manual.

Además de toda la información referente a la investigación, materia prima, tipo de proceso, dispositivos mecánicos empleados, accesorios y demás elementos que permitan el transporte y la elaboración de las piezas a forjar.

3.2.2.- 2da Etapa: Generación de alternativas de solución

Teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo, los materiales a utilizar, la forma de las piezas, la temperatura a la cual se encuentran y la función a desempeñar por parte del sistema automatizado, se hace necesario proponer las posibles soluciones que el tiempo y los recursos disponibles permitan, procurando que sean alternativas originales y novedosas radicalmente diferentes entre sí, las cuales permitan resolver factiblemente y de la mejor manera posible el problema planteado.

3.2.3.- 3ra Etapa: Especificaciones del sistema a diseñar

Las especificaciones de diseño muchas veces tienden a armonizar las relaciones entre el dispositivo a diseñar y los demás sistemas que intervienen en los procesos mecánicos.

Por ello se hace necesario distinguir tres tipos de especificaciones de diseño: las restricciones, especificaciones que permiten rechazar algunas de estas probables soluciones sin necesidad de compararlas con las restantes, los criterios ya que son especificaciones usadas para comparar soluciones y eventualmente decidir cual de ellas es la mejor y los procesos principales donde interaccionan el sistema a diseñar y el sistema base los cuales determinan las funciones principales del sistema a diseñar, el cual al ser integrado al proceso de forjado deberá adecuarse a las necesidades del diseño y a las exigencias de la empresa.

3.2.4.- 4ta Etapa: Selección de la mejor solución o toma de decisión

Una vez obtenidas las especificaciones del sistema a diseñar dictadas en la etapa anterior se estudian todas las probables soluciones generadas durante la etapa de búsqueda en la que se debe efectuar un análisis de las probables soluciones con el propósito de comprenderlas mejor, captar sus ventajas y desventajas, e incluso hacer modificaciones de ser necesario, adquiriendo así una visión de conjunto del resultado de la etapa de búsqueda de soluciones y estar en mejores condiciones para seleccionar el curso de acción más apropiado.

Luego se aplican las restricciones a todas las probables soluciones teniendo en cuenta las siguientes premisas: 1) las restricciones permiten eliminar probables soluciones, sin necesidad de comprenderlas entre sí, 2) para que una probable solución se convierta en solución es necesario que cumpla con todas las restricciones del problema.

Y por último, se aplicarán los criterios a las soluciones por medio de tres pasos: 1) ponderación de criterios, 2) ponderación de soluciones de acuerdo a cada uno de los criterios y 3) ponderación final de soluciones.

3.2.5.- 5ta Etapa: Diseño, cálculo y selección

En esta etapa se procede a diseñar, calcular y simular por medios convencionales y computarizados la alternativa de solución seleccionada, haciendo uso de programas como AutoCAD para el diseño y FluidSIM para simular el sistema automatizado, éstos por mencionar algunos.

3.2.6.- 6ta Etapa: Comprobar la factibilidad económica del sistema diseñado

Para validar esta etapa, es necesario realizar un estudio económico del sistema diseñado, el cual le permita a la empresa tomar la decisión de implementar o no el sistema en la línea de forja, para un mejor rendimiento en la misma.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1.- Planteamiento de las diferentes alternativas de solución

4.1.1.- Posible solución N°1: Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un imán

Teniendo como referencia el sistema de la figura 4.1, en donde los tochos **(1)** se hallan en una cesta cerrada en forma de embudo **(2)**, la cual posee una abertura rectangular en su parte inferior por donde caen los tochos hacia una bandeja inclinada **(3)**, cuando estos se encuentran dispuestos en una canal **(4)**, un cilindro neumático **(5)** ya existente en el proceso, se encarga de introducir una hilera de tochos al horno **(6)**.

Luego del proceso de calentamiento en el horno los tochos son sujetos uno a uno por el sistema automatizado de la figura 4.2, el cual posee dos cilindros sin vástago **(7, 8)** los cuales se encuentran sujetos de unas bases tipo columna que le permiten el movimiento vertical a un tercer cilindro sin vástago **(9)** dispuesto horizontalmente, sobre el cual se encuentra sujeto un cilindro neumático **(10)** el cual es el encargado del suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja, esto a través de un actuador giratorio **(11)** el cual puede rotar 180°, el cual tiene colocado en su extremo un imán **(12)**.

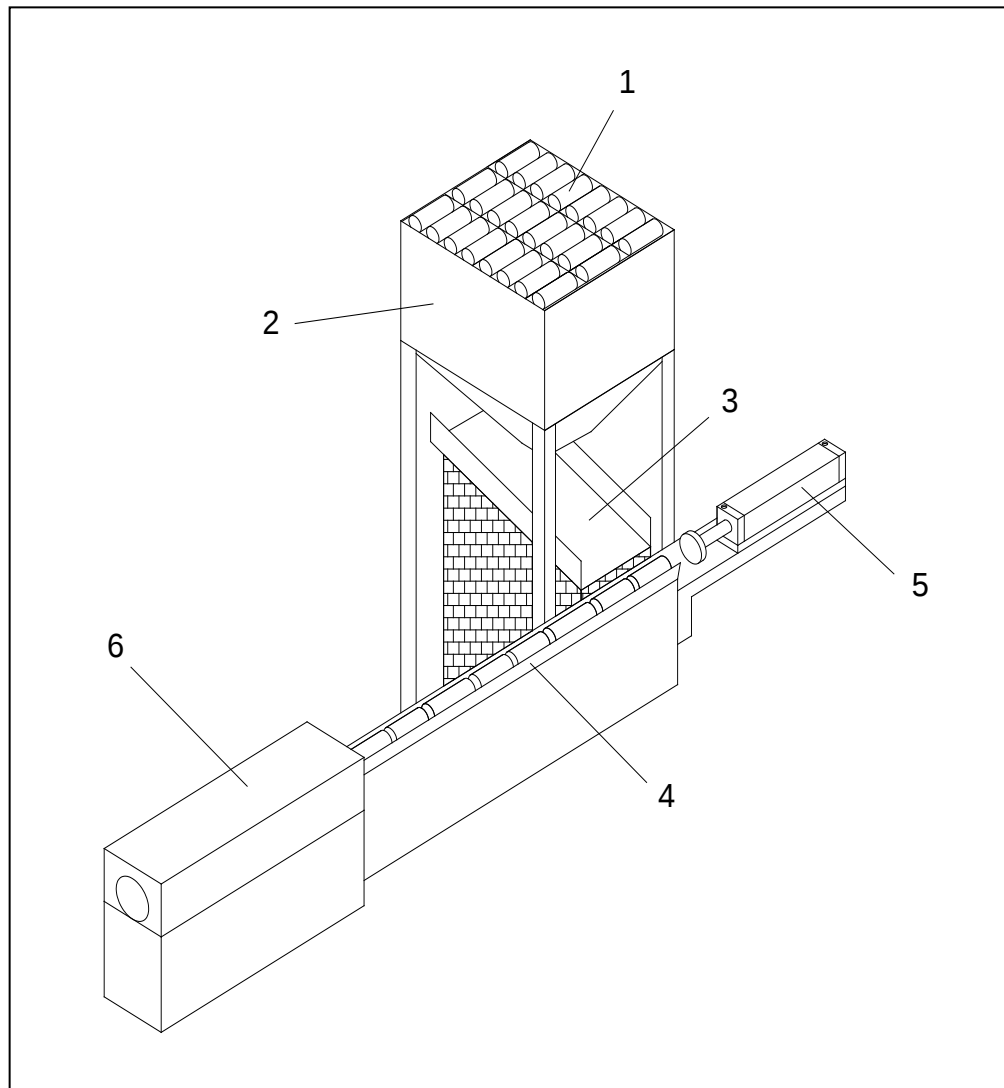


Figura 4.1. Cesta para el suministro de los tochos en la canal del horno. (*)

(*) Fuente propia.

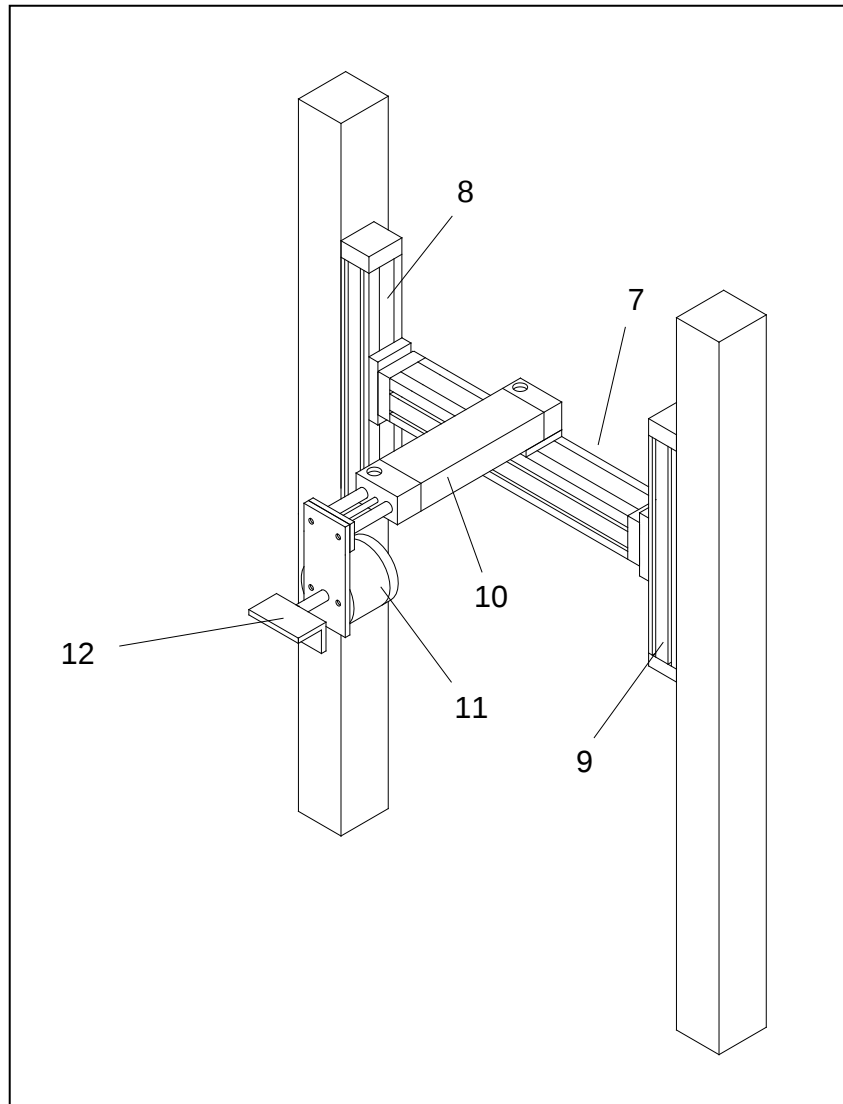


Figura 4.2. Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un imán. (*)

(*) Fuente propia.

4.1.2.- Posible solución N°2: Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un brazo neumático

Tomando como referencia el sistema de la figura 4.3, en donde los tochos **(1)** se encuentran dispuestos en una cesta cerrada **(2)** de tres compartimientos, de aquí los tochos son trasladados a una canal **(3)** ya existente, por medio de un sistema automático, el cual posee un cilindro sin vástago **(4)** de donde es sujetado un cilíndrico neumático **(5)** que permite tomar los tochos de los diferentes compartimientos dentro de la cesta. Éste actuador tiene adaptado en el extremo del vástago otro cilindro neumático **(6)** el cual se encarga del movimiento vertical de una pinza neumática **(7)**, finalmente la hilera de tochos es introducida al horno **(8)** por medio de un cilindro neumático **(9)** ya existente.

Al salir los tochos del horno, estos son sujetos y cambiados de posición en la máquina de forja mediante el brazo neumático de la figura 4.4, el cual está constituido por una base giratoria **(10)** accionada a través de un motor eléctrico **(11)** y un tornillo sin fin **(12)**, ésta soporta a un arreglo de barras articuladas por un par de cilindros neumáticos **(13, 14)** y a una pinza neumática giratoria **(15)**.

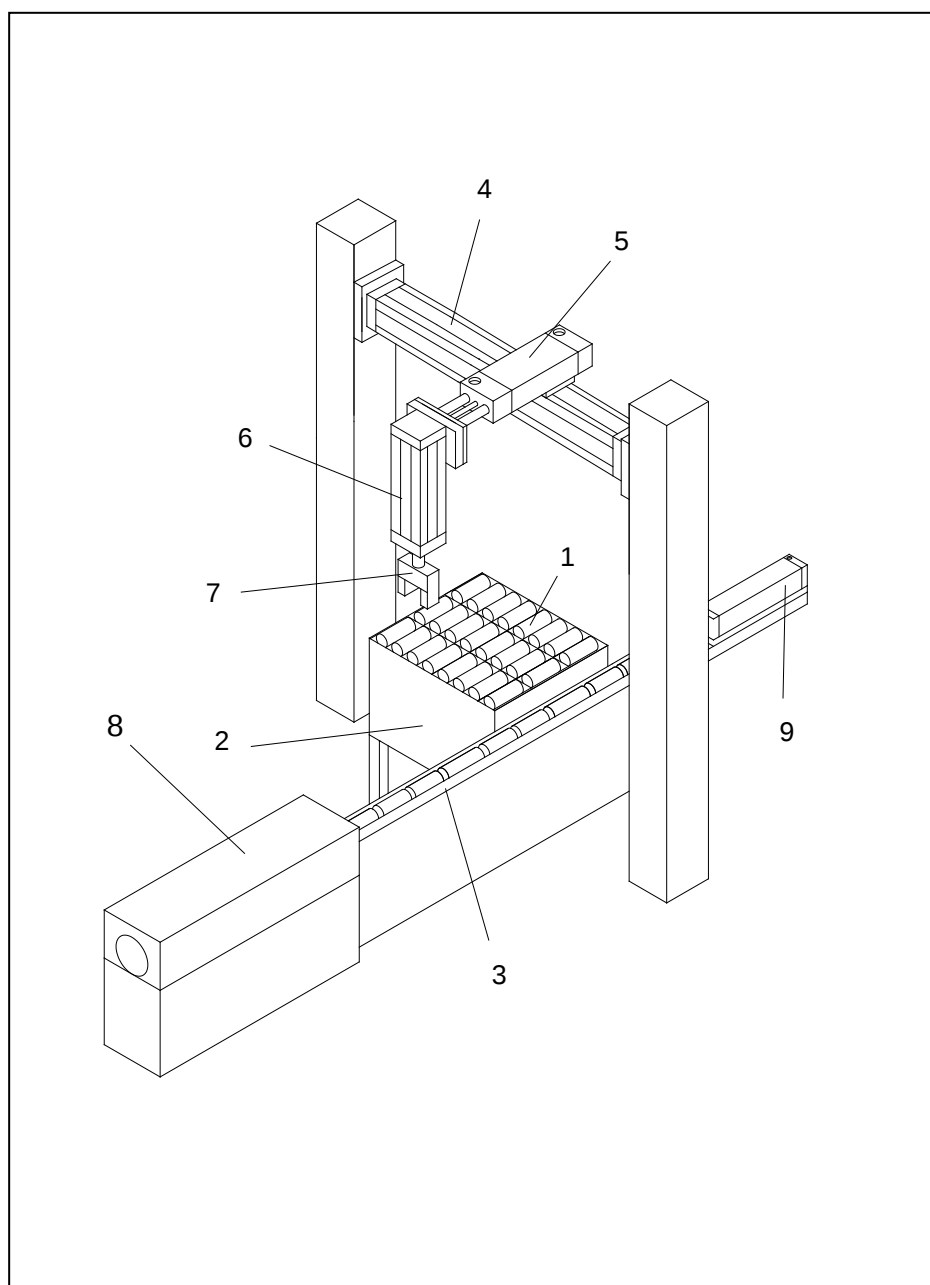


Figura 4.3. Sistema automatizado para el suministro del tocho en la canal del horno. (*)

(*) Fuente propia.

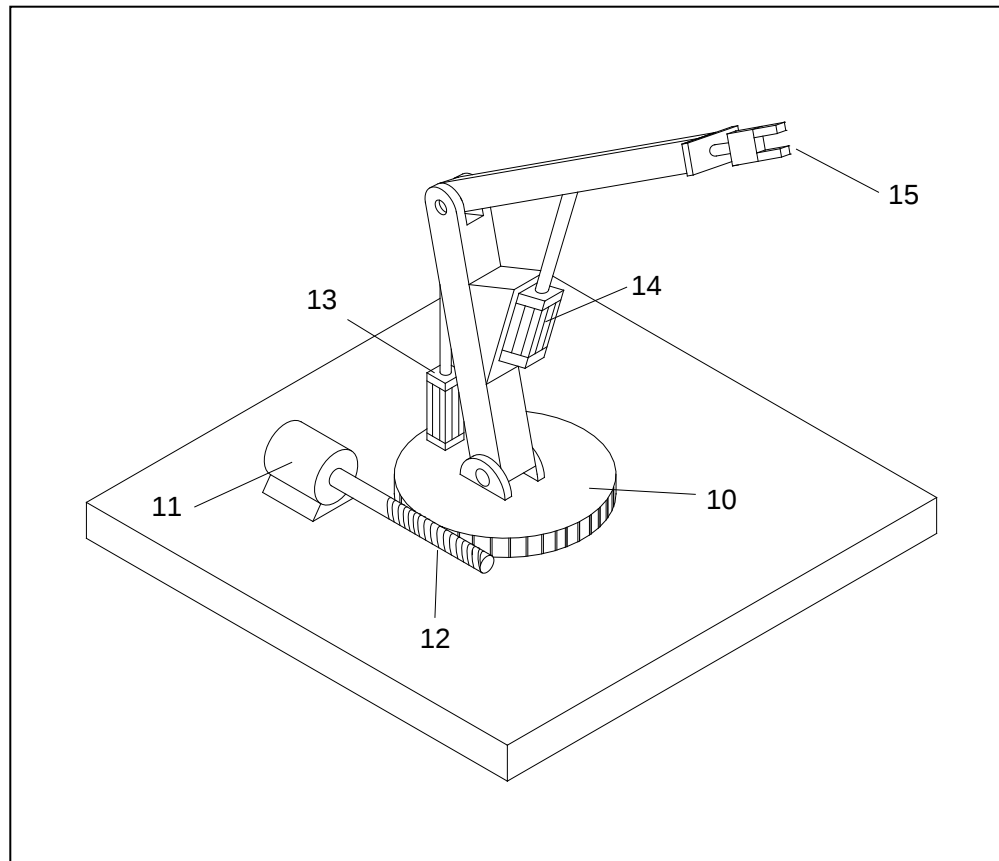


Figura 4.4. Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un brazo neumático. (*)

(*) Fuente propia.

4.1.3.- Posible solución N°3: Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de una pinza neumática

Tomando como referencia al sistema mostrado en la figura 4.5, en donde los tochos **(1)** se hallan en una cesta cerrada **(2)** de tres compartimientos, la cual posee además una compuerta en la parte inferior para la salida de los tochos. Ésta es transportada por un montacargas hasta una estructura **(3)** que sirve de apoyo para la cesta. Los tochos son dispuestos en una canal **(4)** mediante una plancha de metal **(5)**, la cual es movida por un cilindro neumático **(6)**, por último dichos tochos son introducidos al horno **(7)** mediante el cilindro neumático **(8)** ya existente.

Luego del proceso de horneado los tochos a forjar son sujetados uno a uno por el sistema automatizado de la figura 4.6; donde un cilindro sin vástago **(9)** dispuesto horizontalmente, soporta en el lado superior de su parte móvil a un cilindro neumático de carrera corta **(10)**, el cual realiza el desplazamiento hacia arriba y hacia abajo, pudiendo así posicionar a un cilindro neumático **(11)**, el cual es el encargado del suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja, esto a través de un actuador giratorio **(12)** el cual tiene adaptada una pinza neumática **(13)**.

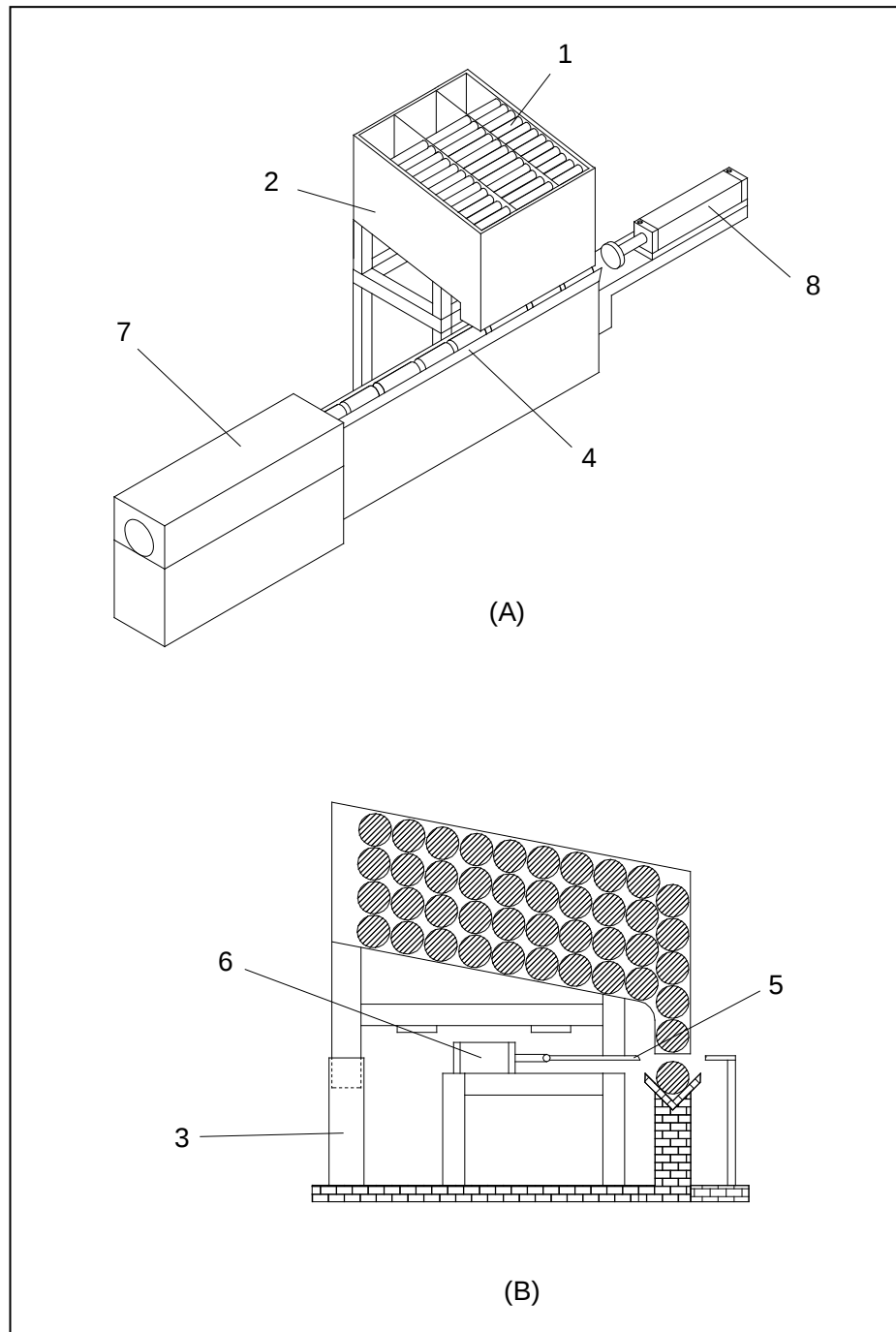


Figura 4.5. (A) Cesta de compuerta para el suministro de los tochos en la canal del horno, (B) detalle de la bandeja y el cilindro neumático. (*)

(*) Fuente propia.

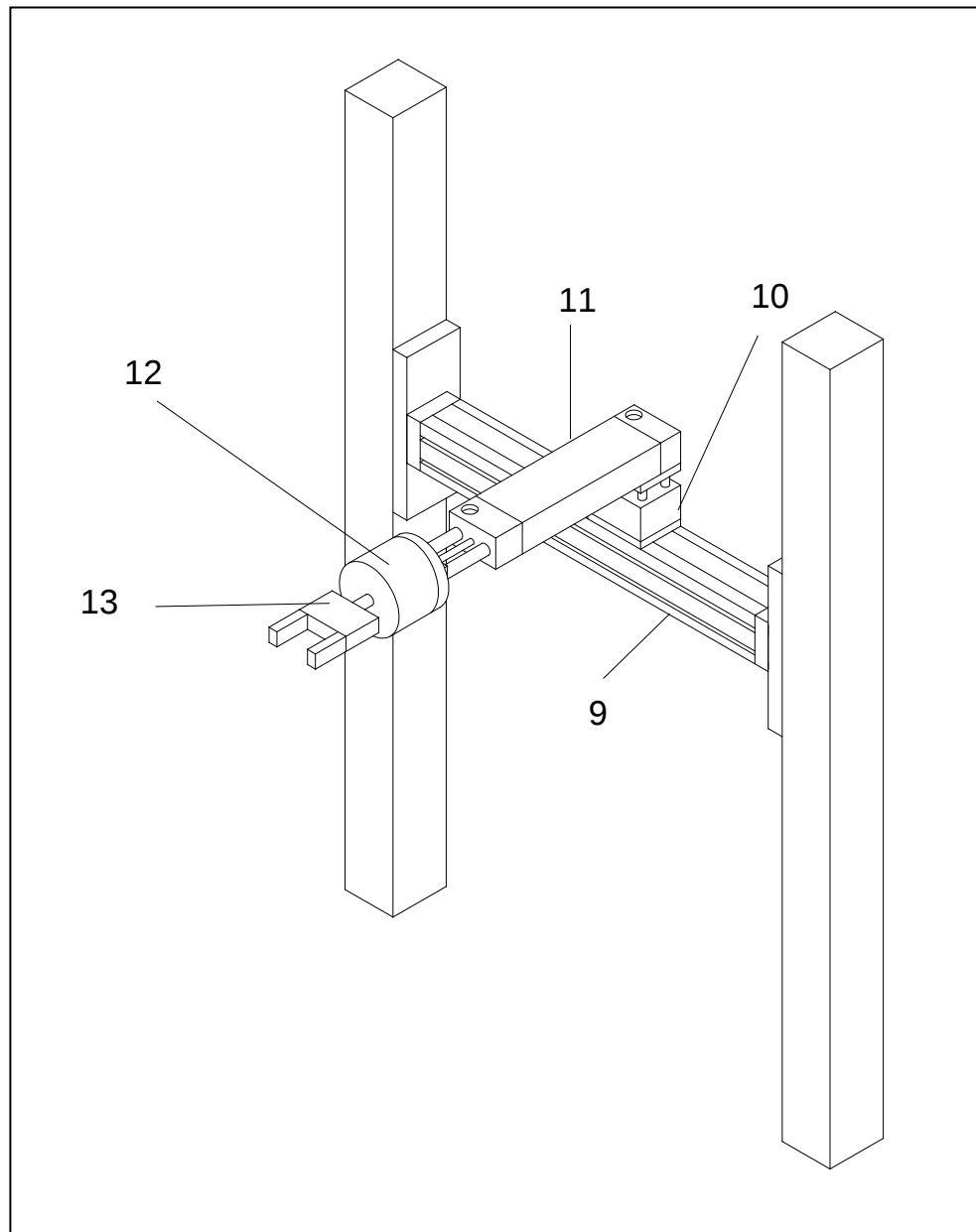


Figura 4.6. Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de una pinza neumática. (*)

(*) Fuente propia.

