UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

REDISEÑO DE LAS MÁQUINAS DE IMPRESIÓN DE GAVERAS EN UNA INDUSTRIA CERVECERA.

Alcalá P. Juan C.
Hornebo A. Alejandro N.

Abril de 2008

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

REDISEÑO DE LAS MÁQUINAS DE IMPRESIÓN DE GAVERAS EN UNA INDUSTRIA CERVECERA.

Alcalá P. Juan C.
Hornebo A. Alejandro N.

Abril de 2008

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

REDISEÑO DE LAS MÁQUINAS DE IMPRESIÓN DE GAVERAS EN UNA INDUSTRIA CERVECERA.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.

Alcalá P. Juan C.
Hornebo A. Alejandro N.

Abril de 2008

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajos firmantes, miembros del jurado designado para evaluar el trabajo especial de grado titulado ***"Rediseño de las máquinas de impresión de gaveras en una industria cervecera"***, realizado por los bachilleres: **Juan Carlos Alcalá Peláez**, cédula de identidad: **V-16.895.173** y **Alejandro Nicolás Hornebo Avendaño,** cédula de identidad: **V-16.153.505** hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo

_____
Prof. José Gutiérrez
Presidente

_____
Ing. Adriana Herrera
Jurado

_____
Ing. Brizeida Gamez
Jurado

Valencia, Abril de 2008

DEDICATORIA

A mi Dios todopoderoso, que con su luz ilumina cada día de nuestras vidas y nos brinda la fuerza necesaria para superar cada reto que se nos presenta.

A mis padres, con su apoyo, amor, comprensión y paciencia han hecho de mi lo que soy hoy en día y gracias a ellos hoy puedo decir que soy ingeniero.

A mis hermanos Mary, Lissette y Alex por el gran apoyo que me brindaron a lo largo de mi vida y en especial en estos cinco años de carrera, gracias por todo.

A mis sobrinos Alfredo, Herling, Erick, Maria y Andrés, quienes con sus juegos y compañía me hicieron olvidar un poco el estrés que representa la carrera.

A mi novia Marysabel, quien desde el inicio de mi carrera me ha brindado su amistad, comprensión, dulzura y amor; tus palabras fueron el más efectivo calmante para los momentos difíciles, ten siempre presente que este triunfo es de ambos, gracias mi vida, te amo…

A mis cuñados en especial a Domingos por el apoyo brindado durante todo este tiempo, sabes que cuentas conmigo.

A todos mis amigos de mecánica por la amistad y compañía durante toda nuestra carrera y espero se conserve durante toda la vida.

Alejandro N. Hornebo A.

AGRADECIMIENTOS

A Nelly Torrealba por brindarme siempre su energía positiva, los mejores consejos y el gran apoyo dado desde comienzo de mi carrera hasta hoy en día.

A Juan Carlos Alcalá, por la amistad brindada a lo largo de nuestra carrera y por la realización en conjunto de nuestro trabajo de grado.

A la Universidad de Carabobo, institución que me permitió superarme académicamente.

A nuestro tutor empresarial Ingeniero Marcos Rodríguez por la oportunidad y apoyo brindado.

A las Empresas Polar Industria Metalgráfica por la oportunidad de desarrollar nuestro proyecto en sus instalaciones.

A la familia Alcalá Peláez por todo el apoyo y colaboración prestada.

A nuestro tutor Ingeniero José Gutiérrez, por ser el guía de nuestro proyecto, por su ayuda prestada y su disposición de ayudar en todo momento.

A la Ingeniero Adriana Herrera, por el apoyo y su siempre disposición de ayudarnos en nuestro trabajo de grado.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en el desarrollo de nuestro proyecto.

Alejandro N. Hornebo A.

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador, por ser quien con su mano bendita guía mis pasos y me lleva por el buen camino, gracias Dios por tu ayuda para así poder cumplir con este sueño.

A mi mama y mi papa, por ser unos seres ejemplares, por brindarme todo su amor a lo largo de toda mi vida, aconsejarme en todo momento y en especial por apoyarme en todas mis decisiones, sin ellos no estuviera aquí GRACIAS.

A mi hermana Patricia, por ser mi amiga, por ayudarme en todo y en cada momento, gracias por tus deseos y tu apoyo, ¡Nana! ya somos colegas. TQM

A mi ahijado Diego Arturo, por ser la luz que ilumina mis ojos y ser mi felicidad en todo momento, gracias hijo por alegrar mi vida con tus ocurrencias y hacerme olvidar por un rato del mundo.

A mi tío Jorge, por ser una persona con un gran carisma y alegría, por decirme unos días antes de morir que cumpliera este sueño y que estaba orgulloso de mi, yo se que estas aquí acompañándome, ¡te extrañamos!

A toda mi familia, gracias por su apoyo y ayuda en toda la carrera. Gracias a todos.

A todos mis amigos y compañeros, los de la universidad por vivir estos años de stress y felicidad juntos, los del colegio por todos los años de amistad, y a los que he tenido la dicha de conocer a lo largo de mi vida por estar siempre ahí conmigo.

Juan Carlos Alcalá Pelaéz

AGRADECIMIENTOS

A Alejandro Hornebo, por todo este tiempo de amistad y por emprender juntos la realización de este trabajo de grado, ya cumplimos con este sueño hermano.

A la familia Hornebo Avendaño en especial a la Sra. Rita y Lissette Hornebo por su apoyo y ayuda brindada.

A la Universidad de Carabobo por brindarme la oportunidad de estudiar y crecer como profesional.

Al Ing. Marcos Rodríguez, por darnos la oportunidad de realizar este trabajo de grado además de su apoyo en el tiempo que estuvimos en las Empresas Polar.

A las Empresas Polar, Planta Metalgráfica, por abrirnos sus puertas y darnos la oportunidad de formar parte de su organización.

Al Ing. José Gutiérrez, por ser nuestro tutor académico y ayudarnos en todo momento para la realización de este trabajo de grado.

A mis amigas y amigos por todas sus palabras y apoyo, ¡gracias!

A todos los profesores que nos ayudaron de una u otra forma con su sabiduría para el éxito de este trabajo de grado.

A todas las personas que de una u otra forma nos brindaron un granito de arena para realizar este sueño.

Juan Carlos Alcalá Pelaéz

NOMENCLATURA

Símbolo	Definición
A	Área
A_{APLAST}	Área sometida a esfuerzos de aplastamiento
At	Área de esfuerzo a tensión
A_g	Área de la garganta de la soldadura
B	Distancia de aplicación de la fuerza con respecto a un punto critico
b	Base
C	Distancia del centro de inercia a la fibra mas alejada.
Cop	Costos operacionales
D, d	Diámetro
d_{PERNO}	Diámetro del perno
dp	Diámetro de paso
e	Espesor
et	Eficiencia del tornillo
Ft	Flujos monetarios netos al año
f_R	Fuerza de roce
N	Factor de seguridad
F_{CS}	Fuerza ejercida por el peso de la tapa inferior de la guías de centrado así como del cuerpo de la guías de centrado
F	Fuerza aplicada
g	gravedad
h	Altura
I	Momento de inercia
i	Tasa mínima de rendimiento
II	Inversión inicial
J	Momento polar de inercia
Kts	Factor teórico de concentrador de esfuerzo
L	Longitud
Lmin	Longitud mínima
M_{max}	Momento máximo
N	Factor d seguridad
P_{BA}	Peso de la base de apoyo
Q	Caudal
r	Radio
R	Reacción de una fuerza
Syr	Limite de fluencia requerido
Sys	Criterio de cedencia

Syd	Limite de fluencia disponible
Se	Limite elástico
Sut	Esfuerzo último
T	Tiempo de respuesta del cilindro neumático
T_u	Torque requerido
Vol	Volumen de la pieza
τ	Torsión en juntas soldadas
τ''	Esfuerzo cortante secundario
τ'	Esfuerzo cortante primario
α	Angulo radial de la rosca
ρ	Densidad
μ	Coeficiente de fricción
^oF	Grados Fahrenheit
λ	Ángulo de avance de la rosca
σ_a	Esfuerzo admisible
σ	Esfuerzo normal
σ_p	Esfuerzo permisible

ÍNDICE GENERAL

Introducción… …. 1
Capítulo I… .. 3
1.1. Situación problemática… … … … … … … … … … … … … … ….. 3
1.2. Objetivos… .. 7
1.2.1. Objetivo general… … … … … … … … … … … … … … … ... 7
1.2.2. Objetivos específicos… … … … … … … … … … … … … … 7
1.3. Justificación de la investigación. … … … … … … … … … … … 8
1.4. Limitaciones y Delimitaciones… … … … … … … … … … … … 8
1.4.1. Limitaciones… … … … … … … … … … … … … … … … … 8
1.4.2. Delimitaciones… … … … … … … … … … … … … … … … 9
Capítulo II… … 10
2.1. Antecedentes… … … … … … … … … … … … … … … … … … 10
2.2. Bases teóricas… … … … … … … … … … … … … … … … … … 12
2.2.1. Serigrafía… … … … … … … … … … … … … … … … … … 12
2.2.2. Lógica cableada … … … … … … … …… … … … … … … 15
2.2.3. Control lógico programable (PLC) … … … … … … … … 16
2.2.4. Sensores… … … … … … … … … … … … … … … … … … 17
2.2.5. Actuadores de doble efecto… … … … … … … … … … … 19
2.2.6. Construcción y desarrollo de sistemas neumáticos… … … … 20
2.3. Definición de términos básicos… … … … … … … … … … … 22
Capítulo III… … 23
3.1. Nivel de la investigación… … … … … … … … … … … … … 23
3.2. Diseño de la investigación… … … … … … … … … … … … … 23
3.3. Generación y selección de las alternativas de solución… … … … 24
3.4. Diseño de la solución… … … … … … … … … … … … … … … 25
3.5. Evaluación económica… … … … … … … … … … … … … … 26

Capítulo IV… … 27
4.1. Evaluación de la situación actual de las máquinas schoeller en el proceso productivo del área de impresión de gaveras… … … … … … 27
4.2. Descripción de las soluciones… … … … … … … … … … … … … 32
4.3. Rediseño del sistema de anclaje de los tanques de pintura. … … … 32
4.3.1. Alternativa de solución 1 para el sistema de anclaje del tanque 33
4.3.2. Alternativa de solución 2 para el sistema de anclaje del tanque 34
4.3.3. Selección de la mejor alternativa … … … … … … … … … … 35
4.3.4. Especificaciones y diseño de la solución para el sistema de anclaje que conforma la solución definitiva… … … … … … … … 36
4.3.5. Tanque de pintura… … … … … … … … … … … … … … … 37
4.3.6. Barras cilíndricas. … … … … … … … … … … … … … … … 38
4.3.7. Placa de soporte de las barras cilíndricas … … … … … … … 42
4.3.8. Fijación de la barra cilíndrica y de la placa al tanque de pintura … 46
4.3.9. Bases de apoyo de las barras cilíndricas… … … … … … … 56
4.3.10. Selección de los tornillos de sujeción o fijación de las bases de apoyo derecha e izquierda del tanque de pintura… … … … … 59
4.4. Rediseño del sistema de centrado de gaveras. … … … … … … … 65
4.4.1. Descripción del sistema de centrado de la gavera actual … … 65
4.4.2. Alternativa de solución 1 para las guías de centrado … … … 68
4.4.3. Descripción de los elementos que conforman la solución definitiva. … … … … … … … … … … … … … … … … … … … .. 71
4.4.4. Selección de la mejor alternativa… … … … … … … … … … 73
4.4.5. Especificaciones y diseño de la solución para el sistema de centrado que conforma la solución definitiva. … … … … … … … … 74
4.4.6. Eje transmisor del movimiento del actuador … … … … … … 75
4.4.7. Pivote … 79

4.4.8. Elemento transmisor del movimiento del actuador hacia el pivote … 88
4.4.9. Eje transmisor del movimiento hacia el pivote … … … … … 87
4.4.10. Tapa inferior de la guía de centrado … … … … … … … … 90
4.4.11. Cuerpos de la guías de centrado … … … … … … … … … 92
4.4.12. Pin de centrado … … … … … … … … … … … … … … … 94
4.4.13. Diseño de las tijeras … … … … … … … … … … … … … 94
4.4.14. Diseño de los ejes de la guía de centrado … … … … … … 97
4.4.15. Diseño de los tornillos de potencia del sistema de centrado… 101
4.5. Rediseño del sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas… 107
4.5.1. Especificaciones y diseño de la solución para el sistema de colocación y cambio de malla serigráfica que conforma la solución definitiva. … 108
4.5.2. Parales de fijación del porta malla … … … … … … … … … 109
4.5.3. Tornillo Sin fin … … … … … … … … … … … … … … … … 110
4.5.4. Riel de sujeción de los marcos de las mallas. … … … … … 113
4.5.5. Pinza de apriete del tornillo… … … … … … … … … … … 120
4.5.6. Perilla de posicionamiento … … … … … … … … … … … 120
4.6. Diseño del sistema de control para el proceso de centrado, impresión y expulsión de las gaveras de las máquinas schoeller 1 y 2. 121
4.6.1. Justificación de la técnica de control a utilizar. … … … … … 121
4.6.2. Descripción del proceso de impresión. … … … … … … … 122
4.6.3. Descripción del sistema de control planteado. … … … … … 129
4.6.4. Elementos que conforman el sistema de control … … … … 129
4.6.5. Selección de los elementos que conforman el sistema de control. … … … … … … … … … … … … …… … … … … .. 131
4.6.6. Selección del controlador lógico programable (PLC). … 143

4.6.7. Programación del controlador lógico programable(PLC) … … 154
4.7. Estudio económico de las mejoras y propuestas antes mencionadas. … … … … … … … … … … … … … … … … … … … 175
Capítulo V… … 184
5.1. Conclusiones. … … … … … … … … … … … … … … … … … … … 184
5.2. Recomendaciones. … … … … … … … … … … … … … … … … … 185
5.3. Referencias bibliográficas… … … … … … … … … … … … … … 186
Apéndice I. Tablas para la selección de la mejor alternativa… … … … … 189
Apéndice II. Diagrama de conexiones neumáticas. … … … … … … … … 192
Apéndice III. Esquema de los elementos del sistema de control involucrado en el proceso de impresión. … … … … … … … … … … … … 196
Apéndice IV. Diagrama de conexiones del PLC. … … … … … … … … ... 202
Apéndice V. Eficiencia para un tornillo de rosca ACME… … … … … … 203
Apéndice VI. Tabla comparativa de los tiempos empleados para la puesta a punto del sistema de pintura… … … … … … … … … … … … … … … … … 204
Apéndice VII. Planos de los diferentes elementos que conforman cada una de las soluciones propuestas. … … … … … … … … … … … … … … … … 205

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas de un sistema de control basado en lógica cableada y en lógica programada… … … … … … … … … … … … … … … … 15
Tabla 4.1. Medición del peso del tanque completamente lleno… … … … … … 39
Tabla 4.2. Especificaciones del perno seleccionado… … … … … … … … … … 62
Tabla 4.3. Propiedades del perno seleccionado… … … … … … … … … … … 63
Tabla 4.4. Características del perno seleccionado… … … … … … … … … … 64
Tabla 4.5. Características del tornillo de potencia seleccionado… … … … … … 102
Tabla 4.6. Características del tornillo sin fin seleccionado… … … … … … … … 111
Tabla 4.7. Actuadores del sistema… … … … … … ... … … … … … … … … ... 123
Tabla 4.8. Sensores inductivos de inicios y finales de carrera… … … … … … … 124
Tabla 4.9. Sensores magnéticos de inicios y finales de carrera… … … … … … 124
Tabla 4.10. Sensores capacitivos. … … … … … … … … … … … … … … … … 125
Tabla 4.11. Sensor de Barrera… … … … … … … … … … … … … … … … … 125
Tabla 4.12. Características principales de los sensores inductivo… … … … … ... 131
Tabla 4.13. Características principales del sensor del carro posicionador… … … 132
Tabla 4.14. Características principales del sensor de altura máxima del elevador… 132
Tabla 4.15. Características principales de los sensores magnéticos… … … … … 133
Tabla 4.16. Características principales del actuador del movimiento de las racletas… ... 134
Tabla 4.17. Características principales de los actuadores de recorrido de la racleta 135
Tabla 4.18. Características principales de los actuadores de los sistemas de pintura… 135
Tabla 4.19. Características principales del actuador del carro posicionador… … 136
Tabla 4.20. Características principales del actuador de las mordazas… … … … 137
Tabla 4.21. Características principales del actuador de las guías de centrado… … 137

Tabla 4.22. Características principales de los actuadores de la compuerta de acceso… 138
Tabla 4.23. Características principales de las válvulas de accionamiento de los actuadores del sistema… 141
Tabla 4.24. Señales de Entrada… … … … … … … … … … … … … … … … … … … 143
Tabla 4.25. Señales de Salida… … … … … … … … … … … … … … … … … … … 147
Tabla 4.26. Direccionamiento de entradas y salidas… … … … … … … … … … … 166
Tabla 4.27. Elementos que conforman la inversión inicial… … … … … … … … 177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Máquina de impresión rápida para gaveras marca SCHOELLER… ... 4
Figura 1.2. Fuente de impresión de gaveras… … … … … … … … … … … … 5
Figura 1.3. Sistema elevador de gaveras… … … … … … … … … … … … … 5
Figura 1.4. Sistema de centrado de las gaveras… … … … … … … … … … … 6
Figura 1.5. Sistema de centrado… … … … … … … … … … … … … … … … 6
Figura 2.1. Serigrafía… … … … … … … … … … … … … … … … … … … 12
Figura 2.2. Esquema del proceso de serigrafía… … … … … … … … … … … 13
Figura 2.3. Controlador lógico programable (PLC) … … … … … … … … … … 16
Figura 2.4. Tipos de sensores. … … … … … … … … … … … … … … … … 18
Figura 2.5. Cilindro de doble efecto … … … … … … … … … … … … … … 20
Figura 2.6. Estructura jerárquica de un sistema neumático … … … … … … … 21
Figura 4.1. Rieles de la cinta transportadora. … … … … … … … … … … … 28
Figura 4.2. Mordazas carro posicionador. … … … … … … … … … … … … 28
Figura 4.3. Sistema de sujeción de las mallas actual… … … … … … … … … 29
Figura 4.4. Sistema de sujeción del tanque actual. … … … … … … … … … … 30
Figura 4.5. Sistema de anclaje de los tanques de pintura actual. … … … … … … 30
Figura 4.6. Mangueras del sistema. … … … … … … … … … … … … … … 30
Figura 4.7. Perilla de ajuste de las guías de centrado… … … … … … … … … 31
Figura 4.8. Impresión defectuosa. … … … … … … … … … … … … … … … 31
Figura 4.9. Alternativa de solución 1 para el sistema de anclaje del tanque de pintura … 33
Figura 4.10. Alternativa de solución 2 para el sistema de anclaje del tanque de pintura … 34
Figura 4.11. Elementos que conforman el sistema de anclaje del tanque de pintura. … 36
Figura 4.12. (a) Isometría del tanque de pintura, (b) vistas necesarias … … … … 38
Figura 4.13. (a) Isometría de las barras cilíndricas, (b) vistas necesarias… … … 38

Figura 4.14. Fuerza aplicada a la barra cilíndrica… … … … … … … … … … ... 39
Figura 4.15. Diagrama de cuerpo libre de la barra cilíndrica… … … … … … … 40
Figura 4.16. (a) Isometría de la placa de soporte o apoyo de los pines, (b) vistas necesarias … 42
Figura 4.17. Fuerza actuante en la placa … … … … … … … … … … … … … … 43
Figura 4.18. Diagrama de cuerpo libre de la placa … … … … … … … … … … 43
Figura 4.19. Sistema de fijación de la barra y placa de apoyo mediante soldadura 47
Figura 4.20. Detalle B… 47
Figura 4.21. Disposición de los cordones de soldadura … … … … … … … … 48
Figura 4.22. Ubicación de la fuerza en el cordón de soldadura y el momento generado… 48
Figura 4.23. Disposición de los cordones de soldadura placa-barra … … … … … 54
Figura 4.24. Diagrama de cuerpo libre de la barra cilíndrica … … … … … … … 54
Figura 4.25. (a) Isometría de la base de apoyo, (b) vistas necesarias… … … … ... 56
Figura 4.26. Ubicación de la fuerza aplicada sobre la base de apoyo. … … … … 57
Figura 4.27. Diagrama de cuerpo libre de la base de apoyo. … … … … … … … 57
Figura 4.28. Tornillos o pernos de sujeción. … … … … … … … … … … … … … 59
Figura 4.29. Cálculo del volumen de las bases de apoyo. … … … … … … … … 61
Figura 4.30. Especificaciones del perno de sujeción de la base de apoyo … … … 63
Figura 4.31. Sistema de centrado de gaveras actual. … … … … … … … … … 65
Figura 4.32. Base de apoyo de las guías de centrado de gaveras. … … … … … ... 66
Figura 4.33. Rieles de movimiento de las guías de centrado. … … … … … … … 66
Figura 4.34. Tijeras actuales. … … … … … … … … … … … … … … … … … 67
Figura 4.35. Perilla de posicionamiento. … … … … … … … … … … … … … … 67
Figura 4.36. Sistema completo de la máquina de impresión, guías de centrado individuales... … … … … … … … … … … .. … … … … … … … … … … … 68
Figura 4.37. Mecanismo de las guías de centrado, secuencia del movimiento… … 69
Figura 4.38. Pines de centrados abiertos. … … … … … … … … … … … … … 70

Figura 4.39. Pines de centrado cerrados. … … … … … … … … … … … … … … 70
Figura 4.40. Mecanismo interno de la guía de centrado, secuencia de movimiento 71
Figura 4.41. Cuerpo de la guía de centrado. … … … … … … … … … … … … … 72
Figura 4.42. Tapa inferior de las guías de centrado. … … … … … … … … … 73
Figura 4.43. Elementos que conforman la solución definitiva. … … … … … … 74
Figura 4.44. Eje transmisor del movimiento del actuador. … … … … … … … 75
Figura 4.45. Diagrama de cuerpo libre del eje transmisor del movimiento del actuador… … … … … … … … … … … … … … … … … …… … … … … 76
Figura 4.46. Diagrama de corte y momento del eje transmisor del movimiento del actuador … 77
Figura 4.47. (a) Isometría del pivote, (b) vistas necesarias … … … … … … … ... 79
Figura 4.48. Diagrama de cuerpo libre del pivote … … … … … … … … … … … 80
Figura 4.49. División en secciones del pivote … … … … … … … … … … … 80
Figura 4.50. Diagrama de cuerpo libre de la sección A del pivote … … … … … 81
Figura 4.51. Diagrama de corte y momento de la sección A de pivote … … … … 81
Figura 4.52. Diagrama de cuerpo libre de la sección B del pivote … … … … … 82
Figura 4.53. Diagrama de corte y momento de la sección B del pivote … … … ... 83
Figura 4.54. (a) Isometría del elemento transmisor del movimiento del actuador al pivote, (b) vistas necesarias… … … … … … … … … … … … … … … … … … 84
Figura 4.55. Diagrama de cuerpo libre del elemento transmisor del movimiento del actuador hacia el pivote … … … … … … … … … … … … … … … … … … 85
Figura 4.56. Diagrama de corte y momento del elemento transmisor del movimiento del actuador hacia el pivote… … … … … … … … … … … … … … 86
Figura 4.57. Eje trasmisor del movimiento hacia el pivote … … … … … … … 87
Figura 4.58. Diagrama de cuerpo libre del eje transmisor del movimiento del pivote … … … … … … … … … … … … … … … … … … …… … … … … 88
Figura 4.59. Diagrama de corte y momento del eje transmisor del movimiento hacia el pivote … 88

Figura 4.60. (a) Isometría de la tapa inferior de la guía de centrado, (b) vistas necesarias … … … … … … … … … … … … … …… … … … … … … … … … 90
Figura 4.61. Tapa inferior de la guía de centrado … … … … … … … … … … 91
Figura 4.62. Cuerpo de las guías de centrado … … … … … … … … … … … 92
Figura 4.63. Vistas necesarias del cuerpo de las guías de centrado … … … … … 93
Figura 4.64. Pin de centrado … … … … … … … … … … … … … … … … … … 94
Figura 4.65. Tijeras. … 95
Figura 4.66. Vistas necesarias de las tijeras … … … … … … … … … … … … 95
Figura 4.67. Diagrama de cuerpo libre de las tijeras. … … … … … … … … … 95
Figura 4.68. Diagrama de corte y momento de las tijeras. … … … … … … … … 96
Figura 4.69. Vistas necesarias de los ejes de las guías de centrado … … … … … 97
Figura 4.70. Ejes guías. (1) guías de centrado. … … … … … … … … … … … 98
Figura 4.71. Apertura máxima de las guías de centrado … … … … … … … … 99
Figura 4.72. Apertura mínima de las guías de centrado… … … … … … … … … 99
Figura 4.73. Diagrama de cuerpo libre de los ejes de las guías de centrado. … … 99
Figura 4.74. Diagrama de corte y momento de los ejes de las guías de centrado. 100
Figura 4.75. Sistema de Parales actual. … … … … … … … … … … … … … 107
Figura 4.76. Sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas. … … … … 108
Figura 4.77. Parales de fijación del porta malla. … … … … … … … … … … … 109
Figura 4.78. Vistas necesarias de los parales de fijación del porta malla … … … 110
Figura 4.79. Tornillo sin fin… … … … … … … … … … … … … … … … … … 110
Figura 4.80. Riel de sujeción de los marcos de las mallas. … … … … … … … 114
Figura 4.81. Fuerzas que actúan en el riel de sujeción de los marcos de las mallas 114
Figura 4.82. Riel de sujeción de los marcos de las mallas … … … … … … … … 117
Figura 4.83. Zona crítica de diseño … … … … … … … … … … … … … … 117
Figura 4.84. Pinza de apriete del tornillo… … … … … … … … … … … … … 120
Figura 4.85. Perilla de posicionamiento … … … … … … … … … … … … … 120
Figura 4.86. Diagrama de escalera modo automático (1/3). … … … … … … … 155

Figura 4.87. Diagrama de escalera modo automático (2/3). … … … … … … … … 156
Figura 4.88. Diagrama de escalera modo automático (3/3). … … … … … … … … 157
Figura 4.89. Diagrama de escalera modo Cent (1/1) … … … … … … … … … … 158
Figura 4.90. Diagrama de escalera modo test (1/4) … … … … … … … … … … … 159
Figura 4.91. Diagrama de escalera modo test (2/4) … … … … … … … … … … … 160
Figura 4.92. Diagrama de escalera modo test (3/4) … … … … … … … … … … … 161
Figura 4.93. Diagrama de escalera modo test (4/4) … … … … … … … … … … … 162
Figura 4.94. Diagrama de escalera modo Step (1/3) … … … … … … … … … … 163
Figura 4.95. Diagrama de escalera modo Step (2/3) … … … … … … … … … … 164
Figura 4.96. Diagrama de escalera modo Step (3/3) … … … … … … … … … … 165
Figura 4.97. Escala de tiempo alternativa 1… … … … … … … … … … … … … 177
Figura 4.98. Escala de tiempo alternativa 2… … … … … … … … … … … … … 182

RESUMEN

En Empresas Polar – Industrias Metalgráfica se tiene como objetivo el bienestar y confort de los empleados y sus consumidores, para garantizar el cumplimiento de todas las metas trazadas, Empresas Polar se dedica constantemente a buscar las mejoras en sus procesos de producción, de aquí nace este trabajo de investigación desarrollado en el área de impresión de gaveras donde, actualmente, se presentan problemas en la puesta a punto de las máquinas encargadas de la impresión lo que se traduce en pérdidas de tiempo invertido en el mantenimiento, en el reemplazo de los elementos involucrados en la impresión, paradas no programadas debido a los constantes desajustes en la máquina y bajas en la producción diaria de gaveras. Para resolver los problemas antes mencionados se realizó un rediseño de la máquina, específicamente en aquellos elementos que presentaron la mayor cantidad de fallas durante la observación del proceso actual, los cuales son: Anclaje de los tanques de pintura, centrado de las gaveras y parales del porta malla, el sistema de control basado en lógica cableada. Se realizó un estudio económico del proyecto para verificar su rentabilidad. El tipo de investigación es descriptiva, mediante este tipo de investigación se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Con respecto al sistema actual, con el presente proyecto se logra aumentar la producción diaria de gaveras, reducir los tiempos de paradas no programadas, evitar el uso de herramientas por parte del operario y con ello se hace el proceso más confortable y cómodo para los operarios.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se basa en el rediseño de las máquinas de impresión de gaveras en una industria cervecera, surge por la necesidad de reducir los tiempos de puesta a punto y paradas no programadas, así como elevar la productividad de las máquinas ya que, se originan problemas durante el proceso, lo que incide directamente en la producción.

Se engloba los diferentes problemas que se presentan actualmente con las máquinas de impresión, tal como la dificultad del sistema actual de anclaje de los tanques de pintura, centrado de las gaveras, colocación y cambio de mallas serigráficas y el diseño del sistema de control para el proceso de centrado, impresión y expulsión de las gaveras de las máquinas SCHOELLER Nº 1 y Nº 2.

En referencia al sistema de anclaje de los tanques y sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas actuales, se evalúa la incidencia en la productividad de las máquinas de impresión debido al tiempo requerido para realizar el cambio de tanques y mallas serigráficas. El mantenimiento y ajuste del sistema de centrado de las gaveras se realiza de forma manual lo que incide directamente en la producción de gaveras.

De igual forma se estudia el sistema de control actual de la máquina para verificar su funcionamiento y se realiza el diseño de este mediante la utilización de un autómata programable.

El trabajo de grado está constituido por cinco capítulos, iniciándose con el planteamiento del problema, los objetivos y alcance del proyecto.

En el capítulo II se expone con detalles los elementos, materiales y equipos necesarios para la realización del proyecto, las bases teóricas que lo respaldan y los antecedentes que sirven de información para el correcto desarrollo del proyecto.

En el capítulo III se presenta la metodología utilizada y las fases necesarias para el desarrollo del proyecto.

El capítulo IV engloba la solución del problema, se generan las soluciones necesarias que satisfagan cada uno de los objetivos específicos planteados en el capítulo I, describiendo su funcionamiento, elementos mecánicos, eléctricos y de control seleccionados y por último se realiza el estudio económico para verificar la factibilidad del proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

La Planta Metalgráfica se encuentra ubicada en la Avenida Branger de la zona industrial sur del estado Carabobo, una de sus principales ramas de desarrollo es la fabricación de las gaveras y tapas para el consumo de las Empresas Polar, así como pailas, huacales, cestas, entre otros. Para la producción de gaveras se utiliza material virgen (polietileno) o material reciclado (gaveras en mal estado), este material es tratado y transformado por una serie de procesos en gaveras nuevas y de calidad, las cuales llegan al área de impresión donde se les coloca en sus caras el respectivo arte que se le ha destinado, luego de este proceso se empaletan y se despachan como producto terminado.

En el área de impresión se llevan a cabo una serie de procesos donde la vértebra principal son las máquinas SCHOELLER (máquinas de impresión rápida). El proceso de impresión comienza por la alimentación de las gaveras en la banda transportadora, las cuales en su trayecto circulan por una serie de flameadores que preparan las caras a pintar, para garantizar la adherencia total y definitiva de la pintura sobre el plástico. Las gaveras son llevadas por la cinta hasta la máquina SCHOELLER donde se imprime en las caras el arte que exija el cliente, en este paso se realiza una inspección visual para corroborar el estado de la pintura y la calidad, luego son llevadas a un horno para secarlas uniformemente; dependiendo del arte a colocar, por ejemplo si él que se desea imprimir a las gaveras lleva un solo color son llevadas directamente a la inspección de control de calidad para ser empaletadas para su despacho, si el arte posee más de un color las gaveras pasan a otra banda trasportadora la cual las lleva a una segunda máquina SCHOELLER para repetir el

proceso de impresión, este ciclo se realiza tantas veces como colores tenga el arte. En la figura 1.1 se puede observar la máquina de impresión SCHOELLER.

Figura 1.1. Máquina de impresión rápida para gaveras marca SCHOELLER

El área de impresión cuenta actualmente con cuatro máquinas SCHOELLER siendo las SCHOELLER Nº 1 y Nº 2 las más antiguas. Dichas máquinas se han utilizado como segunda opción para la impresión de gaveras por presentar muchas fallas: gran cantidad de paradas no programadas, pérdida de tiempo por puesta a

punto, entre otros; lo cual trae como consecuencia una baja eficiencia en la productividad, en comparación con las SCHOELLER Nº 3 y Nº 4.

Entre los problemas más frecuentes y los que ocasionan más retraso se encuentran: Colocación del tanque de pintura, debido a que su montaje, desmontaje y limpieza es muy complicado, además el sistema de sujeción en la máquina no es el más adecuado lo cual se aprecia en la figura 1.2, dadas las vibraciones presentes en el proceso de impresión se producen derrames de pintura sobre la cinta transportadora, los rodillos y rodamientos que la mueven además sobre los actuadores del sistema de elevación de la máquina, esto se detalla en la figura 1.3, dichos derrames generan paradas por mantenimiento correctivo, pérdida de tiempo por limpieza, y cambio de rodamientos, lo que se traduce en gastos para la empresa

Figura 1.2. Fuente de impresión de gaveras

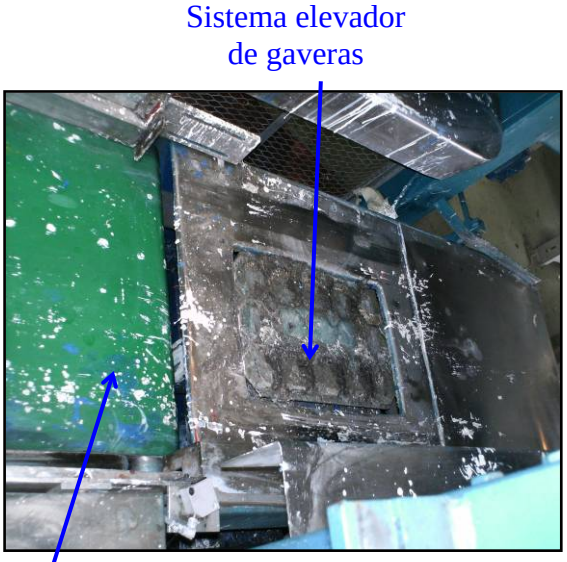


Figura 1.3. Sistema elevador de gaveras

Otro problema que se presenta con frecuencia es en el sistema de centrado de las gaveras para su impresión, este trabaja de forma mecánica y neumática. Para poner la máquina a punto se debe colocar una gavera de referencia y mover las guías

de centrado (guías utilizadas para la alineación de las gaveras) hasta que centren la gavera para imprimirla, estas distancias se ajustan de forma manual por medio de una perilla la cual se desacopla a lo largo de la jornada de trabajo teniendo que detener la máquina para reacomodarla. Otro problema relacionado con la puesta a punto es la colocación de las mallas con el arte, esto se realiza colocándola en el porta malla por medio de tornillos y guías lo cual hace que el cambio de estas sea un proceso en el cual se pierde mucho tiempo. En la figura 1.4 se observan las diferentes perillas utilizadas para ajustar el sistema y en la figura 1.5 se observan las guías de centraje (papelones)

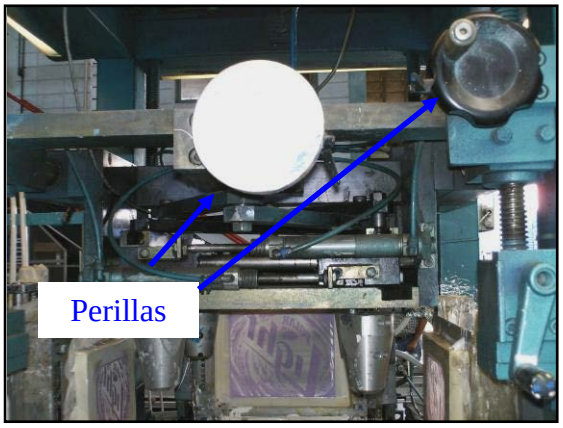


Figura 1.4. Sistema de centrado de las gaveras.

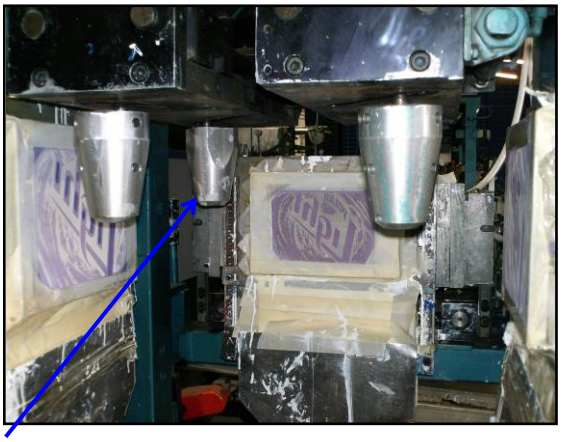


Figura 1.5. Sistema de centrado.

Las SCHOELLER Nº 1 y Nº 2 trabajan con un sistema de sensores y cilindros neumáticos los cuales por su configuración y diseño ha traído una variedad de problemas en cuanto a la sincronización y a la rapidez. Estas máquinas imprimen 11 gaveras por minuto a diferencia de las SCHOELLER Nº 3 y Nº 4 que imprimen 17 gaveras por minuto, debido al sistema de control basado en lógica programable que posee, se realiza el proceso de admisión, elevación, impresión y expulsión de la gavera más rápido; la diferencia de 6 gaveras se traduce en alrededor de 50 paletas de 72 gaveras cada una que se dejan de imprimir en un turno de 12 horas.

De acuerdo a lo anterior se desea rediseñar las máquinas SCHOELLER Nº 1 y Nº 2 para aumentar su eficiencia y disminuir los costos por mantenimiento, paradas no programadas, el tiempo de puesta a punto, repuestos, entre otros, y de esta manera ser mas competitivos en el mercado, entregando los pedidos a tiempo con productos de calidad.

1.2. OBJETIVOS.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Rediseñar las máquinas SCHOELLER Nº 1 y Nº 2 en el área de impresión de gaveras en la Cervecería Polar, Planta Metalgráfica.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Evaluar la situación actual de las máquinas SCHOELLER en el proceso productivo del área de impresión gaveras.
2. Rediseñar el sistema de anclaje de los tanques de pintura.
3. Rediseñar el sistema de centrado de gaveras.
4. Rediseñar el sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas.
5. Diseñar el sistema de control para el proceso de centrado, impresión y expulsión de las gaveras de las máquinas SCHOELLER Nº 1 y Nº 2.
6. Realizar el estudio económico de las mejoras y propuestas antes mencionadas.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Debido a la importancia del área de impresión de gaveras, ya que es el periodo donde se realiza la mayor parte de las inspecciones de calidad, además de ser la etapa final del proceso de fabricación de una gavera, se justifica el estudio para el rediseño y la mejora de las máquinas SCHOELLER Nº 1 y Nº 2 ya que aumentando la eficiencia de dichas máquinas se podrá producir una mayor cantidad de gaveras por turno lo que se traduce en ser mas eficaces en la entrega y despacho. Además traerá una serie de beneficios para la planta tales como:

- Disminución de los gastos en reparaciones.
- Disminución del tiempo de puesta a punto de la máquina.
- Evitar paradas no planificadas en la línea.
- Aumentar la productividad utilizando los costos fijos de la actualidad.

1.4. LIMITACIONES Y DELIMITACIONES.

1.4.1. LIMITACIONES.

-. El proyecto se limitará solo al rediseño de las máquinas de impresión rápida SCHOELLER Nº 1 y Nº 2.

-. El espacio físico para el diseño del sistema de anclaje de los tanques de pintura así como el sistema de colocación y cambio de malla se limitará al existente en la máquina.

.- El tiempo para el desarrollo de este proyecto debe ser máximo de cinco meses.

1.4.2. DELIMITACIONES.

-. El proyecto se realizará en la planta plástico de la Empresa Polar Industria Metalgráfica específicamente en el área de impresión gaveras.

-. El estudio de rediseño solo se llevará a cabo en las máquinas SCHOELLER Nº 1 y Nº 2.

-. La implementación de este proyecto quedará a consideración de la empresa Cervecería Polar, Planta Metalgráfica.

CAPÍTULO II

2.1. ANTECEDENTES.

Uno de los principales antecedentes del proyecto de investigación fue el trabajo de grado realizado por el bachiller Miguel Barroeta el cual fue culminado en Noviembre de 2007 y cuyo titulo es “Propuesta de mejoras para la disminución de tiempos de puesta a punto de máquinas de impresión de pailas”. En esta investigación se describen los principales problemas en una fábrica de contenedores plásticos ya que para la preparación de la máquina de impresión de pailas se requiere la mitad de la jornada laboral, por lo que el proyecto desarrollado planteó la disminución de estos tiempos mediante la aplicación de la metodología SMED.

Para lograr tal fin, y tras un proceso de observación y comprensión, se clasificaron las operaciones que componen la preparación en internas y externas, y se realizó un diagrama de Paretto con la finalidad de identificar las mas críticas. Se llevó a cabo un estudio de causa - efecto en el cual se evidenciaron las causas que convierten a estas operaciones críticas en las de mayor duración del proceso y se diseñó una serie de dispositivos que en conjunto con mejoras de los procedimientos disminuyeran la incidencia de las mismas. A través de la implementación de las mejoras propuestas, se estimó una disminución de los tiempos de preparación de 66,61%, logrando cumplir el objetivo del estudio.

Otro trabajo de grado que sirvió de antecedente para la realización del proyecto fue desarrollado por los bachilleres Rojas Pedro y Vendramin Omar en Febrero 1992 titulado “Diseño y construcción del sistema de transporte de una embaladora-desembaladora de botellas”. El objetivo se basó en diseñar y construir el sistema de trasporte de una máquina embaladora-desembaladora de botellas mediante un sistema de transmisión por cadenas, piñones y dientes separadores para mejorar la

eficiencia en el proceso de embalado de botellas. En este trabajo de grado se pudo concluir que el diseño cumplió con los requisitos y funciones básicas de la línea de producción de la empresa mejorando la eficiencia del proceso y disminuyendo el problema de mantenimiento que presentaba la empresa anteriormente.

Finalmente se tomó como antecedente el trabajo de grado, realizado por los bachilleres Barba Hugo y Lara Carlos de la Universidad de Guadalajara - México, titulado "Máquina serigráfica tetra color". En este proyecto se diseñó para medianos y grandes productores de impresiones serigráficas puesto que las velocidades de trabajo llegan a ser de hasta 1400 impresiones por hora. Las condiciones de operación están restringidas para que un solo operador realice el trabajo sin ningún problema, teniendo como función única la extracción del producto ya impreso e insertando uno nuevo para iniciar el ciclo; dicha maniobra tiene un tiempo aproximado de treinta segundos. Las dimensiones no deben exceder el tamaño de una máquina serigráfica manual ya que esto no beneficiaría al productor por cuestiones de remodelación o ampliación de su establecimiento.

La "máquina serigráfica tetra-color automática" trabaja indistintamente para la impresión de una, dos, tres o cuatro tintas, según sea la necesidad del diseño a imprimir; la maniobra de ajuste debe ser de una manera sencilla y cómoda para el operador, puesto que se considera que posiblemente se cuente con operarios femeninos. El diseño fue realizado no solo para cubrir de una manera satisfactoria la necesidad de producción; sino para obtener un diseño generoso que beneficie el mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes, sistemas y mecanismos utilizados en ella.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. SERIGRAFÍA.

La serigrafía es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre casi cualquier material, y consiste en transferir una tinta a través de una gasa tensada en un marco, el paso de la tinta se bloquea en las áreas donde no habrá imagen mediante una emulsión o barniz, quedando libre la zona donde pasará la tinta. (Fuente: Rafael Pozo, “Diseño y Producción Gráfica”, 1998)

El sistema de impresión es repetitivo, esto es, que una vez que el primer modelo se ha logrado, la impresión puede ser repetida cientos y hasta miles de veces sin perder definición. La técnica es sencilla y permite reproducir temas decorativos sobre cualquier material: papel, metal, madera, porcelana y tela, entre otros.

Existen 2 tipos de serigrafía: La de mesa y la textil. En la figura 2.1 se muestra un ejemplo de un arte serigráfico.

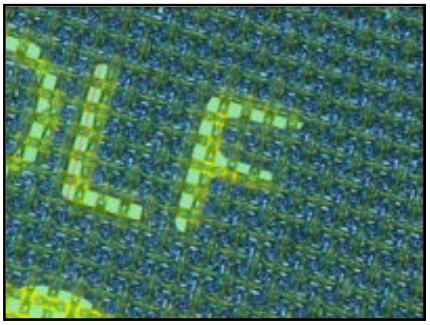


Figura 2.1. Arte Serigráfico
(Fuente: http://es.wikipedia.org)

PROCESO DE SERIGRAFÍA.

El proceso se lleva a cabo en siete pasos básicos:

1. Se realiza el trabajo creativo, en esta etapa se diseña el arte a imprimir.
2. Se procede a preparar la malla mediante la aplicación de emulsión (Bicromato y Sericrom).
3. Se expone la malla previamente emulsionada en la mesa de luz.
4. El proceso de revelado se logra mediante la aplicación de agua a la malla, después de haberse expuesto, posteriormente se seca la malla por medio de aire.
5. Se encintan las partes no deseadas de la malla, para evitar impresiones no requeridas por el arte.
6. Se realiza un proceso de supervisión de la malla para mantener la impresión en el mismo lugar.
7. Se realiza la impresión.

En la figura 2.2 se muestra un esquema del proceso de serigrafía.

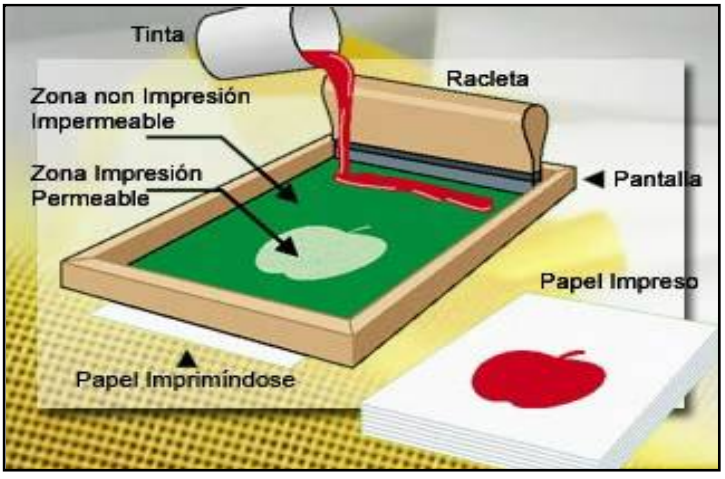


Figura 2.2. Esquema del proceso de serigrafía.

(Fuente: http://es.wikipedia.org)

PREPARACIÓN.

Durante la preparación de la técnica de serigrafía, la gasa debe estar fija al marco garantizando que se encuentre extendida. La tensión en la gasa es muy importante para obtener buenos resultados. La tensión llega a variar un poco dependiendo de la resistencia de la gasa, por ejemplo si la gasa escogida es constituida de hilos más gruesos, o si la gasa se monta al marco en forma manual. La tensión sobre la superficie puede ser tomada con un instrumento de medición, como por ejemplo un tensómetro o newtometro.

Una variación usa cilindros de acero inoxidable, con minúsculos poros por donde pasa la tinta, la presión se ejerce con un cilindro metálico alojado en el interior del cilindro de impresión; este modo es empleado en el estampado textil y para fabricar las pistas de los circuitos impresos.

El diámetro de los hilos que constituyen la gasa son uniformes, pero las gasas pueden ser de distintos espesores; esto significa que para un trabajo con mas detalle se prefiere usar una gasa de hilos delgados y por lo tanto un tejido mas cerrado.

VENTAJAS DE LA SERIGRAFÍA.

- Impresión sobre diversos materiales; (papel, vidrio, madera, plásticos, tela natural o sintética, cerámica, metal etc.)
- Impresión sobre soportes de variadas formas (plana, cilíndrica, esférica, cónica, cúbica, etc.)
- Impresión en exteriores o fuera de taller; (vehículos, puertas, vitrinas, máquinas, etc.).

2.2.2. LÓGICA CABLEADA.

Su denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores, etc. En lo que respecta a la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los controladores, la lógica cableada frente a la lógica programada presenta los siguientes inconvenientes: imposibilidad de realización de funciones complejas de control, gran volumen y peso, escasa flexibilidad frente a modificaciones, reparaciones costosas.

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas de un sistema de control basado en lógica cableada y un sistema de control basado en lógica programada

Lógica cableada	Lógica programada
Ventajas	
• Independencia técnica. • Bajo costo de implementación.	• No es necesario dibujar el esquema de contactos. • No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas. • La lista de materiales se reduce • Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado. • Mínimo espacio de ocupación.
Desventajas	
• Modificaciones o ampliaciones muy complicadas. • Dificultad para realizar diagnósticos. • Obsoleto.	• Alto costo de implementación. • Necesidad de técnicos de mantenimiento y programadores adiestrados: mayor formación

2.2.3. CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (P.L.C.).

Un autómata programable industrial (API) o Controlador Lógico Programable (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. El la figura 2.3 se muestra un modelo de un controlador siemens Simatic S7200. (fuente: http://www.sc.ehu.es)

Figura 2.3. Controlador lógico programable (PLC)
Fuente: http://w1.siemens.com

El PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones especificas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada / salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos.

CARACTERÍSTICAS.

La principal diferencia con otros dispositivos son las conexiones especiales de entrada / salida. Estas conectan el PLC a sensores y actuadores. Los PLC leen interruptores, indicadores de temperatura y las posiciones de complejos sistemas de posicionamiento. Algunos, incluso, pueden llegar a utilizar visión artificial. En los actuadores, los PLC pueden operar motores eléctricos y neumáticos, cilindros hidráulicos o diafragmas, relees magnéticos y solenoides. Las conexiones de entrada / salida pueden estar integradas en un solo PLC o puede tener módulos de entrada / salida unidos a una red de ordenadores que se conecta al PLC.

Los PLC's poseen cuatro unidades principales:

1. **La memoria programable.** Las instrucciones para la secuencia de control lógico se encuentran en esta unidad.
2. **La memoria de datos.** Las condiciones de los cambios, ínter bloqueos, valores pasados de datos y otros datos de trabajo se hallan en esta unidad.
3. **Los dispositivos de salida.** Estos son los controladores de hardware / software para los procesos industriales como motores y válvulas.
4. **Los dispositivos de entradas.** Estos son los controladores de hardware / software para los sensores de procesos industriales como sensores de cambio de estado, detectores de proximidad, ajuste de ínter bloqueo y mas.

2.2.4. SENSORES.

Un sensor es un dispositivo que detecta, o sensa manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, entre otros. Se puede decir también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda

interpretar otro elemento. Un sensor es un transductor que transforma la magnitud que se quiere medir, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa o pueden estar conectados a un indicador de modo que los valores sensados puedan ser leídos por un humano.
(fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/sensor)

A continuación se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos:

- Sensores de temperatura: Termopar, Termistor
- Sensores de deformación: Galga extensiométrico
- Sensores de acidez: IsFET
- Sensores de luz: fotodiodo, fotorresistencia, fototransistor
- Sensores de sonido: micrófono
- Sensores de contacto: final de carrera
- Sensores de imagen digital (fotografía): CCD o CMOS
- Sensores de proximidad: sensor de proximidad

En la figura 2.4 se pueden observar tres tipos de sensores.

Figura 2.4. Tipos de sensores. (1) Sensor óptico, (2) Sensor inductivo y (3) Sensor capacitivo
Fuente: www.festo.com

SELECCIÓN DE LOS SENSORES SEGÚN SU APLICACIÓN.