4.2.- Selección de la mejor solución

Posible solución N°1 (PS₁): Sistema para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un imán.

Posible solución N°2 (PS₂): Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de un brazo neumático.

Posible solución N°3 (PS₃): Sistema para el suministro automatizado y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja por medio de una pinza neumática.

4.2.1.- Criterios

C₁: Confiabilidad en la sujeción de los tochos.

C₂: Desempeño en el proceso.

C₃: Costo del sistema a diseñar.

C₄: Aprovechamiento de recursos existentes.

Seleccionando una escala numérica del 1 al 10, se pondera asignándole un valor a cada uno de los criterios:

$$\mathbf{C_1 = 10; C_2 = 10; C_3 = 8; C_4 = 7}$$

4.2.2.- Ponderación de soluciones de acuerdo a cada criterio**Tabla 4.1.** Ponderación de soluciones respecto a los criterios. (*)

Criterio / PS	PS₁	PS₂	PS₃
C₁	6	9	9
C₂	7	7	9
C₃	7	5	6
C₄	6	5	5

4.2.3.- Ponderación final de las soluciones

A continuación se efectúan las siguientes sumatorias para cada solución.

Para la posible solución 1 (PS₁):

$$X_1 = (PS_1)*(C_1) + (PS_1)*(C_2) + (PS_1)*(C_3) + (PS_1)*(C_4)$$

$$X_1 = (6)*(10) + (7)*(10) + (7)*(8) + (6)*(7) = \mathbf{228}$$

Para la posible solución 2 (PS₂):

$$X_2 = (PS_2)*(C_1) + (PS_2)*(C_2) + (PS_2)*(C_3) + (PS_2)*(C_4)$$

$$X_2 = (9)*(10) + (7)*(10) + (5)*(8) + (5)*(7) = \mathbf{235}$$

Para la posible solución 3 (PS₃):

$$X_3 = (PS_3)*(C_1) + (PS_3)*(C_2) + (PS_3)*(C_3) + (PS_3)*(C_4)$$

$$X_3 = (9)*(10) + (9)*(10) + (6)*(8) + (5)*(7) = \mathbf{263}$$

(*) Fuente propia.

Comparando los valores obtenidos se hace notorio que X_3 es el mayor, por lo tanto esto indica que la mejor alternativa de solución es la N°3.

4.3.- Descripción de la solución

De la mejor solución obtenida anteriormente se procederá solamente a diseñar, calcular y seleccionar los elementos mecánicos y estructurales requeridos para el suministro y cambio de posición de los tochos en la máquina de forja, ya que el suministro de los tochos en la canal del horno no es objetivo de este trabajo.

Es importante mencionar que para la elaboración de los Planetarios y las Bridas son necesarias dos (2) etapas de forjado, y para la elaboración de los Piñones son necesarias tres (3) etapas. Por lo que, el número de etapas a realizar por la máquina de forjado estarán delimitadas por la longitud de los tochos, los cuales al ser menores a 100 mm le indicarán al sistema que se requiere de dos (2) etapas para el forjado de un Planetario o una Brida, y aquellos con longitud mayor o igual a 118 mm indicarán que son necesarias tres (3) etapas para el forjado de un Piñón (ver Anexo 1).

Para el diseño del sistema automatizado mostrado en la figura 4.7, se debe tener en cuenta que el operario ya no sujetará ni cambiará de posición el tocho haciendo uso de una pinza manual, y tampoco accionará por medio del pedal existente la máquina forjadora, ya que este proceso será suplantado por un sistema automatizado en el cual, al detectarse la presencia de un tocho y verificarse la longitud del mismo, el operario dará inicio al proceso a través de un pulsador sin retención. Por medidas de seguridad será necesaria además la colocación de un indicador luminoso y un segundo pulsador con retención para paradas de emergencia, que desactivará el mismo operario al momento de solventar la situación.

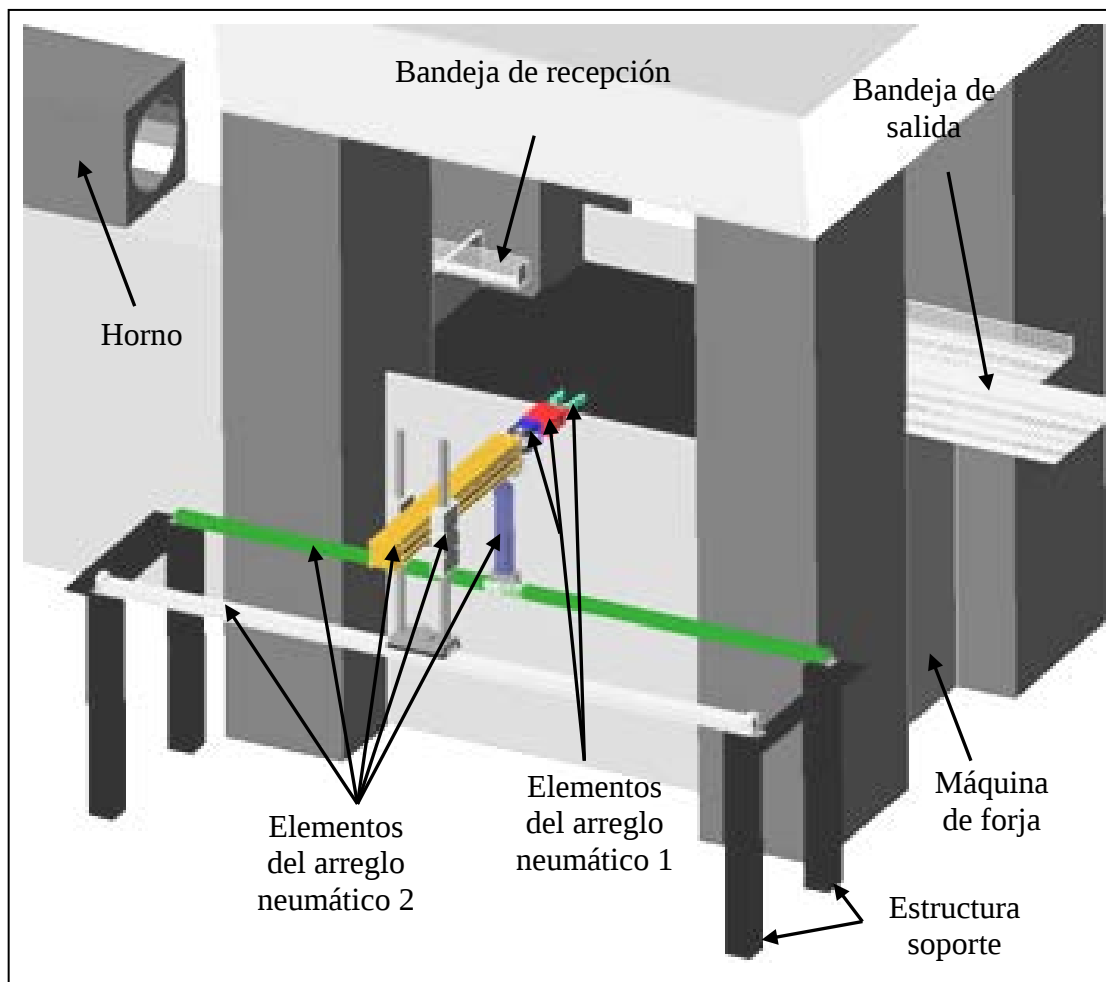


Figura 4.7. Sistema automatizado a diseñar para el proceso de forjado. (*)

Para llevar a cabo las operaciones mencionadas anteriormente el sistema automatizado se divide de la siguiente manera, un arreglo neumático 1 (ver Figura 4.8), constituido por: un (1) actuador giratorio, una (1) pinza paralela y un (1) par de tenazas atornilladas a dicha pinza, el arreglo sujetará al tocho que se encuentre en la bandeja a la salida del horno y permitirá un giro de 90° en sentido horario.

(*) Fuente propia.

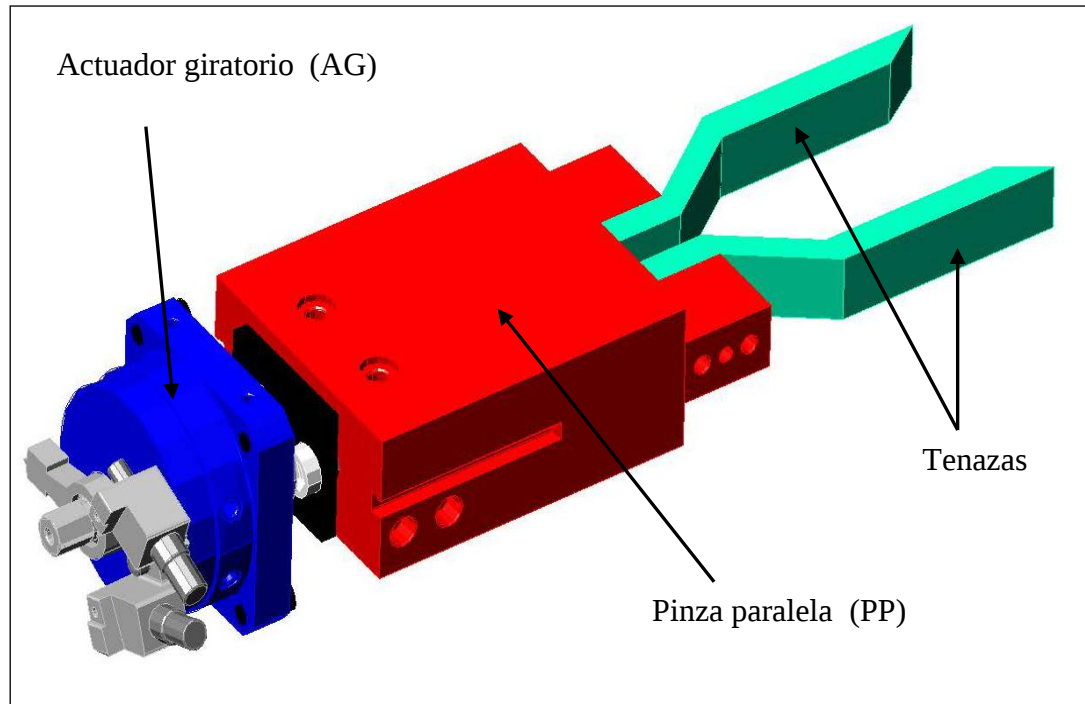


Figura 4.8. Arreglo neumático 1. (*)

Y luego un arreglo neumático 2 (ver Figura 4.9), constituido por: dos (2) cilindros neumáticos y un (1) cilindro sin vástago, que permitirán al actuador giratorio y a la pinza paralela el desplazamiento en los ejes X, Y y Z.

(*) Fuente propia.

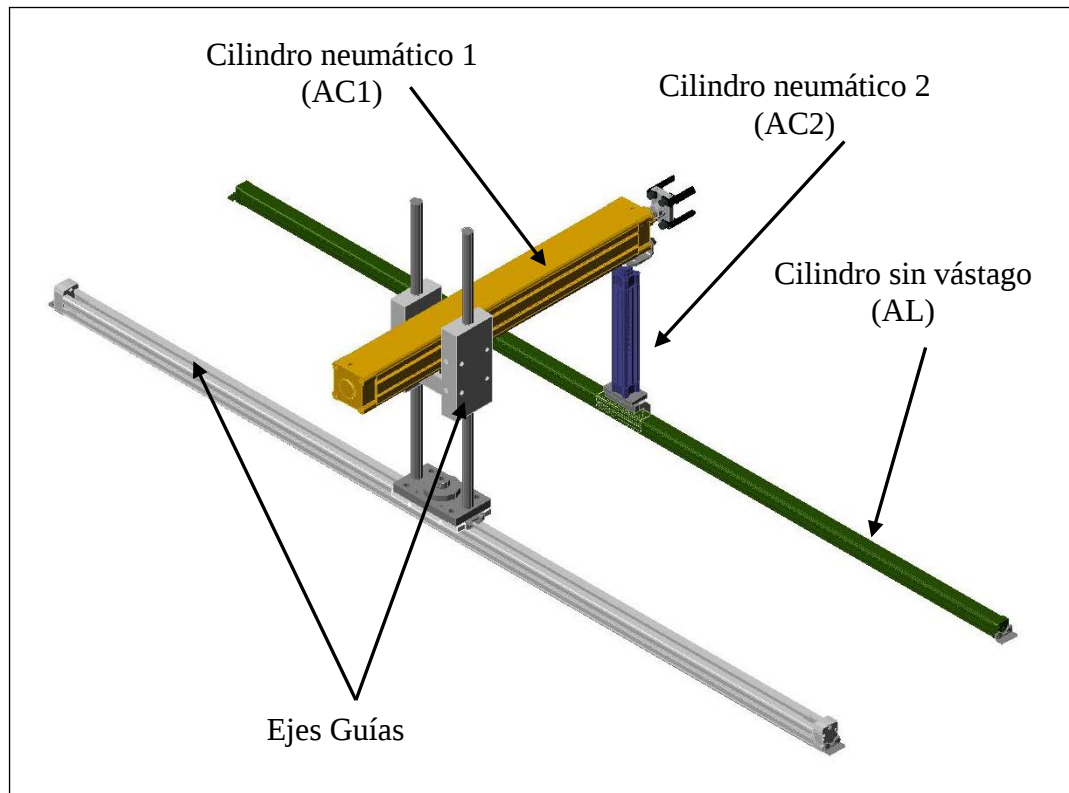


Figura 4.9. Arreglo neumático 2. (*)

Por último, ambos arreglos neumáticos estarán sujetos a una estructura metálica que consta de cuatro columnas (ver Figura 4.10), la cual servirá de soporte para dichos arreglos, soportando tanto el peso de todos los elementos como el peso del tocho.

(*) Fuente propia.

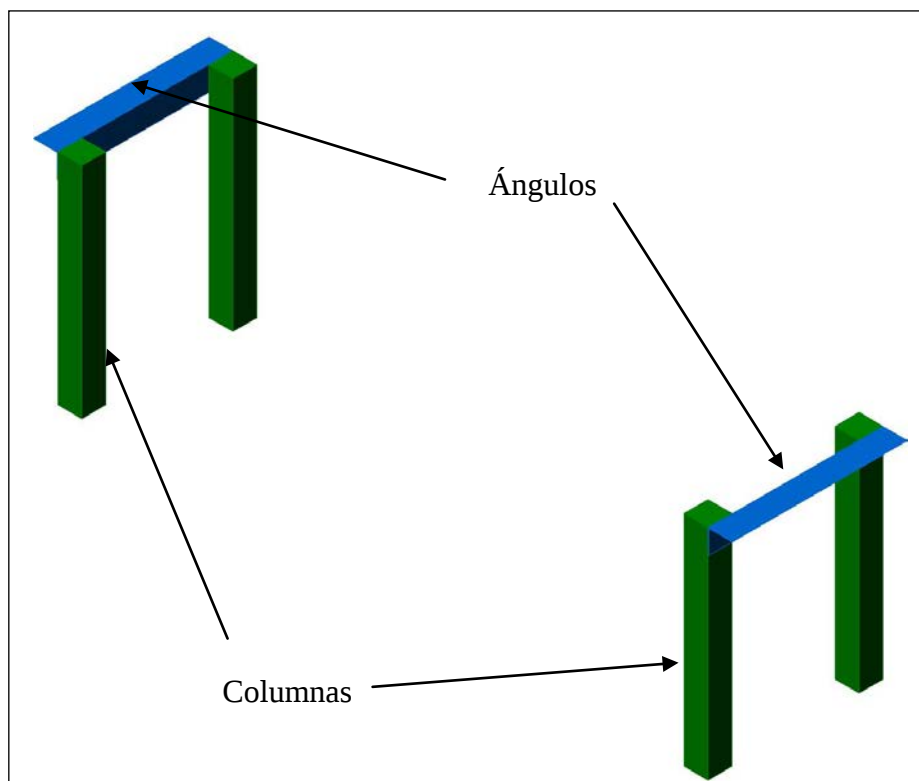


Figura 4.10. Estructura metálica de soporte. (*)

Luego de que el operario oprime brevemente un pulsador y se verifica la pieza a elaborar, el vástago del cilindro neumático 1 se extiende completamente, logrando con ello posicionar a la pinza paralela para que ésta realice la sujeción del tocho que se encuentra en posición horizontal en la bandeja de recepción, seguidamente se extiende completamente el vástago del cilindro neumático 2, el cual levantará al cilindro neumático 1 y por ende a la pinza paralela que sujeta al tocho, al llegar a esta posición de vástago completamente extendido un actuador giratorio hace rotar a la pinza paralela 90° en sentido horario.

Para la primera etapa de forjado se desplaza la parte móvil del cilindro sin vástago hasta posicionarse en la primera de forjado, para la colocación del tocho en esta etapa primero se retraerá completamente el vástago del cilindro neumático 2 y

(*) Fuente propia.

seguidamente la pinza paralela abrirá las tenazas para colocar el tocho en el dado de forja, una vez realizado esto se retraerá también el vástago del cilindro neumático 1.

Seguidamente del mismo modo se realizará la segunda etapa de forjado para engranajes tipo planetario y bridas, y para la elaboración de engranajes tipo piñón será necesario una tercera etapa de forjado.

Para finalizar el sistema automatizado se posicionará y colocará a la pieza ya forjada en una bandeja para la salida de ésta hacia una cesta de recolección, una vez el sistema alcance esta posición se retraerá el vástago del cilindro neumático 1 y rotará 90° en sentido antihorario el actuador giratorio y por consiguiente la pinza paralela, logrando con esto que el cilindro sin vástago regrese a su posición de inicio y continuar con el ciclo hasta agotarse los tochos a forjar.

4.4.- Diseño, cálculo y selección de elementos mecánicos

4.4.1.- Selección y dimensionamiento de los elementos requeridos por el arreglo neumático 1

- Pinza para la sujeción del tocho

En el desarrollo del diseño se debe tener en cuenta la condición más crítica en la que actúen cada uno de los componentes. Esta condición se caracteriza por la presencia de una mayor cantidad de esfuerzos en un intervalo durante el ciclo de trabajo del sistema. Para este diseño, la condición más crítica está al momento de sujetar y levantar al mismo tiempo el tocho a forjar, por ello se debe tener en cuenta que el tocho de mayor masa tiene 4,75 kg (ver Anexo 1), y que para los efectos del cálculo este valor se asume de 5 kg por seguridad.

La pinza a seleccionar debe proveer de una fuerza necesaria que le impida al tocho deslizarse de las tenazas de la pinza. Por ello será necesario que la fuerza de sujeción (Fr) ejercida por las tenazas de la pinza sea mayor a la fuerza (P) generada por la masa del tocho:

$$Fr > P$$

En el cálculo de la fuerza de roce (Fr) se debe tener en cuenta además la presencia de un coeficiente de roce estático (μ_s), el cual es de 0,74 para dos piezas de acero en contacto (ver Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Coeficientes de roce estático y dinámico. (*)

Superficies	μ_s	μ_k
Madera - Madera	0,25-0,5	0,2
Acero - Acero	0,74	0,57
Vidrio - Vidrio	0,94	0,40
Caucho - Concreto	0,15	0,06
Cobre - Vidrio	0,68	0,53
Hielo - Hielo	0,1	0,03
Articulaciones humanas	0,01	0,003

Una vez aclaradas las premisas anteriores, se procede ahora a realizar un diagrama de cuerpo libre (ver Figura 4.11) donde se muestran las fuerzas presentes en la pinza al momento de sujetar el tocho:

(*) Educarchile, portal de educación.

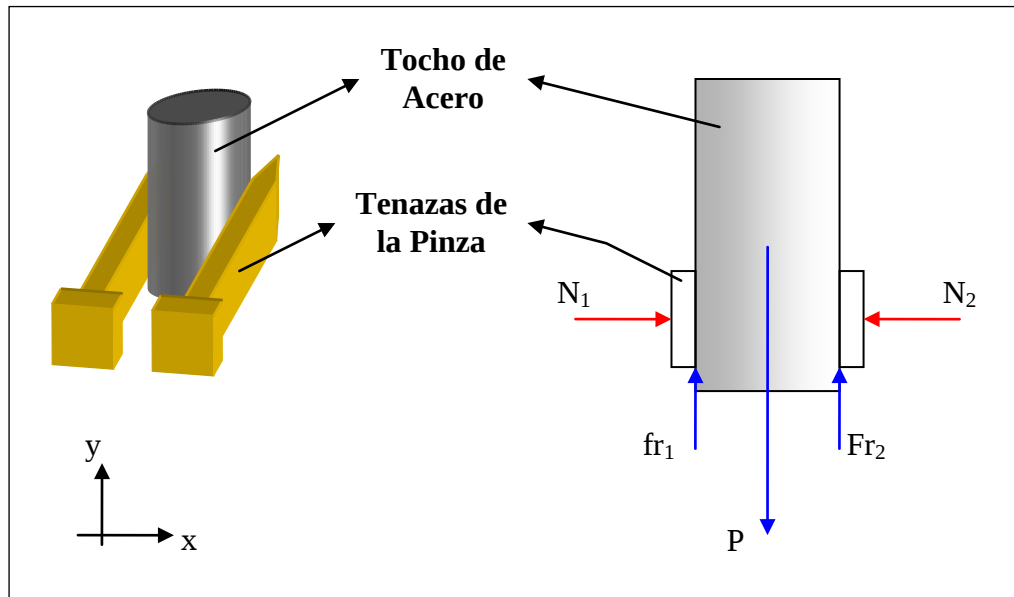


Figura 4.11. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas presentes en la tenaza. (*)

Realizando sumatoria de fuerzas en el eje X y Y, se deduce lo siguiente:

$$\sum F_x = 0 \quad , \quad N_1 - N_2 = 0 \quad \rightarrow \quad N_1 = N_2$$

$$\sum F_y = 0 \quad , \quad fr_1 + fr_2 - P = 0 \quad , \quad \text{como: } fr_1 = fr_2 \quad \rightarrow \quad fr = P / 2 \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Para obtener el valor de la fuerza mínima requerida por un dedo de la pinza para la sujeción del tocho, se igualan la ecuación anterior y la ecuación de la fuerza de roce:

$$Fr = \mu_s * N_1 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

De lo anterior, se tiene entonces que:

$$N_1 = P / 2 * \mu_s = 49 \text{ Kg} / (2 * 0,74) = 33,1 \text{ N}$$

(*) Fuente propia.

El rango de apertura de ésta es necesario tomar en cuenta que el diámetro mínimo del tocho antes de ser forjado sea de 60,3 mm (ver Anexo 1) y el diámetro máximo del tocho después de ser forjado sea de 76,2 mm, este último valor corresponde a una brida cuyo diámetro es el mayor de todos los tochos forjados, lo cual se pudo comprobar por medio de mediciones realizadas en el proceso.

Por lo tanto, con el valor obtenido de la fuerza (N_1) y el rango de diámetros establecidos, se selecciona del catálogo FESTO una pinza neumática con una fuerza de sujeción de 350 N por dedo, presión máxima de funcionamiento 8 bar y una carrera de apertura de 25 mm, denominada *Pinza Paralela*, tipo HGP-35-A-B, número de artículo 197551 (ver Anexo 2).

- Tenazas

Para el dimensionamiento de las tenazas, se necesitaron las especificaciones de los tochos a sujetar y las dimensiones de la pinza neumática seleccionada, parámetros con los cuales se obtuvo el diseño de la tenaza mostrada en la figura 4.12.

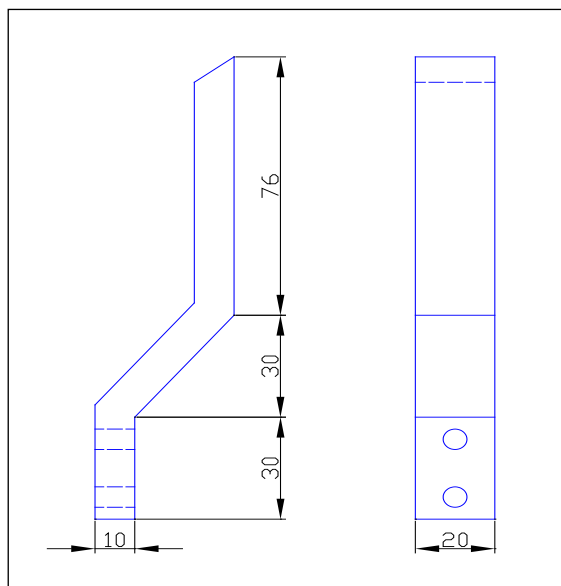


Figura 4.12. Vistas de la tenaza de sujeción. (*)

A continuación se pueden observar en el diagrama de cuerpo libre de la Figura 4.13 las cargas que generan la condición de mayor esfuerzo sobre la tenaza, donde N es la fuerza ejercida por la pinza seleccionada (ver Anexo 2), Fr es la fuerza de roce entre el tocho y la tenaza calculada según la Ecuación 4.2 y P es la fuerza ejercida por la mitad de la masa del tocho, ya que la otra mitad del peso lo soportará la tenaza contraria.

Por lo mencionado anteriormente, se tiene entonces que:

$$N = 350 \text{ N}$$

$$Fr = \mu_s * N = 0,74 * 350 \text{ N} = 259 \text{ N}$$

$$P = (\text{masa} / 2) * g = 2,5 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m/s}^2 = 24,5 \text{ Kg}$$

(*) Fuente propia.

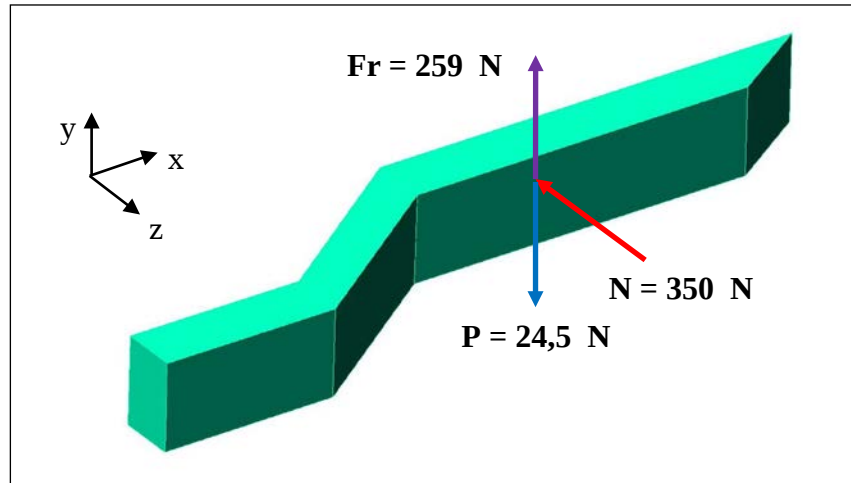


Figura 4.13. Diagrama de cuerpo libre de la tenaza. (*)

Análisis de esfuerzos sobre las tenazas:

a. Material: Acero SAE 1018 (ver Anexo 3).

$$S_y = 220 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 341 \text{ MPa}$$

b. Consideraciones: Debido a las cargas presentes en la tenaza, se consideran para el estudio los esfuerzos de flexión y esfuerzos cortantes, tanto en el plano XY como en el plano XZ, a la que está sometida esta pieza. Con ello y las propiedades del material se realizará a continuación al análisis en los planos mencionados para determinar el factor de seguridad.

1. Análisis en el plano XY:

(*) Fuente propia.

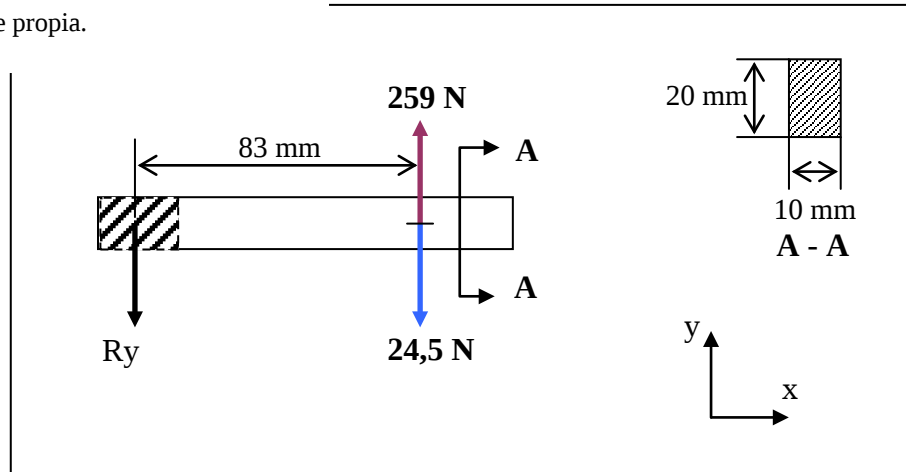


Figura 4.14. Diagrama de cuerpo libre en el plano XY. (*)

Realizando sumatoria de fuerzas y momentos, se deduce lo siguiente:

$$\sum F_y = 0 \quad , \quad R_y = 234,5 \text{ N}$$

$$\sum M_o = 0 \quad , \quad M = 19.463,5 \text{ N.mm}$$

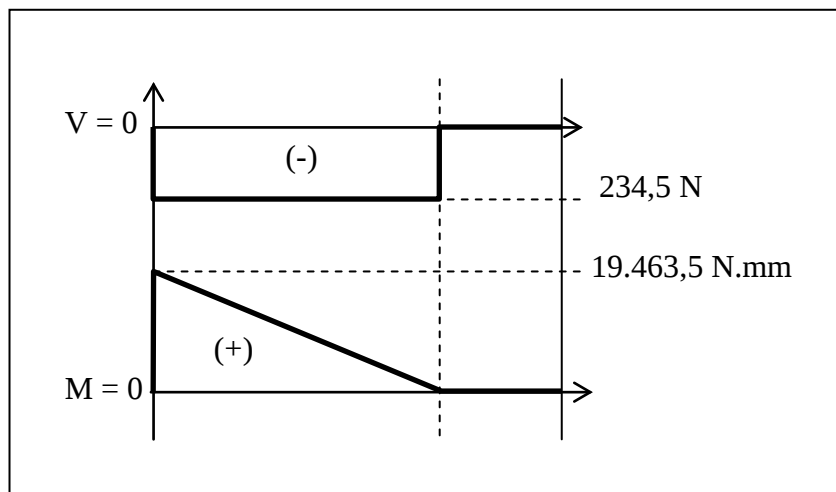


Figura 4.15. Diagrama de corte y momento en el plano XY. (*)

Considerando los esfuerzos mencionados anteriormente se tiene que:

(*) Fuente propia.

$$\text{- Para flexión: } \sigma_f = \frac{M * c}{I} \quad , \quad c = \frac{h}{2} \quad \rightarrow \quad c = 10 \text{ mm}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad \rightarrow \quad I = 6.666,7 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_f = 29,2 \text{ MPa}$$

$$\text{- Para corte directo: } \tau = \frac{P}{A} \quad , \quad A = b * h \quad \rightarrow \quad A = 200 \text{ mm}^2$$

$$\tau = 1,2 \text{ MPa}$$

Sumando los valores obtenidos, se obtiene que el esfuerzo máximo es:

$$\sigma_{adm} = 30,4 \text{ MPa}$$

Y por lo tanto, el factor de seguridad para esta condición será:

$$N_1 = S_y / \sigma_{adm} = 7,2$$

2. Análisis en el plano XZ:

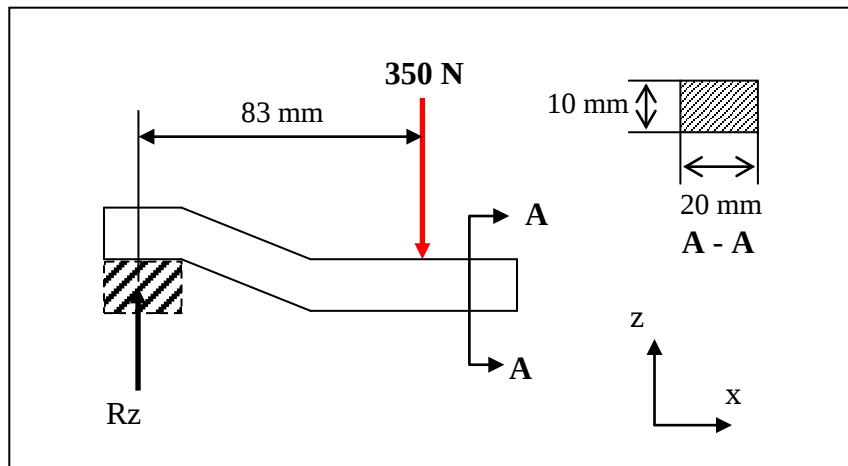


Figura 4.16. Diagrama de cuerpo libre en el plano XZ. (*)

Realizando sumatoria de fuerzas y momentos, se deduce lo siguiente:

$$\sum F_z = 0 \quad , \quad R_z = 350 \text{ N}$$

$$\sum M_o = 0 \quad , \quad M = 29.050 \text{ N.mm}$$

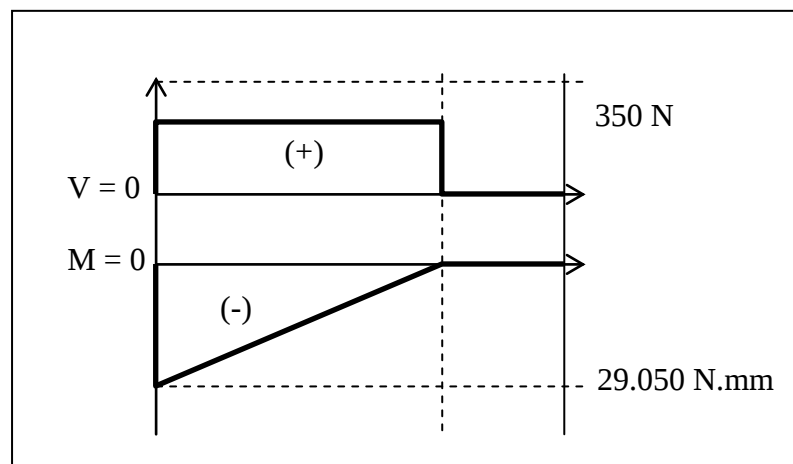


Figura 4.17. Diagrama de corte y momento en el plano XZ. (*)

Considerando los valores determinados anteriormente y los esfuerzos presentes se
 (*) Fuente propia.

$$\text{- Para flexión: } \sigma_f = \frac{M * c}{I} \quad , \quad c = \frac{h}{2} \quad \rightarrow \quad \mathbf{c = 5 \text{ mm}}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad \rightarrow \quad \mathbf{I = 1.666,7 \text{ mm}^4}$$

$$\mathbf{\sigma_f = 87,1 \text{ MPa}}$$

$$\text{- Para corte directo: } \tau = \frac{P}{A} \quad , \quad A = b * h \quad \rightarrow \quad \mathbf{A = 200 \text{ mm}^2}$$

$$\mathbf{\tau = 1,8 \text{ MPa}}$$

Sumando los valores obtenidos, da como resultado un esfuerzo máximo de:

$$\mathbf{\sigma_{adm} = 88,9 \text{ MPa}}$$

Y por lo tanto el factor de seguridad para esta condición es:

$$\mathbf{N_2 = S_y / \sigma_{adm} = 2,5}$$

De los cálculos hechos anteriormente se selecciona un factor de seguridad $N = 7,2$ para que la tenaza pueda soportar las condiciones de trabajo y no falle.

Debido a que es necesario saber cual es la carga que ejercerá la tenaza sobre el sistema, será necesario entonces calcular la masa de la misma, y para ello se consideran, tanto las dimensiones de la tenaza diseñada (ver Figura 4.12) como la densidad del acero, la cual es de 7.850 kg/m^3 .

Por lo tanto se tiene que:

$$M_{\text{Tenaza}} = \text{Volumen} * \text{Densidad} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$M_{\text{Tenaza}} = 0,0000282 \text{ m}^3 * 7.850 \text{ kg/m}^3$$

$$\mathbf{M_{\text{Tenaza}} = 0,2213 \text{ kg}}$$

- Actuador Giratorio

Con la masa establecida del tocho (5 kg), la masa de las tenazas (0,4 kg) y la masa de la pinza (1,4 kg), se procede a determinar la carga axial que debe soportar el actuador giratorio, la cual se determinará mediante la ecuación 4.4:

$$F_{\text{axial}} = (M_{\text{Tocho}} + M_{\text{Pinza}} + M_{\text{Tenaza}}) * g \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Sustituyendo en la Ecuación 4.4 se obtiene que la carga axial es:

$$\mathbf{F_{\text{axial}} = 66,6 \text{ N}}$$

Ahora con este valor de carga axial, se procede a seleccionar un actuador giratorio, con una fuerza radial máxima de 75 N, un ángulo de giro máximo de 270° y una presión máxima de trabajo de 10 bar, el cual debe ser de doble efecto, con detector de proximidad para el giro, y accionado neumáticamente. De catálogo FESTO se cuenta

con un actuador denominado *Módulo Giratorio*, tipo DSM-16-270-P-FW-CC, número de artículo 170082 (ver Anexo 4).

4.4.2.- Selección y dimensionamiento de los elementos requeridos por el arreglo neumático 2

- Cilindro neumático 1

Tomando en cuenta que el cilindro neumático estará sometido a un esfuerzo de flexión máximo (ver Figura 4.18), debido a las cargas presentes por los pesos del tocho, tenazas, la pinza y el actuador giratorio cuando éste se encuentre completamente extendido a una longitud de 660 mm, se obtiene que la carga de flexión es:

$$F_{\text{flexión}} = 71,6 \text{ N}$$

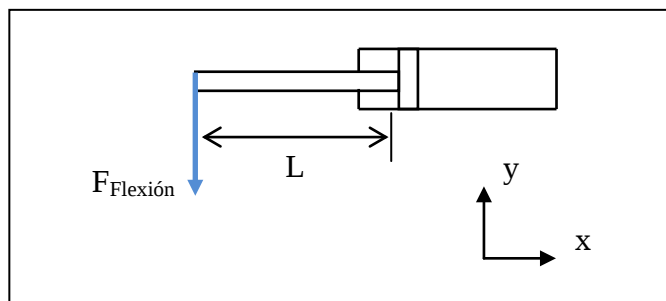


Figura 4.18. Diagrama de cuerpo libre del cilindro neumático 1. (*)

Con este valor se procede a determinar con la gráfica de fuerza flexión en función de la carrera (ver Figura 4.19) el diámetro del émbolo el cual es de 80 mm.

(*) Fuente propia.

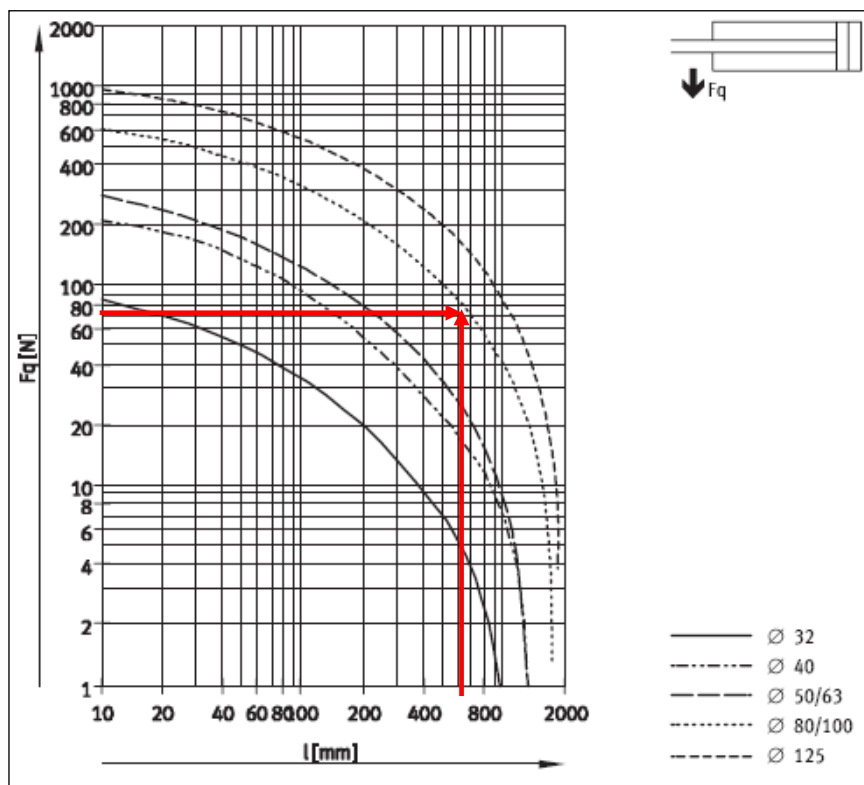


Figura 4.19. Gráfica de fuerza-flexión en función de la carrera. (*)

De catálogo FESTO se cuenta con un Cilindro neumático con vástago antigiro para evitar que exista movimiento entre el actuador giratorio y éste actuador; de diámetro de émbolo 80 mm, una carrera de 700 mm y una presión máxima de trabajo de 12 bar, el cual es denominado *Cilindro Normalizado*, tipo DNC-80-700-PPV-A-Q, número de artículo 163430 (ver Anexo 5).

- Cilindro neumático 2

Se ha de considerar que este cilindro neumático debe soportar la carga ejercida por el arreglo neumático 1 y el cilindro neumático 1 del arreglo neumático 2 como se muestra en la figura 4.20.

(*) Fuente propia.

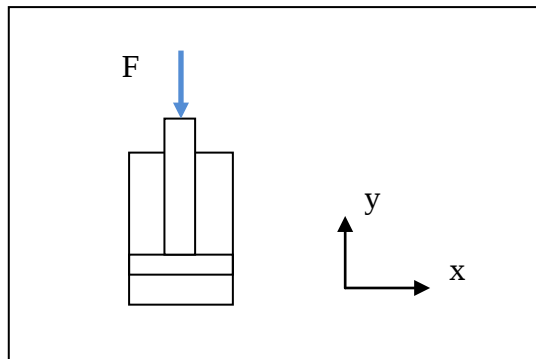


Figura 4.20. Carga aplicada sobre el cilindro neumático 2. (*)

Calculando la carga aplicada se tiene que:

$$F = 165,5 \text{ N}$$

Con este valor obtenido de fuerza se procede a seleccionar de catálogo FESTO un cilindro neumático que soporte dicha fuerza; de diámetro de émbolo 32 mm, una carrera de 200 mm y una presión máxima de trabajo de 12 bar el cual es un actuador denominado *Cilindro Normalizado*, tipo DNC-32-200-PPV-A, número de artículo 163312 (ver Anexo 6).

- Cilindro sin vástago

Considerando que este actuador soportará un esfuerzo de flexión máximo generado por la carga del arreglo neumático 1 y la carga del cilindro neumático 1 y 2 del arreglo neumático 2, en la mitad de su longitud (L) (ver Figura 4.21).

(*) Fuente propia.

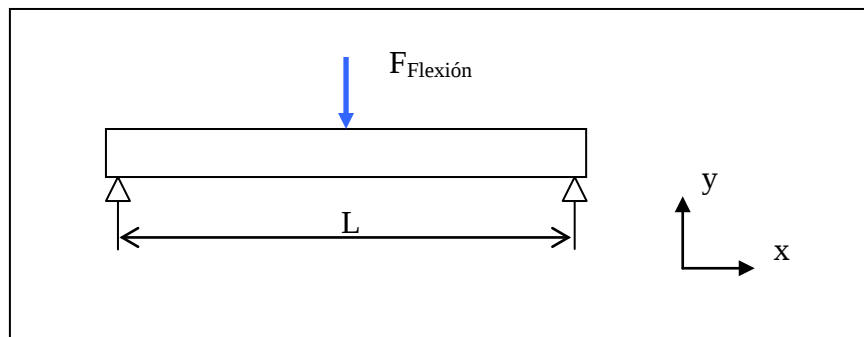


Figura 4.21. Carga aplicada sobre el cilindro sin vástago. (*)

Se determina entonces que la carga de flexión resultante es:

$$F_{\text{flexión}} = 176,4 \text{ N}$$

Con éste valor de fuerza y la longitud de carrera del actuador la cual es de 1.800 mm, se obtiene de la Figura 4.22 que el diámetro del émbolo del cilindro sin vástago es de 25 mm.

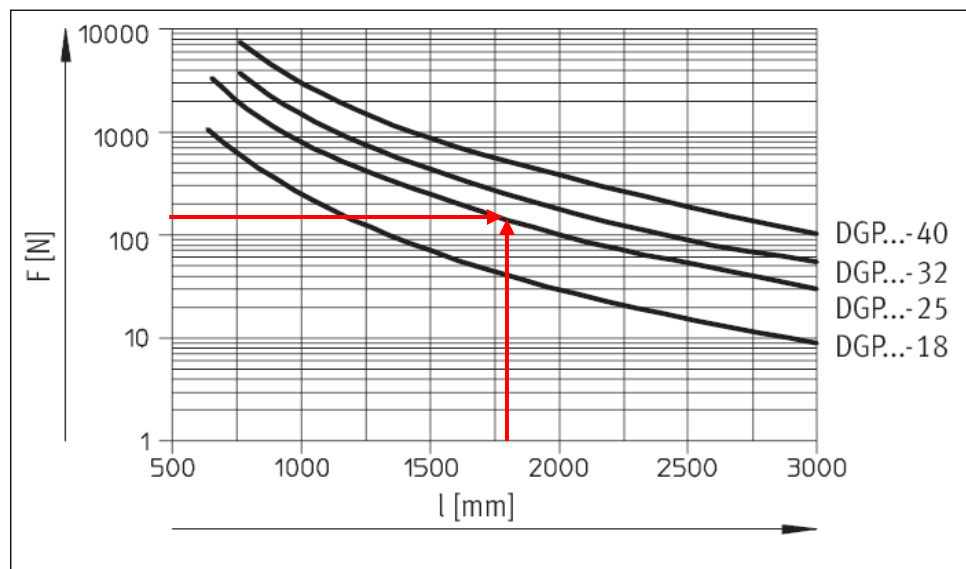


Figura 4.22. Carga aplicada en función de la longitud del cilindro sin vástago. (*)

(*) Fuente propia.

Con este valor se procede a seleccionar de catálogo FESTO un cilindro sin vástago que soporte dicha fuerza; de diámetro de émbolo de 25 mm, con una carrera de 1.800 mm y una presión máxima de trabajo de 8 bar, el cual es un actuador denominado *Actuador Lineal*, tipo DGPL-25-1800-PPV-A-GF-B, número de artículo 161786 (ver anexo 7).

- Otros elementos requeridos por el arreglo neumático 2

Como accesorios para el correcto funcionamiento de este arreglo se seleccionaran además unas correderas las cuales servirán de ejes guías, proporcionándole rigidez tanto al cilindro neumático 1 como al cilindro sin vástago.

Tomando en cuenta que el cilindro neumático 1 se desplazará 200 mm hacia arriba y hacia abajo por la acción del cilindro neumático 2, se selecciona de catálogo FESTO una corredera con un desplazamiento de 250 mm y diámetro de émbolo de 80 mm denominada *Unidad de Guía*, tipo FENG-80-250-KF, número de artículo 34525 (ver Anexo 8).

Para la corredera del cilindro sin vástago, se consideró la carrera del actuador correspondiente a 1.800 mm, logrando con ello además conservar simetría en el sistema automatizado, de catálogo FESTO se procedió a seleccionar una que cumpliera con tal fin denominada *Eje de Guía*, tipo FDG-25-ZR-RF, número de artículo 538791 (ver Anexo 9).

4.4.3.- Elementos requeridos para la estructura de soporte

Ya que la estructura no requiere soportar grandes cargas, se dimensiona tomando como criterio la rigidez que le proporcionará a los arreglos neumáticos 1 y 2, para ello se especifican en la figura 4.23 las medidas del diseño.

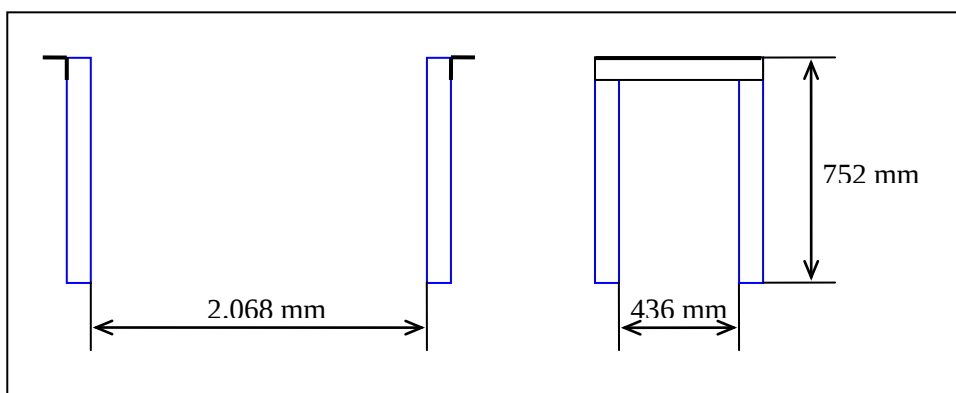


Figura 4.23. Vistas de la estructura de soporte. (*)

Para la construcción de esta estructura se cuenta con tubos cuadrados de 3"x 3" (ver Anexo 10), para las columnas que se encontraran empotradas en el área de trabajo y un perfil en ángulo de 1 ¾" x 1/8" (ver Anexo 11), los cuales se encuentran en el almacén de herrería, buscando con esto abaratar los costos del proyecto.

Análisis de esfuerzo sobre la columna:

a. Material: Acero ASTM A 500 Grado A.

$$S_y = 268,9 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 310,3 \text{ MPa}$$

(*) Fuente propia.

b. Consideraciones: Debido a las cargas generadas por los elementos que conforman el sistema automatizado la cual es de $F = 99 \text{ N}$ sobre cada columna, se considera para este estudio un esfuerzo de compresión en el plano XY (ver Figura 4.24 y 4.25). Con ello y las propiedades del material se realizará a continuación al análisis para determinar el factor de seguridad de dicha columna.

1. Análisis en el plano XY:

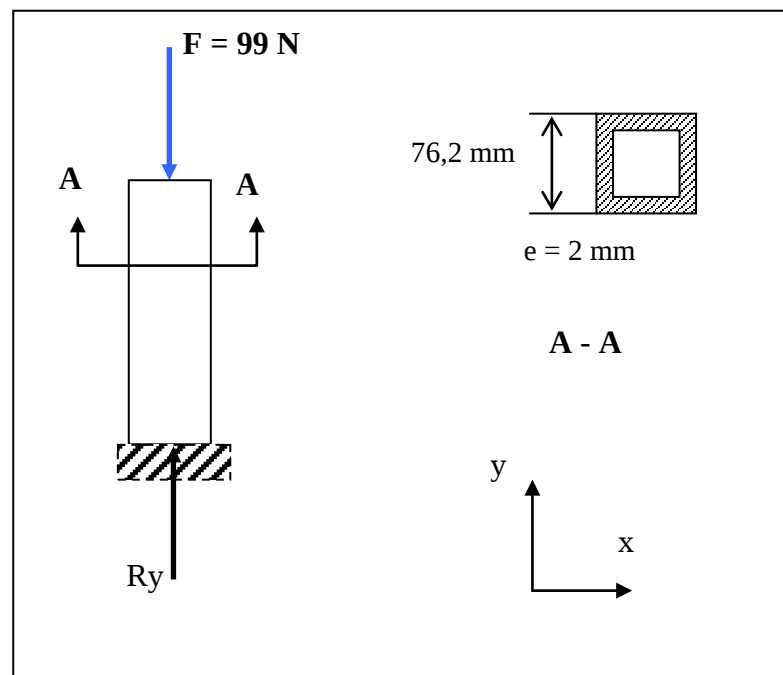


Figura 4.24. Diagrama de cuerpo libre en el plano XY. (*)

Realizando sumatoria de fuerzas, se deduce lo siguiente:

$$\sum F_y = 0 \quad , \quad R_y = 99 \text{ N}$$

(*) Fuente propia.

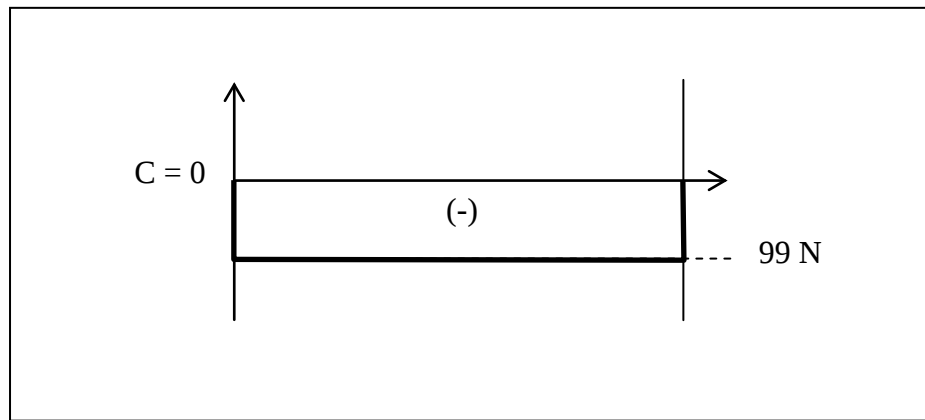


Figura 4.25. Diagrama de compresión en el plano XY. (*)

Considerando el esfuerzo mencionado anteriormente, se tiene que:

- Para compresión: $\sigma_c = \frac{P}{A}$, $A = 574,2 \text{ mm}^2$ (ver Anexo 10)

$$\sigma_c = 0,2 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, el factor de seguridad para esta condición será:

$$N = S_y / \sigma_c = 1.344,5$$

(*) Fuente propia.

4.5.- Diseño del sistema de control

4.5.1.- Requerimiento de los elementos de entrada y salida del sistema de control

A continuación se detallan las cantidades a utilizar de los elementos necesarios para el sistema de control.