La selección se basa en la decisión sobre cual es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse. Si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granu1ado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético. Para elegir un sensor adecuado se deben seguir estos cuatro pasos:

- Forma de la carcasa
- Distancia operativa.
- Datos electrónicos y conexiones
- Generalidades

(fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/sensor)

2.2.5. ACTUADORES DE DOBLE EFECTO.

Los actuadores de doble efecto presentan la estructura mostrada en la figura 2.5. La fuerza ejercida por el aire comprimido logra en el émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno, por lo tanto, el trabajo se realiza en ambos sentidos, considerando sin embargo que la fuerza aplicada por el aire comprimido al émbolo en sentido de extensión, es mayor que la fuerza de retracción, esto se debe al espacio ocupado por el vástago del actuador.

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar un trabajo al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y

doblado que puede sufrir el vástago extendido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.
(fuente: http://www.ing.uc.edu.ve/aulavirtual/)

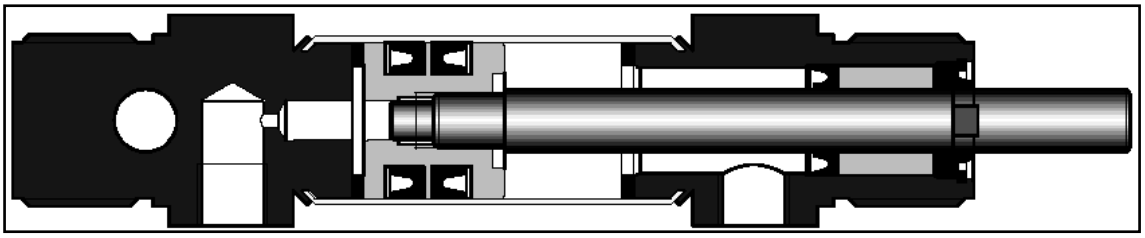


Figura 2.5. Cilindro de doble efecto.
Fuente: http://www.ing.uc.edu.ve/aulavirtual/

2.2.6. CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO DE SISTEMAS NEUMÁTICOS.

En el momento de elaborar un sistema neumático, es posible realizar su diseño de manera intuitiva o siguiendo una estructura organizada basada en reglas e instrucciones que permitan el desarrollo de forma metódica.

De esta manera es posible agrupar los elementos que componen un sistema neumático de acuerdo con la función que realizan en:

- ***Primer grupo***: elementos encargados del suministro y tratamiento del flujo energético.
- ***Segundo grupo:*** elementos encargados de captar señales físicas del proceso que deberán ser interpretadas por el sistema.
- ***Tercer grupo:*** elementos que llevan a cabo funciones de procesamiento y toman las decisiones de control a llevar a cabo.
- ***Cuarto grupo***: elementos que toman la señales de control y realizan el mando.
- ***Quinto grupo***: elementos de potencia.

Cada grupo se ubica en un nivel, encontrándose el primer grupo en el nivel inferior de la cadena de control y el último grupo en el nivel superior. El funcionamiento de un sistema neumático se basa en la ejecución repetida de las tareas en cada grupo mencionado, donde el fluido energético sigue un sentido desde el nivel inferior al superior.

La figura 2.6 muestra el esquema de desarrollo de un sistema neumático.

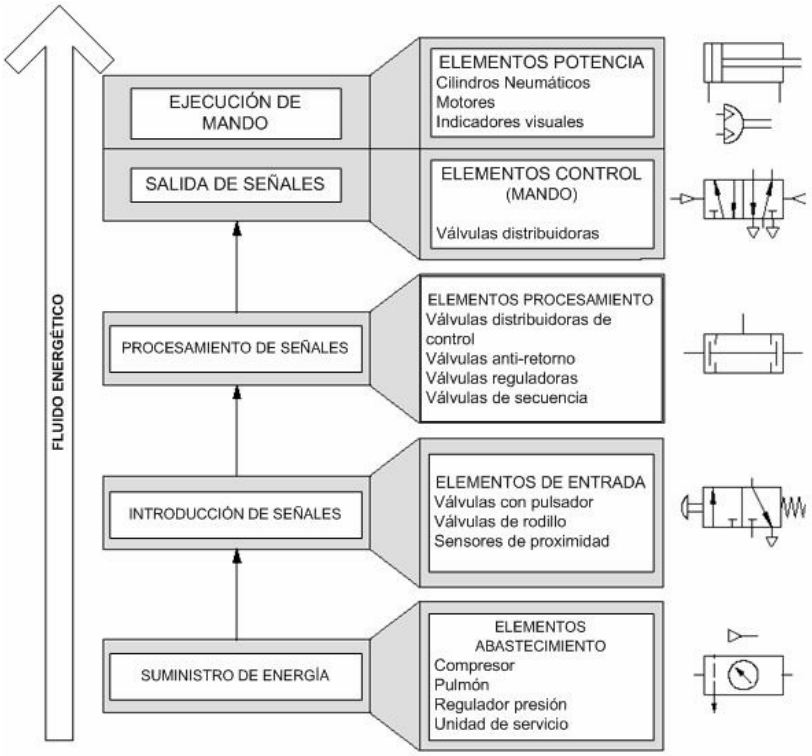


Figura 2.6. Estructura jerárquica de un sistema neumático

Fuente: http://www.ing.uc.edu.ve/aulavirtual/

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS UTILIZADOS COMÚNMENTE EN LA PLANTA.

- **Arte impreso o arte a imprimir:** Dibujo o diseño de un logo de la empresa que se desea imprimir en la gavera, puede ser unicolor o poseer mas de un color.
- **Carro posicionador:** Elemento encargado de transportar la gavera hasta el elevador el cual la llevará hasta la torre de impresión.
- **Gavera:** Es una caja de servicio para el transporte, almacenamiento y venta tanto de cerveza como de bebidas carbonatadas y agua mineral, envasadas en botellas de vidrio o plástico (PVC).
- **Guías de centrado (Papelones):** Elementos encargados de centrar la gavera para garantizar la correcta alineación de la misma en la torre de impresión.
- **Mordazas de Sujeción:** Elementos encargados de sujetar la gavera en el carro posicionador para evitar que la misma se desajuste, otra función es asegurar la gavera cuando esta es trasportada por el carro posicionador hasta el sistema de elevación.
- **Sistema de pintura:** Elemento encargado de realizar la impresión del arte en la gavera, esta compuesto principalmente por, tanque de pintura, malla, porta malla, racleta, bomba peristáltica, mangueras y cilindros neumáticos.
- **Torre de Impresión:** Esta compuesta por las cuatro fuentes necesarias para realizar la impresión, se denomina torre de impresión ya que representa el conjunto completo de las cuatro fuentes encargadas de imprimir el arte en la gavera.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO.

3.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

El trabajo de investigación es de tipo factible, el nivel es descriptivo. Mediante este, el cual utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Al igual que el nivel de la investigación que se describe anteriormente, puede servir de base para investigaciones que requieran una mayor profundidad**.**

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se realiza en la planta, busca principalmente cumplir o satisfacer los objetivos antes planteados. Para ello inicialmente se establecen los parámetros para que el proceso efectuado en la planta cubra las necesidades, se lleva a cabo el diseño de los elementos y selección de los materiales requeridos, así como la selección de los equipos necesarios, luego se recopila la información necesaria para lograr el diseño de una manera eficiente.

Por medio de un estudio específico del área de trabajo se recolectan los datos más importantes para llevar a cabo el proyecto, los cuales clasifican en:

- Tiempo de puesta a punto de la máquina de impresión SCHOELLER.
- Tiempo de paradas no programadas.
- Productividad actual de las máquinas.

- Proceso de cambio de los tanques de pintura.
- Sistema de anclaje actual de los tanques de pintura.
- Sistema de centrado de gaveras actual.
- Funcionamiento del sistema de centrado de gaveras actual.
- Proceso de cambio de mallas.
- Sistema de control de la máquina.
- Elementos actuadores.

Adicionalmente a lo antes expuesto, se generan soluciones para los sistemas de anclaje de los tanques de pintura y para el sistema de centrado de gaveras, por lo que es necesario plantear hipótesis o soluciones con el fin de realizar, basados en criterios de evaluación de las alternativas, la selección de la mejor solución que se adapte al sistema.

Al seleccionar la mejor alternativa para satisfacer los objetivos planteados, se procede a realizar el diseño de las mismas, se realiza el proceso de automatización del sistema y por último se realiza el estudio de la factibilidad económica.

3.3. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Para realizar la generación de las diferentes alternativas, inicialmente se evalúa el sistema actual, las fallas que éste presenta, la disponibilidad de espacio, productividad, pérdidas de tiempo para la puesta punto, entre otros factores, a partir de estos puntos se generan los criterios necesarios para la selección de la mejor alternativa.

3.4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN.

En esta etapa se plantea el diseño y la selección de cada uno de los elementos que constituyen el sistema.

Para el rediseño del sistema de anclaje de los tanques de pintura se toma en cuenta:

- Espacio destinado para los tanques de pintura dentro de la máquina.
- Geometría y material del tanque de pintura.
- Facilidad a la hora de realizar el cambio de los tanques de pintura.
- Evitar al máximo la utilización de herramientas en el proceso de cambio del tanque de pintura.

Para el rediseño del sistema de centrado de gaveras se considera:

- Espacio destinado para el sistema dentro de la máquina.
- Apertura máxima y mínima de las guías de centrado (papelones).
- Materiales y geometrías de las piezas a utilizar en el rediseño.
- Fácil mantenimiento.
- Evitar al máximo la utilización de herramientas
- Hacer el proceso automatizado, es decir, reducir el contacto directo del operario con la máquina.

Para el rediseño del sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas se involucran:

- Espacio destinado para el sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas dentro de la máquina.

- Geometría y material del sistema de colocación de las mallas.
- Facilidad a la hora de realizar el cambio de las mallas.
- Evitar al máximo la utilización de herramientas en el proceso de cambio de mallas.

Finalmente el diseño del sistema de control comprende:

- Reducción de los tiempos de respuesta de los elementos con respecto a la lógica cableada.
- Monitoreo del proceso.
- Reducción de costos.
- Aumento de la producción diaria de gaveras.
- Espacio requerido para la fijación del controlador lógico programable.

3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Se realiza la solicitud de cotizaciones a empresas involucradas en la comercialización de los elementos que conforman el sistema, para calcular el costo final del proyecto. Se determinan los flujos monetarios, se evalúa la factibilidad económica aplicando el modelo de valor actual (VA).

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA.

4.1. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS MÁQUINAS SCHOELLER EN EL PROCESO PRODUCTIVO DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DE GAVERAS.

Para evaluar la situación actual de las máquinas en el proceso productivo, se describe su funcionamiento y los problemas que presentan a la hora de la puesta a punto, el tiempo invertido en el cambio de componentes y la corrección de desajustes en el proceso de impresión, entre otros.

Actualmente dependiendo del arte que se desee imprimir en la gavera es necesario realizar procesos de puesta a punto. Dicho proceso se inicia con:

1. La remoción de todos los elementos necesarios para la impresión del arte utilizado anteriormente.
2. Si inicialmente se imprime un arte de Pepsi al momento de cambiar dicho diseño por Polar Light es necesario remover las mallas, tanques de pintura, mangueras, ya que para cada arte se utilizan distintos elementos.
3. Se colocan los rieles de la cinta transportadora (Ver figura 4.1) dependiendo del tamaño de la gavera (esto se realiza en caso de que se cambie el tipo de gavera a imprimir)
4. Se procede a ajustar las mordazas del carro posicionador de las gaveras (Ver figura 4.2).

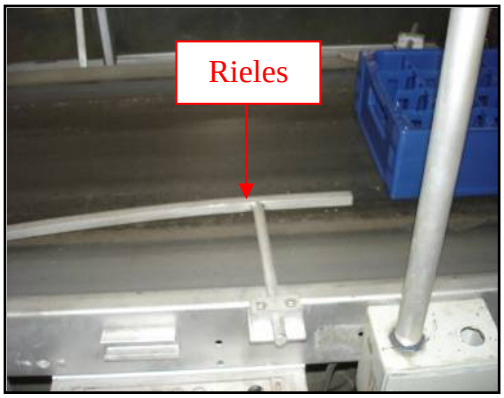


Figura 4.1. Rieles de la cinta transportadora.

Figura 4.2. Mordazas del carro posicionador.

5. Se realiza la puesta a punto del sistema de centrado de las gaveras mediante la apertura de las guías.
6. Se efectúa la puesta a punto del sistema de elevación.
7. Se colocan tanques de pintura, mallas y mangueras nuevas.

Cuando la máquina ha cumplido con la puesta a punto se procede a realizar el proceso de impresión de la gavera.

La puesta a punto del sistema de pintura (malla, porta malla, mangueras, tanque de pintura y la racleta de pintura) incide en la productividad de las máquinas ya que para realizar este proceso se requieren aproximadamente 30 minutos por cada torre de impresión, lo que genera pérdidas de tiempo y bajas en la producción y en consecuencia pérdidas de dinero. Para ello el operario debe realizar los siguientes pasos:

1. Retirar las mallas utilizadas en el arte anterior, cuando se realiza el cambio estas se deben centrar ya que el sistema porta mallas actual no es estándar para todos los tamaños existentes.

2. Ubicar la herramienta (llave allen) requerida para desajustar los pernos de sujeción del porta malla (ver figura 4.3).
3. Se procede a retirar el porta malla.
4. Al colocar la nueva malla con su respectivo porta malla es necesario que el operario la centre con respecto al área de impresión de la gavera, una vez se encuentre centrado se ajustan los pernos para evitar cualquier movimiento durante el proceso.

Figura 4.3. Sistema de sujeción de las mallas actual.

Posteriormente se retiran los tanques de pintura, el operario debe retirar dos (2) ganchos; Este sistema de fijación (ver figura 4.4.) es poco eficiente ya que debido a las vibraciones que se generan ceden y ocasiona que el tanque se derrame. La figura 4.4 muestra el sistema de sujeción del tanque actual.

En ocasiones los operarios deben reforzar los ganchos de sujeción mediante el uso de cinta adhesiva para evitar que cedan. La figura 4.5 muestra la cantidad de cinta adhesiva utilizada para reforzar el sistema de sujeción del tanque de pintura.

El sistema de anclaje genera pérdidas de tiempo al momento de realizar el cambio de los tanques, ya que se necesitan cuatro procesos:

1. Se procede a retirar la cinta adhesiva de refuerzo.
2. Se desajustan los ganchos de sujeción.
3. Se realiza presión en el tanque para desajustarlo de su base.
4. Se procede a colocar el tanque nuevo.

Figura 4.4. Sistema de sujeción del tanque actual.

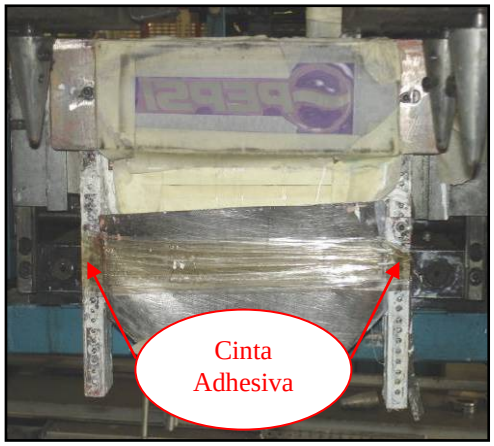


Figura 4.5. Sistema de anclaje de los tanques de pintura actual.

Al cambiar el sistema de pintura, se procede a sustituir las mangueras viejas por nuevas con el fin de evitar la contaminación. La figura 4.6 muestra una de las mangueras utilizadas en el sistema.

Figura 4.6. Mangueras del sistema.

En relación al sistema de centrado y elevación de la gavera, la puesta a punto se inicia cambiando las guías, dependiendo del tamaño de la gavera a imprimir, se

gira la perilla de ajuste, la cual se muestra en la figura 4.7, para colocarlas en la posición requerida, este proceso se realiza manualmente.

Figura 4.7. Perilla de ajuste de las guías de centrado

Cuando el arte queda fuera del área de impresión no cumple con la norma interna de la empresa y esta línea de producción es rechazada, generando retraso en la entrega de los pedidos. La figura 4.8 muestra un error típico generado durante el proceso.

Figura 4.8. Impresión defectuosa.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES.

En esta sección se describen las soluciones propuestas para cada uno de los objetivos planteados en el capítulo I; para ello se desarrolla un procedimiento de selección de la mejor solución descrito en el método de aplicación de restricciones y ponderación de criterios. (Vilchez, 1989)

Se plantean las soluciones que satisfagan los objetivos específicos de manera individual:

- Sistema de anclaje de los tanques de pintura y el sistema de centrado de las gaveras.

- Sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas.

- Diseño del sistema de control para el proceso de centrado, impresión y expulsión de las gaveras de las máquinas SCHOELLER Nº 1 y Nº 2.

4.3. REDISEÑO DEL SISTEMA DE ANCLAJE DE LOS TANQUES DE PINTURA.

Las alternativas de solución planteadas para el sistema de anclaje de los tanques son las siguientes:

4.3.1. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 1 PARA EL SISTEMA DE ANCLAJE DEL TANQUE DE PINTURA.

La alternativa propuesta (ver figura 4.9) consiste en adaptar dos barras cilíndricas (2) y dos placas de soporte (3) en los extremos laterales del tanque de pintura (4); adicionalmente se requiere diseñar el sistema para apoyar el tanque. Para lo cual, se propone la colocación de una canal en forma de "L", donde descansan las barras. Este diseño en "L" garantiza que estas no se desacoplen.

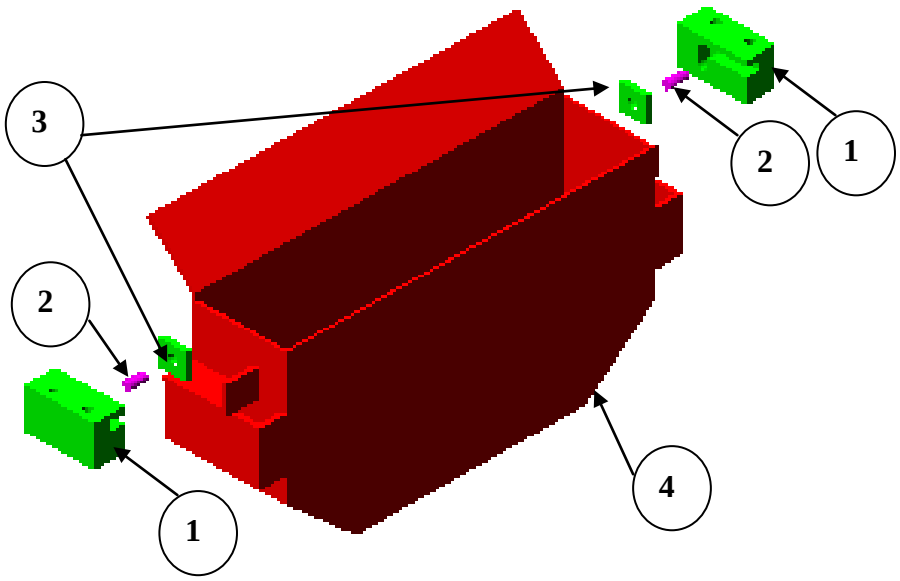


Figura 4.9. Alternativa de solución 1 para el sistema de anclaje del tanque de pintura.

Esta alternativa de solución permite reducir el tiempo que se emplea al cambiar el tanque de pintura; ya que, el proceso se realiza en dos pasos:

1. Se fijan las barras cilíndricas en las canales de las bases de apoyo.
2. Se realiza presión hasta que las barras lleguen al final de la canal y hagan tope con el tanque.

Para el proceso de desmontaje solo se necesita elevar el mismo y luego atraerlo fuera del sistema de pintura.

El tiempo requerido para el cambio del tanque de pintura mediante la aplicación de esta alternativa de solución se estima en dos (2) minutos (ver anexo X).

4.3.2. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 2 PARA EL SISTEMA DE ANCLAJE DEL TANQUE PINTURA.

La alternativa propuesta (ver figura 4.10) consiste en adaptar dos rieles de sección transversal cuadrada (1) en los extremos laterales del tanque de pintura (2); adicionalmente se requiere diseñar el sistema para apoyar el tanque (4). Para lo cual, se propone la colocación de una canal lineal, donde encajan los rieles.

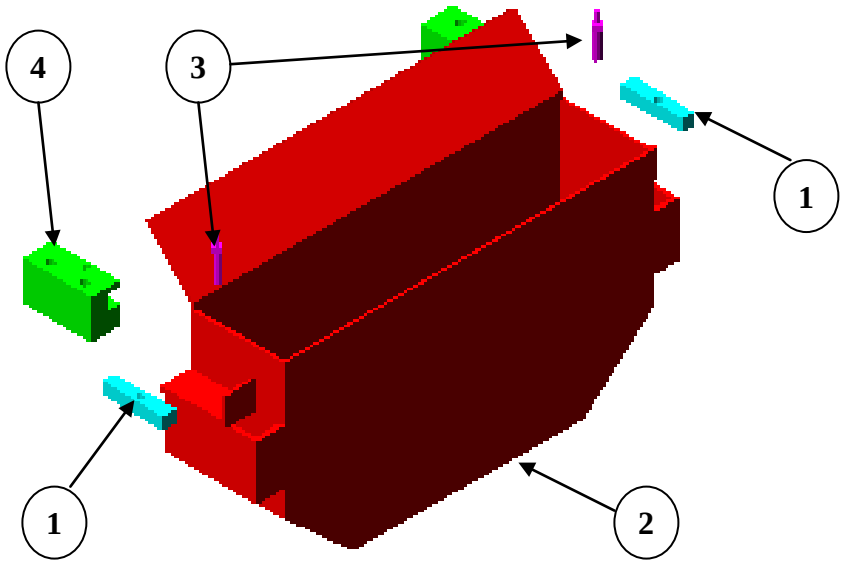


Figura 4.10. Alternativa de solución 2 para el sistema de anclaje del tanque de pintura.

Esta alternativa requiere el diseño o selección de pasadores (3) para garantizar que el tanque no se desacople, es decir, no deslice sobre las bases de apoyo, para lo cual se propone realizar una perforación tanto a los rieles como a las bases. Los pasadores son de geometría cilíndrica. La figura 4.10 muestra los elementos constitutivos de la solución 2.

El proceso para realizar el desmontaje del tanque por medio de la aplicación de esta alternativa se realiza en cuatro pasos:

1. Retirar los pasadores para liberar el tanque de las bases de apoyo.
2. Retirar el tanque para lo cual se debe atraer (halar).
3. Colocar el tanque nuevo.
4. Fijar los pasadores.

El tiempo requerido para el cambio del tanque de pintura mediante la aplicación de esta alternativa de solución se estima en cinco (5) minutos.

4.3.3. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Los criterios de selección de la mejor alternativa son los siguientes:

Criterios (Ci):

C1: El dispositivo debe ser económico.

C2: El dispositivo debe ser de fácil mantenimiento.

C3: El dispositivo debe ser de mayor durabilidad comparado con el sistema actual.

C4: El dispositivo debe ser de fácil maniobrabilidad.

Finalmente aplicando la ponderación de los criterios (Vilchez, 1989) de acuerdo a cada alternativa de solución (ver APÉNDICE I) se selecciona la alternativa Nº 1.

4.3.4. ESPECIFICACIONES Y DISEÑO DE LA SOLUCION PARA EL SISTEMA DE ANCLAJE QUE CONFORMAN LA SOLUCIÓN DEFINITIVA.

El sistema de anclaje del tanque de pintura que representa la solución definitiva (ver figura 4.11) esta constituido por:

A. Tanque de pintura.
B. Barras cilíndricas.
C. Placas de soporte de las barras cilíndricas.
D. Bases de apoyo de las barras cilíndricas.

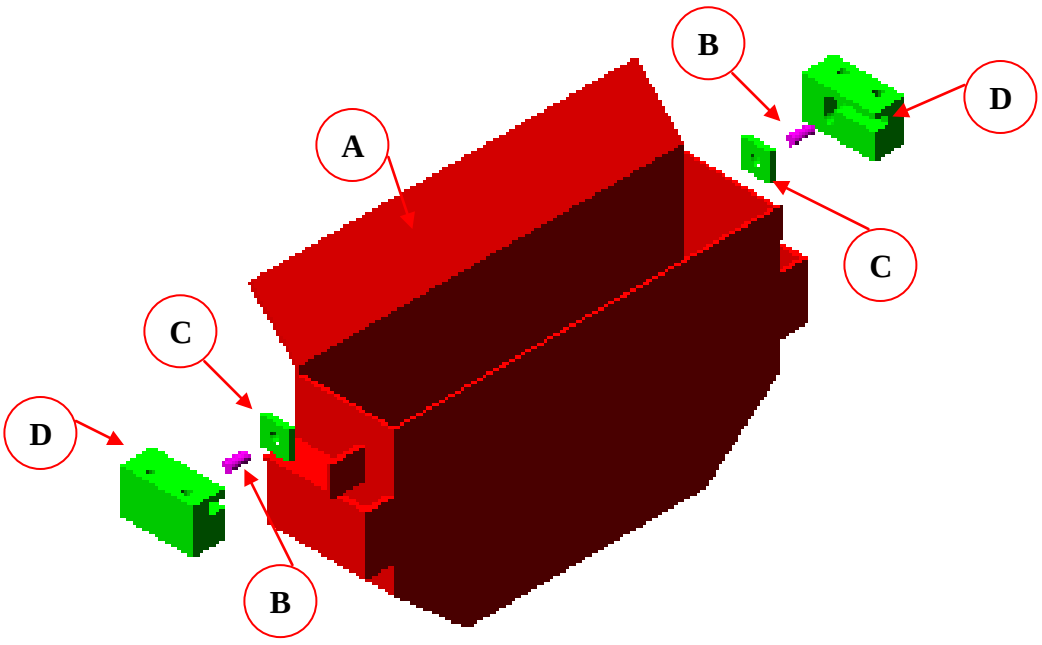


Figura 4.11. Elementos que conforman el sistema de anclaje del tanque de pintura.

Consideraciones:

- El cálculo de los esfuerzos se basa en los siguientes criterios para obtener el esfuerzo permisible de cada material. Tales criterios se muestran a continuación: (Shigley, 1985; Norton, 1999).