- Pulsadores sin retención

Para el arranque del sistema automatizado será necesario un (1) pulsador, de accionamiento manual, con contactos uno normalmente abierto, de reposición con resorte, que además opere con una tensión nominal de 24 VDC.

- Pulsadores con retención

Se utilizarán dos (2) pulsadores de estos pulsadores; uno (1) para el selector de modo manual o automático y uno (1) para las paradas de emergencia, los cuales serán de accionamiento manual, de contacto normalmente abierto, de reposición manual, que además opere con una tensión nominal de 24VDC.

- Sensor de presión

Para proteger los equipos del sistema al inicio del proceso, se colocará un (1) sensor de presión para asegurar que la presión de trabajo sea de 6 bar.

- Sensores de proximidad magnéticos (Reed)

Se utilizarán trece (13) de estos sensores, por sus numerosas posibilidades de montaje y conexión en los actuadores, son lo suficiente precisos y tienen un tiempo de conmutación corto. Estos van a ser colocados de la siguiente manera:

- Dos (2) serán utilizados en la pinza paralela, los cuales detectarán la apertura o cierre de la misma.
- Dos (2) en el actuador giratorio que detectarán la posición angular.
- Dos (2) en cada uno de los cilindros neumáticos, para sensar el inicio y el final de carrera de los mismos.
- Cinco (5) en el cilindro sin vástago, los cuales detectarán su posición inicial, final e intermedias.

- Sensores de proximidad inductivos

Se utilizarán cuatro (4) de estos sensores, ya que son ventajosos en ambientes de trabajo rudimentario, detectan materiales metálicos y su vida de servicio es muy larga. Los cuales se colocarán como se detalla a continuación:

- Dos (2) para la detección de los tochos en la bandeja de recepción. Uno (1) que verificará la presencia del tocho en la bandeja y otro que verificará la longitud.
- Dos (2) que detectarán la posición en la cual se encuentre el martinete de la máquina de forja.

- Electroválvulas 5/2 vías

Se utilizarán para el mando de los elementos de trabajo: pinza paralela, actuador giratorio, cilindro neumático 1 y cilindro neumático 2, cuatro (4) electroválvulas 5/2 vías biestables ya que éstas pueden mantener su última posición sin necesidad de energizar algún solenoide, además de tener un bajo consumo a elevados caudales.

- Electroválvulas 5/3 vías

Para lograr que el cilindro sin vástago realice paradas intermedias se colocará una (1) válvula 5/3 vías monoestable con centro cerrado ya que éstas pueden mantener su posición inicial sin necesidad de energizar algún solenoide.

- Indicador luminoso

Se colocará un (1) indicador luminoso de color rojo como ayuda visual para paradas de emergencia e indicar que el sistema no sea activado hasta resolver el problema según sea el caso.

4.5.2.- Memoria descriptiva del sistema automatizado**- Etapa N°1: Condiciones iniciales**

Para dar inicio a las operaciones se deben verificar las siguientes condiciones:

- Primero, será necesario detectar la presencia de un tocho en la bandeja de recepción mediante un sensor de proximidad inductivo (PNP) B14 (ver Figura 4.26).

- Segundo, detectar la posición del martinete de la máquina de forja mediante el sensor de proximidad inductivo (PNP) B16 (ver Figura 4.26).

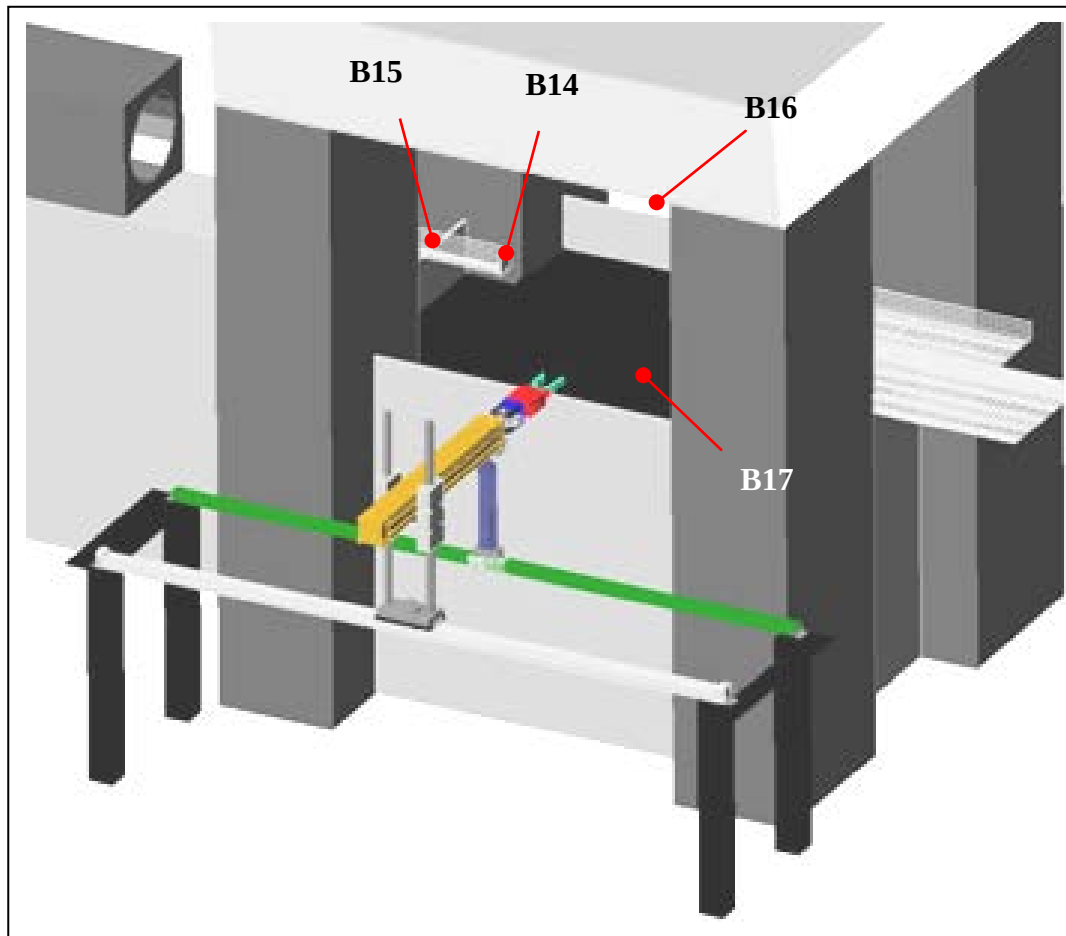


Figura 4.26. Colocación de sensores en la máquina de forja. (*)

- Tercero, verificar la posición inicial de todos los actuadores mediante 5 sensores de proximidad magnéticos de 2 hilos B1, B3, B5, B7 y B9, con contactos normalmente abiertos que se encontrarán inicialmente activados.

(*) Fuente propia.

- Cuarto, que la presión de alimentación del sistema sea de 6 bar, lo que se verifica por medio de un presostato B0 con salida a contacto normalmente abierto, inicialmente activado.

- Etapa N°2: Inicio del Proceso

Al oprimir brevemente un pulsador de arranque sin retención S1 y estar presentes todas las condiciones iniciales ocurren las etapas de forjado antes mencionadas al momento de activar a la bobina Y5, permitiendo que el vástago del cilindro neumático 1 (AC1) se extienda completamente hasta su final de carrera; luego al llegar aquí es detectada su posición por medio de un sensor magnético B6 quien envía la señal para que se active la bobina Y1, permitiendo que la pinza paralela (PP) sujete el tocho, acción que le permite al sensor magnético B2 detectar esta posición y enviar la señal para que se active la bobina Y7, la cual extenderá completamente el vástago del cilindro neumático 2 (AC2); cuando el sensor B8 detecta el final de carrera del cilindro neumático 2 (AC2) éste enviará la señal para que se active la bobina Y3, la cual le permitirá al actuador giratorio (AG) rotar 90°; una vez alcanzada esta posición un sensor magnético B4 enviará la señal para que se active la bobina Y9 permitiendo que el cilindro sin vástago se desplace hasta la primera etapa de forjado, una vez en esta posición el sensor magnético B10 envía la señal para que se desactive la bobina Y9 y a su vez active la bobina Y8 permitiendo que el vástago del cilindro neumático 2 (AC2) se retraiga completamente, una vez en esta posición el sensor B7 envía la señal para activar la bobina Y2, permitiéndole así a la pinza paralela (PP) colocar al tocho en el primer dado de forja. Luego al momento de estar la pinza paralela (PP) completamente abierta, el sensor magnético B1 envía la señal para activar a la bobina Y6 para retraer el vástago del cilindro neumático 1 (AC1) y al ser detectada ésta última posición por el sensor magnético B5, se accionará la máquina de forja mediante un relé K1, permitiendo con esto que el martinete descienda y realice un

primer forjado, luego al llegar otra vez a su posición inicial el martinete de la forja, un sensor de proximidad inductivo (PNP) B16 enviará la señal la cual permitirá realizar la siguiente etapa de forjado.

En la segunda etapa de forjado el sensor de proximidad inductivo (PNP) B16 activa a la bobina Y5, permitiendo que el vástago del cilindro neumático 1 (AC1) se extienda completamente hasta su final de carrera; luego ésta posición es detectada por medio del sensor magnético B6 quien activa a la bobina Y1, permitiendo que la pinza paralela (PP) sujete el tocho ya forjado, acción que le permite al sensor magnético B2 detectar esta posición y enviar la señal para activar a la bobina Y7, la cual extenderá completamente el vástago del cilindro neumático 2 (AC2); al momento de ser detectada ésta última posición de final de carrera por el sensor B8, activa a la bobina Y9, la cual permite que el cilindro sin vástago se desplace hasta la segunda posición de forjado, luego el sensor magnético B11 envía la señal para desactivar a la bobina Y9 y a su vez energiza a la bobina Y8 permitiendo que el vástago del cilindro neumático 2 (AC2) se retraiga completamente, una vez en esta posición el sensor B7 activa a la bobina Y2, permitiéndole así a la pinza paralela (PP) colocar al tocho en el segundo dado de forja. Luego al momento de estar la pinza paralela (PP) completamente abierta, el sensor magnético B1 activa a la bobina Y6 que permite la retracción del vástago del cilindro neumático 1 (AC1), al ser detectada ésta posición por el sensor magnético B5, se accionará nuevamente la máquina de forja mediante el relé K1, permitiendo con esto que el martinete descienda y realice el segundo proceso de forjado, luego al llegar otra vez a su posición inicial el martinete de la forja, el sensor de proximidad inductivo (PNP) B16 permitirá realizar la siguiente etapa de forjado.

De ser requerida una tercera etapa de forjado el sensor de proximidad inductivo (PNP) B16 activa a la bobina Y5, permitiendo que el vástago del cilindro neumático 1 (AC1) se extienda completamente hasta su final de carrera; luego al llegar aquí es

detectada su posición por medio del sensor magnético B6 quien activa a la bobina Y1, permitiendo que la pinza paralela (PP) sujete el tocho ya forjado, acción que le permite al sensor magnético B2 detectar esta posición y enviar la señal para activar a la bobina Y7, la cual extenderá completamente el vástago del cilindro neumático 2 (AC2); al momento de ser detectada ésta última posición por el sensor B8 en su final de carrera, este envía la señal para activar nuevamente a la bobina Y9, la cual permite que el cilindro sin vástago se desplace hasta la tercera posición de forjado, luego el sensor magnético B12 envía la señal para desactivar a la bobina Y9 y activar a la bobina Y8 permitiendo que el vástago del cilindro neumático 2 (AC2) se retraiga completamente, una vez en esta posición el sensor B7 activa a la bobina Y2, permitiéndole así a la pinza paralela (PP) colocar al tocho en el tercer dado de la forja. Luego al momento de estar la pinza paralela (PP) completamente abierta, el sensor magnético B1 envía la señal para activar a la bobina Y6 para retraer el vástago del cilindro neumático 1 (AC1) y al ser detectada ésta posición por el sensor magnético B5, se accionará la máquina de forja mediante un relé K1, permitiendo con esto que el martinete descienda y realice un tercer forjado.

- Etapa N°3: Fin del proceso

Por último se colocará la pieza ya forjada en la bandeja de salida, haciendo uso del sensor de proximidad inductivo (PNP) B16, el cual envía la señal para activar a la bobina Y5 permitiendo extender completamente el vástago del cilindro neumático 1 (AC1); luego al llegar a esta posición el sensor magnético B6 activa a la bobina Y1, permitiendo que la pinza paralela (PP) sujete a la pieza ya forjada, acción que le permite al sensor magnético B2 detectar esta posición y enviar la señal para activar a la bobina Y7, la cual extenderá completamente el vástago del cilindro neumático 2 (AC2); una vez alcanzada esta posición el sensor magnético B8 activa a la bobina Y9 permitiendo que el cilindro sin vástago (AL) se desplace hasta su posición de final de carrera, al llegar aquí el sensor magnético B13 envía la señal para desactivar a la

bobina Y9 y a su vez activar a la bobina Y8 generando con esto la retracción del vástago del cilindro neumático 2 (AC2), una vez en esta posición el sensor B7 envía la señal para activar a la bobina Y2, generando con esto la apertura de las tenazas de la pinza paralela (PP) y la colocación de la pieza en la bandeja de salida; luego al momento de estar completamente abierta la pinza paralela (PP), el sensor magnético B1 activa a la bobina Y6 para retraer el vástago del cilindro neumático 1 (AC1). Por último al ser detectada ésta posición por el sensor magnético B5 y estar el cilindro sin vástago (AL) en su final de carrera lo cual es verificado por el sensor magnético B13, enviarán la señal para activar tanto a la bobina Y4 del actuador giratorio (AG), como la bobina Y10 del cilindro sin vástago (AL), para que regresen a su posición inicial, una vez en esta posición el sensor B9 envía la señal para desactivar a la bobina Y10. De haber detectado previamente el sensor de proximidad inductivo B14 otro tocho en la bandeja de recepción y cumplirse todas las condiciones iniciales mencionadas anteriormente se repetirá de nuevo el ciclo hasta forjar todos los tochos, de lo contrario el sistema se reseteará y será necesario oprimir el pulsador de arranque para dar de nuevo inicio al proceso.

Previendo algún tipo de fallo en el proceso, el operario podrá hacer uso de un pulsador con retención S2 que le permitirá seleccionar el modo manual o automático y contará también con un tercer pulsador de retención S3 para paradas de emergencia, el cual enviará la señal para activar a un indicador luminoso de color rojo H1 y detendrá al sistema en la posición que se encuentre mientras se realiza algún tipo de ajuste o corrección, una vez desactivado este pulsador el sistema seguirá con su ciclo normal de trabajo y el indicador luminoso H1 se apagará.

4.5.3.- Diagrama neumático del sistema automatizado

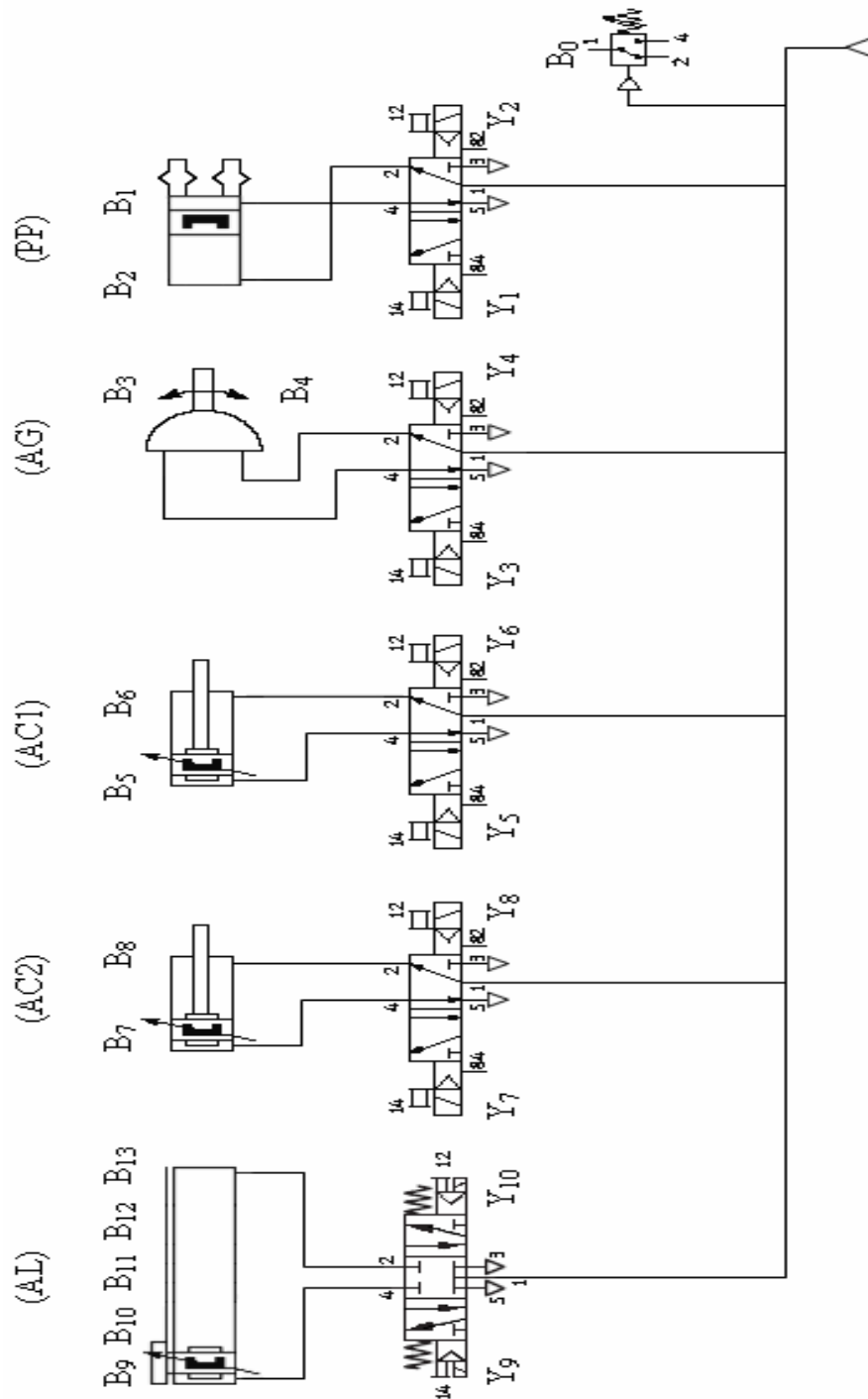


Figura 4.27. Diagrama neumático. (*)

(*) Fuente propia.

4.5.4.- Selección de elementos introductores de señal y procesamiento

- Pulsador sin retención

Este pulsador será utilizado para el arranque del sistema automatizado, con contacto normalmente abierto y reposición mediante resorte, que además opere con una tensión nominal de 24VDC. De catálogo ALLEN-BRADLEY se cuenta con un pulsador denominado *Momentary Contact Push Button Units Non-Illuminated*, tipo 4/13, número de artículo 800T-A1D1 y 800T-A2D2 (ver Anexo 12).

- Pulsadores con retención

Estos pulsadores serán utilizados para el selector de modo manual o automático y para las paradas de emergencias, de contacto normalmente abierto, de reposición manual, que además operen con una tensión nominal de 24VDC. De catálogo ALLEN-BRADLEY se cuenta con un pulsador denominado *2-Position Push-Pull and Push-Pull/Twist Release Units, Illuminated*, tipo 4/13, número de artículo 800T-FXQ24RA1 (ver Anexo 13).

- Sensor de presión

Debido a que el sistema exige para el inicio de operaciones que se verifique la presión de alimentación para el arranque del sistema, se selecciona un presostato que en su margen de ajuste garantice una presión de 6 bar, de contacto normalmente abierto y que además opere a una tensión de funcionamiento de 24VDC. De catálogo FESTO se cuenta con un sensor de presión denominado *Presostato*, tipo PEV-1/4-A-SW27-B-OD, número de artículo 175252 (ver Anexo 14).

- Sensores de proximidad magnéticos (Reed)

Éstos deben tener contactos normalmente abiertos, 2 hilos y operar con una tensión de funcionamiento de 24VDC, y serán utilizados para detectar las posiciones iniciales, intermedias y finales de los elementos de trabajo del sistema automatizado. De catálogo FESTO se cuenta entonces con sensores de proximidad magnético denominados *Detectores de Posición para Ranura en T*, tipo SME-10F-ZS-24V-K2,5L-OE para pinza y actuador giratorio, número de artículo 526672 (ver Anexo 15) y tipo SME-8M-ZS-24V-K-2,5-OE para los cilindros neumáticos y el cilindro sin vástago, número de artículo 543872 (ver Anexo 16).

- Sensores de proximidad inductivos

Se utilizarán para la detección del tocho en la bandeja de recepción y para la detección de la posición del martinete de la máquina de forja con el fin de evitar que el sistema automatizado choque contra éste; en ambos casos estos sensores se colocarán a una distancia comprendida entre 0,8 y 10 mm, que han de ser normalmente abiertos, lógica positiva o PNP, de 3 hilos y con un tensión de funcionamiento de 24VDC. De catálogo FESTO se cuenta entonces con sensores de proximidad inductivo denominados *Detector de Proximidad*, tipo SIEN-M30B-PS-K-L-PA, número de artículo 538327 (ver Anexo 17).

- Indicador luminoso

Es necesario contar, por requerimientos del sistema, con un indicador luminoso que al estar encendido indique que el sistema se encuentra en una parada de emergencia, para esto se selecciona uno de color rojo como señal de alerta que además opere con una tensión de 24VDC, ya que éste va a estar conectado al circuito electroneumático que controla el sistema de forjado. De catálogo ALLEN-

BRADLEY se cuenta con un indicador luminoso denominado *Compact Control Tower™ Stack Lights*, tipo Bulletin 855F 70 mm, número de artículo 855F-P10SC20B24Y5Y4 (ver Anexo 18).

- Elemento de mando para la pinza paralela y el actuador giratorio

Para el mando de la pinza y el actuador giratorio es necesario tener en cuenta que la presión de trabajo sea de 6 bar, el tipo de conexión G1/8 y una tensión de alimentación de 24VDC. Con ello se procede a seleccionar una electroválvula biestable de 5/2 vías. De catálogo se cuenta con una válvula denominada *Electroválvula*, tipo CPE14-M1BH-5J-1/8, número de artículo 196939 (ver Anexo 19).

- Elemento de mando para el cilindro neumático 1, cilindro neumático 2 y cilindro sin vástago

Haciendo uso de la ecuación 4.5 se procederá a determinar a continuación el consumo de aire del sistema. Este consumo de aire se especificará en litros de aire por minuto. Para ello se calculará con el mayor diámetro de los actuadores seleccionados anteriormente, el cual es de 80 mm, la presión de operación de 6 bar y el Diagrama de Consumo de Aire (ver Figura 4.28), el consumo de aire por cm de carrera:

$$q_h = \text{Consumo de aire por cm de carrera} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

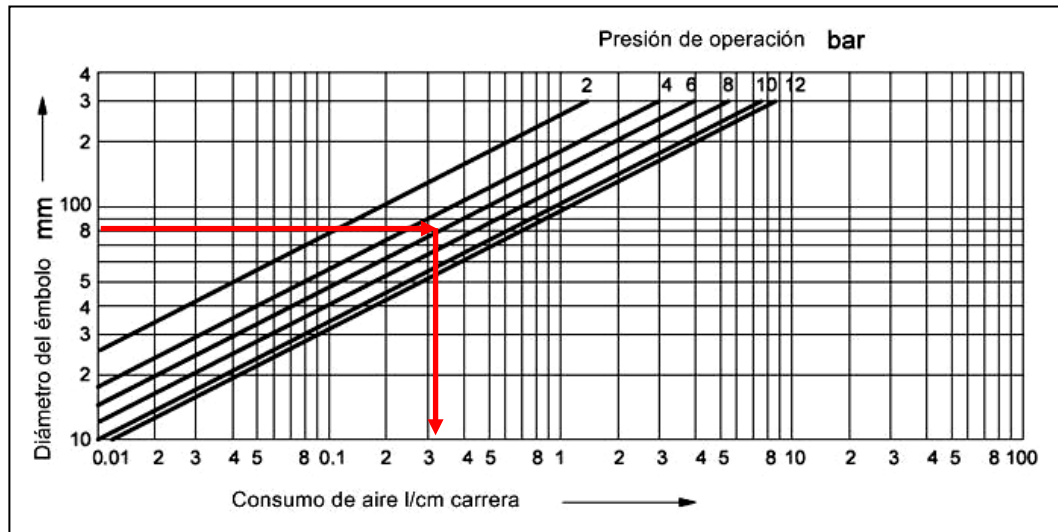


Figura 4.28. Diagrama de consumo de aire. (*)

$$q_h = 0,32 \text{ l/cm}$$

Luego con este valor y empleando la fórmula para el cálculo de consumo de aire de acuerdo con el diagrama de consumo de aire, se tiene entonces que para cilindros de doble efecto:

$$q_b = 2 * n * s * q_h \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Donde:

q_b = Consumo de aire (l/min)

n = número de ciclos por minuto (1/min)

s = Carrera (cm)

q_h = Consumo de aire por cm de carrera (l/cm)

(*) Catálogo de productos neumáticos FESTO, 2008.

n , este ciclo se refiere al número de veces que el actuador se desplaza en un sentido para un intervalo de tiempo de un minuto considerando condiciones ideales, por lo tanto se estima sea de 12 ciclos/min.

s , se fijó en 700 mm lo que equivale a 70 cm, y corresponde a la carrera del cilindro neumático 1, el cual es el que mayor consumo tiene.

q_h , se determinó anteriormente del diagrama siendo este de 0,32 l/cm.

Por lo tanto el consumo de aire resultante es:

$$q_b = 537,6 \text{ l/min}$$

Con los valores obtenidos de consumo de aire, el tipo de conexión G1/8 y una tensión de alimentación de 24VDC, se procede a seleccionar una electroválvula biestable de 5/2 vías para el cilindro neumático 1 y el cilindro neumático 2, igual a la seleccionada anteriormente para el arreglo neumático 1 (ver Anexo 19), ya que esta cumple con dichos requerimientos. Y para el cilindro sin vástago se seleccionará una electroválvula monoestable de 5/3 vías con centro cerrado, la cual deberá permitir un suministro de aire mayor o igual a 537,6 l/min. De catálogo FESTO se cuenta con una válvulas denominada *Electroválvula*, tipo CPE14-M1BH-5/3G-1/8, número de artículo 196937 (ver Anexo 20).

- Características a considerar para la selección del controlador lógico programable

A continuación se especifican la cantidad y el tipo de señales de entrada y salida, además de los recursos de Software, requeridos para seleccionar el PLC:

- Número de entradas, 21 entradas.
- Tipo de entradas, digitales.
- Magnitud de las señales de entrada, 24VDC.
- Número de salidas, 11 salidas.
- Tipo de salidas, digitales.
- Magnitud de las señales de salida, 24VDC, salida a relé.
- Recursos de Software, 17 o más marcas (bits-internos).