***Criterio de tensión*:** $0{,}45\ Sy \leq \sigma p \leq 0{,}6\ Sy$

Criterio de corte: $\tau = 0{,}58\ Sy$

Criterio de flexión: $0{,}6\ Sy \leq \sigma p \leq 0{,}75\ Sy$

- Para todos los cálculos se considera la gravedad (g) como:

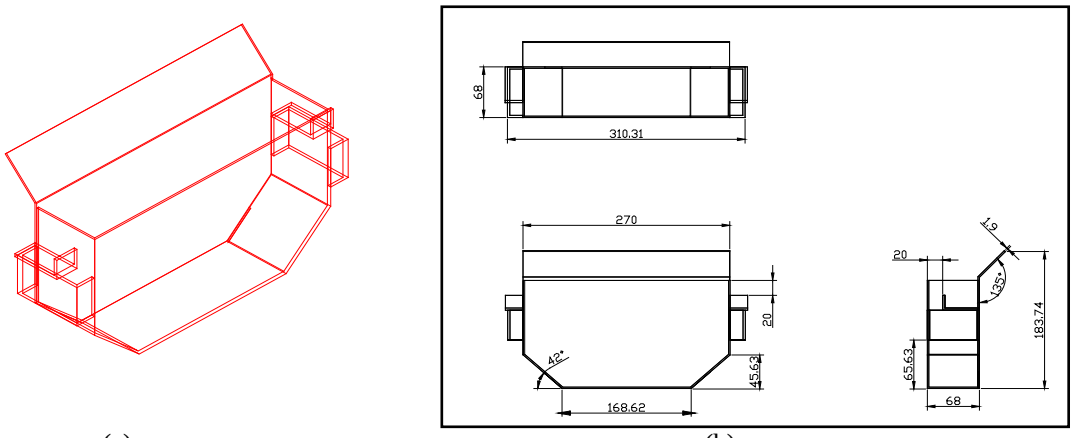
$$g = 9{,}81\ m / s^2$$

- Factor de seguridad = *5* ya que se poseen datos poco representativos del material disponible a partir de pruebas, este valor se utiliza para el cálculo de pasadores y medios de unión (Norton, 1999)

- Factor de seguridad N = 3 ya que se posee datos del material disponibles a partir de pruebas, según patrón de cálculo para estructuras metálicas (Norton, 1999).

4.3.5. TANQUE DE PINTURA.

Es el encargado de almacenar la pintura a utilizar en la impresión del arte, debido a que la empresa cuenta con él, no se le realizan modificaciones al diseño, el material es acero inoxidable y sus dimensiones principales se muestran en la figura 4.12

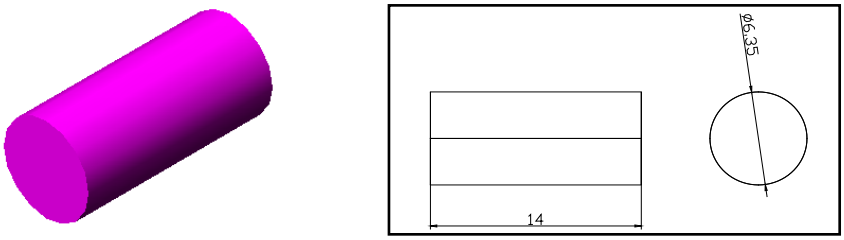


(a) (b)

Figura 4.12. (a) Isometría del tanque de pintura, (b) vistas necesarias dimensiones en mm.

4.3.6. BARRAS CILÍNDRICAS.

Se encargan de fijar el tanque al sistema de pintura, el material a utilizar para el diseño es acero inoxidable, las dimensiones principales de las barras se muestran en la figura 4.13



(a) (b)

Figura 4.13. (a) Isometría de las barras cilíndricas, (b) vistas necesarias dimensiones en mm.

Cálculo del diámetro de las barras cilíndricas.

Para el diseño de la barra que soportan el tanque de pintura se desprecia el momento flector que actúa sobre ella, debido sus dimensiones (ver figura 4.14), por lo tanto; se diseña el elemento tomando en cuenta únicamente el criterio de corte.

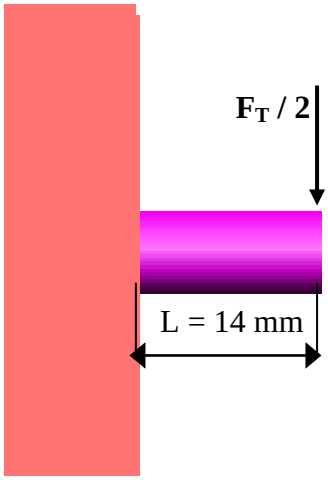


Figura 4.14. Fuerza aplicada a la barra.

Para el cálculo de la fuerza que ejerce el tanque de pintura (F_T) sobre las barras cilíndricas cuando éste se encuentre lleno en su totalidad es necesario realizar mediciones de peso para promediar las medidas obtenidas, con el fin de conocer la fuerza promedio que actúa.

Tabla 4.1. Medición del peso del tanque completamente lleno.

Medición	Peso (Kg)	Medición	Peso (Kg.)
1	2,9	6	3
2	2,9	7	3
3	3	8	2,9
4	3	9	2,85
5	3	10	3

Peso promedio = 2,955 Kg., se realiza el diseño con un peso de 3 Kg., ya que es la medida mas común del tanque completamente lleno.

Es importante destacar que el peso del tanque se reparte equitativamente en ambas barras; es decir, la fuerza que soporta una barra es la mitad de la fuerza total tal como lo muestra la figura 4.14.

La figura 4.15 muestra el diagrama de cuerpo libre de la barra cilíndrica.

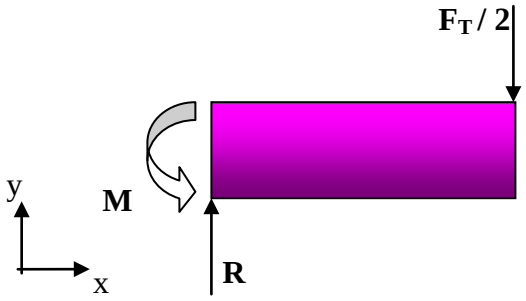


Figura 4.15. Diagrama de cuerpo libre de la barra.

La fuerza ejercida por el peso del tanque se calcula a través de la ecuación 4.1:

$$F_T = P \cdot g \qquad \textbf{(Ecuación 4.1)}$$

Donde:

F_T: Fuerza producida por el peso del tanque.

g: Gravedad = 9,81 m / s^2.

P: Peso del tanque lleno de pintura = 3 Kg.

Sustituyendo en la ecuación 4.1 se obtiene:

$$F_T = 29{,}43 \text{ N}$$

Cálculo del área requerida por la barra:

$$\left(\frac{F}{A}\right)N \leq Sy \qquad \textbf{(Ecuación 4.2)}$$

Donde:

F: Fuerza aplicada = F_T /2 = 14,715 N

A: Área sometida a la fuerza aplicada

N: factor de seguridad = 5

Sy: limite de fluencia = 758 MPa (Acero Inoxidable serie 304) (Norton, 1999)

Sustituyendo en la ecuación 4.2, se obtiene:

$$A = 0{,}24266 \text{ mm}^2$$

Con el valor del área obtenido anteriormente se sustituye y despeja el diámetro de la barra utilizando la ecuación 4.3.

$$A = \frac{\Pi \cdot D^2}{4} \qquad \textbf{(Ecuación 4.3)}$$

$$D = 0{,}555 \text{ mm}$$

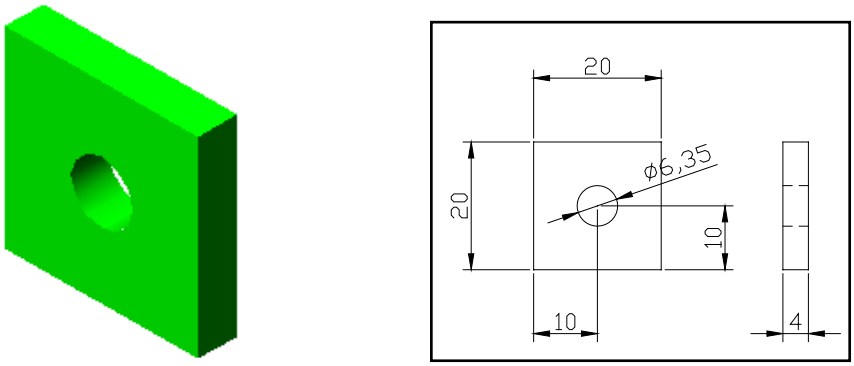
Tomando el diámetro de la sección transversal de la barra a un diámetro comercial se obtiene:

$$D = 1 / 4” = 6{,}35 \text{ mm}$$

Con lo cual se obtiene un factor de seguridad de N = 652,54

4.3.7. PLACAS DE SOPORTE DE LAS BARRAS CILÍNDRICAS.

Mediante la utilización de esta placa se da un apoyo a las barras cilíndricas. El material de las placas es acero inoxidable y éstas se diseñan en función de los esfuerzos existentes en el proceso, las dimensiones de la placa se muestran en la figura 4.16.



(a) (b)

Figura 4.16. (a) Isometría de la placa de soporte o apoyo de los pines, (b) vistas necesarias dimensiones en mm.

Diseño de la placa base de la barra cilíndrica.

Para el diseño de la placa base se verifica si pudiera ocurrir aplastamiento o corte puro debido a la fuerza que se ejerce sobre ella (ver figura 4.17), se utiliza un factor de seguridad N = 3.

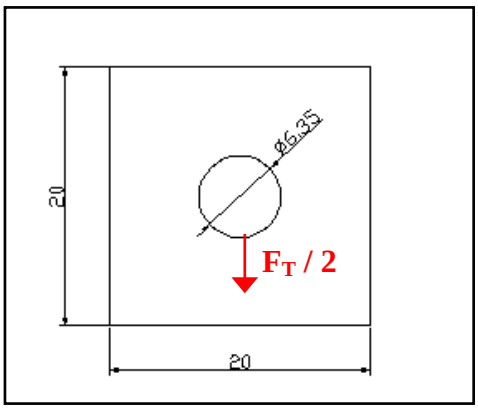


Figura 4.17. Fuerza actuante en la placa (medidas en mm)

En la figura 4.18 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la placa, así como las fuerzas actuantes en la misma.

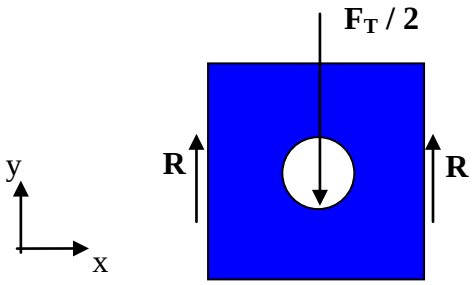


Figura 4.18. Diagrama de cuerpo libre de la placa

1.- Verificación de la pieza debido a falla por aplastamiento.

Material: Acero Inoxidable serie 304; Sy = 586MPa

$$\left(\frac{Ft}{Aaplast}\right)N \leq Sy \qquad \textbf{(Ecuación 4.4)}$$

Se utiliza el valor de la fuerza que ejerce el tanque, por cálculos anteriores se tiene:

$$F_T = 29{,}43 \text{ N}$$

Para el cálculo del área sometida a aplastamiento se utiliza la siguiente expresión:

$$A_{APLAST} = d \cdot e \qquad \textbf{(Ecuación 4.5)}$$

Donde:

d: Diámetro del agujero = 6,35 mm

e: Espesor de la placa o del área sometida a aplastamiento = 4 mm

Sustituyendo en la ecuación 4.5, se obtiene:

$$A_{APLAST} = 25{,}4 \text{ mm}^2$$

Sustituyendo valores en la ecuación 4.4, se obtiene:

$$Syr = 1{,}738 MPa$$

Como Syd: limite de fluencia disponible del material = 586 MPa es mayor al Syr: limite de fluencia requerido por el material = 1,738 MPa la pieza no falla por aplastamiento.

2.- Comprobación de la longitud de la placa sometida a corte puro.

Como la placa está sometida a una fuerza (F) única, se realiza el diseño y por lo tanto los cálculos necesarios a partir de la misma.

Por medio de la ecuación:

$$Pt = At \cdot \sigma_t = (L - d) \cdot e \cdot \sigma_a \qquad \textbf{(Ecuación 4.6)}$$

Donde:

e: Espesor de la placa = 4 mm

d: Diámetro del agujero = 6,35 mm

L: Longitud de la placa = 20 mm

Tomando el criterio de tensión para el cual $0{,}45Sy \leq \sigma_p \leq 0{,}6Sy$ se supone un valor del esfuerzo permisible de $\sigma_p = 0{,}45Sy$ por ser este valor el mas crítico.

$$\sigma_p = 0{,}45 \cdot 586MPa = 263{,}7MPa$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_p}{N} \qquad \textbf{(Ecuación 4.7)}$$

Donde:

σ_a: Esfuerzo admisible

σ_p: Esfuerzo permisible = 263,7 MPa

N: Factor de seguridad = 3

Sustituyendo valores en la ecuación 4.7, se obtiene:

σ_a = 87,9 MPa

Siendo la longitud mínima de corte:

$$L\min = \left(\frac{Pt}{e \cdot \sigma_a} \right) + d \qquad \textbf{(Ecuación 4.8)}$$

Donde:

Pt: Fuerza aplicada = 14,715 N

e: Espesor de la placa = 4 mm

σ_a: Esfuerzo admisible

d: Diámetro del orificio = 6,35 mm

$$L\min = 6{,}392 mm$$

Como Lmin = 6,392 mm < Lpieza = 20 mm la pieza no falla por corte.

4.3.8. FIJACIÓN DE LA BARRA CILÍNDRICA Y DE LA PLACA AL TANQUE DE PINTURA.

La fijación de la barra cilíndrica al tanque de pintura se realiza mediante soldadura (ver figura 4.19 y figura 4.20), con lo cual no se modifica la geometría del tanque (dimensiones principales). Adicionalmente se deben soldar placas de apoyo en el tanque, tal como se muestra en el detalle B de la figura 4.20.

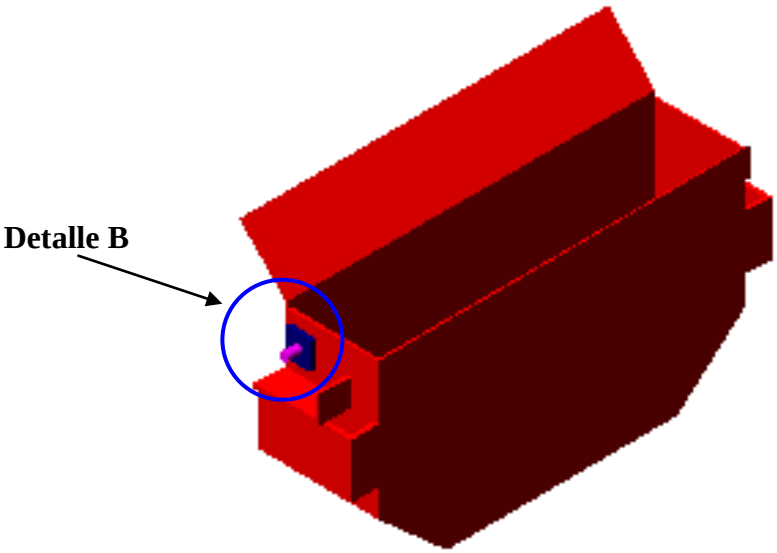


Figura 4.19. Sistema de fijación de la barra y placa de apoyo mediante soldadura.

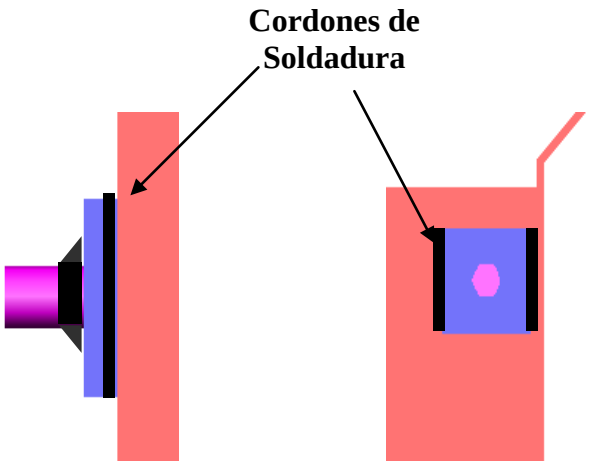


Figura 4.20. Detalle B

Cálculo de la soldadura necesaria para fijar las placas de soporte al tanque de pintura.

Se procede a calcular el espesor de la soldadura (h). Al analizar la Fig. 4.21, se observa la fuerza que actúa sobre la barra produce un momento flector (M) en el

cordón así como una fuerza cortante (F_T). La figura 4.22 muestra la ubicación del centroide del cordón de soldadura.

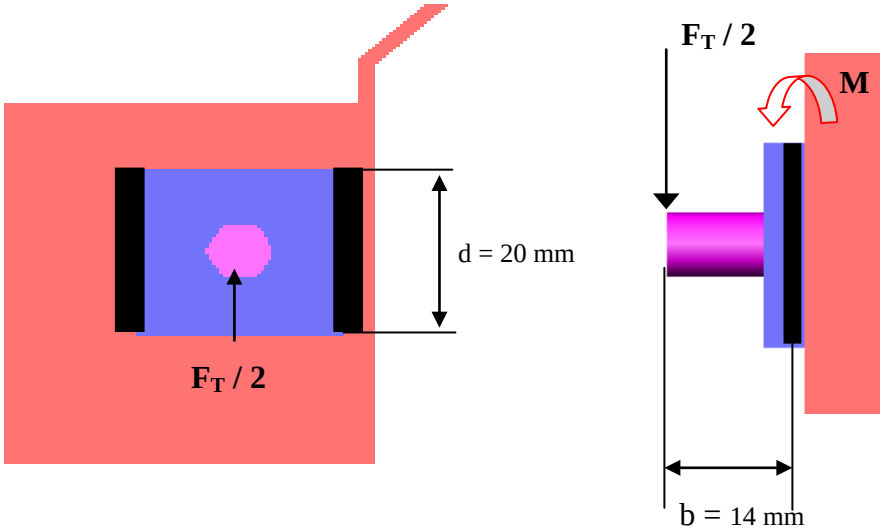


Figura 4.21. Disposición de los cordones de soldadura.

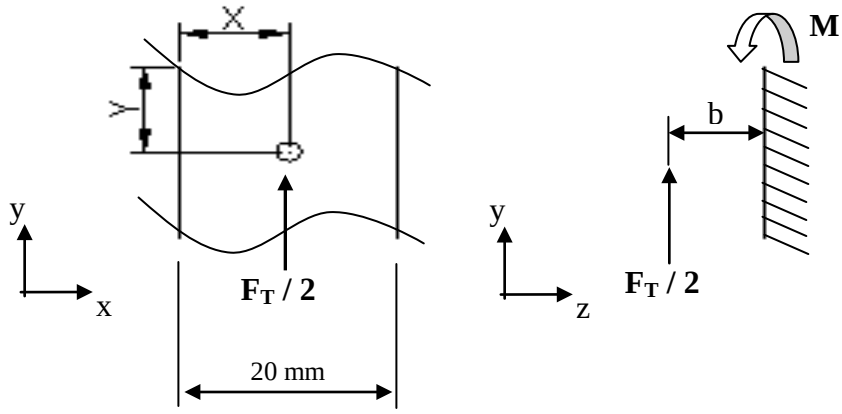


Figura 4.22. Ubicación de la fuerza actuante en el cordón de soldadura y el momento generado.

Se utiliza la ecuación de esfuerzo normal tomada de Shigley (1985).

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \qquad \textbf{(Ecuación 4.9)}$$

Donde:

M: Momento flector producido por la fuerza en el cordón de la soldadura

c: Distancia del centro de inercia a la fibra mas alejada de la soldadura

I: Momento de inercia basado en la garganta de la soldadura.

Para el cálculo del momento flector se utiliza la siguiente expresión:

$$M = F \cdot b \qquad \textbf{(Ecuación 4.10)}$$

Donde:

F = Fuerza aplicada sobre el arreglo = 14,715 N

b = Distancia de aplicación de la fuerza con respecto al punto crítico = 14 mm

Sustituyendo en la ecuación 4.10, se obtiene:

$$M = 206{,}01 N \cdot mm$$

De la figura 4.22: $C = \overline{X} = 10 mm$

$$I = 0{,}707 \cdot h \cdot \frac{d^3}{6} \qquad \textbf{(Ecuación 4.11)}$$

Donde:

h = Longitud de la garganta

d = longitud de la soldadura = 20 mm

Sustituyendo en la ecuación 4.11, se obtiene:

$$I = 942{,}66 \cdot (h) mm^4$$

Sustituyendo los valores de M, c e I en la ecuación 4.9, se obtiene:

$$\sigma_{placa} = \frac{2{,}185}{h} MPa$$

El esfuerzo cortante que soporta la soldadura es:

$$\tau = \tau' + \tau'' \qquad \textbf{(Ecuación 4.12)}$$

Donde:

τ : Esfuerzo de corte resultante en juntas soldadas.

τ' : Esfuerzo cortante primario en las juntas.

τ'' : Esfuerzo cortante secundario o torsión en las juntas.

Para el cálculo de τ' se utiliza la siguiente expresión:

$$\tau' = \frac{P}{A_g} \qquad \textbf{(Ecuación 4.13)}$$

Donde:

P: Fuerza o carga aplicada =14,715 N

A_g: Área de la garganta de la soldadura

Se procede a calcular el área de la garganta:

$$A_g = 1{,}414.h.d \qquad \textbf{(Ecuación 4.14)}$$

Sustituyendo en la ecuación 4.14, se obtiene:

$$A_g = 28{,}28 \text{ mm}^2$$

Sustituyendo A_g en la ecuación 4.13, se obtiene:

$$\tau' = \frac{0{,}5203}{h} MPa$$

Para el cálculo de τ'' se utiliza la siguiente expresión:

$$\tau'' = \frac{M \cdot r}{J} \qquad \textbf{(Ecuación 4.15)}$$

Donde:

M: Momento flector producido por la fuerza en el cordón de la soldadura = 206,01 Nmm

r: Distancia del centro de inercia a la fibra mas alejada de la soldadura = 20 mm

J: Momento polar de inercia

Para el cálculo del momento polar de inercia se utiliza la siguiente expresión:

$$J = 0{,}707 \cdot (h) \cdot J_u = 0{,}707 \cdot (h) \cdot \frac{d(3b^2 + d^2)}{6} \qquad \textbf{(Ecuación 4.16)}$$

Sustituyendo en la ecuación 4.16, se obtiene:

$$J = 3770{,}66\ (h)\ mm^4$$

Sustituyendo en la ecuación 4.15, se obtiene:

$$\tau'' = \frac{1{,}0926}{h} MPa$$

Sustituyendo las ecuaciones 4.13 y 4.15 en 4.12 se obtiene el esfuerzo cortante total en función de la altura de la garganta:

$$\tau = \frac{1{,}613}{h} MPa$$

El esfuerzo resultante que se produce en la soldadura se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \qquad \textbf{(Ecuación 4.17)}$$

Donde:

σ_r : Esfuerzo de Von Mises

σ : Esfuerzo normal.

τ : Esfuerzo cortante resultante.

La AISC establece que se debe utilizar un factor de seguridad de N = 1,44 para el tipo de carga que está sometido el sistema, además establece que el esfuerzo permisible para cargas cortantes y juntas de filete es de Se = 0,4Sy y Sy = 0,5Sut. (Shigley, 1985).

Debido a que el tipo de soldadura a utilizar es tipo TIG y este tipo de soldadura recomienda que el material de aporte sea del mismo material de los elementos a unir (Acero Inoxidable 304).

Sut = 586 MPa

Sy = 0,5(586) = 293 MPa

Se = 0,4 (293) = 117,2 MPa

Se utiliza la ecuación 4.18 para el cálculo del factor de seguridad y se despeja el esfuerzo resultante:

$$N = \frac{Se}{\sigma_r} \Rightarrow 1{,}44 = \frac{117{,}2}{\sigma_r} \Rightarrow \sigma_r = 81{,}38 MPa \qquad \textbf{(Ecuación 4.18)}$$

Sustituyendo y despejando de la ecuación 4.17 la altura de la garganta, se obtiene:

h = 0,043583 mm

Por razones de forma del cordón y comodidad para el soldador se lleva la altura de la garganta a h = 4 mm con lo cual se obtiene un factor de seguridad de N = 132,17.

Cálculo del cordón de soldadura entre la barra cilíndrica y la placa.

Las figuras 4.23 y 4.24 muestran la disposición de los cordones de soldadura y el diagrama de cuerpo libre de la barra para el cálculo de la soldadura respectivamente.

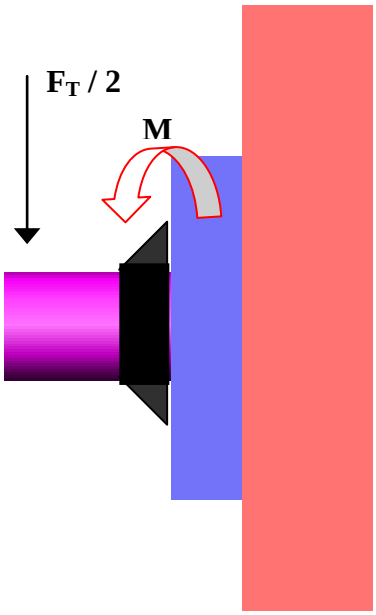


Figura 4.23. Disposición de los cordones de soldadura placa-barra.

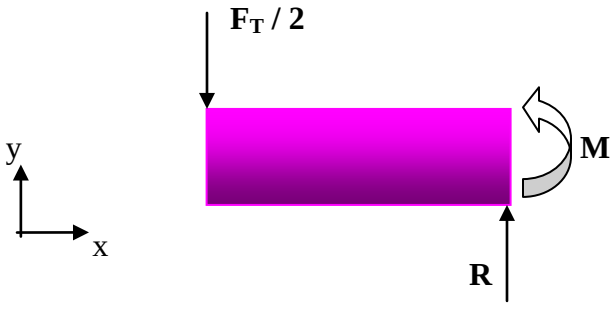


Figura 4.24. Diagrama de cuerpo libre de la barra.

Siguiendo el procedimiento indicado en la sección 4.3.8 se obtiene los siguientes resultados:

- Momento flector:

$$M = 147{,}15 \text{ N mm}$$

- Momento de inercia basado en la garganta de la soldadura:

$$I = 0{,}707 \cdot h \cdot \pi . r^3 \qquad \textbf{(Ecuación 4.19)}$$

Donde:

h = Longitud de la garganta

r = Radio de la circunferencia = 3,175 mm

Sustituyendo en la ecuación 4.19 y despejando en función de la altura de la garganta:

$$I = 71{,}088(h) mm^4$$

- Área de la garganta.

$$A_g = 1{,}414 . h . r . \pi \qquad \textbf{(Ecuación 4.20)}$$

Donde:

h: Altura de la garganta

r: Radio de la soldadura = 3,175 mm

Sustituyendo en la ecuación 4.20, se obtiene:

$$A_g = 14{,}10 \text{ mm}^2$$

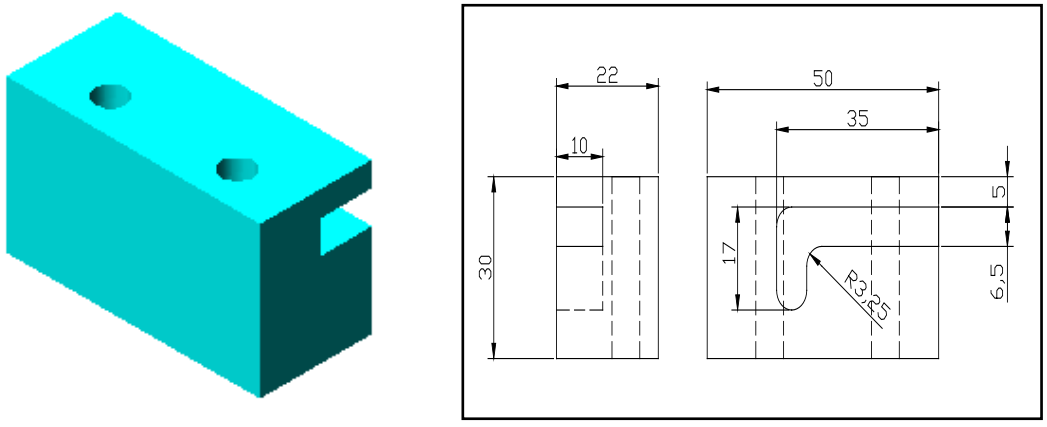
- Altura de la garganta del cordón de soldadura.

$$h = 0{,}00612 \text{ mm}$$

Por razones de forma del cordón y comodidad para el soldador se lleva la altura de la garganta a h = 4 mm con lo cual se obtienes un factor de seguridad de N = 31,82

4.3.9. BASES DE APOYO DE LAS BARRAS CILÍNDRICAS.

Estas piezas sirven de guía y apoyo para fijar el tanque al sistema de pintura (ver figura 4.25), se selecciona acero 1020 como el material de las bases y se diseñan en función de los esfuerzos que puedan generarse en el proceso.



(a) (b)

Figura 4.25. (a) Isometría de la base de apoyo, (b) vistas necesarias dimensiones en mm.

Diseño de las bases de apoyo del tanque de pintura.

Para el diseño de este elemento se utiliza la teoría por falla de aplastamiento y corte puro debido a la fuerza que se presenta en la bases de apoyo (ver figura 4.26).

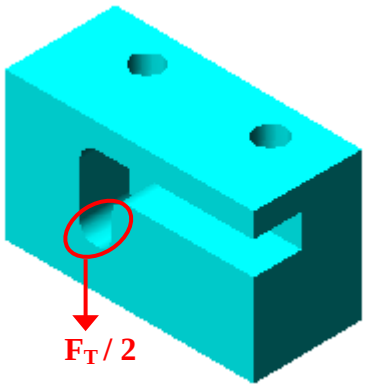


Figura 4.26. Ubicación de la fuerza aplicada sobre la base de apoyo.

La figura 4.27 muestra el diagrama de cuerpo libre de la base de apoyo.

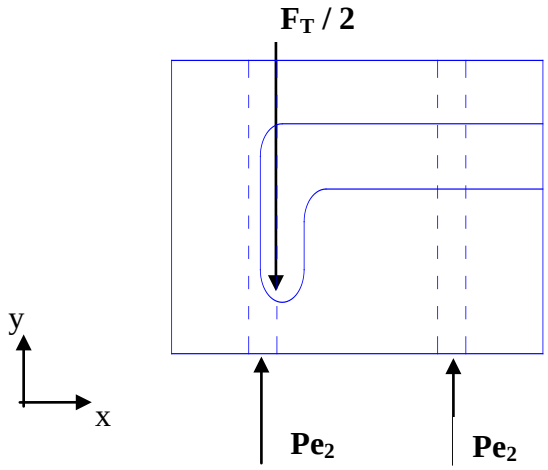


Figura 4.27. Diagrama de cuerpo libre de la base de apoyo.

1.- Verificación de la pieza debido a falla por aplastamiento.

Siguiendo el procedimiento indicado en la sección 4.3.7 se obtienen como resultados:

Material: Acero 1020; Sy = 207 MPa

- Esfuerzo de fluencia requerido.

Syr = 0,452 MPa

Como Syd = 207 MPa es mayor al Syr la pieza no falla por aplastamiento.

2.- Comprobación de la longitud de la placa sometida a corte puro.

F crítica = 14,715 N

Sustituyendo en la ecuación 4.7, se obtiene:

$$\sigma_a = 0{,}45 \cdot 207MPa = 93{,}15MPa$$

$$\sigma_a = 31{,}05MPa$$

Luego la longitud mínima de corte viene dada por la ecuación 4.8:

$$L\min = \left(\frac{Pt}{e \cdot \sigma_a} \right) + d$$

$$L\min = 6{,}38mm$$

Como Lmin = 6,38 mm < Lpieza = 50 mm la pieza no falla por corte.

4.3.10. SELECCIÓN DE LOS TORNILLOS DE SUJECIÓN O FIJACIÓN DE LAS BASES DE APOYO DERECHA E IZQUIERDA DEL TANQUE DE PINTURA AL SISTEMA PORTA MALLA.

Para fijar las bases de apoyo del tanque al sistema de pintura se requieren cuatro pernos o tornillos, los cuales deben soportar los diferentes esfuerzos generados durante el proceso. (Ver figura 4.28).

Para la selección de los pernos, se establecen las siguientes consideraciones:

- Cada perno soporta 1/4 de la carga total que se genere en el sistema.
- Se deben seleccionar pernos comerciales que satisfagan las condiciones de trabajo.

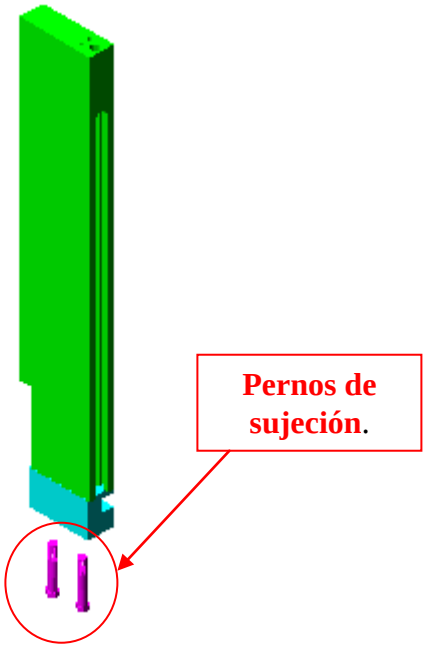


Figura 4.28. Tornillos de sujeción.

Cálculo de los esfuerzos a tensión que debe soportar el perno.

El perno debe soportar las condiciones criticas de trabajo la cual se da debido a las cargas generadas por el peso de la base de apoyo del tanque y la carga que genera el tanque de pintura cuando se encuentra lleno en su totalidad.

Por cálculos anteriores se tiene que la fuerza que ejerce el tanque de pintura es de F_T = 29,43 N.

Para el cálculo de la fuerza que ejerce la base de apoyo es necesario conocer el peso de la misma partiendo de sus dimensiones principales las cuales se muestran en la figura 4.29.

Se calcula el volumen de la base considerándola como un cuerpo sólido; es decir, despreciando las ranuras que posee.

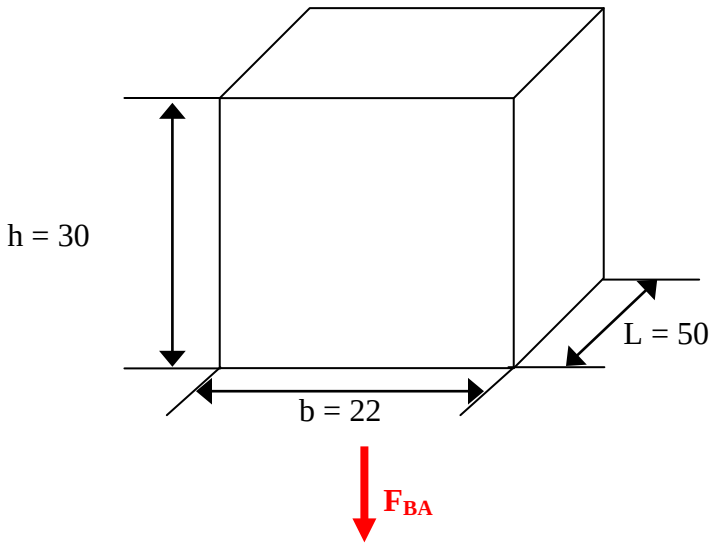


Figura 4.29. Ubicación del peso de la pieza.

$$\text{Volumen} = b \cdot h \cdot L \qquad \textbf{(Ecuación 4.21)}$$

$$\text{Volumen} = 33000 \text{ mm}^3$$

La densidad de la pieza o base de apoyo para Acero 1020 (Norton, 1999):

$$\rho = 7800 \text{ Kg.} / \text{m}^3$$

- El peso de la pieza:

$$P_{BA} = 0{,}2574 \text{ Kg.}$$

Por lo tanto, la fuerza que ejerce el peso de la base de apoyo (ver figura 4.29):

$$F_{BA} = 2{,}52 \text{ N}$$

Para el diseño del perno de sujeción se toma para los cálculos 1/4 de la fuerza que ejerce el tanque en el sistema y ½ de la fuerza que ejerce las bases de apoyo ya que cada base posee dos pernos y el sistema posee dos bases de apoyo.

$$F_{TOTAL} = ½ F_{BA} + ¼ F_T \qquad \textbf{(Ecuación 4.22)}$$

Sustituyendo en la ecuación 4.22, se obtiene:

$$F_{Total} = 8{,}6175 \text{ N}$$

Se selecciona un perno que satisfaga la geometría requerida por la pieza, y se procede a verificar que el perno de sujeción resista los esfuerzos aplicados.

Selección del perno (Norton, 1999)

Tabla 4.2. Especificaciones del perno seleccionado para la sujeción de las bases de apoyo.

Tamaño	¼”
Hilos por pulgadas	28 hilos
Diámetro menor	0,2036 in
Diámetro mayor	0,25 in
Área de esfuerzo a tensión (At)	23,48 mm^2

Esfuerzo en el perno.

$$\sigma_t = \frac{F_T}{A_T} \qquad \textbf{(Ecuación 4.23)}$$

Donde:

F_T: Fuerza total aplicada al perno = 8,6175 N

A_T: Área de esfuerzo a tensión = 23,48 mm^2

Sustituyendo en la ecuación 4.23, se obtiene:

$$\sigma_t = 0{,}367 MPa$$

Con el esfuerzo que debe soportar el perno se procede a escoger el mismo mediante la tabla 14-6 del Norton (1999).

Tabla 4.3. Propiedades del perno seleccionado para la sujeción de las bases de apoyo.

Material	Acero de bajo o medio carbono
Numero de grado SAE	1
Sp: Resistencia de Prueba Mínima (Kpsi)	33
Sy: Limite de Fluencia (Kpsi)	36
Resistencia mínima a la tensión (MPa)	413,7

Longitud de la rosca.

Según el criterio de "*acoplamiento mínimo en una perforación roscada*", dado que el perno no se fija mediante tuercas y el material de la pieza que posee la perforación roscada es diferente al material del tornillo, se recomienda que la longitud de la rosca sea por lo menos dos veces el diámetro del tornillo (Norton, 1999). (Ver figura 4.30).

$L_{ROSCA} = 2d_{PERNO} = (2)\ (1/4") = ½" = 12,7\ mm^2$

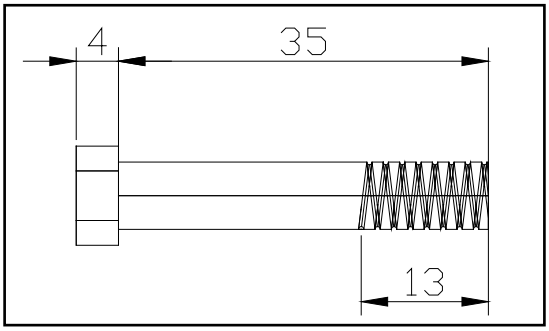


Figura 4.30. Especificaciones del perno de sujeción de la base de apoyo (medidas en mm).

Tabla 4.4. Características del perno seleccionado para la sujeción de las bases de apoyo

Numero de grado SAE	1
Sp	33 Kpsi
Sy	36 Kpsi
St	413,7 MPa
Tamaño	¼”
Hilos por pulgadas	28
Diámetro menor	0,2036”
Diámetro mayor	0,25”
Área de esfuerzo a tensión (At)	23,48 mm^2

4.4. REDISEÑO DEL SISTEMA DE CENTRADO DE GAVERAS.

4.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE CENTRADO DE GAVERAS.

En la figura 4.31 se observan los elementos que presentan mayores fallas durante el proceso de impresión. (1) Base de apoyo de las guías de centrado de gaveras, (2) rieles de movimiento de las guías de centrado, (3) tijeras, (4) perilla de posicionamiento de las guías de centrado.

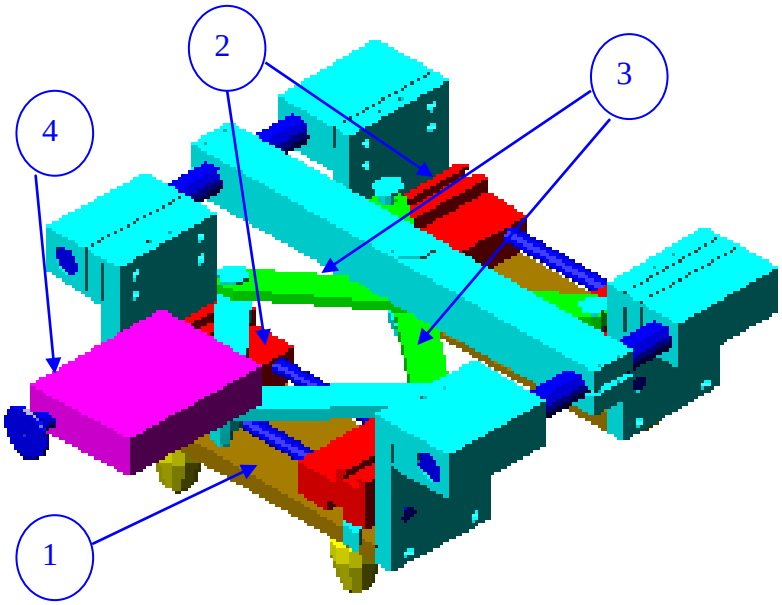


Figura 4.31. Sistema de centrado de gaveras actual.

Los elementos principales que conforman el sistema actual se mencionan a continuación:

1) **Base de apoyo de las guías de centrado de gaveras.** Posee dos canales (ver figura 4.32) sobre las cuales se desplazan las guías de centrado, que sirven para fijar o centrar la gavera para su posterior impresión.

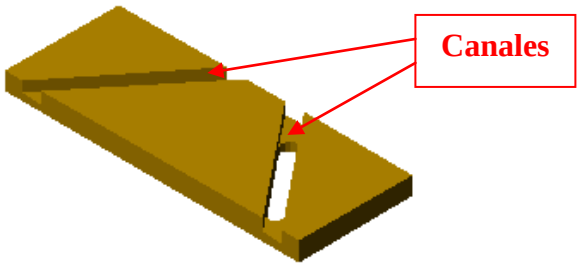


Figura 4.32. Base de apoyo de las guías de centrado de gaveras.

2) **Rieles de movimiento de las guías de centrado.** Tienen la función de garantizar el movimiento de las guías de centrado sobre la base de apoyo, dichos rieles son accionados por actuadores y se desplazan sobre tubos guías, los cuales van ensamblados en los orificios que se observan en la figura 4.33, que garantiza el movimiento en un solo sentido.

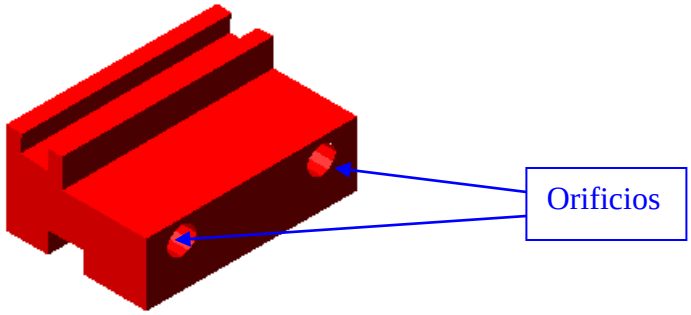


Figura 4.33. Rieles de movimiento de las guías de centrado.

3) **Tijeras**. Se encargan de garantizar que el movimiento de las guías de centrado sea simétrico, las mismas están fijas a los rieles de movimiento y por ende al

desplazarse por acción del actuador se trasmite el movimiento armónico en los cuatro rieles que posee la máquina. La figura 4.34 muestra las tijeras.

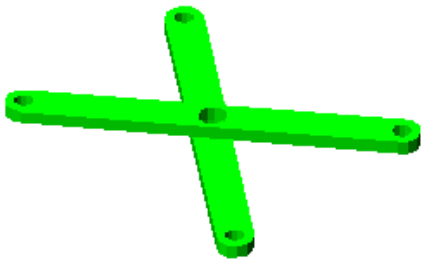


Figura 4.34. Tijeras actuales.

4) **Perilla de posicionamiento de las guías de centrado.** Esta perilla regula la apertura de las guías de centrado, al girarla se logra la movilización de las tijeras, estas se encuentran fijas a los rieles de movimiento y a su vez los rieles son los encargados de transmitir el movimiento a las guías de centrado ocasiona que abran o se cierren. La perilla de posicionamiento se muestra en la figura 4.35.

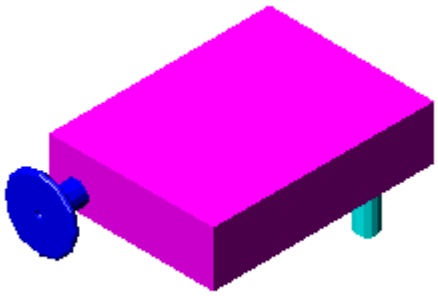


Figura 4.35. Perilla de posicionamiento.

Para el rediseño del sistema de centrado de las gaveras se plantean dos alternativas y se evalúan para seleccionar la que mejor se adapte.

4.4.2. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 1 PARA LAS GUÍAS DE CENTRADO.

Rediseño de las guías de centrado de las gaveras, con operación individual; es decir, cada guía es accionada por un actuador (1) (ver figura 4.36) y el mecanismo que transmite el movimiento se encuentra en el exterior del cuerpo de las mismas. Adicionalmente se rediseñan las tijeras y se verifica que los tubos ejes de las guías de centrado resistan las cargas presentes.

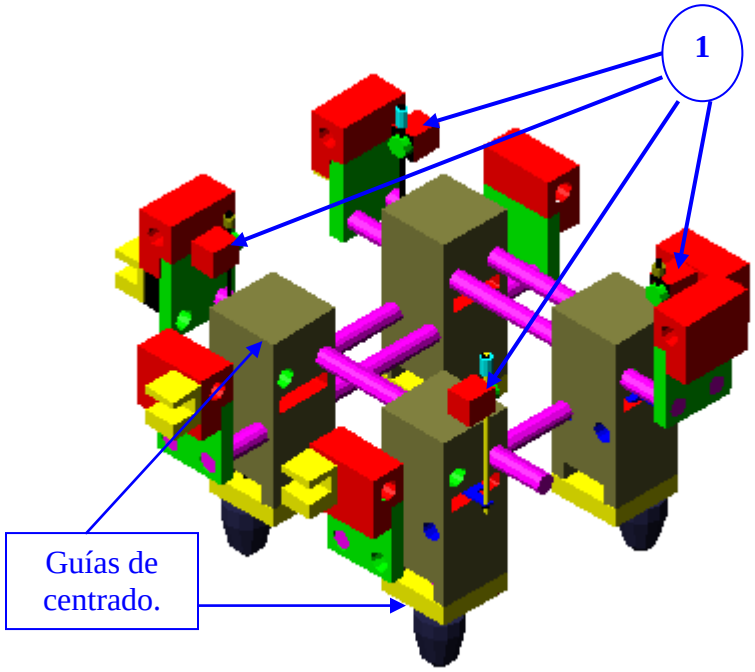


Figura 4.36. Sistema completo de la máquina de impresión. Guías de centrado individuales.

El rediseño del sistema de centrado de las gaveras se basa principalmente en las guías de centrado, el cierre o apertura se realiza de forma manual mediante tornillos de potencia accionados por perillas las cuales se aseguran utilizando pinzas de apriete de tornillos para evitar cualquier desajuste.

El funcionamiento de las guías de centrado se realiza de la siguiente manera (véase figura 4.37), debido al mecanismo interno se transmite el movimiento que genere el actuador (1) al pin de centrado (2), el actuador inicialmente se encuentra retraído, por lo tanto, los pines se encuentran cerrados (ver figura 4.39), cuando el actuador se extiende el movimiento se transmite hacia los pines de centrado ocasionando su apertura (ver figura 4.38) y centrando la gavera para su impresión.

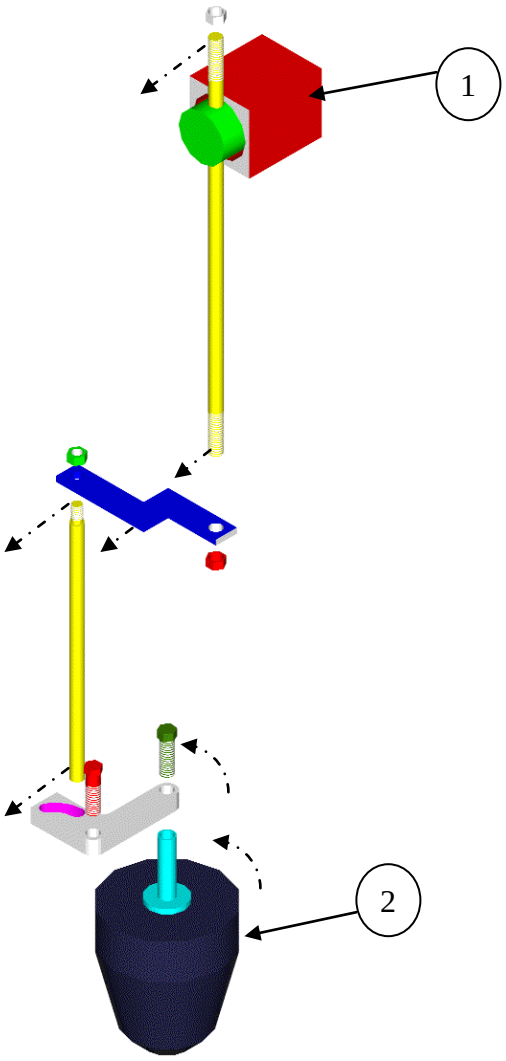


Figura 4.37. Mecanismo de las guías de centrado, secuencia del movimiento.

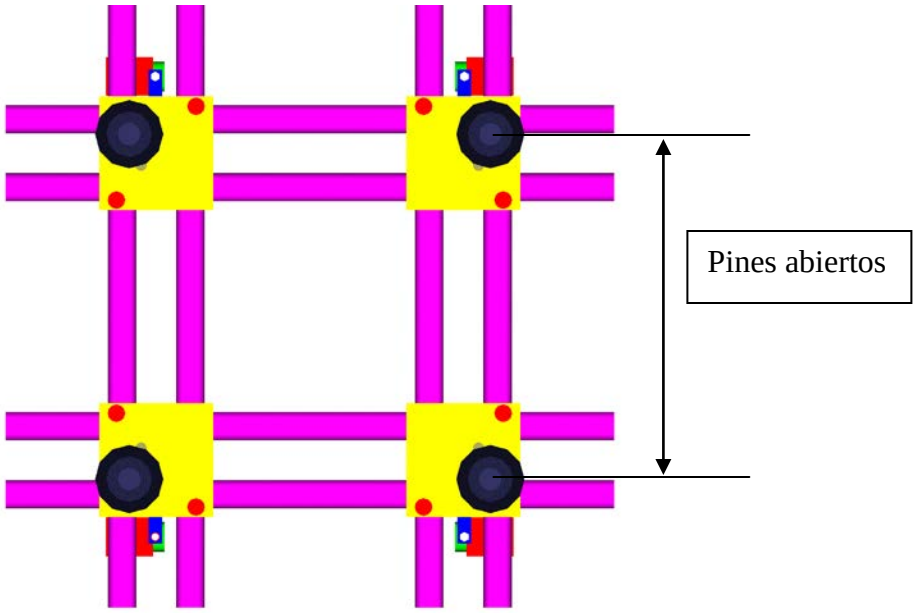


Figura 4.38. Pines de centrados abiertos.