Con los requerimientos mencionados anteriormente, se procede a seleccionar del catálogo FESTO un controlador con 32 entradas digitales, 16 salidas digitales, que opera a 24VDC, denominado *Unidad de Control*, tipo FEC-FC600-FST, número de artículo 191449 (ver Anexo 21).

4.5.5.- Diagrama de conexiones eléctricas de entradas y salidas del PLC

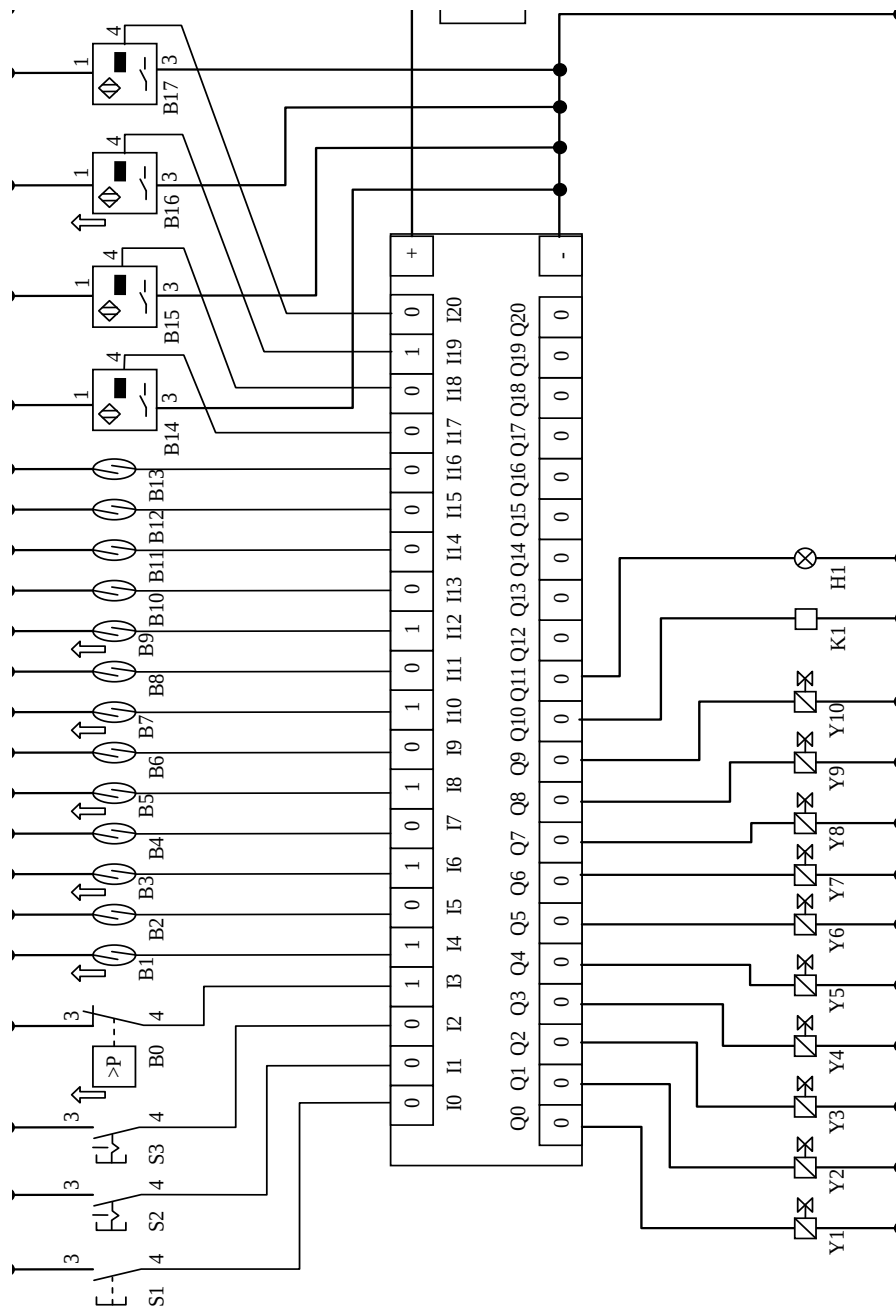


Figura 4.29. Diagrama de conexiones eléctricas. (*)

(*) Fuente propia.

4.5.6.- Direccionamiento de las señales de entrada y salida**Tabla 4.3.** Direccionamiento de E/S del PLC. (*)

Elemento	Dirección	Descripción
S1	%I0	Pulsador sin retención, con contacto normalmente abierto, para el arranque del sistema.
S2	%I1	Pulsador con retención, con contacto normalmente abierto, de reposición manual, el cual permite cambiar a modo manual el sistema.
S3	%I2	Pulsador con retención, de accionamiento manual, con contacto normalmente abierto, de reposición manual, para paradas de emergencia.
B0	%I3	Sensor de presión de alimentación del sistema.
B1	%I4	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, se emplea para detectar la posición de pinza abierta.
B2	%I5	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, se emplea para detectar la posición de pinza cerrada.
B3	%I6	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, se emplea para detectar la posición a 0° del actuador giratorio.
B4	%I7	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, se emplea para detectar la posición a 90° del actuador giratorio.
B5	%I8	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición de vástago completamente retraído para el cilindro neumático 1.
B6	%I9	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición de vástago completamente extendido para el cilindro neumático 1.

Tabla 4.3. Direccionamiento de E/S del PLC. (Continuación)

Elemento	Dirección	Descripción
B7	%I10	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición de vástago completamente retraído para el cilindro neumático 2.
B8	%I11	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición de vástago completamente extendido para el cilindro neumático 2.
B9	%I12	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición inicial del émbolo del cilindro sin vástago.
B10	%I13	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición 1 del émbolo del cilindro sin vástago.
B11	%I14	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición 2 del émbolo del cilindro sin vástago.
B12	%I15	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición 3 del émbolo del cilindro sin vástago.
B13	%I16	Sensor de proximidad magnético, de contacto normalmente abierto y de 2 hilos, el cual detecta la posición final del émbolo del cilindro sin vástago.
B14	%I17	Sensor de proximidad inductivo, normalmente abierto, de 3 hilos, PNP, el cual detecta la presencia del tocho.
B15	%I18	Sensor de proximidad inductivo, normalmente abierto, de 3 hilos, PNP, el cual verifica la longitud del tocho.
B16	%I19	Sensor de proximidad inductivo, normalmente abierto, inicialmente activado, de 3 hilos, PNP, el cual detecta si esta retraído el martinete de la máquina de forja.

Tabla 4.3. Direccionamiento de E/S del PLC. (Continuación)

Elemento	Dirección	Descripción
B17	%I20	Sensor de proximidad inductivo, normalmente abierto, de 3 hilos, PNP, el cual detecta si esta extendido el martinete de la máquina de forja.
Y1	%Q0	Bobina 1 de la electroválvula 1.
Y2	%Q1	Bobina 2 de la electroválvula 1.
Y3	%Q2	Bobina 3 de la electroválvula 2.
Y4	%Q3	Bobina 4 de la electroválvula 2.
Y5	%Q4	Bobina 5 de la electroválvula 3.
Y6	%Q5	Bobina 6 de la electroválvula 3.
Y7	%Q6	Bobina 7 de la electroválvula 4.
Y8	%Q7	Bobina 8 de la electroválvula 4.
Y9	%Q8	Bobina 9 de la electroválvula 5.
Y10	%Q9	Bobina 10 de la electroválvula 5.
Y11	%Q10	Bobina 11 de la electroválvula 6.
K1	%Q11	Relé que permite activar la máquina de forja.
H1	%Q12	Indicador luminoso, utilizado para indicar una parada de emergencia.

(*) Fuente propia.

4.5.7.- Diagrama funcional

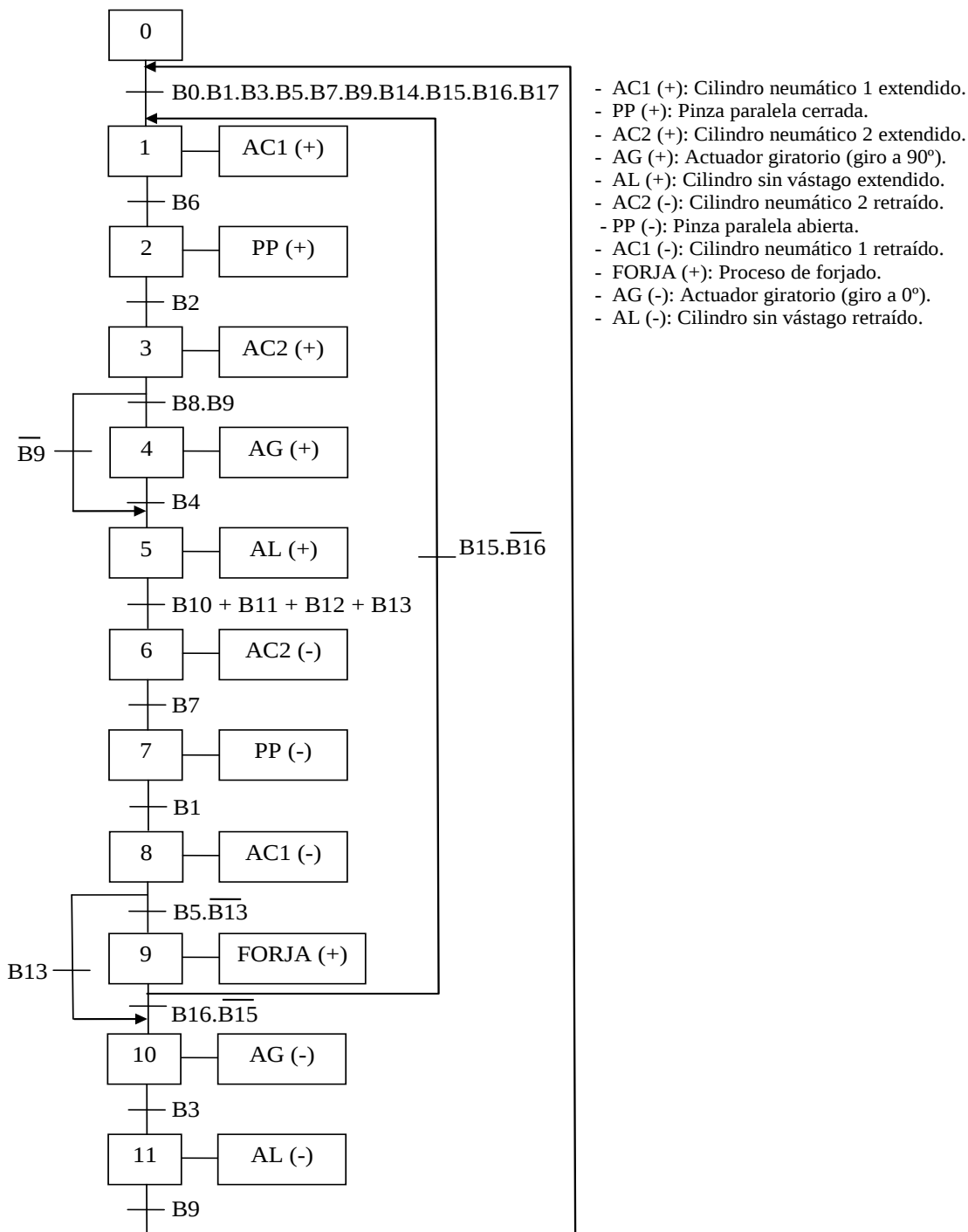


Figura 4.30. Diagrama funcional. (*)

(*) Fuente propia.

4.6.- Estudio de factibilidad económica**4.6.1.- Inversión requerida para la implementación del sistema diseñado**

La inversión inicial de un proyecto se define como el conjunto de desembolsos necesarios para la adquisición y adecuación de las posibilidades de producción que se requieren para que el proyecto inicie sus operaciones normalmente.

Para el sistema automatizado del proceso de forja, la inversión inicial esta reflejada por los gastos que genera la adquisición de elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos.

Tabla 4.4. Inversión inicial (ver Anexo 23). (*)

Descripción	Precio Unitario (Bs.F)	Cantidad	Total (Bs.F)
Sensor de Presión	420,28	1	420,28
Sensor de proximidad Magnético 1	132,29	4	529,16
Sensor de Proximidad Magnético 2	113,22	9	1.018,98
Sensor de Proximidad Inductivo	264,18	4	1.056,72
Pinza Paralela	3.521,23	1	3.521,23
Actuador Giratorio	1.089,61	1	1.089,61
Electroválvula 5/3 vías	486,22	5	2.431,1
Electroválvula 5/2 vías	476,52	1	476,52
Cilindro neumático 1	2.600,17	1	2.600,17
Cilindro neumático 2	552,89	1	552,89
Cilindro sin vástago	5.256,65	1	5.256,65
Eje Guía	4.697,56	2	9.395,12
PLC	6.196,28	1	6.196,28
Otros Gastos			1.550
Sub Total			36.094,71
IVA	9%		3.248,52
Total			39.343,23

(*) Fuente propia.

4.6.2.- Ahorros esperados con la implementación del sistema diseñado

La empresa DANA en su división Traction Technologies, mensualmente presenta costos adicionales generados por el uso de horas extras los fines de semana, por parte del personal obrero que labora en el área de forja. En los datos obtenidos del proceso, se pudo observar que el tiempo promedio para el forjado de una pieza es de 41 s, de los cuales el operario solo para realizar el cambio de posición del tocho en la maquina de forja consume 31 s del tiempo mostrado anteriormente. Durante un turno de 8 horas de trabajo, el operario logra forjar un promedio de 614 tochos de los 702 tochos correspondientes a un turno, obteniéndose un déficit de 88 tochos por turno. Por ello, en esta empresa laboran 16 turnos a la semana, de los cuales 15 turnos son de lunes a viernes y un turno adicional el día sábado para cumplir con la producción programada.

Con la implementación del sistema automatizado se logrará realizar el proceso de forja en solo 32 s. Por lo que se podrá cumplir con la producción diaria por turno, la cual es en promedio de 700 piezas. Para saber un aproximado del tiempo que tardará el sistema automatizado en realizar el cambio de posición de los tochos, se le descontó al tiempo normal de trabajo, los momentos improductivos debido al agotamiento de los operarios.

- Costo total por horas extras

Salario mensual = 1.527,15 Bs.F/mes

Salario diario = (1 mes / 30 días) x 1.527,15 Bs.F/mes = 50,91 Bs.F/día

Día extra = 147% x 50,91 Bs.F/día = 125,74 Bs.F/día

Horas extras al mes = (4 días sab/ mes) x 125,74 Bs.F/día = 502,94 Bs.F/mes

Total horas extras al mes = 6 operarios x 502,94 Bs.F/mes = 3.017,64 Bs.F/mes

Otros gastos operacionales = 2.500 Bs.F

Tabla 4.5. Costos generados por horas extras. ^(*)

Mes	Costo Total por Horas Extras (Bs.F)
Octubre	5.517,64
Noviembre	5.517,64
Diciembre	5.517,64
Enero	5.517,64
Febrero	5.517,64
Marzo	5.517,64

Con la data de costos obtenida para estos 6 meses por el pago de horas extras al personal obrero que labora en el turno adicional de los días sábado en la maquina de forja, se procedió a realizar los cálculos para la factibilidad económica del proyecto, tomando como base el promedio de los pagos realizados por la empresa en esos meses, el cual es de **5.517,64 Bs.F.** Por ello para la justificación económica, se asume este valor como el ahorro mensual que va a tener la empresa en los meses siguientes a la implementación del sistema automatizado.

4.6.3.- Evaluación económica del sistema diseñado

A continuación se procede a realizar la evaluación económica de la inversión asociada a la implementación del sistema automatizado. Tomando como referencia la tabla 4.7, en la cual se muestran los flujos de dinero que representan los ahorros mensuales que obtendrá la empresa con la implementación de dicho sistema.

^(*) Fuente propia.

- Estimado del número de meses

$$n > \text{Inversión Inicial (Bs.F)} / \text{ahorro mensual (Bs.F/mes)} = 8 \text{ meses}$$

Tabla 4.6. Flujos asociados a la inversión. (*)

Mes	Flujo (Bs.F / Mes)
1	5.517,64
2	5.517,64
3	5.517,64
4	5.517,64
5	5.517,64
6	5.517,64
7	5.517,64
8	5.517,64

4.6.4.- Cálculo de la tasa de interés mensual**- Costo de capital ($\overline{CC}$)**

Se refiere a la cantidad de dinero que hay que pagar por utilizar un capital, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\overline{CC} = \frac{i_d(\%)*CD + i_p(\%)*CP}{II} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

i_d (%) = Costo del capital de deuda.

i_p (%) = Costo del capital propio.

CD = Monto de la inversión inicial financiada con la deuda.

(*) Fuente propia.

CP = Monto de la inversión inicial en capital propio.

II = Inversión inicial.

Para el financiamiento de la inversión inicial, se hará de acuerdo con la estructura de capital que se muestra en la tabla 4.8.

Tabla 4.7. Financiamiento de la inversión inicial. (*)

Fuente de Financiamiento	Monto Financiado y Condiciones
Préstamo	Monto: 0 % II 0 cuotas uniformes mensuales $i = 0\%$ mensual
Capital Propio	Monto: 100% II Costo de oportunidad = 12 % Nivel de riesgo = 4 %

Por lo tanto:

$$\overline{CC} = \frac{0\% * 0 + 12\% * CP}{II} = 12\%$$

- Tasa mínima de rendimiento (TMR o $i_{\min}$)

Es la menor cantidad de dinero que se espera obtener como rendimiento de un capital, el cual se ha puesto a trabajar para poder cubrir los compromisos adquiridos de costo de capital.

$$TMR = \overline{CC} + \% \text{ Nivel de Riesgo} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

(*) Fuente propia.

Teniendo en cuenta que el costo de capital promedio es de 12 % y además esta presente un nivel de riesgo de 4 %, la tasa mínima de rendimiento que se utilizará para el cálculo de la rentabilidad es de 16 %.

$$TMR = 16 \%$$

- Cambio de la tasa de interés anual a mensual

Ya que los flujos monetarios están representados mensualmente, se utilizará la ecuación 4.9 para realizar el cambio de la tasa de interés anual a mensual.

$$i_a(\%) = \left((1 + i_m)^{12} - 1 \right) * 100 \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Sustituyendo en la ecuación el valor del interés anual ($i_a = 16 \%$), se obtiene un interés mensual de:

$$i_m = 1,24 \%$$

4.6.5.- Valor actual

El cálculo de la rentabilidad del proyecto se hará a través del valor actual, el cual expresa la rentabilidad de un proyecto de inversión en forma de una cantidad de dinero (Bs.F) en el presente, que es equivalente a los flujos monetarios netos del proyecto a una determinada tasa mínima de rendimiento.

En virtud de que el valor actual de un proyecto es función de los flujos monetarios netos y, a la vez, estos últimos dependen de los costos e ingresos asociados, entonces, un resultado de valor actual implica que un proyecto de inversión es rentable si:

$$VA \geq 0$$

Para el cálculo de éste valor se utilizara la ecuación 4.10:

$$VA (i\%) = \sum_{t=0}^n F_t * (P / S_{i,t}) \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Al sustituir en la ecuación 4.10 los siguientes valores:

$$i = 1,24 \%$$

$$n = 8 \text{ meses}$$

$$F_0 = 39.343,23 \text{ Bs.F}$$

$$F_1 = F_2 = F_3 = \dots = F_8 = 5.517,64 \text{ Bs.F}$$

Y además el valor del factor $(P/S_{i,t})$ para cada periodo, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$(P/S_{i,t}) = (1 + i)^{-n} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Tabla 4.8. Factor de actualización $(P/S_{i,t})$ para $i = 1,24 \%$. (*)

i (%)	t (meses)	Valor
1,24	1	0,9877
1,24	2	0,9757
1,24	3	0,9637
1,24	4	0,9519
1,24	5	0,9402
1,24	6	0,9287
1,24	7	0,9173
1,24	8	0,9061

(*) Fuente propia.

Se obtiene que el valor actual es de:

$$VA (1,24\%) = 41.776,5 \text{ Bs.F}$$

Como el $VA > 0$ los ingresos del proyecto superan a los costos, incluyendo la tasa mínima de rendimiento, en una cantidad equivalente a 41.776,5 Bs.F. El proyecto genera un beneficio superior al mínimo exigido y por lo tanto es un proyecto rentable.

4.6.6.- Tasa interna de retorno (i^*)

Es utilizada para representar el equivalente del beneficio anual expresado en porcentaje del capital invertido, y se calcula mediante la ecuación 4.12:

$$VA (TIR \%) = \sum_{t=0}^n F_t * (1 + TIR)^{-t} = 0 \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Al sustituir en la ecuación 4.12 los siguientes valores e igualando a cero:

$$n = 8 \text{ meses}$$

$$F_0 = 39.343,23 \text{ Bs.F}$$

$$F_1 = F_2 = F_3 = \dots F_8 = 5.517,64 \text{ Bs.F}$$

Se tiene que:

$$VA (i^* \%) = -39.343,23 + 5.517,64 \left(\left(\frac{P}{S_{i^*, 1}} \right) + \left(\frac{P}{S_{i^*, 2}} \right) + \left(\frac{P}{S_{i^*, 3}} \right) + \dots + \left(\frac{P}{S_{i^*, 8}} \right) \right) = 0$$

Para determinar el valor de la i^* aproximada de la ecuación anterior, se considera que la ocurrencia de los ingresos netos será constante ($\overline{F}_t$).

$$\overline{F_t} = \frac{\sum_{t=0}^n F_t}{n}$$

Ecuación 4.13

$$\overline{F_t} = 5517,64 \text{ Bs.F /mes}$$

Permitiendo con ello determinar la siguiente expresión:

$$- 39.343,23 + 5517,64 * \left(\frac{P}{Ri_a^*, n} \right) = 0$$

$$\left(\frac{P}{Ri_a^*, n} \right) = 7,13$$

Con este valor obtenido de $(P/Ri_a^*, n)$ y $n = 8$, se calcula por medio de la ecuación 4.14 el interés:

$$\left(\frac{P}{Ri_a^*, n} \right) = \frac{(1 + i_a^*)^n - 1}{i_a^* * (1 + i_a^*)^n}$$

Ecuación 4.14

$$i_{a, n}^* = 2,6 \%$$

Haciendo uso de la ecuación 4.9 se determina el valor de la tasa de interés mensual. Lo cual es necesario debido a que los flujos monetarios se encuentran expresados en meses.

$$i_a^* = 0,11 \%$$

Se calcula el VA para este valor de i_a^* :

$$VA(0,11\%) = 4.580,2 \text{ Bs.F}$$

Como el VA para una $i_a^* = 0,11\%$ es mayor que cero, se comienza el tanteo para el calculo del valor actual definitivo con una $i^* > i_a^*$, hasta obtener un $VA \leq 0$. De las tablas financieras se selecciona como primer valor una $i^* = 0,5\%$.

Tabla 4.9. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i^* = 0,5\%$. (*)

$i^* (\%)$	t (meses)	Valor
0,5	1	1,005
0,5	2	1,010
0,5	3	1,015
0,5	4	1,020
0,5	5	1,025
0,5	6	1,030
0,5	7	1,035
0,5	8	1,041

$$VA(0,5\%) = 3.821,04 \text{ Bs.F}$$

La segunda iteración se realiza con $i^* = 3\%$:

(*) Fuente propia.

Tabla 4.10. Factor de actualización ($P/S_{i,t}$) para $i^* = 3\%$. (*)

$i^* (\%)$	t (meses)	Valor
3	1	0,9709
3	2	0,9426
3	3	0,9151
3	4	0,8885
3	5	0,8626
3	6	0,8374
3	7	0,8131
3	8	0,7894

$$VA (3\%) = - 611,1 \text{ Bs.F}$$

Ahora se procede a realizar una interpolación lineal entre los valores obtenidos, para encontrar el valor de i^* que proporciona un $VA = 0$.

Tabla 4.11. Calculo del interés para un $VA = 0$. (*)

Nº Iteraciones	i^*	$VA (i^*) \text{ Bs.F}$
1	0,5	3.821,04
2	2,66	0
3	3	- 611,1

De lo anterior se obtiene que el valor de i^* necesario para que el $VA = 0$, es:

$$i^* = 2,66\%$$

(*) Fuente propia.

Debido a que la tasa interna de retorno ($i^* = 2,66\%$) es mayor a la tasa mínima de rendimiento ($i_m = 1,24\%$), se puede asegurar que el proyecto de inversión es rentable ver figura 4.31.

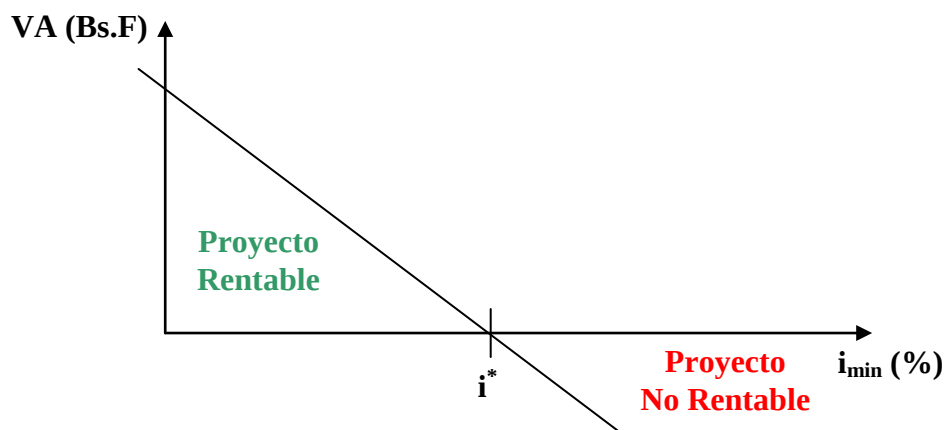


Figura 4.31. Zonas de rentabilidad de un proyecto. (*)

$i^* > i_m$, El Proyecto es Rentable.

4.6.7.- Tiempo de Pago

El tiempo de pago es un modelo de evaluación que mide el tiempo requerido para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial, para ello no se toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo ya que se calcula para una tasa mínima de rendimiento igual a cero.

Es necesario para obtener el tiempo de pago determinar la inversión pendiente por pagar al final:

$$\text{Inversión Pendiente Final} = -F_0 + t^*F_t$$

(*) Fuente propia.

F_0 = Inversión Pendiente Inicio = 39.343,23 Bs.F

F_t = Flujo Monetario = $F_1 = F_2 = F_3 = \dots = F_8 = 5.517,64$ Bs.F

Tabla 4.12. Inversión pendiente por pagar al final. (*)

t (meses)	F_0 (Bs.F)	$t * F_t$ (Bs.F)	Inversión Pendiente (Bs.F)
1	39.343,23	5517,64	-33825,59
2	39.343,23	11035,28	-28307,95
3	39.343,23	16552,92	-22790,31
4	39.343,23	22070,56	-17272,67
5	39.343,23	27588,20	-11755,03
6	39.343,23	33105,84	-6237,39
7	39.343,23	38623,48	-719,75
8	39.343,23	44141,12	4797,89

En la tabla 4.12 se puede notar como cambia el valor de la inversión pendiente por pagar entre el mes 7 y el mes 8, pero ya que la escala utilizada es mensual, se toma como tiempo de pago 8 meses, suficientes para que los ingresos netos recuperen totalmente la inversión inicial.

De los resultados obtenidos se concluye que el diseño automatizado es económicamente rentable, ya que:

$$VA (i_m \%) > 0$$

$$TIR > i_m \%$$

(*) Fuente propia.

CAPÍTULO V

Conclusiones

- Con el sistema diseñado se logra dar solución a los problemas ergonómicos que afectan a los operarios de la máquina de forja, ya que no será necesario exponer a estos trabajadores a agotadoras jornadas de trabajo.
- El sistema diseñado que mejor se adaptó al proceso de forjado fue el de posicionamiento de los tochos por medio de una pinza neumática, debido a su facilidad de montaje y un menor mantenimiento.
- Con la implementación del sistema automatizado se estima cumplir con la producción de 702 piezas por turno, aumentando en un 14,33% con respecto a la actual, ya que el sistema tiene la capacidad de disminuir el tiempo de fabricación de las piezas, logrando eliminar los turnos de sobretiempo los cuales generan gastos para la empresa.
- El estudio de factibilidad económica resultó ser rentable, en el cual se pretende recuperar la inversión en 8 meses, cumpliendo con las normativas de la empresa, ya que el tiempo de recuperación es menor a un año.

Recomendaciones

- De ser implementado este diseño por parte de la empresa, la misma debe realizar charlas del manejo y mantenimiento de los equipos con el fin de evitar cualquier accidente por la falta de conocimiento en el manejo del dispositivo.
- No se podrá utilizar el sistema diseñado para tochos con un peso mayor a 5 Kg.
- Para garantizar un óptimo desempeño en el área de forja de esta empresa, será necesario considerar la implementación del sistema automatizado propuesto para la colocación de los tochos en la canal del horno.
- Realizarle un mantenimiento preventivo a los equipos cada 6 meses para evitar el fallo de alguno de estos.
- La empresa deberá garantizar un suministro de aire comprimido adecuado para unas condiciones normales de funcionamiento y así evitar posibles fallos en los equipos.

Bibliografía

- Catálogo de Productos Neumáticos FESTO. Edición 2008.
- Groover, M. (1997). Fundamentos de Manufactura Moderna. México: Prentice Hall.
- Guerra Torrealba, V. (2003). Evaluación de Proyectos de Inversión. (2^{da} edición). Universidad de Carabobo.
- Mott, R. (1992). Diseño de Elementos de Máquinas. México: Prentice Hall.
- Shigley, J. (1998). Diseño en Ingeniería Mecánica (5^{ta} edición). México: Mc Graw-Hill.
- Singer, F. (1987). Resistencia de Materiales (4^{ta} edición). México: Marla.
- Smith, W. (1996). Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. (3^{ra} edición). México: Mc Graw-Hill.

Sitios Web

- www.festo.es
- <http://www.ab.com/catalogs>
- www.ing.puc.cl
- <http://www.directindustry.es/>

ANEXOS

Chart de Materia Prima de Forjas.

Descripción	Numero de Parte	Diámetro	Longitud	Peso
Piñón	CO-34135	65,00	182	4,75
Piñón	CO-34135	65,00	182	4,75
Piñón	CO-V-3228	60,33	161	3,62
Piñón	CO-V-3228	60,33	161	3,62
Piñón	CO-V-3229	65,00	152	3,96
Piñón	CO-V-3229	65,00	152	3,96
Piñón	CO-V-3929	66,68	134	3,68
Piñón	CO-V-3929	66,68	134	3,68
Piñón	CO-V-4147	60,33	165	3,70
Piñón	CO-V-4147	60,33	165	3,70
Piñón	CO-V-4146	65,00	146	3,81
Piñón	CO-V-4146	65,00	146	3,81
Piñón	CO-V-4159	65,00	161	4,20
Piñón	CO-V-4159	65,00	161	4,20
Piñón	CO-V-4170	65,00	163	4,25
Piñón	CO-V-4170	65,00	163	4,25
Piñón	CO-V-4273	60,33	134	3,00
Piñón	CO-V-4273	60,33	134	3,00
Piñón	CO-V-4274	60,33	118	2,65
Piñón	CO-V-4274	60,33	118	2,65
Planetario	CO-V-3909	66,68	99	2,72
Planetario	CO-V-3909	66,68	99	2,72
Planetario	CO-V-3718	60,33	73	1,65
Planetario	CO-V-3718	60,33	73	1,65
Planetario	CO-V-3664	66,68	82	2,25
Planetario	CO-V-3664	66,68	82	2,25
Planetario	CO-V-4931	66,68	89	2,44
Planetario	CO-V-4885	60,33	71	1,60
Planetario	CO-V-4885	66,68	60	1,65
Brida	CO-V-2363	60,33	63,2	1,42
Brida	CO-V-3447	60,33	110	2,61
Brida	CO-V-4114	60,33	105	2,36
Brida	CO-V-4165	60,33	84	1,89

Pinzas paralelas HGP

Hoja de datos

FESTO

Referencias				
Tamaño	Doble efecto		Seguro para la fuerza de sujeción G1	
	Sin muelle de compresión		Abierta	
[mm]	Nº de art.	Tipo	Nº de art.	Tipo
6	174 815	HGP-06-A	—	—
10	197 542	HGP-10-A-B	197 543	HGP-10-A-B-G1
16	197 545	HGP-16-A-B	197 546	HGP-16-A-B-G1
20	525 889	HGP-20-A-B	525 890	HGP-20-A-B-G1
25	197 548	HGP-25-A-B	197 549	HGP-25-A-B-G1
35	197 551	HGP-35-A-B	197 552	HGP-35-A-B-G1
Con tapa protectora contra el polvo				
16	539 636	HGP-16-A-B-SSK	—	—
25	539 635	HGP-25-A-B-SSK	—	—

Referencias: recambios		
Tamaño		
[mm]	Nº de art.	Tipo
6	378 516	HGP-06-A
10	397 376	HGP-10
16	397 377	HGP-16
20	397 378	HGP-20
25	397 397	HGP-25
32	397 380	HGP-35

TABLA A-22
Resultados de pruebas a la tensión de algunos metales*

NÚMERO	MATERIAL	CONDICIÓN	RESISTENCIA					EXP. RESIST. A DEFORM., m	DEFORM. A LA FRACT., ϵ_f
			DE FLUENCIA, S_y		ÚLTIMA, S_u		DE FRACTURA, COEFICIENTE σ_f		
			MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	DE, σ_0 MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1)†	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130)†	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106)†	758 (110)	0.24	0.85	
1045	Acero	Q&T 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273)†	0.041	0.81	
4142	Acero	Q&T 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255)†	0.048	0.43	
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221)†	1410 (205)	0.51	1.16	
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233)†	1270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2)†	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3)†	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102)†	882 (128)	0.13	0.18	

*Valores provenientes de uno o más grados (calores) y que se cree pueden obtenerse por especificaciones de compra apropiadas. La deformación a la fractura puede variar hasta en 100%.

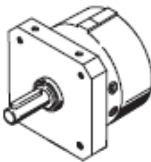
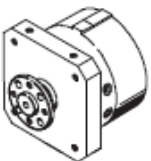
† Valor derivado.

Fuente: J. Datko, "Solid Materials," cap. 7 in Joseph E. Shigley y Charles R. Mischke (eds.), *Standard Handbook of Machine Design*, McGraw-Hill, Nueva York, 1986, pp. 7.47-7.50.

Actuadores giratorios DSM

FESTO

Hoja de datos DSM-12 ... 40

Referencias					
Actuador giratorio	Características	Ángulo de giro	Tamaño [mm]	Nº de art.	Tipo
Eje con chaveta					
	• Tope fijo • Ángulo de giro ajustable	270°	12	159 540	DSM-12-270-P
			16	159 541	DSM-16-270-P
			25	158 959	DSM-25-270-P
			32	152 593	DSM-32-270-P
			40	152 594	DSM-40-270-P
	• Amortiguador en la izquierda • Ángulo de giro ajustable	254° 254° 258° 258° 255°	12	164 321	DSM-12-270-P-CL
			16	163 000	DSM-16-270-P-CL
			25	163 002	DSM-25-270-P-CL
			32	163 004	DSM-32-270-P-CL
			40	163 006	DSM-40-270-P-CL
	• Con amortiguador en la derecha • Ángulo de giro ajustable	254° 254° 258° 258° 255°	12	164 322	DSM-12-270-P-CR
			16	163 001	DSM-16-270-P-CR
			25	163 003	DSM-25-270-P-CR
			32	163 005	DSM-32-270-P-CR
			40	163 007	DSM-40-270-P-CR
	• Con amortiguadores en ambos lados • Ángulo de giro ajustable	238° 238° 246° 246° 240°	12	164 323	DSM-12-270-P-CC
			16	161 746	DSM-16-270-P-CC
			25	161 747	DSM-25-270-P-CC
			32	161 748	DSM-32-270-P-CC
			40	161 749	DSM-40-270-P-CC
Eje hueco con brida					
	• Tope fijo • Ángulo de giro ajustable	270°	12	157 657	DSM-12-270-P-FW
			16	157 658	DSM-16-270-P-FW
			25	157 659	DSM-25-270-P-FW
			32	157 660	DSM-32-270-P-FW
			40	157 661	DSM-40-270-P-FW
	• Amortiguador en la izquierda • Ángulo de giro ajustable	254° 254° 258° 258° 255°	12	170 080	DSM-12-270-P-FW-CL
			16	170 083	DSM-16-270-P-FW-CL
			25	170 086	DSM-25-270-P-FW-CL
			32	170 089	DSM-32-270-P-FW-CL
			40	170 092	DSM-40-270-P-FW-CL
	• Con amortiguador en la derecha • Ángulo de giro ajustable	254° 254° 258° 258° 255°	12	170 081	DSM-12-270-P-FW-CR
			16	170 084	DSM-16-270-P-FW-CR
			25	170 087	DSM-25-270-P-FW-CR
			32	170 090	DSM-32-270-P-FW-CR
			40	170 093	DSM-40-270-P-FW-CR
	• Con amortiguadores en ambos lados • Ángulo de giro ajustable	238° 238° 246° 246° 240°	12	170 079	DSM-12-270-P-FW-CC
			16	170 082	DSM-16-270-P-FW-CC
			25	170 085	DSM-25-270-P-FW-CC
			32	170 088	DSM-32-270-P-FW-CC
			40	170 091	DSM-40-270-P-FW-CC

Cilindros normalizados DNC-KP, con unidad de bloqueo

FESTO

Referencias: producto modular

[M] Indicaciones mínimas					[O] Opcional →		
Nº de artículo	Función	Diámetro del émbolo	Carrera	Amortiguación	Detección de posiciones	Antigiro	Tipo de vástago
163 302	DNC	32	10 ... 2000	P PPV	A	Q	S2
163 334		40					
163 366		50					
163 398		63					
163 430		80					
163 462		100					
163 494		125					
Ejemplo de pedido							
163 430	DNC	- 80	- 550	- PPV	- A	- Q	- S2

Tablas para realizar los pedidos										
Tamaño	32	40	50	63	80	100	125	Condiciones	Código	Entrada código
[M] Nº de artículo	163 302	163 334	163 366	163 398	163 430	163 462	163 494			
Función	Cilindro normalizado de doble efecto, patrón de taladros normalizado, con unidad de bloqueo								DNC	DNC
Diámetro de émbolo [mm]	32	40	50	63	80	100	125		-...	
Carrera [mm]	10 ... 2000								-...	
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados								-P	
	Amortiguación neumática regulable en ambos lados								-PPV	
[O] Detección de posiciones	Para detectores de posición								-A	
Antigiro	Vástago cuadrado								-Q	
↓ Tipo de vástago	Doble vástago								-S2	

- [1] Q Carrera máxima: 10 ... 1 500 mm
 En combinación con S2: Vástago cuadrado unilateral en culata
 En combinación con KP: Suministrable sólo con S2
 No con K7

- [2] S2 En combinación con K2: Prolongación de la rosca en ambos lados
 En combinación con K3: Rosca interior en ambos lados
 En combinación con K5: Rosca especial en ambos lados
 En combinación con K8: Prolongación unilateral del vástago en el lado de la culata anterior
 En combinación con KP: Unidad de fijación en la culata posterior
 No con K7

Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Cilindros normalizados
ISO 15552 (ISO 6431 y VDMA 24562)

1.2

Referencias						
Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Sin detección de posiciones		Con detección de posiciones	
			Nº art.	Tipo ¹⁾	Nº art.	Tipo ¹⁾
	32	25	163 319	DNC-32-25-PPV	163 305	DNC-32-25-PPV-A
		40	163 320	DNC-32-40-PPV	163 306	DNC-32-40-PPV-A
		50	163 321	DNC-32-50-PPV	163 307	DNC-32-50-PPV-A
		80	163 322	DNC-32-80-PPV	163 308	DNC-32-80-PPV-A
		100	163 323	DNC-32-100-PPV	163 309	DNC-32-100-PPV-A
		125	163 324	DNC-32-125-PPV	163 310	DNC-32-125-PPV-A
		160	163 325	DNC-32-160-PPV	163 311	DNC-32-160-PPV-A
		200	163 326	DNC-32-200-PPV	163 312	DNC-32-200-PPV-A
		250	163 327	DNC-32-250-PPV	163 313	DNC-32-250-PPV-A
		320	163 328	DNC-32-320-PPV	163 314	DNC-32-320-PPV-A
		400	163 329	DNC-32-400-PPV	163 315	DNC-32-400-PPV-A
		500	163 330	DNC-32-500-PPV	163 316	DNC-32-500-PPV-A
	40	25	163 351	DNC-40-25-PPV	163 337	DNC-40-25-PPV-A
		40	163 352	DNC-40-40-PPV	163 338	DNC-40-40-PPV-A
		50	163 353	DNC-40-50-PPV	163 339	DNC-40-50-PPV-A
		80	163 354	DNC-40-80-PPV	163 340	DNC-40-80-PPV-A
		100	163 355	DNC-40-100-PPV	163 341	DNC-40-100-PPV-A
		125	163 356	DNC-40-125-PPV	163 342	DNC-40-125-PPV-A
		160	163 357	DNC-40-160-PPV	163 343	DNC-40-160-PPV-A
		200	163 358	DNC-40-200-PPV	163 344	DNC-40-200-PPV-A
		250	163 359	DNC-40-250-PPV	163 345	DNC-40-250-PPV-A
		320	163 360	DNC-40-320-PPV	163 346	DNC-40-320-PPV-A
		400	163 361	DNC-40-400-PPV	163 347	DNC-40-400-PPV-A
		500	163 362	DNC-40-500-PPV	163 348	DNC-40-500-PPV-A
	50	25	163 383	DNC-50-25-PPV	163 369	DNC-50-25-PPV-A
		40	163 384	DNC-50-40-PPV	163 370	DNC-50-40-PPV-A
		50	163 385	DNC-50-50-PPV	163 371	DNC-50-50-PPV-A
		80	163 386	DNC-50-80-PPV	163 372	DNC-50-80-PPV-A
		100	163 387	DNC-50-100-PPV	163 373	DNC-50-100-PPV-A
		125	163 388	DNC-50-125-PPV	163 374	DNC-50-125-PPV-A
		160	163 389	DNC-50-160-PPV	163 375	DNC-50-160-PPV-A
		200	163 390	DNC-50-200-PPV	163 376	DNC-50-200-PPV-A
		250	163 391	DNC-50-250-PPV	163 377	DNC-50-250-PPV-A
		320	163 392	DNC-50-320-PPV	163 378	DNC-50-320-PPV-A
		400	163 393	DNC-50-400-PPV	163 379	DNC-50-400-PPV-A
		500	163 394	DNC-50-500-PPV	163 380	DNC-50-500-PPV-A
	63	25	163 415	DNC-63-25-PPV	163 401	DNC-63-25-PPV-A
		40	163 416	DNC-63-40-PPV	163 402	DNC-63-40-PPV-A
		50	163 417	DNC-63-50-PPV	163 403	DNC-63-50-PPV-A
		80	163 418	DNC-63-80-PPV	163 404	DNC-63-80-PPV-A
		100	163 419	DNC-63-100-PPV	163 405	DNC-63-100-PPV-A
		125	163 420	DNC-63-125-PPV	163 406	DNC-63-125-PPV-A
		160	163 421	DNC-63-160-PPV	163 407	DNC-63-160-PPV-A
		200	163 422	DNC-63-200-PPV	163 408	DNC-63-200-PPV-A
		250	163 423	DNC-63-250-PPV	163 409	DNC-63-250-PPV-A
		320	163 424	DNC-63-320-PPV	163 410	DNC-63-320-PPV-A
		400	163 425	DNC-63-400-PPV	163 411	DNC-63-400-PPV-A
		500	163 426	DNC-63-500-PPV	163 412	DNC-63-500-PPV-A

1) El suministro incluye la fuerza para el vástago roscado

Actuadores lineales DGPL con guía

FESTO

Referencias

Actuadores sin vástago
Con acoplamiento mecánico

3.1

Referencias: cámara estándar

Diámetro del émbolo	Nº de artículo	Tipo
25	526 649	DGPL-25-250-PPV-A-B-KF
	526 650	DGPL-25-400-PPV-A-B-KF
	526 651	DGPL-25-500-PPV-A-B-KF
	526 652	DGPL-25-1 000-PPV-A-B-KF
32	526 657	DGPL-32-250-PPV-A-B-KF
	526 658	DGPL-32-400-PPV-A-B-KF
	526 659	DGPL-32-500-PPV-A-B-KF
	526 660	DGPL-32-1 000-PPV-A-B-KF
40	526 665	DGPL-40-250-PPV-A-B-KF
	526 666	DGPL-40-400-PPV-A-B-KF
	526 667	DGPL-40-500-PPV-A-B-KF
	526 668	DGPL-40-1 000-PPV-A-B-KF

Referencias: cámara variable con guía de deslizamiento GF

Diámetro del émbolo	Nº de artículo	Tipo
18	161 974	DGPL-18-...-PPV-A-GF-B
25	161 786	DGPL-25-...-PPV-A-GF-B
32	161 787	DGPL-32-...-PPV-A-GF-B
40	161 788	DGPL-40-...-PPV-A-GF-B
50	161 789	DGPL-50-...-PPV-A-GF-B
63	161 790	DGPL-63-...-PPV-A-GF-B
80	161 791	DGPL-80-...-PPV-A-GF-B

Referencias: cámara variable con guía de rodamiento de bolas KF

Diámetro del émbolo	Nº de artículo	Tipo
18	161 977	DGPL-18-...-PPV-A-KF-B
25	161 792	DGPL-25-...-PPV-A-KF-B
32	161 793	DGPL-32-...-PPV-A-KF-B
40	161 794	DGPL-40-...-PPV-A-KF-B
50	161 795	DGPL-50-...-PPV-A-KF-B
63	161 796	DGPL-63-...-PPV-A-KF-B
80	161 797	DGPL-80-...-PPV-A-KF-B

Referencias: consumibles

Diámetro del émbolo	Nº de artículo	Tipo
18	384 266	DGPL-18-...-PPV-A
25	123 563	DGPL-25-...-PPV-A
32	123 564	DGPL-32-...-PPV-A
40	123 565	DGPL-40-...-PPV-A
50	123 566	DGPL-50-...-PPV-A
63	123 567	DGPL-63-...-PPV-A
80	123 568	DGPL-80-...-PPV-A



Importante

Diámetro del émbolo de 8 y 12

Actuadores lineales DGC

→ 1 / 3.1-2

Unidades de guía FEN/FENG para cilindros normalizados

FESTO

Hoja de datos

Referencias: FEN-... para carreras variables						
Para cilindros normalizados DSN/DSNU/DNU						
Diámetro [mm]	Carrera [mm]	Con guía de deslizamiento		Con guía de rodamiento de bolas		
		Nº de art.	Tipo	Nº de art.	Tipo	
8/10	1 ... 100	35 196	FEN-8/10-...	35 197	FEN-8/10-...-KF	
12/16	1 ... 200	19 168	FEN-12/16-...	33 481	FEN-12/16-...-KF	
20	2 ... 250	19 169	FEN-20-...	33 482	FEN-20-...-KF	
25	2 ... 250	19 170	FEN-25-...	33 483	FEN-25-...-KF	
32	10 ... 500	19 171	FEN-32-...	33 484	FEN-32-...-KF	· 1 · Tipo sustituido
40		19 172	FEN-40-...	33 485	FEN-40-...-KF	· 1 · Tipo sustituido
50		19 173	FEN-50-...	33 486	FEN-50-...-KF	· 1 · Tipo sustituido
63		19 174	FEN-63-...	33 487	FEN-63-...-KF	· 1 · Tipo sustituido
80		19 175	FEN-80-...	33 488	FEN-80-...-KF	· 1 · Tipo sustituido
100		19 176	FEN-100-...	33 489	FEN-100-...-KF	· 1 · Tipo sustituido

Referencias: FENG-... para carreras variables						
Para cilindros normalizados DNC/DNCB/DNCV/DNG						
Diámetro [mm]	Carrera [mm]	Con guía de deslizamiento		Con guía de rodamiento de bolas		
		Nº de art.	Tipo	Nº de art.	Tipo	
32	10 ... 500	34 481	FENG-32-...	34 487	FENG-32-...-KF	
40		34 482	FENG-40-...	34 488	FENG-40-...-KF	
50		34 483	FENG-50-...	34 489	FENG-50-...-KF	
63		34 484	FENG-63-...	34 490	FENG-63-...-KF	
80		34 485	FENG-80-...	34 491	FENG-80-...-KF	
100		34 486	FENG-100-...	34 492	FENG-100-...-KF	

Referencias: FENG-...-KF con guía de rodamiento de bolas para carreras fijas												
Para cilindros normalizados DNC/DNCB/DNCV/DNG												
Diámetro [mm]	Nº de art. Tipo			Nº de art. Tipo			Nº de art. Tipo					
	Carrera 50 mm			Carrera 100 mm			Carrera 160 mm			Carrera 200 mm		
32	34 493	FENG-32-50-KF		34 494	FENG-32-100-KF		34 495	FENG-32-160-KF		34 496	FENG-32-200-KF	
40	34 499	FENG-40-50-KF		34 500	FENG-40-100-KF		34 501	FENG-40-160-KF		34 502	FENG-40-200-KF	
50	34 506	FENG-50-50-KF		34 507	FENG-50-100-KF		34 508	FENG-50-160-KF		34 509	FENG-50-200-KF	
63	34 513	FENG-63-50-KF		34 514	FENG-63-100-KF		34 515	FENG-63-160-KF		34 516	FENG-63-200-KF	
80	34 521	FENG-80-50-KF		34 522	FENG-80-100-KF		34 523	FENG-80-160-KF		34 524	FENG-80-200-KF	
100	34 529	FENG-100-50-KF		34 530	FENG-100-100-KF		34 531	FENG-100-160-KF		34 532	FENG-100-200-KF	
	Carrera 250 mm			Carrera 320 mm			Carrera 400 mm			Carrera 500 mm		
32	150 289	FENG-32-250-KF		34 497	FENG-32-320-KF		150 290	FENG-32-400-KF		34 498	FENG-32-500-KF	
40	34 503	FENG-40-250-KF		34 504	FENG-40-320-KF		150 291	FENG-40-400-KF		34 505	FENG-40-500-KF	
50	34 510	FENG-50-250-KF		34 511	FENG-50-320-KF		150 292	FENG-50-400-KF		34 512	FENG-50-500-KF	
63	34 517	FENG-63-250-KF		34 518	FENG-63-320-KF		34 519	FENG-63-400-KF		34 520	FENG-63-500-KF	
80	34 525	FENG-80-250-KF		34 526	FENG-80-320-KF		34 527	FENG-80-400-KF		34 528	FENG-80-500-KF	
100	34 533	FENG-100-250-KF		34 534	FENG-100-320-KF		34 535	FENG-100-400-KF		34 536	FENG-100-500-KF	

Ejes de guía FDG-ZR-RF sin actuador

Referencia: conjunto de productos

FESTO

M Indicaciones mínimas							O Opcional	
Nº de artículo	Función	Tamaño	Carrera	Tipo de guía	Guía	Carro	Accesorios	
538 791	FDG	25	1 ... 5 000	ZR	RF	GK GV	...B, ...Y, ...X, ...M, ...E ...Z, ...V, ...T, L, ...O, ...P, ...W, ...R	
538 792		40						
538 793		63						
Ejemplo de pedido								
538 791	FDG	- 25	- 300	- ZR	- RF	- GK	- ZUB	- 2B

Tablas para realizar los pedidos								
Tamaño		25	40	63	Condi- ciones	Código	Entrada código	
M	Nº de artículo	538 791	538 792	538 793				
	Función	Eje de guía sin accionamiento				FDG		FDG
	Tamaño	25	40	63		...		
	Carrera [mm]	1 ... 5 000				...		
	Tipo de guía	Para DGE-ZR-RF				-ZR		-ZR
	Guía	Guía de rodillos				-RF		-RF
	Carro	Carro estándar				-GK		
		Carro largo				1 -GV		
O	Accesorios	Accesorios incluidos sueltos				-ZUB-		-ZUB-
	Tapa de la ranura	1 ... 10				...B		
	Tuerca deslizante	Ranura de fijación 1 ... 10				...Y		
		Para carro 1 ... 10				...X		
	Soporte central	1 ... 10				...M		
	Pies de fijación	1 ... 10				...F		
	Casquillo para centrar (10 unidades)	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90				...Z		
	Cable de conexión con conector, M8, 2,5 m	1 ... 10				...V		
	Escuadra de fijación para detectores inductivos	1 ... 5				...T		
	Leva de conmutación	1				L		
	Detector de proximidad inductivo	Contacto abierto en reposo, cable de 2,5 m				...O		
		Contacto cerrado en reposo, cable de 2,5 m				...P		
		Contacto abierto en reposo, tipo clavija, M8				...W		
		Contacto cerrado en reposo, tipo clavija, M8				...R		

1 GV Carrera máxima
 Tamaño 25: 4 905 mm
 Tamaño 40: 4 860 mm
 Tamaño 63: 4 770 mm

Especificaciones de Producto

Estructurales

Tubos Estructurales



- ⇒ <longitud comercial (m)>
- ⇒ <número de colada>
- ⇒ <orden de fabricación (O/F)>

Todos los productos son empaquetados y flejados para facilitar su transporte y manejo. Cada paquete tiene un peso teórico máximo de 2.000 Kg.