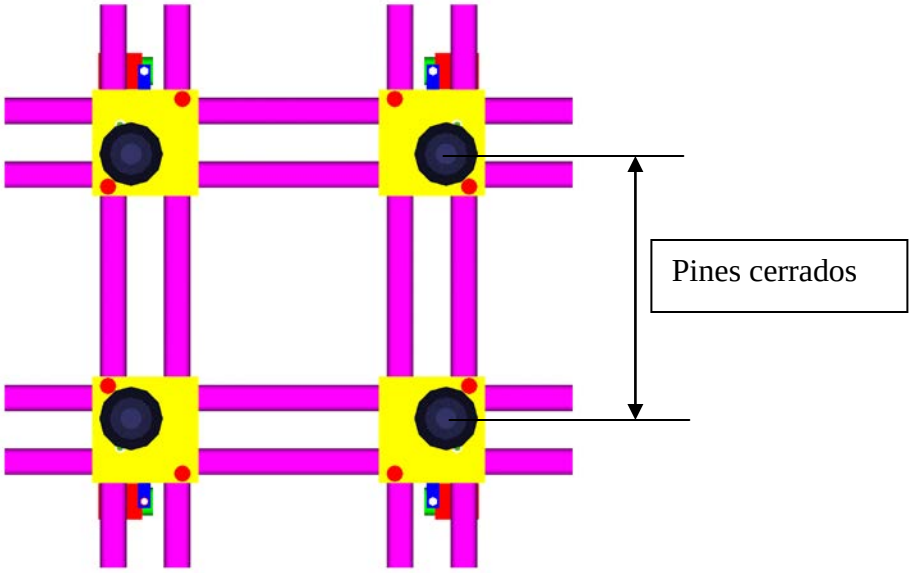


Figura 4.39. Pines de centrado cerrados.

4.4.3. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 2 PARA LAS GUÍAS DE CENTRADO.

Rediseño de las guías de centrado, cada guía funciona de manera individual. Al accionarse el actuador (1) (ver figura 4.40) este mueve una barra (3) que está sujeta a su vástago la cual posee una leva (4) fija a la tapa inferior de las guías de centrado (ver figura 4.42) por medio de unos rieles (5) para asegurar su desplazamiento lineal, esta se encuentra en contacto con el eje de los pines de centrado (6) y al producirse el movimiento la leva empuja el pin ocasionando la apertura de las guías.

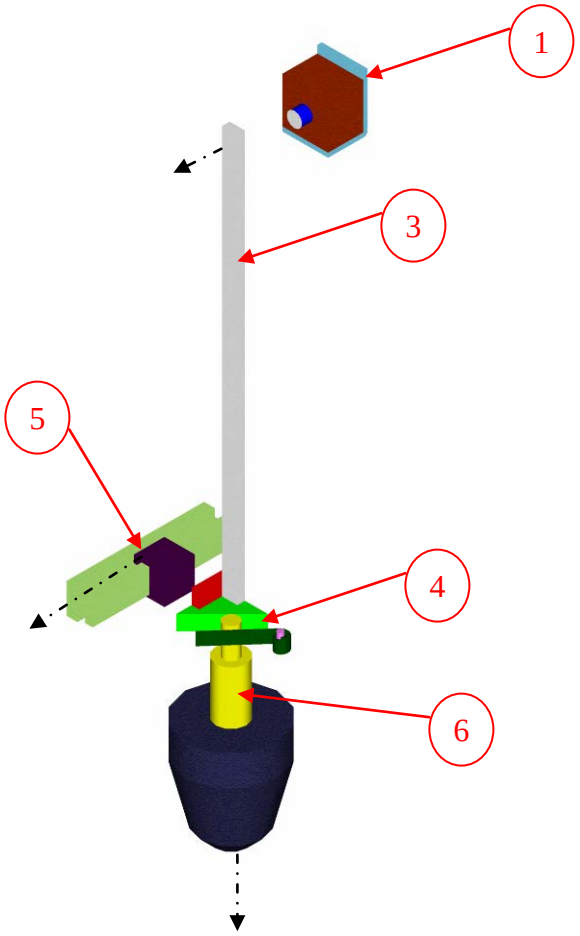


Figura 4.40. Mecanismo interno de la guía de centrado. Secuencia de movimiento.

La figura 4.41 muestra el cuerpo de las guías de centrado, sin el mecanismo interno.

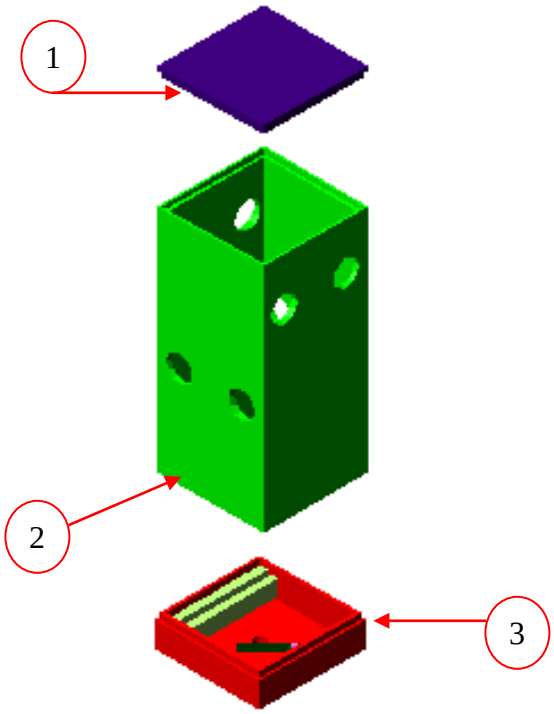


Figura 4.41. Cuerpo de la guía de centrado. (1) Tapa superior de la guía de centrado, (2) cuerpo de la guía de centrado, (3) tapa inferior de la guía de centrado, (4) riel de movimiento.

El regreso de las guías de centrado a su posición inicial (para así poder liberar las gaveras para su expulsión de la máquina) se realiza por medio de un resorte (1) (ver figura 4.42) que contiene internamente el elemento, ejerce una fuerza sobre el eje de los pines y es contraria al movimiento de apertura del actuador, esto sucede una vez que se deje de ejercer la fuerza producida por el mismo.

Debido a que cada guía posee un actuador, el movimiento de estos debe ser sincronizado; es decir, se deben movilizar al mismo tiempo, para ello las soluciones contemplan la utilización de tijeras que garanticen que el movimiento sea simétrico.

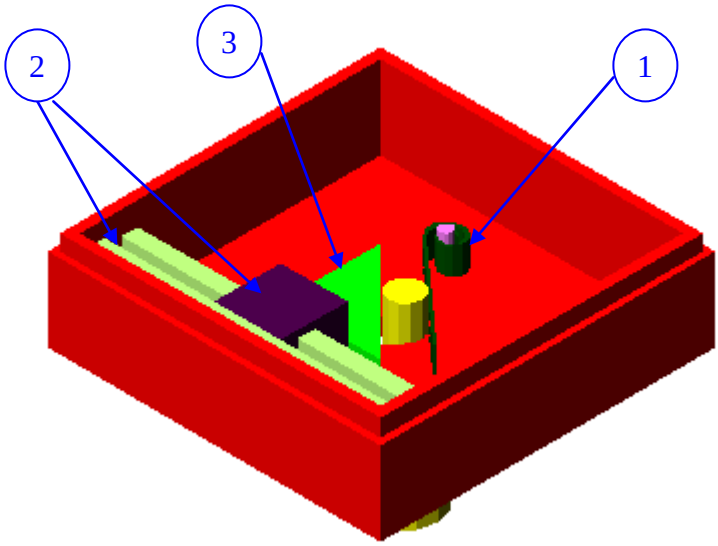


Figura 4.42. Tapa inferior de las guías de centrado. (1) Resorte, (2) rieles y (3) leva.

4.4.4. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Aplicando el procedimiento utilizado en la sección 4.3.3

Los criterios de selección de la mejor alternativa son los siguientes:

Criterios (Ci):

C1: El dispositivo debe ser económico.

C2: El dispositivo debe ser de fácil mantenimiento.

C3: El dispositivo debe ser de mayor durabilidad con el sistema actual.

C4: El dispositivo debe ser de fácil maniobrabilidad.

Finalmente aplicando la ponderación de los criterios (Vilchez, 1989) de acuerdo a cada alternativa de solución (ver APÉNDICE I) se selecciona la alternativa Nº 1.

4.4.5. ESPECIFICACIONES Y DISEÑO DE LA SOLUCION PARA EL SISTEMA DE CENTRADO QUE CONFORMAN LA SOLUCIÓN DEFINITIVA.

El sistema de guías de centrado de las gaveras que representa la solución definitiva se muestra en la figura 4.43.

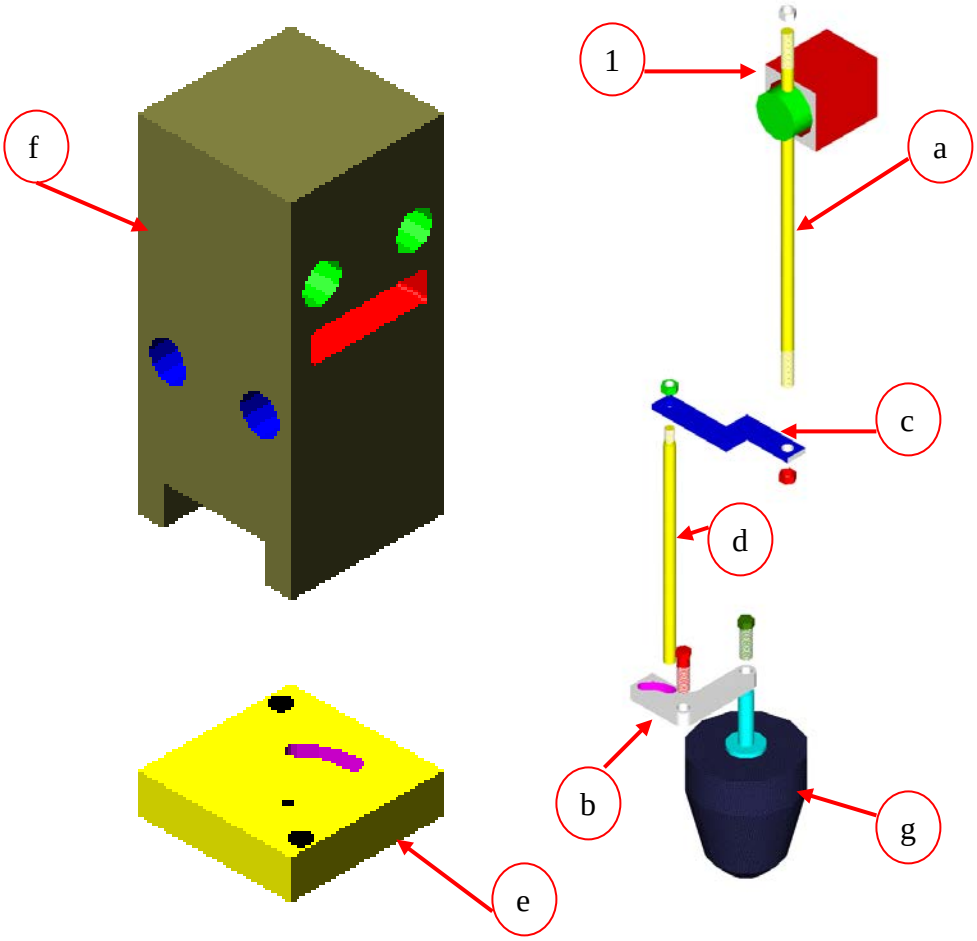


Figura 4.43. Elementos que conforman la solución definitiva.

Consideraciones.

Para el cálculo de los elementos que conforman el sistema se realizan los diagramas de cuerpo libre de cada elemento para analizar las cargas a las cuales se encuentran sometidos, se realizan los diagramas de corte y momento y se diseñan a partir del momento máximo que se generen.

De acuerdo al momento máximo elegido para el diseño se calcula el esfuerzo normal que éste genere en el elemento para seleccionar el material que soporte dichas cargas generadas.

4.4.6. EJE TRANSMISOR DEL MOVIMIENTO DEL ACTUADOR.

El eje se encuentra acoplado al actuador (ver figura 4.43), lo que permite transmitir el movimiento del mismo a todo el sistema, las dimensiones principales se muestran en la figura 4.44.

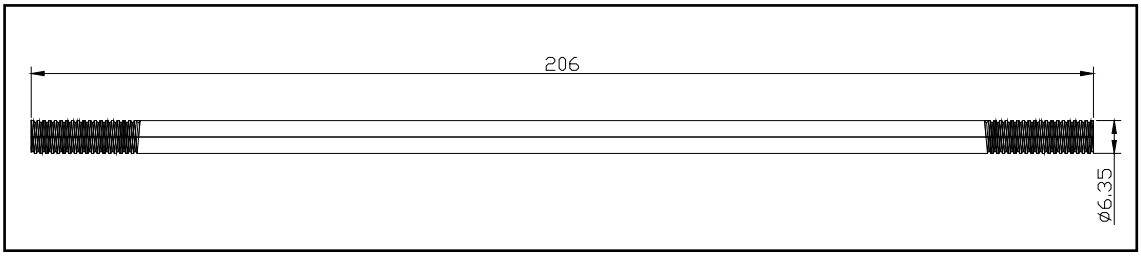


Figura 4.44. Eje transmisor del movimiento del actuador. Medidas en mm

Diseño del eje transmisor del movimiento del actuador.

Debido a que el eje se encuentra fijo en uno y otro lado para elaborar el diagrama de corte y momento se toma como una viga empotrada en ambos extremos.

La figura 4.45 muestra el diagrama de cuerpo libre del eje transmisor del movimiento del actuador, mientras que la figura 4.46 se muestra el diagrama de corte - momento.

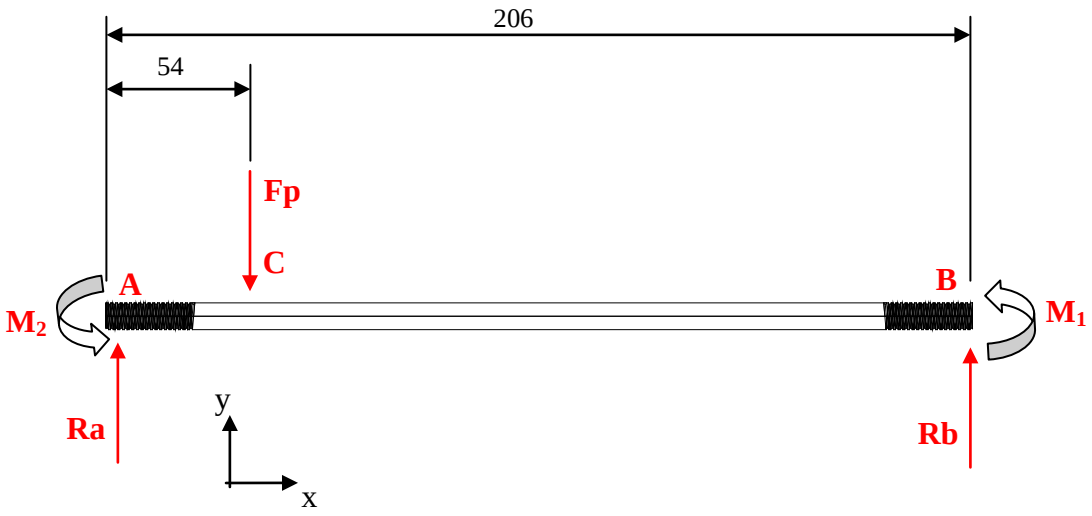


Figura 4.45. Diagrama de cuerpo libre del eje transmisor el movimiento del actuador.

La fuerza ejercida por el actuador encargado de transmitir el movimiento al sistema se conoce como $F_{p,}$ la misma posee un valor de (ver ANEXO X):

$$F_p = 295 \text{ N}$$

Los cálculos se basan en el valor de la fuerza ejercida por el actuador de las guías de centrado F_p ya que es la carga máxima aplicada a los elementos que conforman el sistema.

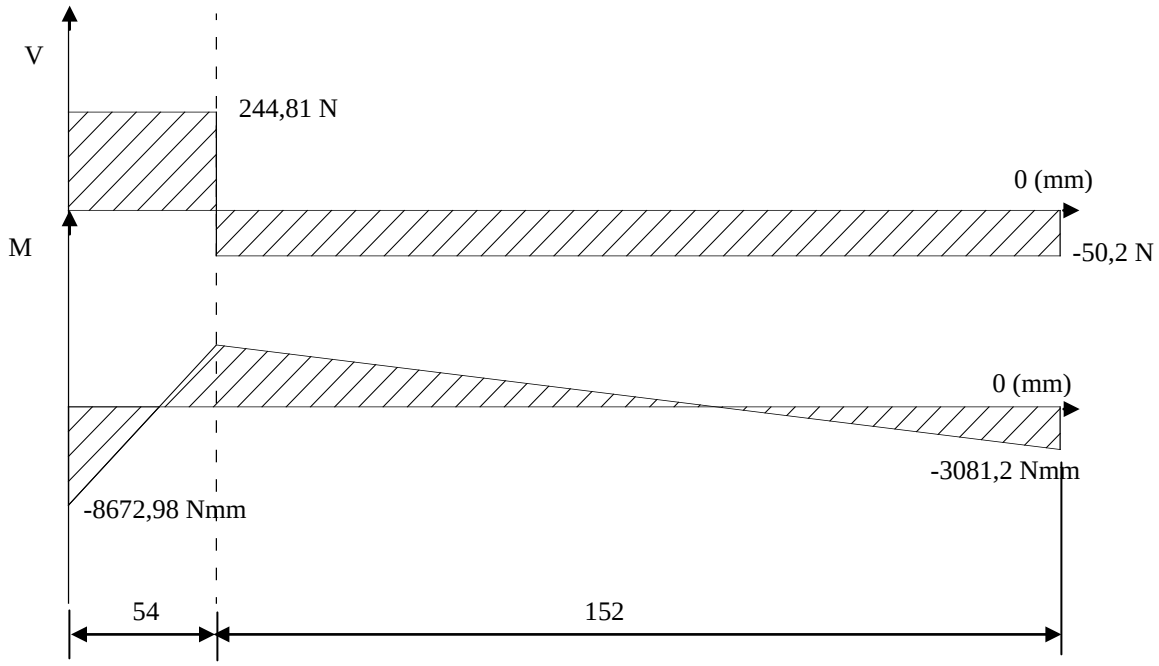


Figura 4.46. Diagrama de corte y momento del eje transmisor del movimiento del actuador.

Realizando sumatoria de fuerzas en el eje Y, se tiene:

$$\Sigma Y = 0: R_A + R_B - F_p = 0 \qquad \textbf{(Ecuación 4.24)}$$

Haciendo sumatoria de momentos en el punto A.

$$\Sigma M_A = 0: -54F_P + 206R_B + M_B = 0 \qquad \textbf{(Ecuación 4.25)}$$

Sumatoria de momentos en el punto B.

$$\Sigma M_B = 0: 152F_P - 206R_A + M_A = 0 \qquad \textbf{(Ecuación 4.26)}$$

Sumatoria de momentos en el punto C.

$$\Sigma M_C = 0: 152R_B - 54R_A + M_A + M_B = 0 \qquad \textbf{(Ecuación 4.27)}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones queda:

$$R_A = 244{,}81 \text{ N}$$
$$R_B = 50{,}2 \text{ N}$$
$$M_A = -8672{,}98 \text{ Nmm}$$
$$M_B = 3081{,}2 \text{ Nmm}$$

Para el diseño de la pieza se toma el módulo del momento máximo que soporta ya que es el valor mas crítico a la cual está sometida.

Como se puede observar, el máximo momento que se presenta en el eje es $M_A = 8672{,}98$ Nmm.

Para el cálculo del momento de inercia se utiliza la siguiente expresión extraída del apéndice A del libro Norton (1998).

Debido a que la pieza posee una sección transversal circular de diámetro 6,35 mm:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \qquad \textbf{(Ecuación 4.28)}$$

Donde:

d: diámetro de la pieza = 6,35 mm

Sustituyendo en la ecuación 4.28, se obtiene:

$$I = 79{,}81 \text{ mm}^4$$

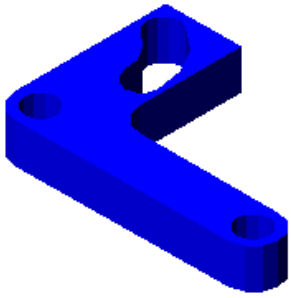
Sustituyendo en la ecuación 4.9, se obtiene el esfuerzo normal:

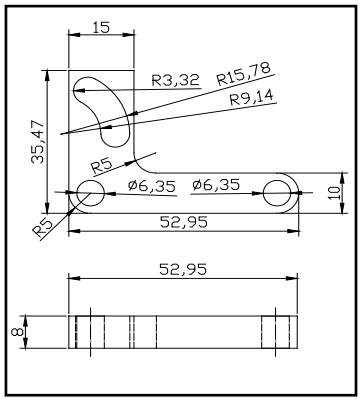
$$\sigma = 345{,}03MPa$$

Utilizando el esfuerzo aplicado a la pieza como referencia a la hora de elegir el material a utilizar, se escoge un acero 4140 templado y revenido @ 800ºF cuyo S_y = 1193 MPa, lo que garantiza que la pieza no falle. El factor de seguridad de la pieza es de N = 345, es un valor elevado debido a las características del material seleccionado.

4.4.7. PIVOTE

Es el encargado de transmitir el movimiento del actuador hacia el pin de centrado, las dimensiones principales se muestran en la figura 4.47.





(a) (b)

Figura 4.47. (a) Pivote. (b) vistas necesarias dimensiones en mm.

Diseño del pivote.

La figura 4.48 muestra el diagrama de cuerpo libre del pivote

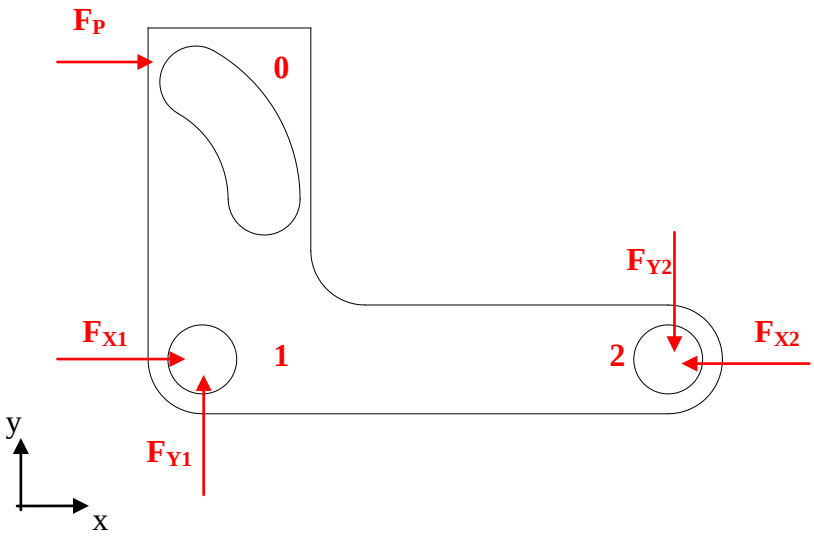


Figura 4.48. Diagrama de cuerpo libre del pivote

Debido a la geometría del pivote es necesario dividir la pieza en dos secciones para realizar el cálculo de las fuerzas y momentos que genera el actuador en dicho elemento. Se divide la pieza en dos secciones las cuales se muestran en la figura 4.49.

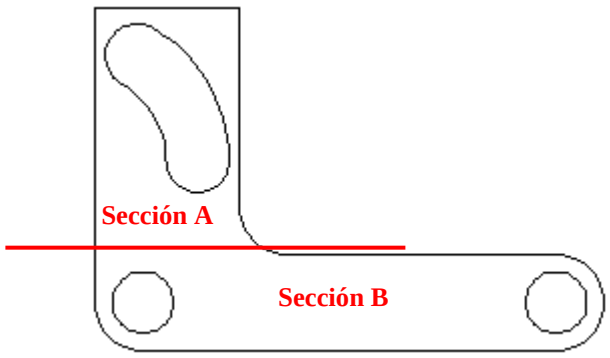


Figura 4.49. División en secciones del pivote.

Cálculo de la sección A:

La figura 4.50 muestra el diagrama de cuerpo libre de la sección A y la figura 4.51 muestra el diagrama de corte y momento de la sección A

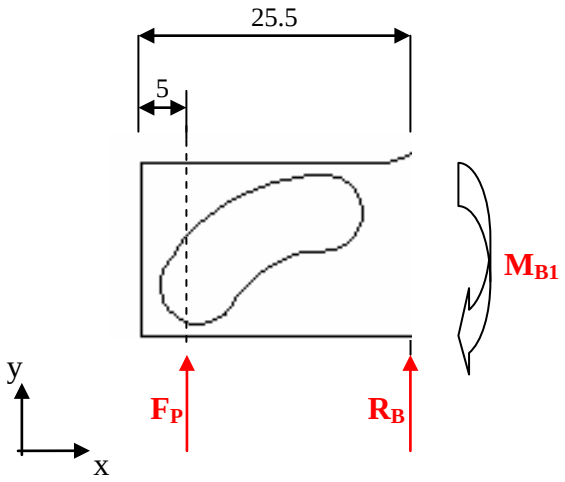


Figura 4.50. Diagrama de cuerpo libre de la sección A del pivote.

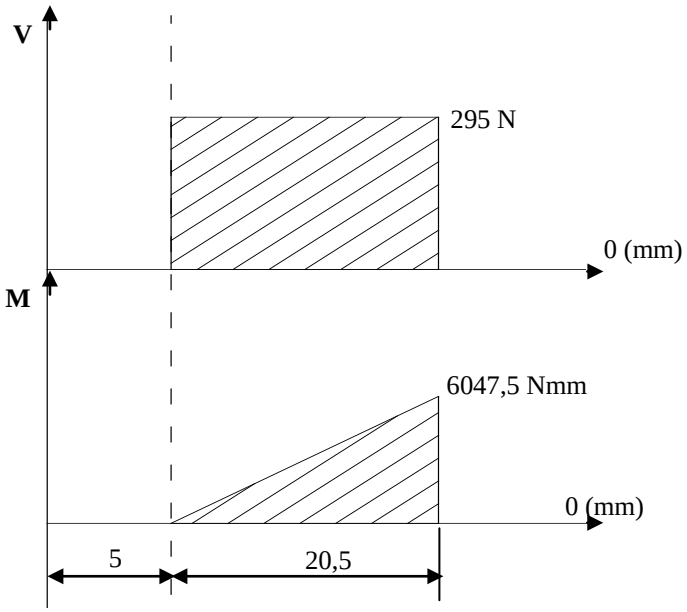


Figura 4.51. Diagrama de corte y momento de la sección A del pivote.