Propiedades Mecánicas

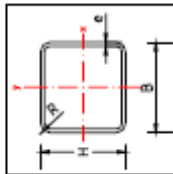
Norma ASTM A 500 Grado del Acero	Propiedades Mecánicas (mínimas)		
	Limite de Fluencia (psi)	Resistencia a la Tracción (psi)	% Elong
Grado A	39,000	45,000	25
Grado B	46,000	58,000	23
Grado C	50,000	62,000	21

Norma EN 10219 Grado del Acero	Propiedades Mecánicas (mínimas)						
	Limite de Fluencia		Resistencia a la Tracción Espesor ≤ 3 mm		Resistencia a la Tracción Espesor > 3 mm		%Elong
	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	
S235	235	34,000	360 a 510	52,000 a 74,000	340 a 470	50,000 a 68,000	24
S275	275	40,000	430 a 580	62,000 a 84,000	410 a 560	59,000 a 81,000	20
S355	355	51,000	510 a 680	74,000 a 99,000	490 a 630	71,000 a 91,000	20

Requerimientos Químicos

Norma ASTM A 500 Grado del Acero	Propiedades Química (% máximo)			
	C Carbono	Mn Manganeso	P Fósforo	S Azufre
Grado A	0.23	1.35	0.035	0.035
Grado B	0.26	1.35	0.035	0.035
Grado C	0.26	1.35	0.035	0.035

Tabla de Productos Estructurales
Tubos Estructurales



ASTM A 500-03a
Sección Cuadrada (Sistema Internacional)

Designación Comercial H x B NPS ⁽¹⁾	Espesor e	Radio R	Sección A	Peso P	Propiedades Estáticas				Grados Serie Tubos Estructurales Estandar (%)
					Ix-y pulg ⁴	Sx-Sy pulg ³	Zx-Zy pulg ³	rx-ry pulg	
1 x 1	0.076	0.234	0.373	0.007	0.036	0.072	0.009	0.300	A, B, C
1 x 1	0.120	0.360	0.573	1.270	0.044	0.088	0.116	0.344	A, B
1 1/4 x 1 1/4	0.076	0.234	0.345	1.176	0.077	0.153	0.148	0.471	A, B
1 1/4 x 1 1/4	0.120	0.360	0.464	1.692	0.090	0.180	0.201	0.440	A, B
1 1/2 x 1 1/2	0.076	0.234	0.423	1.438	0.130	0.165	0.221	0.672	A, B
1 1/2 x 1 1/2	0.120	0.360	0.501	1.705	0.229	0.349	0.411	0.777	A, B
2 x 2	0.076	0.234	0.679	1.959	0.340	0.340	0.435	0.774	A, B, C
2 x 2	0.120	0.360	0.853	2.904	0.360	0.460	0.609	0.765	A, B, C
2 x 2	0.100	0.605	1.242	4.220	0.630	0.630	0.811	0.717	A, B
2 1/2 x 2 1/2	0.120	0.360	1.004	3.792	1.005	0.905	0.940	0.950	A, B
2 1/2 x 2 1/2	0.100	0.605	1.610	5.509	1.370	1.103	1.363	0.923	A, B
2 1/2 x 2 1/2	0.260	0.750	2.038	6.927	1.605	1.255	1.644	0.880	A, B
3 x 3	0.076	0.234	0.690	3.030	1.251	0.934	0.907	1.105	A, B, C
3 x 3	0.093	0.249	0.940	3.216	1.323	0.982	1.025	1.103	A, B, C
3 x 3	0.120	0.360	1.234	4.639	1.800	1.304	1.421	1.164	A, B, C
3 x 3	0.100	0.605	1.895	6.799	2.637	1.991	2.055	1.120	A, B, C
3 x 3	0.250	0.750	2.535	8.020	3.034	2.023	2.630	1.004	A, B
3 1/2 x 3 1/2	0.076	0.234	1.046	3.650	2.020	1.184	1.333	1.390	A, B
3 1/2 x 3 1/2	0.090	0.304	1.301	4.426	2.470	1.415	1.645	1.370	A, B, C
4 x 4	0.090	0.304	1.497	5.095	3.755	1.977	2.174	1.594	A, B
4 x 4	0.120	0.360	1.814	6.174	4.485	2.243	2.614	1.572	A, B
4 x 4	0.100	0.605	2.740	9.351	6.491	3.246	3.654	1.537	A, B
4 x 4	0.250	0.750	3.535	12.032	7.999	3.999	4.050	1.504	A, B
6 x 6	0.250	0.750	6.535	18.030	29.055	9.952	11.790	2.322	A, B, C

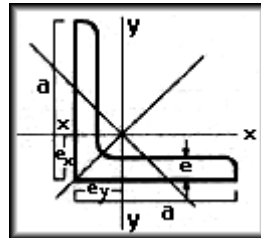
⁽¹⁾ NPS: Designación comercial del producto en pulgadas.

⁽²⁾ Los productos indicados con asterisco pueden ser fabricados bajo pedido por Industrias Unicon C.A.

Todas las propiedades estáticas están dadas en función de los valores nominales de la sección sin considerar las tolerancias de fabricación. Los pesos indicados en esta tabla corresponden a los pesos teóricos de los tubos en referencia y serán usados para efectos de cálculo y/o facturación del producto.

Tolerancias: Tolerancia = 25 mm ($\pm 1"$) para todas las medidas.
Longitud: Longitud = 10% para todas las medidas.
Espesor de Pared: $\pm 10\%$ para todas las medidas

HIERRO ANGULO



Ángulos	Dimensiones			Sección	Peso	Valores estáticos		
	a	e	ex=ey			Jx=Jy	J1	J2
	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ³	cm ³	cm ³
5/8" x 1/8"	15,9	3,2	0.51	0.91	0.7	0.20	0.09	0.31
3/4" x 1/8"	19,1	3,2	0.58	1.11	0.9	0.37	0.17	0.57
7/8" x 1/8"	22,2	3,2	0.66	1.31	1.0	0.58	0.31	0.94
1" x 1/8"	25,4	3,2	0.75	1.51	1.2	0.91	0.38	1.44
1" x 3/16"	25,4	4,8	0.81	2.19	1.8	1.25	0.55	1.96
1" x 1/4"	25,4	6,4	0.85	2.81	2.2	1.50	0.67	2.33
1 1/4" x 1/8"	31,7	3,2	0.91	1.92	1.5	1.83	0.74	2.93
1 1/4" x 3/16"	31,7	4,8	0.97	2.80	2.2	2.54	1.08	4.07
1 1/4" x 1/4"	31,7	6,4	1.01	3.67	2.9	3.13	1.37	4.9
1 1/2" x 1/8"	38,1	3,2	1.07	2.32	1.8	3.25	1.30	5.17
1 1/2" x 3/16"	38,1	4,8	1.13	3.40	2.7	4.58	1.86	7.26
1 1/2" x 1/4"	38,1	6,4	1.18	4.44	3.4	5.78	2.43	9.09
1 3/4" x 1/8"	44,4	3,2	1.23	2.73	2.1	5.24	2.11	8.35
1 3/4" x 3/16"	44,4	4,8	1.29	4.00	3.25	7.45	3.03	11.84
2" x 1/8"	50,8	3,2	1.39	3.13	2.52	7.91	3.18	12.64
2" x 3/16"	50,8	4,8	1.45	4.61	3.6	11.33	4.61	18.05
2" x 1/4"	50,8	6,4	1.50	6.05	4.7	14.48	5.93	22.96
2 1/4" x 3/16"	57,1	4,8	1.60	5.21	4.1	16.23	6.52	26.12

2 1/4" x 1/4"	57,1	6,4	1.68	6.85	5.4	21.23	8.62	33.40
2 1/2" x 3/16"	63,5	4,8	1.76	5.82	4.6	22.77	9.22	36.28
2 1/2" x 1/4"	63,5	6,4	1.82	7.66	6.1	29.26	12.00	46.59
3" x 1/4"	76,2	6,4	2.14	9.27	7.3	51.60	20.90	82.58
3" x 5/16"	76,2	7,9	2.20	11.47	9.1	62.80	25.83	100.03
3" x 3/8"	76,2	9,5	2.26	13.60	10.7	73.20	30.21	116.21
3 1/2" x 1/4"	88,9	6,4	2.46	10.89	8.6	83.60	33.76	133.47
3 1/2" x 5/16"	88,9	7,9	2.51	13.49	10.7	101.90	41.28	162.42
3 1/2" x 3/8"	88,9	9,5	2.57	16.02	12.6	119.40	48.44	189.55
4" x 1/4"	101,6	6,4	2.75	12.48	9.8	124.23	50.03	198.44
4" x 5/16"	101,6	7,9	2.84	15.50	12.2	154.60	62.54	246.68
4" x 3/8"	101,6	9,5	2.90	18.44	14.6	181.30	73.80	288.43
4" x 1/2"	101,6	12,7	3.00	24.19	19.0	231.40	95.79	367.43

Momentary Contact Push Button Units, Non-Illuminated



Flush Head Unit
Cat. No. 800T-A1A



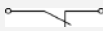
Extended Head Unit
Cat. No. 800T-B6A



Booted Unit
Cat. No. 800H-R2A



Bootless Flush Head Unit
Cat. No. 800H-AR1A

Contact Type		Button Color	Type 4/13		Type 4/4X/13	
			Flush Head	Extended Head	Booted★	Bootless Flush Head
			Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.
No Contact		Green	800T-A1	800T-B1	800H-R1	800H-AR1
		Black	800T-A2	800T-B2	800H-R2	800H-AR2
		Red	800T-A6	800T-B6	800H-R6	800H-AR6
	1 N.O.	Green	800T-A1D1	800T-B1D1	800H-R1D1	800H-AR1D1
		Black	800T-A2D1	800T-B2D1	800H-R2D1	800H-AR2D1
		Red	800T-A6D1	800T-B6D1	800H-R6D1	800H-AR6D1
	1 N.C.	Green	800T-A1D2	800T-B1D2	800H-R1D2	800H-AR1D2
		Black	800T-A2D2	800T-B2D2	800H-R2D2	800H-AR2D2
		Red	800T-A6D2	800T-B6D2	800H-R6D2	800H-AR6D2
	1 N.O. - 1 N.C.	Green	800T-A1A	800T-B1A	800H-R1A	800H-AR1A
		Black	800T-A2A	800T-B2A	800H-R2A	800H-AR2A
		Red	800T-A6A	800T-B6A	800H-R6A	800H-AR6A

2-Position Push-Pull and Push-Pull/Twist Release Units, Illuminated



*Illuminated 2-Position
Push-Pull*
Cat. No. 800T-FXP16RA1



*Illuminated 2-Position
Push-Pull/Twist*
Cat. No. 800T-FXTP16RA1



*Illuminated 2-Position
Push-Pull/Twist*
Cat. No. 800H-FRXT16RA1

Type	Lamp Type	Volts	Color	Contacts	Operator Position		Type 4/13		Type 4/4X/13
							Push-Pull Release	Push-Pull/Twist Release	Push-Pull/Twist Release
					Maintained	Maintained			
					Out	In	Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.
Full Voltage	Incandescent	24V AC/DC	Red	N.O. - N.C.L.B. * ✱	O X	X O	800T-FXQ24RA1	800T-FXTQ24RA1	800H-FRXTQ24RA1
	LED	120V AC					800T-FXQH10RA1	800T-FXTQH10RA1	800H-FRXTQH10RA1
		24V AC/DC					800T-FXQH24RA1	800T-FXTQH24RA1	800H-FRXTQH24RA1

Note: X = Closed / O = Open

Note: Emergency stop push buttons are compliant with EN 418 and EN/IEC 60947-5-5 Standards when using N.C.L.B. contact blocks.

* Normally closed late break contact. When button is pushed from the OUT to IN position, the mechanical detent action of the operator occurs before electrical contacts change state. When the button is pulled from the IN to the OUT position, the electrical contacts change state before the mechanical detent occurs.

✱ Consult your local Allen-Bradley sales office for availability of illuminated E-stops with Self Monitoring Contact Blocks (S.M.C.B.s).

Presostatos PEV atornillables

Código del producto, hoja de datos

FESTO

Sensores
Sensores de presión y deviat

1.2

Código del producto

	PEV	-	1/4	-	A	-	SW27	-	
Tipo	PEV	Presostato							
Conexión neumática	1/4	G1/4							
Generación	A	Serie A							
Ancho de llave	SW 27	27 mm							
Conexión eléctrica	-	Para conector tipo zócalo PEV-1/4-A-WD							
	B-OD	Para conector tipo zócalo PEV-1/4-WD-LED-...							

Datos técnicos

Tipo	PEV-1/4-A-SW27	PEV-1/4-A-SW27-B-OD
Función		
Conexión neumática	G1/4	
Datos eléctricos		
Tensión de funcionamiento [V DC]	12 ... 250	
Funcionamiento del elemento de maniobra	Conmutador	
Corriente máxima de salida [mA]	4 000	
Resistencia a cortocircuitos	No	
Protección contra polarización inversa	No	
Clase de protección	IP65	
Condiciones de funcionamiento y del entorno		
Fluido	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar	
Presión de funcionamiento [bar]	1 ... 10	
Temperatura ambiente [°C]	-30 ... +100	
	-20 ... +100	
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva UE de baja tensión	
Materiales		
Cuerpo	Acero cincado	

Referencias

Descripción	Conexión eléctrica	Conector tipo zócalo incluido en el suministro	Nº art.	Tipo
	Conector de 4 contactos	-	159 259	PEV-1/4-A-SW27
	Conector de 4 contactos	-	175 252	PEV-1/4-A-SW27-B-OD

Referencias: conectores tipo zócalo

Descripción	Tensión de funcionamiento		Nº art.	Tipo
	[V DC]	[V AC]		
 Para presostatos PEV-1/4-A-SW27	≤180	≤230	161 209	PEV-1/4-A-WD
 Para presostatos PEV-1/4-A-SW27-B-OD	15 ... 30	-	164 274	PEV-1/4-WD-LED-24
	≤180	≤230	164 275	PEV-1/4-WD-LED-230

Sensores de proximidad SME-10F, para ranura en C

FESTO

Hoja de datos: Reed magnético

Sensores
Sensores para actuadores

1.1

Datos técnicos			
Tipo de fijación	Aprisionado en la ranura en C desde la parte superior, a ras con el perfil del cilindro ¹⁾		
Conexión eléctrica	Cable trifilar	Cable con conector tipo zócalo M8x1 con rosca giratoria, 3 contactos	Cable bifilar
Tensión de funcionamiento en DC [V]	10 ... 30		5 ... 30
Tensión de funcionamiento en AC [V]	10 ... 30		5 ... 30
Corriente de salida máxima [mA]	500		100
Potencia de conmutación máx. DC [W]	10,0		3,0
Potencia de conmutación máx. AC [VA]	10,0		3,0
Resistencia a cortocircuitos	No		
Resistencia a sobrecarga	No		
Protección contra polarización inversa	No		
Clase de protección	IP65, IP67		

1) Aplicable a salida frontal.

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Temperatura ambiente [°C]	-20 ... +60
Temperatura ambiente con cableado móvil [°C]	-5 ... +60
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva UE de máquinas CEM
Certificación	cUL us - Listed (OL)

Materiales	
Cuerpo	Poliamida
Cubierta del cable	Poliuretano

Referencias							
	Salida digital	Conexión eléctrica			Longitud del cable	Nº art.	Tipo
		Cable	Cable con conector tipo clavija, rosca giratoria				
			M5x0,5	M8x1			
					[m]		
Salida lateral							
	Contacto normalmente abierto						
	Con contacto bi-polar	Trifilar	-	-	2,5	525 913	SME-10F-DS-24V-K2,5L-OE
		-	3 contactos	-	0,3	539 494	SME-10F-DS-24V-K0,3L-M5D
		-	-	3 contactos		525 914	SME-10F-DS-24V-K0,3L-M8D
		Bifilar	-	-	2,5	526 672	SME-10F-ZS-24V-K2,5L-OE
Salida lateral							
	Contacto normalmente abierto						
	Con contacto bi-polar	Trifilar	-	-	2,5	526 670	SME-10F-DS-24V-K2,5Q-OE
		-	-	3 contactos	0,3	526 671	SME-10F-DS-24V-K0,3Q-M8D
		Bifilar	-	-	2,5	526 673	SME-10F-ZS-24V-K2,5Q-OE

Sensores de proximidad SME-8M, para ranura en T

FESTO

Hoja de datos: Reed magnético

Datos técnicos			
Tipo de fijación	Atornillado en la ranura desde la parte superior, a ras con el perfil del cilindro		
Conexión eléctrica	Cable trifilar	Cable con conector tipo clavija, rosca giratoria	Cable bifilar
		M5x0,5, 3 contactos	
Longitud del cable	[m]	0,2 ... 10	
Propiedades del cable ¹⁾	Estándar		
	Para cadenas de arrastre		
	Para robots		
Condiciones de control para cables estándar	Cadena de arrastre: 5 millones de ciclos, radio de flexión de 75 mm		
	Resistencia a flexiones alternas: Según norma Festo. Envío de las condiciones de las pruebas bajo demanda		
Condiciones de las pruebas para el uso en cadenas de arrastre	Cadena de arrastre: 5 millones de ciclos, radio de flexión de 28 mm		
	Resistencia a flexiones alternas: Según norma Festo. Envío de las condiciones de las pruebas bajo demanda		
Condiciones de las pruebas para el uso en robots	Cadena de arrastre: 5 millones de ciclos, radio de flexión de 28 mm		
	Resistencia a la torsión: > 300 000 ciclos, $\pm 270^\circ/0,1$ m		
	Resistencia a flexiones alternas: Según norma Festo. Envío de las condiciones de las pruebas bajo demanda		
Tensión de funcionamiento en DC	[V]	5 ... 30	
Tensión de funcionamiento en AC	[V]	5 ... 30	
Corriente de salida máxima	[mA]	500	80
Corriente máxima de salida con sensor montado en los conjuntos de fijación	[mA]	80	
Potencia de conmutación máx. DC	[W]	10,0	2,4
Potencia de conmutación máx. AC	[VA]	10,0	2,4
Potencia máx. de conmutación DC con sensor montado en los conjuntos de fijación	[W]	2,4	
Potencia máx. de conmutación AC con sensor montado en los conjuntos de fijación	[VA]	2,4	
Resistencia a cortocircuitos	No		
Resistencia a sobrecarga	No		
Protección contra polarización inversa	No		
Clase de protección	IP65, IP68		

¹⁾ Selección de la opción correspondiente → Conjunto modular de productos 18

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Temperatura ambiente [°C]	-20 ... +70
Temperatura ambiente con cables doblados [°C]	-5 ... +70
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva UE de máquinas CEM
Certificación	CE ULus - Listed (OL) C-Tick

Materiales	
Cuerpo	Poliámmida, poliuretano, acero de aleación fina, inoxidable
Cubierta del cable	Poliuretano

Referencias						
	Salida digital	Conexión eléctrica		Longitud del cable [m]	Nº art.	Tipo
		Cable	Cable con conector tipo clavija, rosca giratoria			
			M5x0,5	M8x1		
	Contacto normalmente abierto	Con contacto bipolar	-	-	2,5	543 862 SME-8M-DS-24V-K-2,5-OE
					5,0	543 863 SME-8M-DS-24V-K-5,0-OE
					7,5	543 876 SME-8M-DS-24V-K-7,5-OE
		-	3 contactos	-	0,3	543 864 SME-8M-DS-24V-K-0,3-M5D
					543 861	SME-8M-DS-24V-K-0,3-M8D
		Bifilar	-	-	2,5	543 872 SME-8M-ZS-24V-K-2,5-OE

Sensores de proximidad SIEN-...-PA, inductivos

FESTO

Hoja de datos: distancia de detección normalizada, cuerpo de poliamida

Datos técnicos generales					
Tamaño			M12x1	M18x1	M30x1,5
Condiciones para el montaje			Enrasado o saliente		
Distancia de detección nominal S_n	Enrasado	[mm]	2,0	5,0	10,0
	Saliente	[mm]	4,0	8,0	15,0
Precisión de repetición	Enrasado	[mm]	0,04	0,1	0,2
	Saliente	[mm]	0,08	0,16	0,3

Datos eléctricos					
Tamaño	M12x1		M18x1		M30x1,5
Conexión eléctrica		Cable trifilar			
Tensión de funcionamiento	[V DC]	10 ... 30			
Corriente máxima de salida	[mA]	200			
Frecuencia máxima de conmutación DC	Enrasado	[Hz]	2 000	1 000	500
	Saliente	[Hz]	2 000	1 000	500
Resistencia a cortocircuitos		sincronizado			
Protección contra polarización inversa		En todas las conexiones eléctricas			
Clase de protección		IP65, IP67			

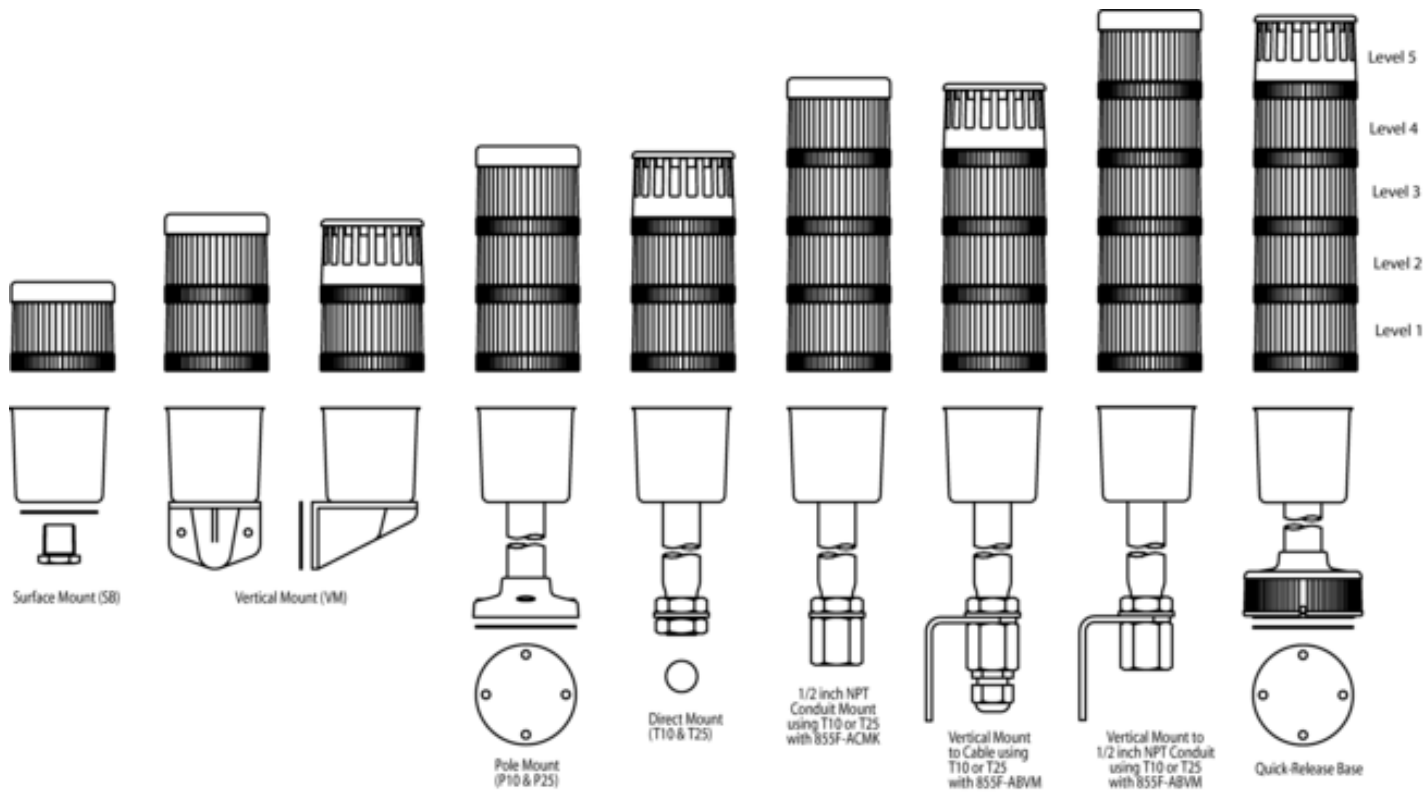
Materiales	
Cuerpo	Poliamida reforzada
Cubierta del cable	Cloruro de polivinilo

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Temperatura ambiente	[°C] -25 ... +70
Temperatura ambiente con cableado móvil	[°C] 0 ... 70
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva UE de máquinas CEM
Certificación	C-Tick

Referencias						
Tamaño	$S_n^{1)}$	Tipo de montaje	Salida digital	Funcionamiento de la salida	Conexión eléctrica	
	[mm]				Cable	
					Nº art.	Tipo
M12x1						
	2,0	Enrasado	PNP	Normalmente abierto	538 323	SIEN-M12B-PS-K-L-PA
			NPN		538 324	SIEN-M12B-NS-K-L-PA
	4,0	Saliente	PNP	Normalmente abierto	538 329	SIEN-M12NB-PS-K-L-PA
			NPN		538 330	SIEN-M12NB-NS-K-L-PA
M18x1						
	5,0	Enrasado	PNP	Normalmente abierto	538 325	SIEN-M18B-PS-K-L-PA
			NPN		538 326	SIEN-M18B-NS-K-L-PA
	8,0	Saliente	PNP	Normalmente abierto	538 331	SIEN-M18NB-PS-K-L-PA
			NPN		538 332	SIEN-M18NB-NS-K-L-PA
M30x1,5						
	10,0	Enrasado	PNP	Normalmente abierto	538 327	SIEN-M30B-PS-K-L-PA
			NPN		538 328	SIEN-M30B-NS-K-L-PA
	15,0	Saliente	PNP	Normalmente abierto	538 333	SIEN-M30NB-PS-K-L-PA
			NPN		538 334	SIEN-M30NB-NS-K-L-PA

1) S_n Distancia de conmutación de retroalimentación [mm]

Product Selection



855F P10- SC20 B 24 Y 3 Y 4 Y 5 L 7 P 1
a b c d e f g f g f g f g f g

a	
Base Type	
Code	Description
SB	Surface Mount with 1/2 in. NPT threaded connector and mounting nut
P10	10 cm Aluminum Pole Mount with Foot
P25	25 cm Aluminum Pole Mount with Foot
T10	10 cm Threaded Tube for Direct Mount
T25	25 cm Threaded Tube for Direct Mount
VM	Vertical Mount

Pre-Assembled Stacks

Products listed in the table below are typically in stock. Additional configurations (voltage, bases, colors, and sound) are available with extended leadtime. Contact your local Allen-Bradley distributor for details on availability and pricing.