Se obtienen los siguientes valores:

$$R_B = -295 \text{ N}$$
$$M_B = -6047{,}5 \text{ Nmm}$$

Cálculo de la sección B:

Para realizar el diagrama de corte y momento (ver figura 4.53) y por ende para obtener los valores de las fuerzas y momentos actuantes en la sección B, se calcula la fuerza que ejerce el peso de la sección A el cual arrojo como resultado P = 0,2329 N, adicionalmente el momento M_{B1} actúa sobre la sección B. Todo esto se ilustra en la figura 4.52.

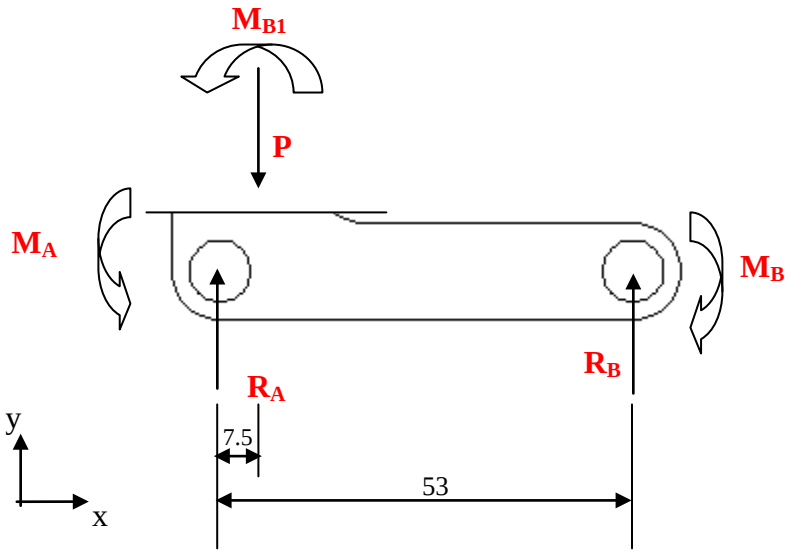


Figura 4.52. Diagrama de cuerpo libre de la sección B del pivote.

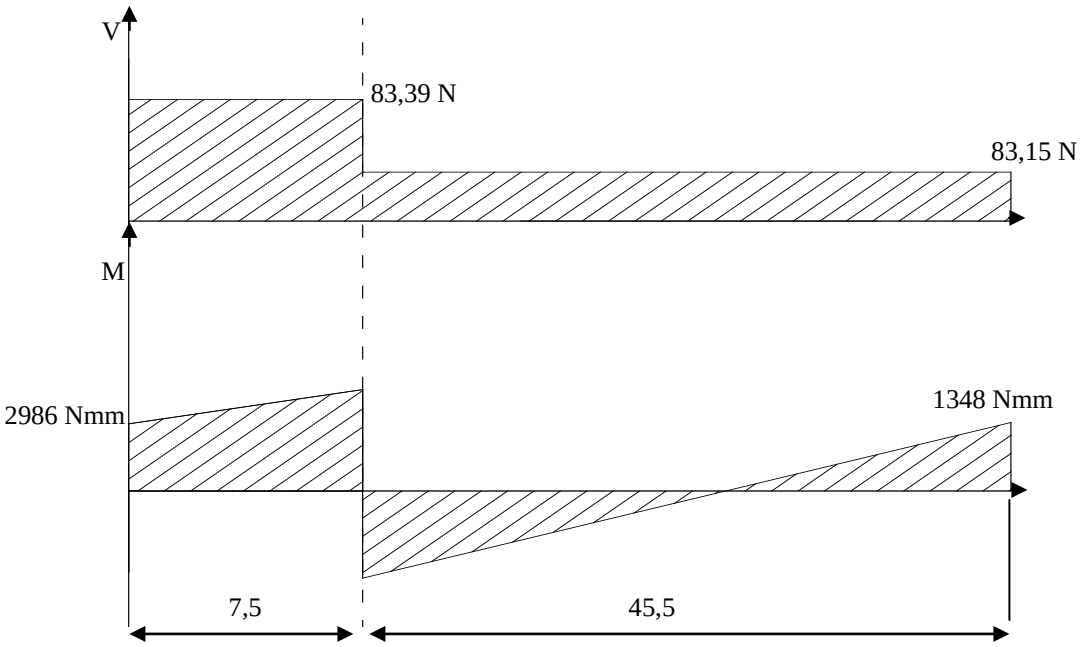


Figura 4.53. Diagrama de corte y momento de la sección B del pivote.

Se obtienen los siguientes valores:

$$R_A = 83{,}39 \text{ N}$$

$$R_B = -83{,}15 \text{ N}$$

$$M_A = 2986 \text{ Nmm}$$

$$M_B = -1348 \text{ Nmm}$$

Como se puede observar el momento máximo se produce en la sección A, por lo tanto los cálculos se basan en dicho valor.

Momento máximo:

$$M_A = 6047{,}5 \text{ Nmm}$$

Momento de inercia, sección transversal rectangular, de base = 15 mm y altura = 8mm (Norton, 1999), sustituyendo en la ecuación 4.29.

$$I = 2250mm^4$$

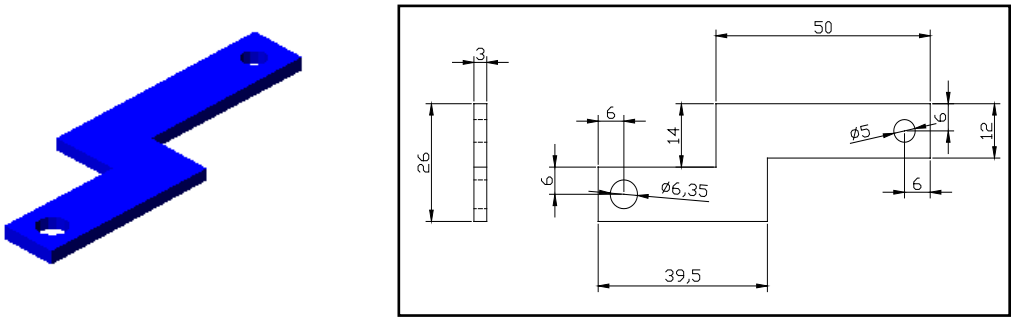
Sustituyendo en la ecuación 4.9 se obtiene el esfuerzo normal:

$$\sigma = 10{,}74MPa$$

Utilizando el esfuerzo que se genera en la pieza como referencia a la hora de elegir el material a utilizar, se escoge un acero 1020 laminado en caliente, cuyo S_y = 207 MPa, lo que garantiza que la pieza no falle. El factor de seguridad de la pieza es de N = 19,26.

4.4.8. ELEMENTO TRANSMISOR DEL MOVIMIENTO DEL ACTUADOR HACIA EL EJE PIVOTE.

Este elemento cumple la función de transmitir el movimiento del actuador hacia el pivote (ver figura 4.54), la geometría de dicho elemento se debe al espacio disponible en la máquina, las dimensiones principales se muestran en la figura 4.46.



(a) (b)

Figura 4.54. (a) Isometría del elemento transmisor del movimiento del actuador al pivote. (b) Vistas necesarias medidas en mm.

Diseño del elemento transmisor del movimiento del actuador hacia el eje pivote.

Debido a que la pieza se encuentra sujeta en ambos extremos para elaborar el diagrama de corte y momento se toma como una viga doblemente empotrada. La figura 4.48 muestra el diagrama de cuerpo libre del elemento transmisor.

Siguiendo las mismas consideraciones y procedimiento para el diseño de la pieza anterior se calcula el momento máximo presente en el elemento, el diagrama de corte y momento del elemento se muestra en la figura 4.55.

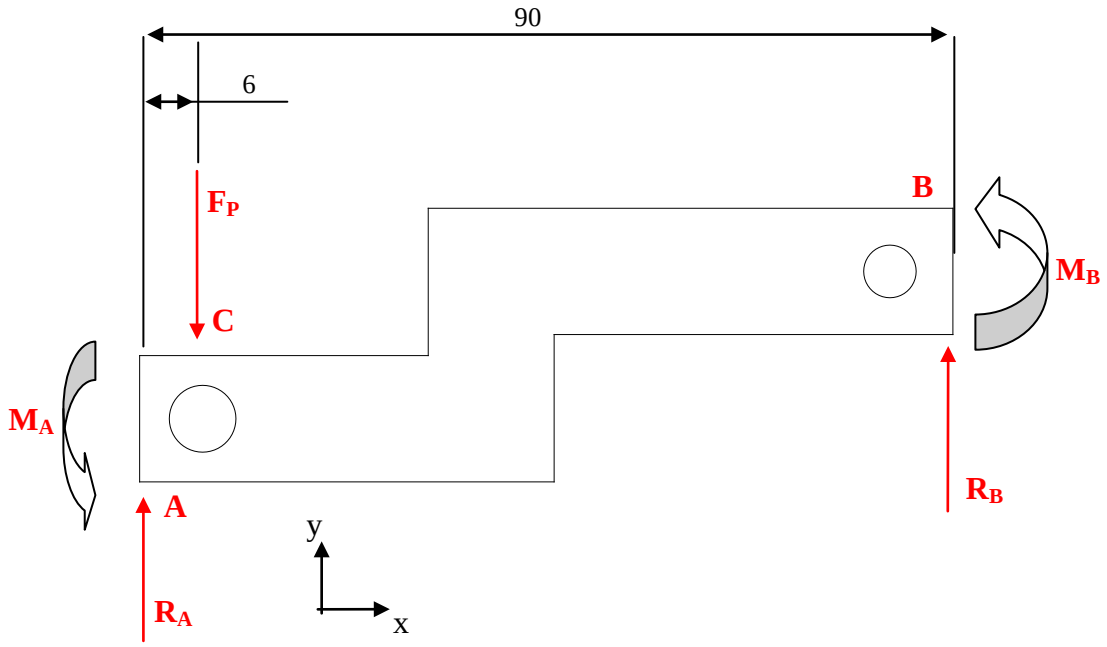


Figura 4.55. Diagrama de cuerpo libre del elemento transmisor del movimiento del actuador hacia el pivote. Medidas en mm.

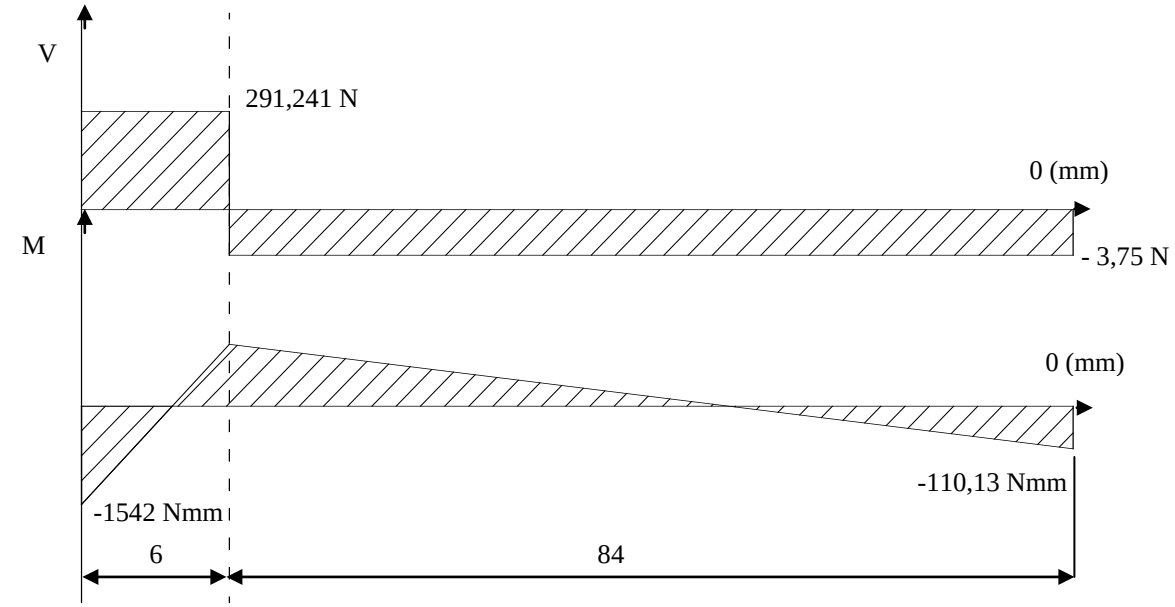


Figura 4.56. Diagrama de corte y momento del elemento transmisor del movimiento del actuador hacia el pivote.

Se obtienen los siguientes valores:

$$R_A = 291{,}241 \text{ N}$$

$$R_B = 3{,}75 \text{ N}$$

$$M_A = -1542 \text{ Nmm}$$

$$M_B = -110{,}13 \text{ Nmm}$$

Momento máximo:

$$M_A = 1542 \text{ Nmm}$$

Momento de inercia, sección transversal rectangular (Norton, 1999)

$$I = \frac{b^3 \cdot h}{12} \qquad \textbf{(Ecuación 4.29)}$$

Donde:

b: Base de la sección transversal = 6 mm

h: Altura de la sección transversal = 3 mm

Sustituyendo en la ecuación 4.29, se obtiene:

$$I = 54\ mm^4$$

Sustituyendo en la ecuación 4.9, se obtiene el esfuerzo normal:

$$\sigma = 42{,}83 MPa$$

Utilizando el esfuerzo que se genera en la pieza como referencia a la hora de elegir el material a utilizar, se escoge un acero 1020 laminado en caliente, cuyo S_y = 207 MPa. El factor de seguridad de la pieza es de N = 4,83

4.4.9. EJE TRANSMISOR DEL MOVIMIENTO HACIA EL PIVOTE.

Mediante este elemento se transmite el movimiento del actuador hacia el pivote (ver figura 4.43), las dimensiones principales se muestran en la figura 4.57.

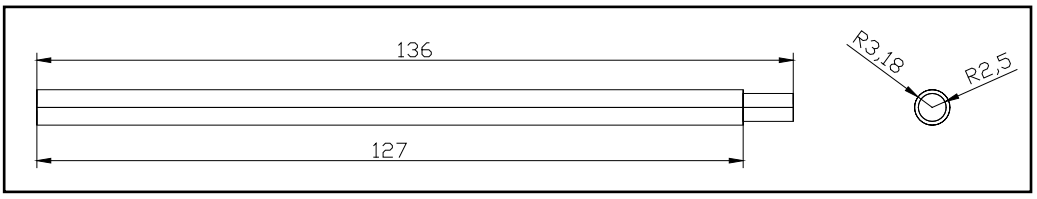


Figura 4.57. Eje transmisor del movimiento hacia el pívote. Medidas en mm

Diseño del eje transmisor del movimiento hacia el pivote.

Para el diseño del eje transmisor es necesario conocer las fuerzas que actúan sobre él, la figura 4.58 muestra el diagrama de cuerpo libre del eje transmisor del movimiento hacia el pivote.

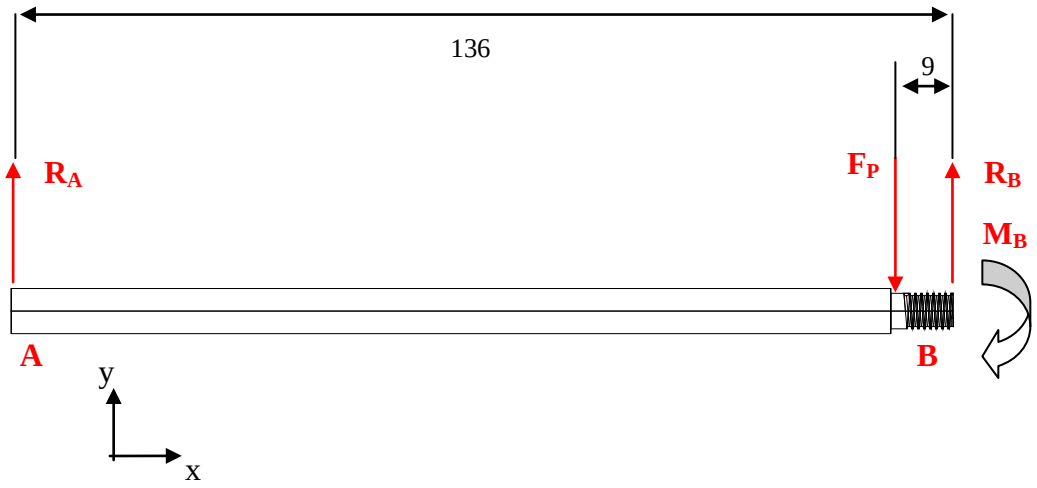


Figura 4.58. Diagrama de cuerpo libre del eje transmisor del movimiento hacia el pivote.

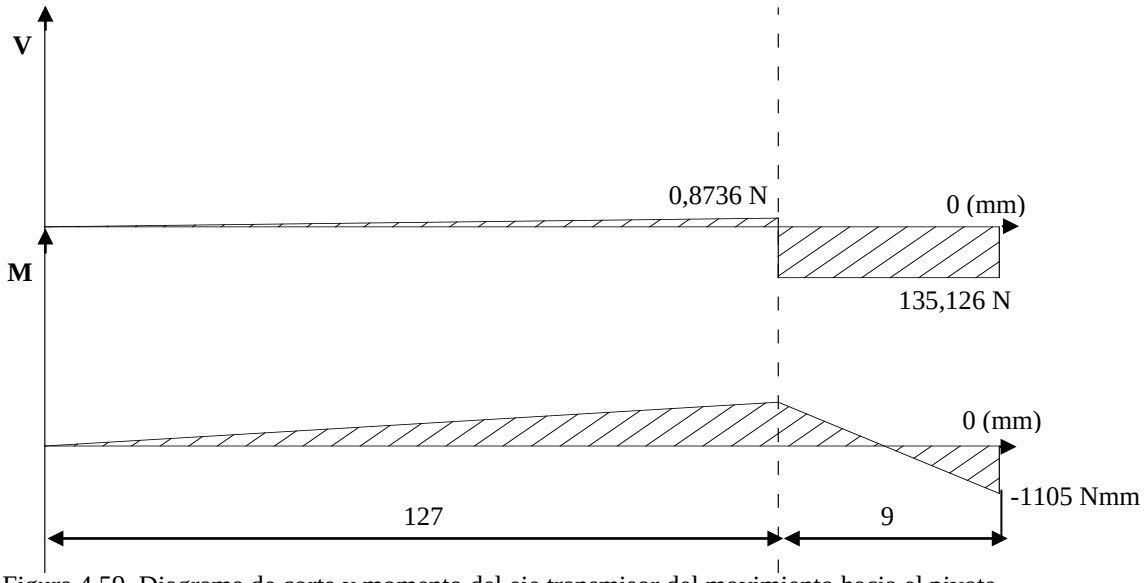


Figura 4.59. Diagrama de corte y momento del eje transmisor del movimiento hacia el pivote.

Debido a que la pieza se encuentra sujeta en un solo extremo y apoyada en el otro para elaborar el diagrama de corte y momento (ver figura 4.59) se toma como una viga empotrada – apoyada.

Se obtienen los siguientes valores:

$$R_A = 0{,}8736 \text{ N}$$
$$R_B = 135{,}126 \text{ N}$$
$$M_B = 1105 \text{ Nmm}$$

Momento máximo:

$$M_A = 1105 \text{ Nmm}$$

Momento de inercia, sección transversal circular de diámetro 5 mm (Norton, 1999) ecuación 4.28:

$$I = 30{,}67 mm^4$$

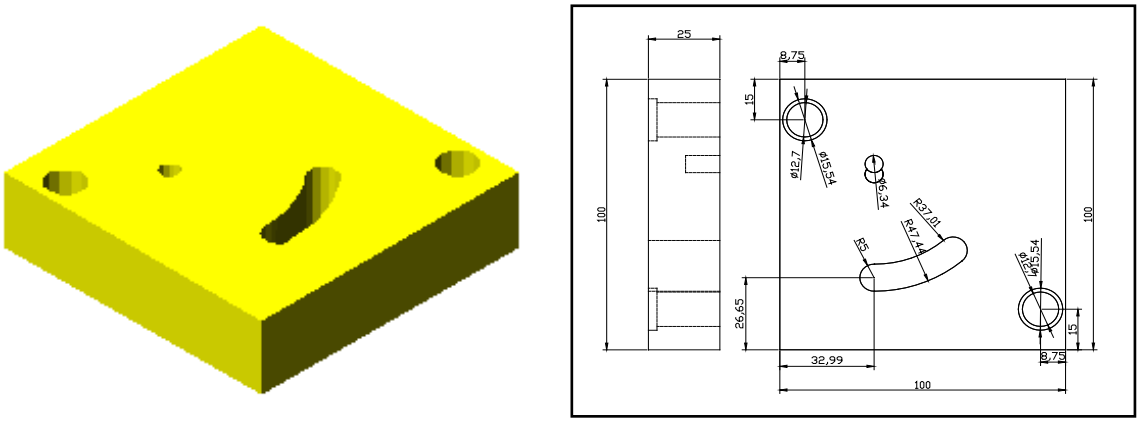
Utilizando la ecuación 4.9, se obtiene el esfuerzo normal:

$$\sigma = 90{,}04 MPa$$

Utilizando el esfuerzo que se genera en la pieza como referencia para elegir el material a utilizar, se escoge un acero 1020 laminado en caliente, cuyo S_y = 207 MPa, lo que garantiza que la pieza no falle. El factor de seguridad de la pieza es de N = 2,29.

4.4.10. TAPA INFERIOR DE LA GUÍA DE CENTRADO.

Este elemento sirve de apoyo al movimiento del pin de centrado, en este elemento se fija el pivote, la tapa inferior posee una ranura sobre la cual se traslada el pin, las dimensiones principales se muestran en la figura 4.60.



(a) (b)

Figura 4.60. (a) Isometría de la tapa inferior de la guía de centrado, (b) vistas necesarias medidas en mm.

Tapa inferior de la guía de centrado.

Para el diseño de la tapa inferior de centrado se selecciona el material solamente, ya que este elemento no se encuentra sometido a cargas que pudiesen dañarlo. Sin embargo es importante el cálculo del peso que genera para cálculos posteriores. Las dimensiones principales de la tapa inferior se muestran en la figura 4.61.

Cálculo del peso de la pieza.

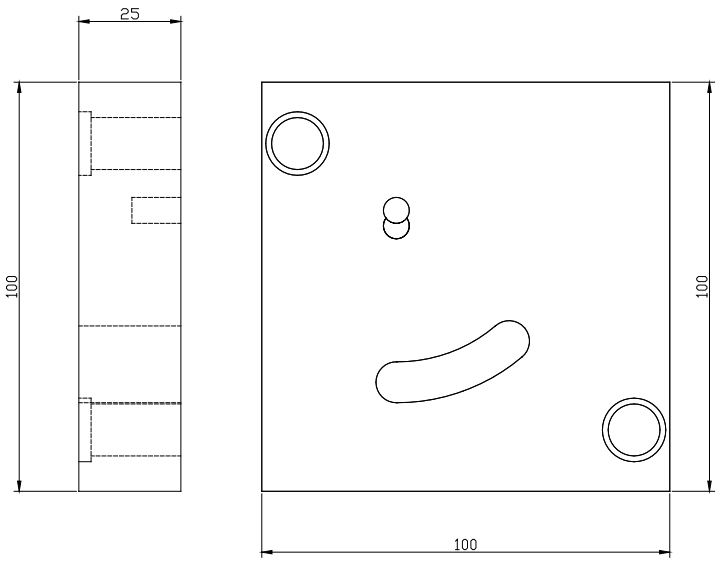


Figura 4.61. Tapa inferior de la guía de centrado. Medidas en milímetros

Para el cálculo del volumen se toma la pieza como un bloque rígido, se desprecian las perforaciones que este posee.

Empleando la ecuación 4.21, se obtiene:

$$V = 0{,}00025 m^3$$

Para el cálculo del peso de la pieza se utiliza como material de construcción polipropileno, cuya densidad ρ = 910 Kg. / m^3 (Norton, 1999), y cuyo límite de fluencia es S_y = 34,5 MPa, por lo tanto:

El peso de la tapa inferior esta dado por:

$$P_{TI} = 0{,}2275Kg$$

4.4.11. CUERPO DE LAS GUÍAS DE CENTRADO.

Representa el cuerpo de las guías de centrado, dentro del mismo se encuentran los elementos antes descritos, en él se fija la tapa inferior mediante pernos, las dimensiones principales se muestran en la figura 4.62.

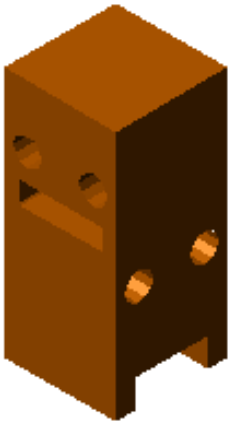


Figura 4.62. Cuerpo de las guías de centrado.

Cuerpo de las guías de centrado.

Al igual que la tapa inferior, para el diseño de este elemento se selecciona el material a utilizar solamente ya que no soporta cargas, únicamente las generadas por los pernos de fijación de la tapa inferior. Al igual que el caso anterior es importante saber cuanto pesa el cuerpo de las guías de centrado.