Base Type	Voltage	Level 1		Level 2		Level 3		Level 4	Cat. No.	
		Module	Color	Module	Color	Module	Color	Module		
10 cm Aluminum Pole Mount	24V AC/DC	Steady LED	Amber	Steady LED	Red	—	—	—	855F-P10SC20B24Y5Y4	
			Green		Amber	Steady LED	Red	—	855F-P10SC20B24Y3Y5Y4	
	120V AC		Amber		Red	—	—	—	855F-P10SC20B10Y5Y4	
	Green		Amber		Steady LED	Red	—	855F-P10SC20B10Y3Y5Y4		
10 cm Threaded Tube Mount	24V AC/DC		Amber		Red	—	—	—	855F-T10SC20B24Y5Y4	
			Green		Amber	Steady LED	Red	—	855F-T10SC20B24Y3Y5Y4	
	120V AC		Amber		Red	—	—	—	855F-T10SC20B10Y5Y4	
	Green		Amber		Steady LED	Red	—	855F-T10SC20B10Y3Y5Y4		
10 cm Aluminum Pole Mount	24V AC/DC		Green		Amber	Steady LED	Red	100 db Dual Circuit Piezo Sound Alarm	855F-P10SC20B24Y3Y5Y4Q1	
			Red	100 db Piezo Sound Alarm, Pulsing Tone	—	—	—	—	855F-P10SC20B24Y4P1	

Electroválvulas Compact Performance CPE

FESTO

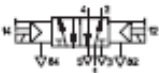
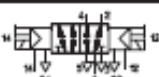
Hoja de datos: electroválvulas biestables de 5/2 vías

Válvulas distribuidoras para aplicaciones estándar
Compact Performance

2.1

Referencias: Micro CPE10				
Símbolo	Alimentación del aire de pilotaje	Conexión neumática	Nº art.	Tipo
Tensión de funcionamiento: 24 V DC				
	Interna	M5	196 875	CPE10-M1BH-SJ-M5
		M7	196 925	CPE10-M1BH-SJ-M7
		QS-4	196 876	CPE10-M1BH-SJ-QS-4
		QS-6	196 877	CPE10-M1BH-SJ-QS-6
	Externa	M5	196 878	CPE10-M1BH-SJS-M5
		M7	196 926	CPE10-M1BH-SJS-M7
		QS-4	196 879	CPE10-M1BH-SJS-QS-4
		QS-6	196 880	CPE10-M1BH-SJS-QS-6

Referencias: Mini CPE14				
Símbolo	Alimentación del aire de pilotaje	Conexión neumática	Nº art.	Tipo
Tensión de funcionamiento: 24 V DC				
	Interna	G3/8	196 939	CPE14-M1BH-SJ-3/8
		QS-6	196 907	CPE14-M1BH-SJ-QS-6
		QS-8	196 908	CPE14-M1BH-SJ-QS-8
	Externa	G3/8	196 940	CPE14-M1BH-SJS-3/8
		QS-6	196 909	CPE14-M1BH-SJS-QS-6
		QS-8	196 910	CPE14-M1BH-SJS-QS-8

Referencias: Midi CPE18				
Símbolo	Alimentación del aire de pilotaje	Conexión neumática	Nº art.	Tipo
Tensión de funcionamiento: 24 V DC				
	Interna	G3/4	163 143	CPE18-M1H-SJ-3/4
		QS-8	163 151	CPE18-M1H-SJ-QS-8
		QS-10	163 159	CPE18-M1H-SJ-QS-10
	Externa	G3/4	163 147	CPE18-M1H-SJS-3/4
		QS-8	163 155	CPE18-M1H-SJS-QS-8
		QS-10	163 163	CPE18-M1H-SJS-QS-10
Tensión de funcionamiento: 110 V DC				
	Interna	G3/4	163 763	CPE18-M2H-SJ-3/4
		QS-8	163 771	CPE18-M2H-SJ-QS-8
		QS-10	163 779	CPE18-M2H-SJ-QS-10
	Externa	G3/4	163 767	CPE18-M2H-SJS-3/4
		QS-8	163 775	CPE18-M2H-SJS-QS-8
		QS-10	163 783	CPE18-M2H-SJS-QS-10
Tensión de funcionamiento: 230 V DC				
	Interna	G3/4	163 787	CPE18-M3H-SJ-3/4
		QS-8	163 795	CPE18-M3H-SJ-QS-8
		QS-10	163 803	CPE18-M3H-SJ-QS-10
	Externa	G3/4	163 791	CPE18-M3H-SJS-3/4
		QS-8	163 799	CPE18-M3H-SJS-QS-8
		QS-10	163 807	CPE18-M3H-SJS-QS-10

Electroválvulas Compact Performance CPE

FESTO

Hoja de datos: válvulas de 5/3 vías

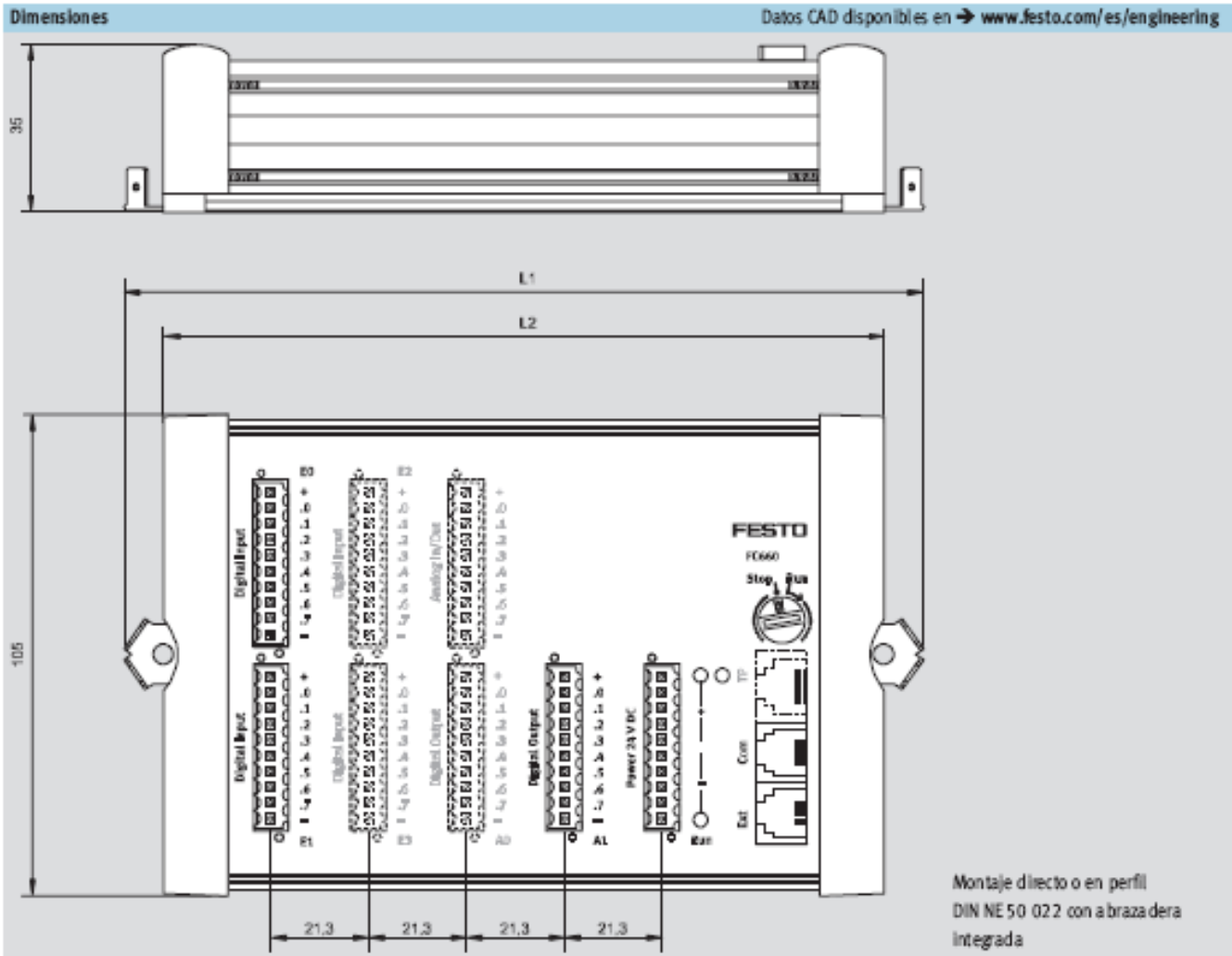
Válvulas distribuidoras para aplicaciones estándar
Compact Performance

2.1

Referencias: Mini CPE14				
Símbolo	Descripción	Conexión neumática	Nº art.	Tipo
Tensión de funcionamiento: 24 V DC				
	- Centro cerrado - Aire de pilotaje interior	G 1/8	196 937	CPE14-M1BH-5/3G-1/8
		QS-6	196 903	CPE14-M1BH-5/3G-QS-6
		QS-8	196 904	CPE14-M1BH-5/3G-QS-8
	- Centro cerrado - Aire de pilotaje exterior	G 1/8	196 938	CPE14-M1BH-5/3GS-1/8
		QS-6	196 905	CPE14-M1BH-5/3GS-QS-6
		QS-8	196 906	CPE14-M1BH-5/3GS-QS-8
	- Centro a escape - Aire de pilotaje interior	G 1/8	196 935	CPE14-M1BH-5/3E-1/8
		QS-6	196 899	CPE14-M1BH-5/3E-QS-6
		QS-8	196 900	CPE14-M1BH-5/3E-QS-8
	- Centro a escape - Aire de pilotaje exterior	G 1/8	196 936	CPE14-M1BH-5/3ES-1/8
		QS-6	196 901	CPE14-M1BH-5/3ES-QS-6
		QS-8	196 902	CPE14-M1BH-5/3ES-QS-8
	- Centro a presión - Aire de pilotaje interior	G 1/8	196 933	CPE14-M1BH-5/3B-1/8
		QS-6	196 895	CPE14-M1BH-5/3B-QS-6
		QS-8	196 896	CPE14-M1BH-5/3B-QS-8
	- Centro a presión - Aire de pilotaje exterior	G 1/8	196 934	CPE14-M1BH-5/3BS-1/8
		QS-6	196 897	CPE14-M1BH-5/3BS-QS-6
		QS-8	196 898	CPE14-M1BH-5/3BS-QS-8

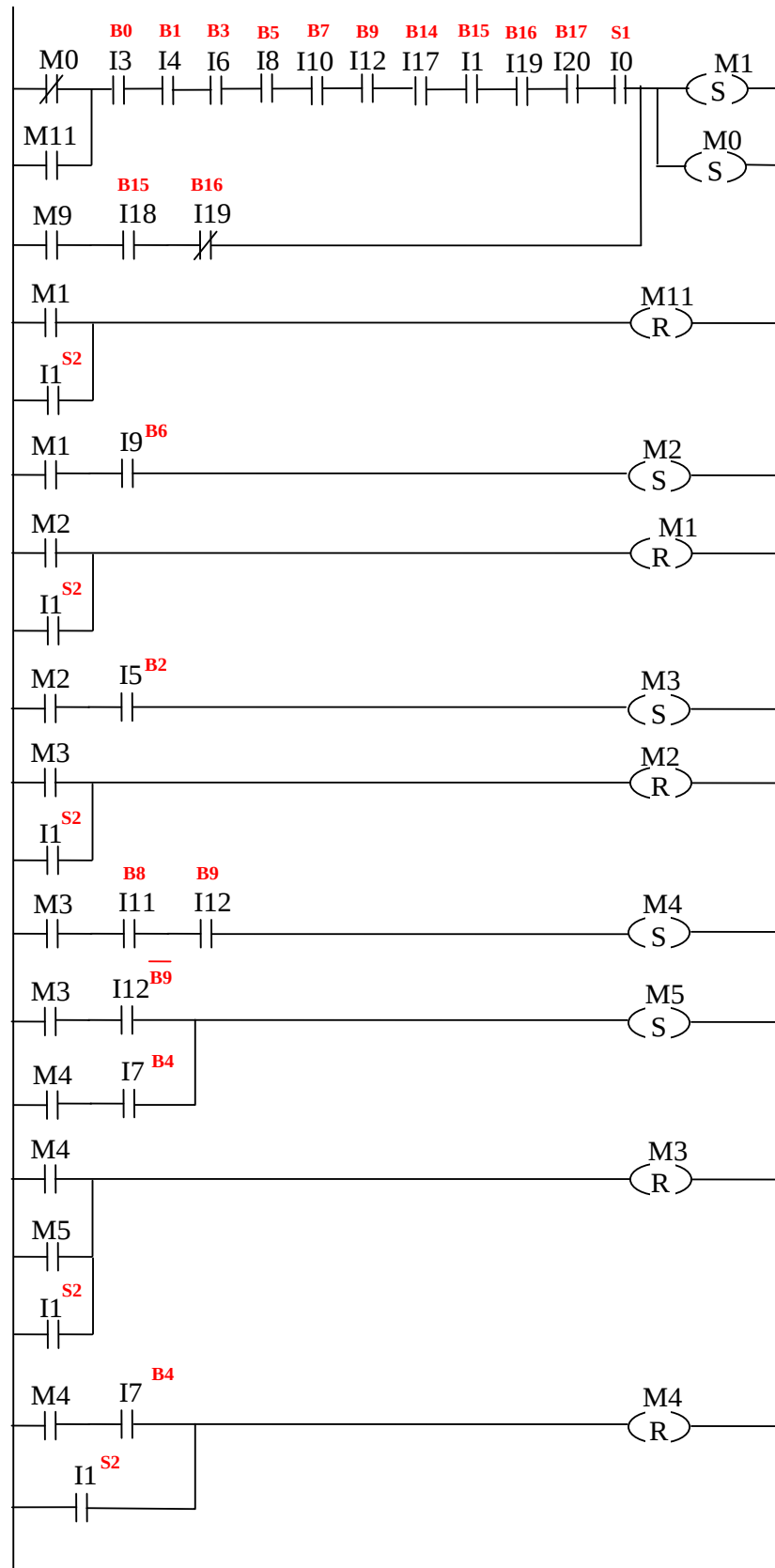
Controladores FEC, Standard

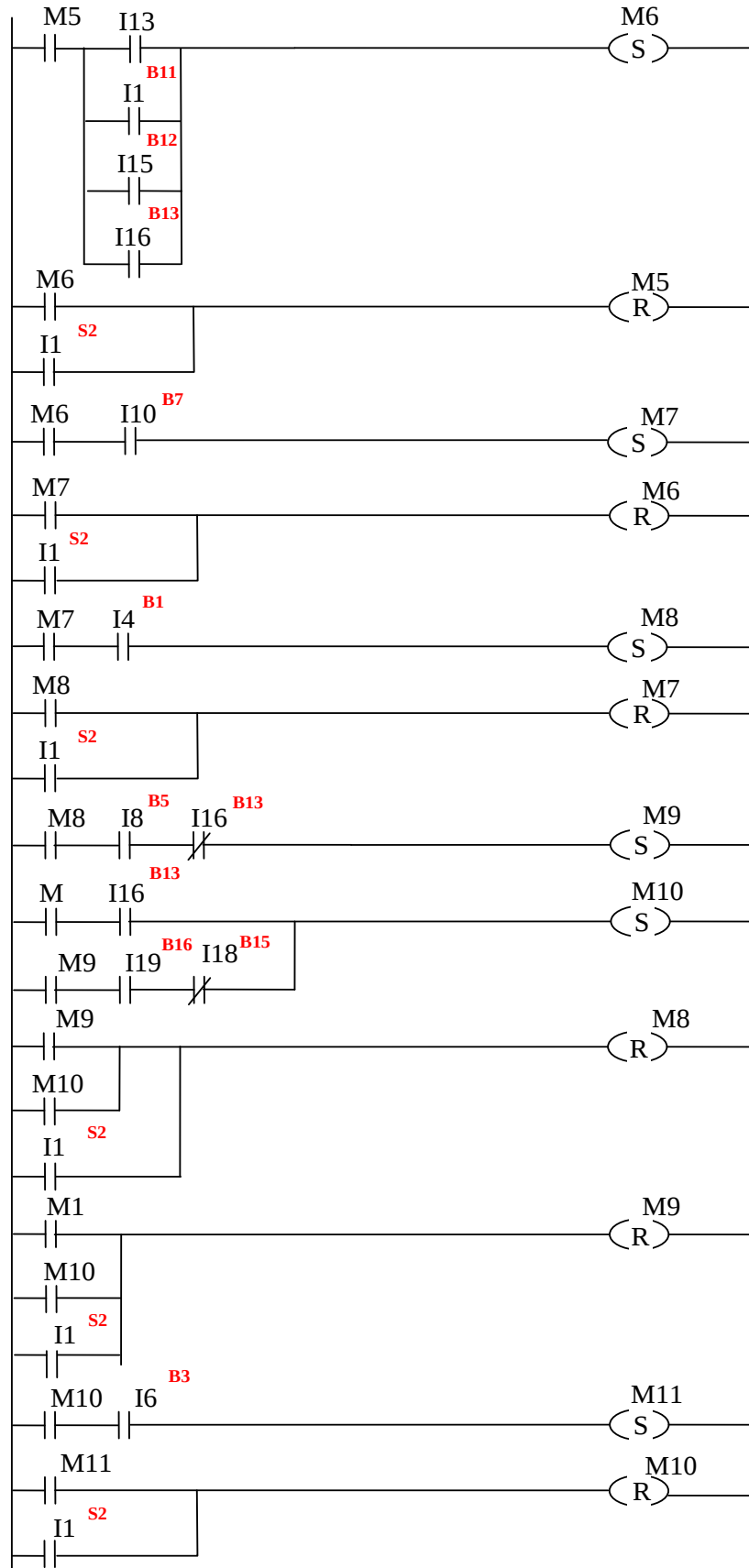
Hoja de datos

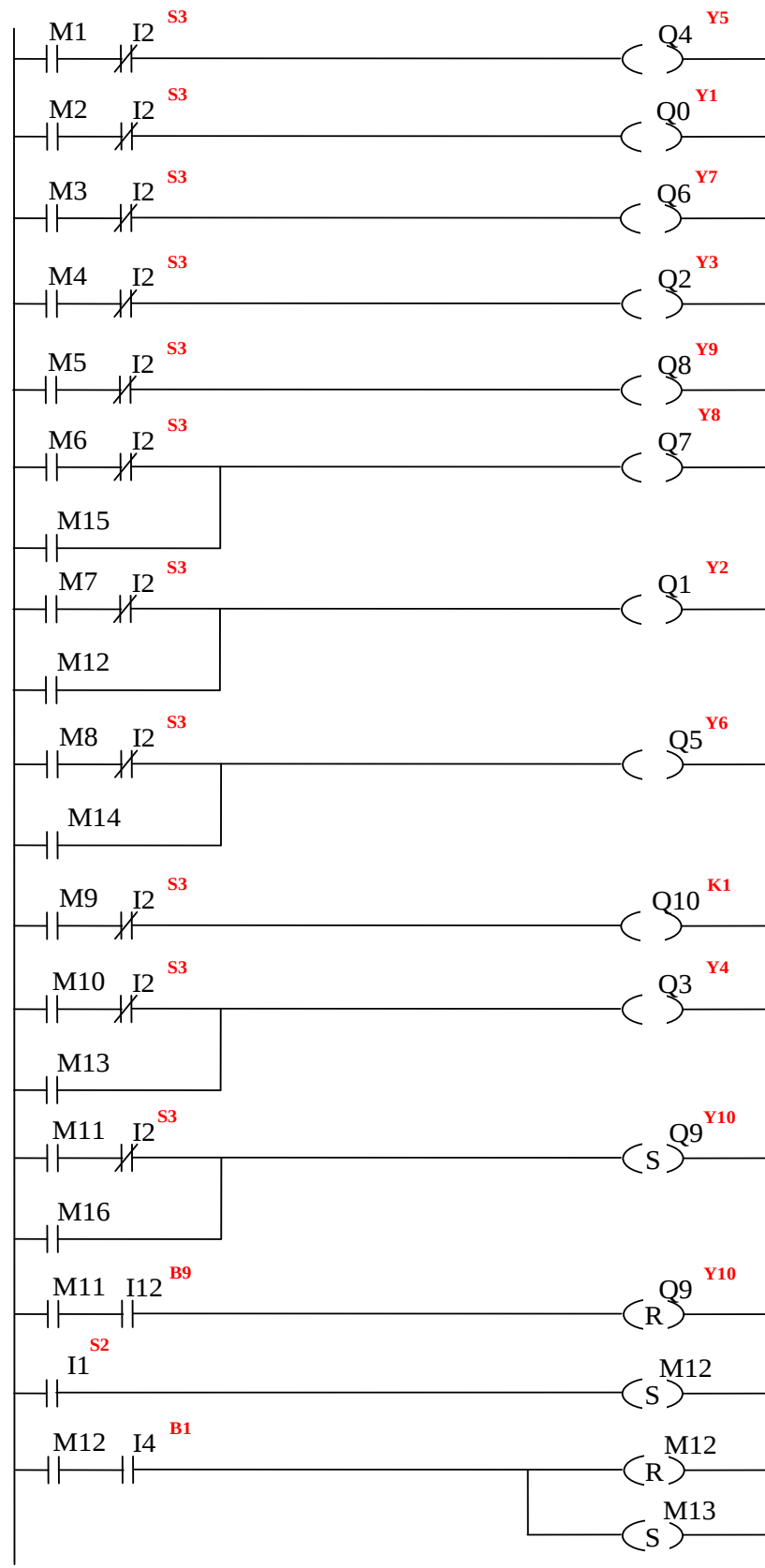


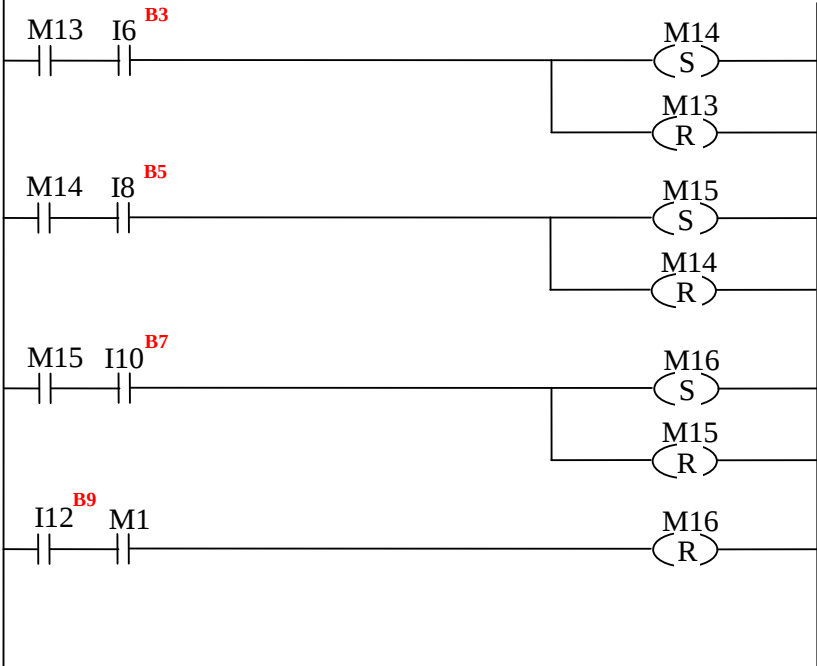
Tipo	L1	L2
FEC-FC4...	132,1	114,2
FEC-FC6...	174,7	156,8

Referencias – El FEC Standard con programación FST			
Denominación	Propiedades	Nº de artículo	Tipo
Controlador	16 E/8 S	183 862	FEC-FC400-FST
	16 E/8 S, Ethernet	185 205	FEC-FC440-FST
	32 E/16 S	191 449	FEC-FC600-FST
	32 E/16 S, Ethernet	191 450	FEC-FC640-FST
	32 E/16 S, 3/1 E/S analógicas, Ethernet	197 157	FEC-FC660-FST









FESTO

JESUS CAMPOS
VALENCIA
VALENCIA - Carabobo
RIF: J-31090990-3

Orden de Compra: SOL COTIZACION	Contacto: JESUS CAMPOS
---	----------------------------------

Asesor Asesor Valencia:	Teléfono	Fax:
-----------------------------------	----------	------

Forma de entrega: Condición general	Condición de pago: CONTADO
---	--------------------------------------

Cotización
11486889

Fecha:
11/03/2008

Validez:
18/03/2008

Página:
1 de 3

No. de cliente:
27000003

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 SENSOR MAGNETIC SME-10F-ZS-24V-K2,5L-OE Plazo de Entrega:45 Días hábiles	526672	132,29	1 PZ	132,29
Item 2 DET. PROX. SME-8M-ZS-24V-K-2,5-OE Plazo de Entrega:47 Días hábiles	543872	113,22	1 PZ	113,22
Item 3 SENSOR INDUCTIV SIEN-M30B-PS-K-L-PA Plazo de Entrega: Inmediato	538327	264,18	1 PZ	264,18
Item 4 PRESOSTATO MECA PEV-1/4A-SW27-B-OD Plazo de Entrega:45 Días hábiles	175252	420,28	1 PZ	420,28
Item 5 PINZA PARALELA HGP-35-A-B Plazo de Entrega:45 Días hábiles	197551	3.521,23	1 PZ	3.521,23

Festo VE-Maracaibo

Avenida 23 con calle 71 No. 22-62
Maracaibo
Venezuela
Tel.: 0058 (0261) 7594120
Fax.: 0058 (0261) 7590455
RIF.: J30289210
www.festo.com.ve

FESTO

JESUS CAMPOS
VALENCIA
VALENCIA - Carabobo
RIF: J-31090990-3

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 6 ACTUADOR GIRATO DSM- 16- 270P Plazo de Entrega: Inmediato	159541	1.089,61	1 PZ	1.089,61
Item 7 ELECTROVÁLVULA CPE14-M1BH-5/3G-1/8 Plazo de Entrega: Inmediato	196 937	486,22	1 PZ	486,22
Item 8 ELECTROVALVULA CPE14-M1BH-5J-1/8 Plazo de Entrega: 14 Días hábiles	196939	476,52	1 PZ	476,52
Item 9 CILINDRO DOBLE DNC-80-700- DNC-80-700-PPV-A-Q Plazo de Entrega: 2 Días hábiles	163430	2.600,17	1 PZ	2.600,17
Item 10 CILINDRO DOBLE DNC- 32- 200PPV-A Plazo de Entrega: Inmediato	163312	552,89	1 PZ	552,89
Item 11 ACC. NEUMATICO L DGPL- 25-1800-PPVA- GF B Plazo de Entrega: 44 Días hábiles	161786	5.256,65	1 PZ	5.256,65
Item 12 UNIDAD GUIA FENG-80-250-KF Plazo de Entrega: 44 Días hábiles	34491	4.697,56	1 PZ	4.697,56

Cotización

11486889

Fecha:
11/03/2008

Validez:
18/03/2008

Página:
2 de 3

Nº. documento:
27000003

Festo VE-MaraCaibo

Avenida 23 con calle 71 No. 22-62
Maracaibo
Venezuela
Tel.: 0058 (0261) 7594120
Fax.: 0058 (0261) 7 590455
RIF.: J30289210
www.festo.com.ve

FESTO

JESUS CAMPOS
VALENCIA
VALENCIA - Carabobo
RIF: J-31090990-3

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 13 FEC32E/16S3/1AE FEC FC660-FST Plazo de Entrega: Inmediato	197157	6.196,28	1 PZ	6.196,28
Sub Total				25.807,10
IVA 9,00 %				2.322,64
Total				28.129,74
VEINTIOCHO MIL CIENTO VEINTINUEVE BOLIVARES FUERTES (Bs.F.) CON SETENTA Y CUATRO CENTIMOS				

Términos:

- 1.- El tiempo de entrega ofrecido puede verse afectado por las regulaciones vigentes adoptadas por el ejecutivo nacional a las importaciones.
- 2.- Los precios de esta cotización están sujetos a cambios sin previo aviso en caso de agotarse las existencias en nuestro inventario, o por efectos en el cambio de la moneda, ya que son productos importados.

Cotización

11486889

Fecha:

11/03/2008

Validez:

18/03/2008

Página:

3 de 3

No. de cliente:

27000003

Festo VE-MaraCaibo

Avenida 23 con calle 71 No. 22-62
MaraCaibo
Venezuela
Tel.: 0058 (0261) 7594120
Fax.: 0058 (0261) 7590455
RIF.: J30289210
www.festo.com.ve