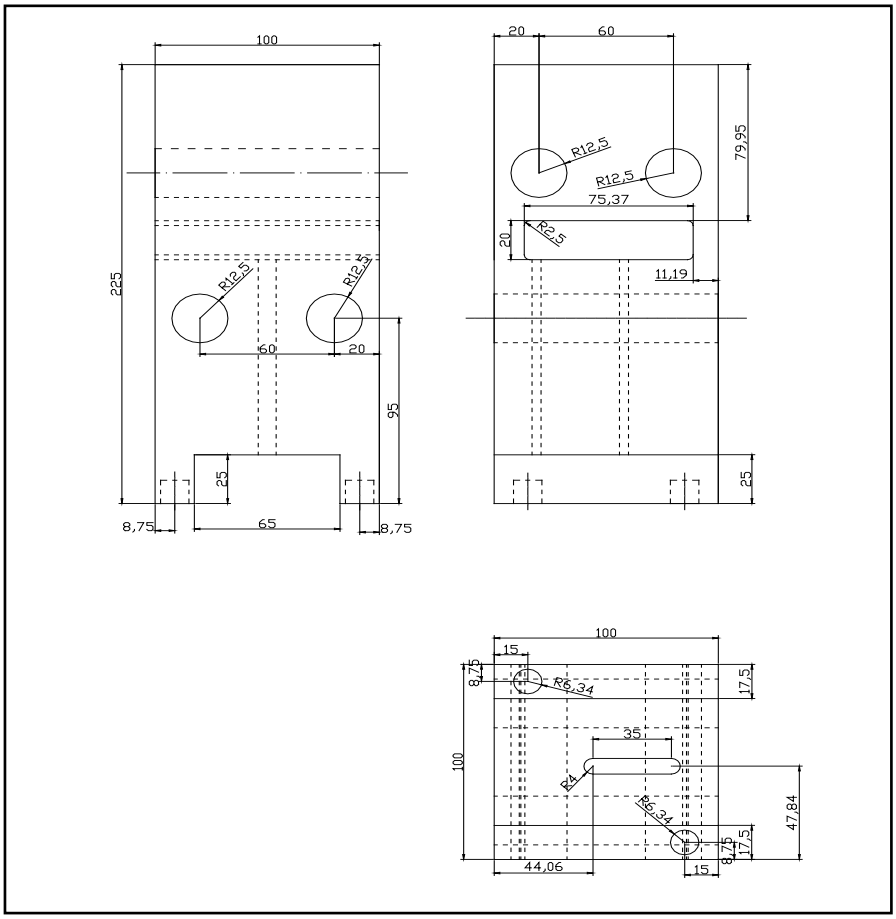


Figura 4.63. Vistas necesarias del cuerpo de las guías de centrado, medidas en mm.

Cálculo del peso del cuerpo de las guías de centrado:

Según las dimensiones del cuerpo rígido que se muestra en la figura 4.63 el volumen esta dado por la ecuación 4.21:

$$V = 0{,}0025m^3$$

Para el cálculo del peso de la pieza se utiliza como material de construcción acero 1020 laminado en caliente cuya densidad ρ = 7800 Kg. / m^3 (Norton, 1999), y límite de fluencia es S_y = 207 MPa, por lo tanto el peso es:

$$P_C = 17{,}55Kg$$

4.4.12. PIN DE CENTRADO.

Encargado de centrar la gavera (ver figura 4.64); es decir, es el elemento que esta en contacto directo con la misma, es importante destacar que es el análogo utilizado en el sistema actual.

Figura 4.64. Pin de centrado.

4.4.13. DISEÑO DE LAS TIJERAS.

Las tijeras deben diseñarse en función a que resistan las fuerzas aplicadas a través de los actuadotes. La figura 4.65 muestra las tijeras a utilizar en la máquina, y la figura 4.66 muestra sus dimensiones.

Figura 4.65. Tijeras.

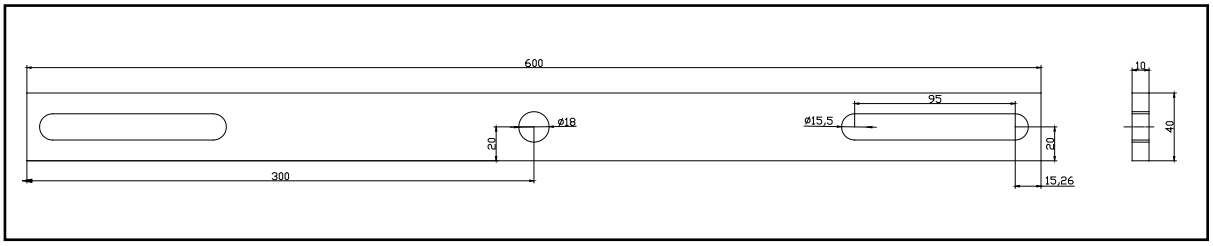


Figura 4.66. Vistas necesarias de la tijera, dimensiones en mm.

La figura 4.67 muestra el diagrama de cuerpo libre de las tijeras.

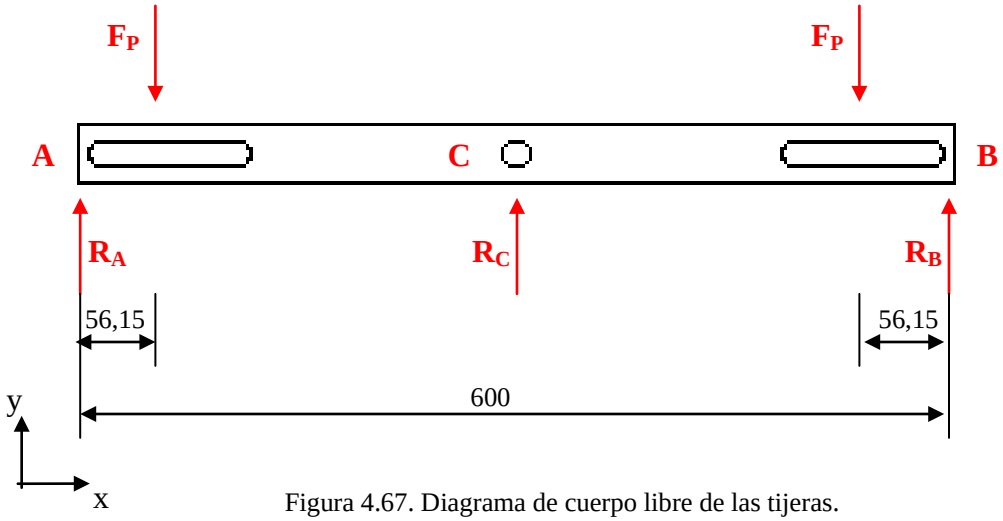


Figura 4.67. Diagrama de cuerpo libre de las tijeras.

Debido a que la pieza se encuentra apoyada en ambos extremo y en el centro, para elaborar el diagrama de corte y momento (ver figura 4.68) se toma como una viga doblemente apoyada.

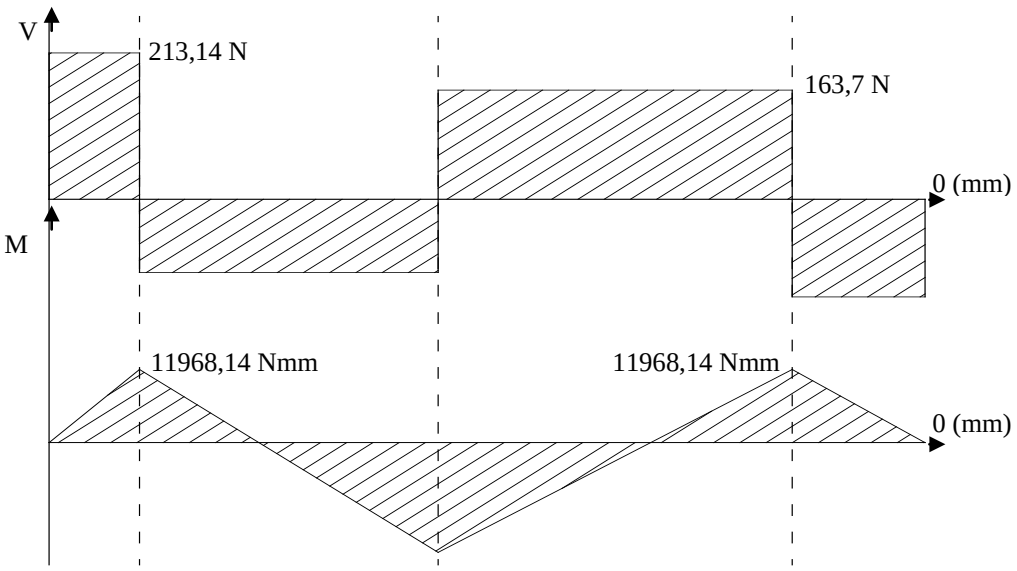


Figura 4.68. Diagrama de corte y momento de las tijeras.

Se obtienen los siguientes valores:

$$R_A = 213{,}14 \text{ N}$$

$$R_B = 213{,}14 \text{ N}$$

$$R_B = 163{,}7 \text{ N}$$

$$M_{max} = 11968{,}14 \text{ Nmm}$$

- Momento máximo:

$$M_A = 11968{,}14 \text{ Nmm}$$

Momento de inercia, sección transversal rectangular, de base = 40 mm y altura = 10 mm (Norton, 1999), sustituyendo en la ecuación 4.29, se obtiene:

$$I = 53333{,}33 mm^4$$

Sustituyendo en la ecuación 4.9, se obtiene el esfuerzo normal:

$$\sigma = 1{,}12 MPa$$

Utilizando el esfuerzo que se genera en la pieza como referencia para elegir el material se selecciona un acero 1020 laminado en caliente, cuyo S_y = 207 MPa. El factor de seguridad de la pieza es de N = 184, este valor es elevado debido a las características del material el cual debe soportar cargas durante el proceso, así como el desgaste debido al roce entre ambas.

4.4.14. DISEÑO DE LOS EJES DE LAS GUÍAS DE CENTRADO.

Estos elementos sirven de apoyo para el movimiento de las guías de centrado en la máquina (ver figura 4.70), por medio de las perillas encargadas de movilizar los tornillos de potencia (ver figura 4.7) se gradúa la apertura, los ejes sirven de soporte por lo que se requiere que dichos elementos toleren las cargas que se generen durante el proceso debido al peso de las guías. La figura 4.69 muestra las dimensiones del eje.

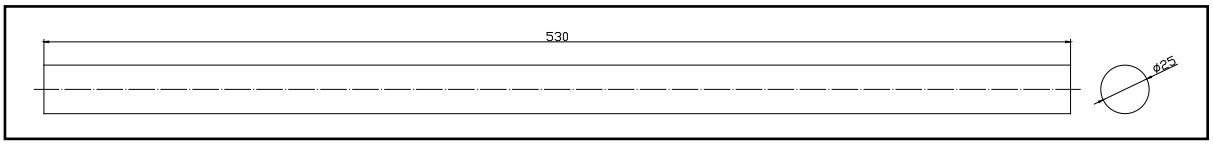


Figura 4.69. Vistas necesarias de los ejes de las guías de centrado, dimensiones en mm.

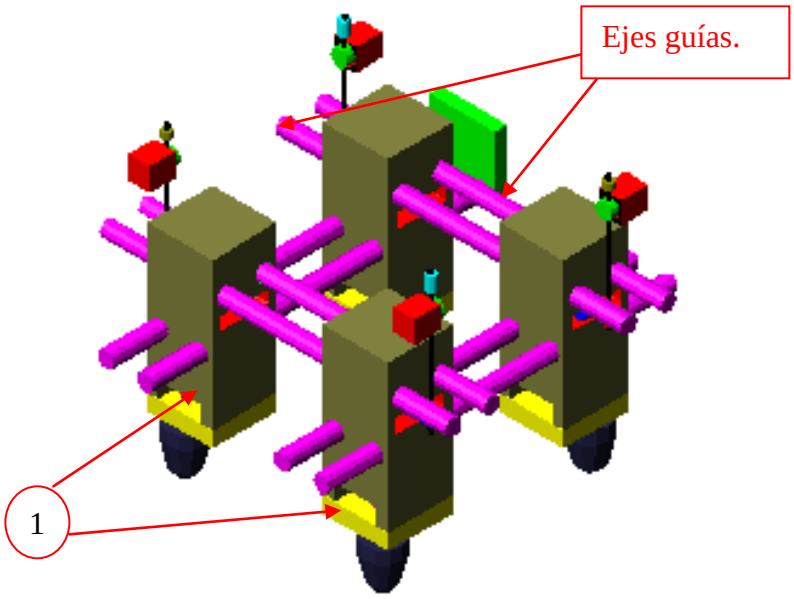


Figura 4.70. Ejes guías. (1) guías de centrado.

La figura 4.71 y la figura 4.72 muestran la apertura máxima y mínima de las guías de centrado respectivamente.

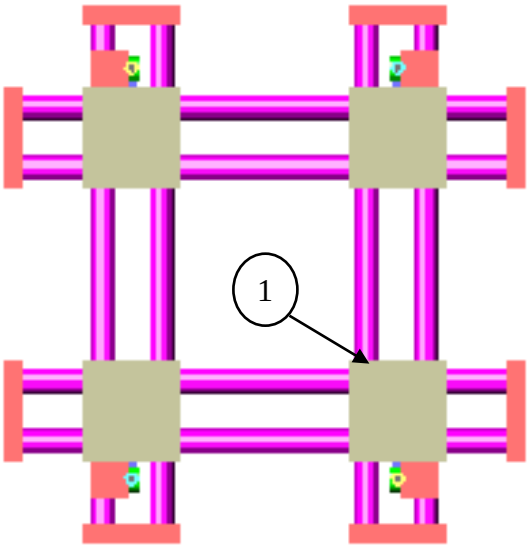


Figura 4.71. Apertura máxima de las guías de centrado (1).

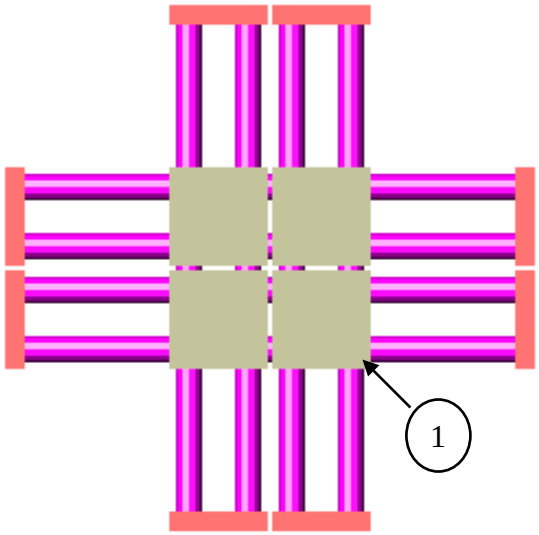


Figura 4.72. Apertura mínima de las guías de centrado (1).

El diseño de los ejes se realiza tomando como referencia la posición mas crítica de las guías, la cual se refleja cuando ambas se encuentren juntas (ver figura 4.72); es decir, en la apertura mínima de la máquina.

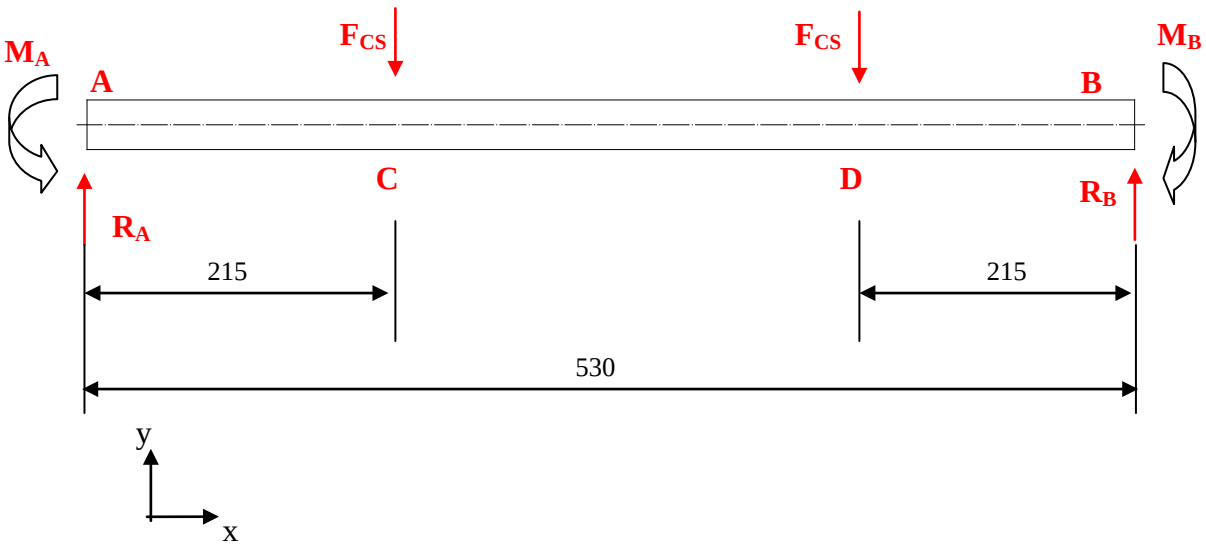


Figura 4.73. Diagrama de cuerpo libre de los ejes de las guías de centrado.

Como se observa en el diagrama de cuerpo libre (ver figura 4.73) la fuerza F_{CS} es la ejercida por el peso de la tapa inferior de la guías de centrado así como del cuerpo de la guías de centrado, se toma la sumatoria de ambos pesos anteriormente calculados. Por lo tanto:

$$F_{CS} = 176{,}58 \text{ N}$$

Debido a que la pieza se encuentra fija en ambos extremo para elaborar el diagrama de corte y momento se toma como una viga doblemente empotrada.

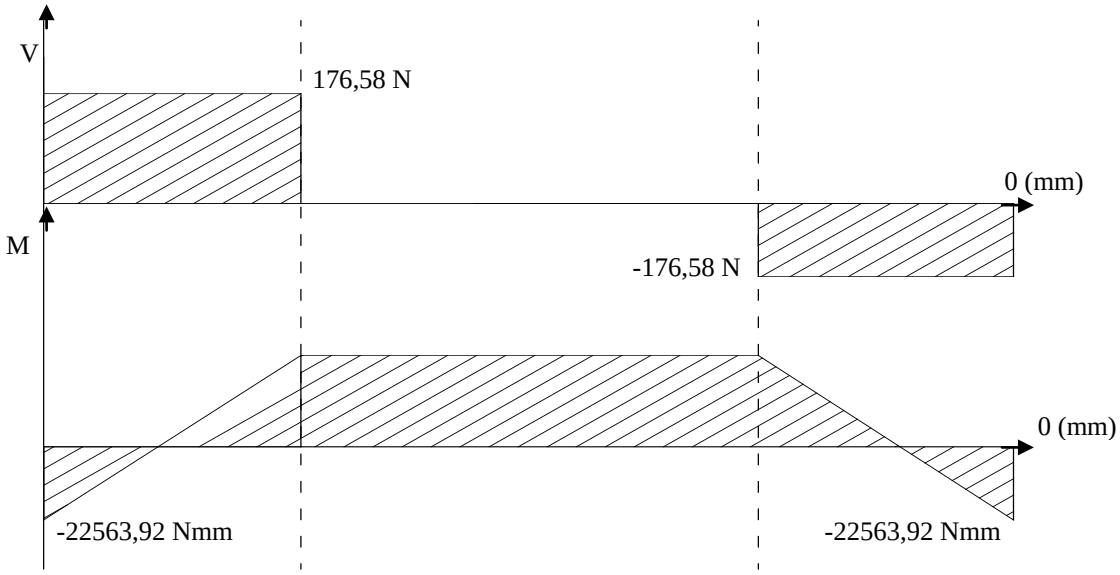


Figura 4.74. Diagrama de corte y momento de los ejes de las guías de centrado.

Se obtiene los siguientes valores:

$$R_A = 176{,}58 \text{ N}$$

$$R_B = 176,58 \text{ N}$$
$$M_A = -22563,92 \text{ Nmm}$$
$$M_B = 22563,92 \text{ Nmm}$$

Momento máximo:

$$M_A = 22563,92 \text{ Nmm}$$

Momento de inercia, sección transversal circular de diámetro 25 mm (Norton, 1999), sustituyendo en la ecuación 4.28, se obtiene:

$$I = 19174,75 mm^4$$

Esfuerzo normal, sustituyendo en la ecuación 4.9, se obtiene:

$$\sigma = 14,7 MPa$$

Para la selección del material a utilizar se basa en el valor del esfuerzo que se genera en la pieza, por lo tanto, se escoge un acero 1020 laminado en caliente, cuyo S_y = 207 MPa. El factor de seguridad de la pieza es de N = 14,72.

4.4.15. DISEÑO DE LOS TORNILLOS DE POTENCIA DEL SISTEMA DE CENTRADO.

Para el diseño del tornillo de potencia es necesario calcular los esfuerzos a los cuales está sometido para seleccionar el tipo de rosca que garantice el funcionamiento correcto del tornillo en el sistema. Se selecciona una rosca ACME de tamaño de 1” la cual posee las siguientes características (Norton, 1999)

Tabla 4.5. Características del tornillo de potencia seleccionado para el sistema de centrado

Hilos por pulgada	5
Paso de rosca	0,2”
Diámetro de paso	0,9”
Diámetro menor	0,8”
Área de esfuerzo a tensión (At)	0,568 in^2
Angulo radial de la rosca (α)	14,5º

Cálculo del ángulo de avance:

$$\tan(\lambda) = \frac{L}{\pi.dp} \qquad \textbf{(Ecuación 4.30)}$$

Donde:

λ: Ángulo de avance de la rosca

dp: Diámetro de paso = 0,9 in

L: Paso de la rosca = 0,2 in

Sustituyendo en la ecuación 4.30, se obtiene:

$$\lambda = 4{,}05º$$

Para el cálculo de la fuerza que debe resistir el tornillo (F) se utiliza la carga máxima (P) que debe resistir, se calculan los torques máximos necesarios para subir y bajar el peso (P), el valor de dicha carga está dado por la sumatoria de los pesos de las guías de centrado mas un 20 % del peso. Este valor se estima ya que existen

elementos involucrados los cuales no se encuentran disponibles y por lo tanto no se conoce su peso real.

Es importante destacar que en la máquina se utilizan dos tornillos de potencia para graduar la apertura de las guías de centrado, cada tornillo maneja dos guías por lo cual para el cálculo de la carga (P) se toma la sumatoria del peso de solo dos.

Por lo tanto la carga:

P = 2 · Fuerza ejerce guías de centrado + 20 % fuerza total **(Ecuación 4.31)**

P = (2) (176,58 N) + (0,2) (353,16 N) = 423,792 N

Se toma como referencia para el valor del coeficiente de fricción μ = 0,15 (Norton, 1999) ya que es el coeficiente mas común entre una rosca y la tuerca lubricadas con aceites.

$$F = P.\left(\frac{\mu.\cos\lambda + sen\lambda}{\cos\lambda - \mu sen\lambda}\right) \qquad \textbf{(Ecuación 4.32)}$$

Donde:

μ: Coeficiente de fricción = 0,15

λ: Angulo de avance 4,05º

P: Carga = 423,792 N

F: Fuerza máxima aplicada sobre el tornillo

Sustituyendo valores en la ecuación 4.32., se obtiene:

$$F = 64{,}32 N$$

El torque requerido para subir la carga se calcula mediante la expresión:

$$T_u = \left(\frac{P.dp.(\mu.\pi.dp + L)}{2.(\pi.dp - \mu.L)} \right) \qquad \textbf{(Ecuación 4.33)}$$

Donde:

μ: Coeficiente de fricción = 0,15

P: Carga = 423,792 N

dp: Diámetro de paso = 0,9 in

L: Paso de la rosca = 0,2 in

Sustituyendo en la ecuación 4.33, se obtiene:

T_u= 1,08 N.m

El torque requerido para bajar la carga se calcula mediante la expresión:

$$T_u = \left(\frac{P.dp.(\mu.\pi.dp - L)}{2.(\pi.dp + \mu.L)} \right) \qquad \textbf{(Ecuación 4.34)}$$

Donde:

μ: Coeficiente de fricción = 0,15

P: Carga = 423,792 N

dp: Diámetro de paso = 0,9 in

L: Paso de la rosca = 0,2 in

Sustituyendo en la ecuación 4.34, se obtiene:

$$T_u = 0{,}38 \text{ N.m}$$

Se verifica si el factor de fricción seleccionado en los cálculos está correcto, esto se realiza por medio del cálculo de la eficiencia del tornillo y la figura 14-8 del libro Norton (1999).

$$e = \left(\frac{\cos\alpha - \mu.tg(\lambda)}{\cos\alpha + \mu ctg(\lambda)} \right) \qquad \textbf{(Ecuación 4.35)}$$

Donde:

α : Ángulo radial de la rosca = 14,5º

λ: Ángulo de avance 4,05º

μ: Coeficiente de fricción = 0,15

e: Eficiencia del tornillo

Sustituyendo en la ecuación 4.35:

$$e = 31.02\ \%$$

Por medio de la figura 14-8 del libro Norton (1999) (ver apéndice VI), con el valor de la eficiencia y el valor del ángulo de avance, se interceptan las líneas de factor de fricción arrojando como resultado un valor de μ = 0,15. Como se puede observar el valor supuesto se aproxima al real lo cual es correcto, Se recomienda mantener lubricado el tornillo para así disminuir la fuerza de roce y aumentar su eficiencia.

Verificación del autobloqueo del tornillo:

Para verificar si el tornillo es o no autobloqueante se utiliza la siguiente expresión:

$$\mu \geq \frac{L}{\pi.dp} \qquad \textbf{(Ecuación 4.36)}$$

Donde:

μ: Coeficiente de fricción = 0,15
L: Paso de la rosca = 0,2 in
dp: Diámetro de paso = 0,9 in

Sustituyendo en la ecuación 4.36, se obtiene:

$$\mu \geq 0{,}0707$$

Como el valor de $\mu = 0.15$ se observa entonces $0.15 \geq 0.0707$ por lo tanto el tornillo sin fin es autobloqueante.

Verificación de falla del tornillo:

Para verificar que el tornillo no falle debido a los esfuerzos actuantes durante el proceso de impresión se utiliza el criterio de tensión, ya que es el esfuerzo crítico que debe soportar el tornillo.

$$\sigma_r = \frac{F}{At}$$

El material a utilizar para el tornillo es, Acero 1020 laminado en caliente (Sy = 207MPa), sustituyendo:

$$\sigma_r = 1{,}156 MPa$$

Como σr = 1,156 MPa < σ_D = 207 MPa el tornillo no falla, y el factor de seguridad es de N = 7,04

El tornillo de potencia también se encuentra sometido a cargas y momentos flectores, por cálculos anteriores (ver sección 4.4.14) se toma como material Acero 1020 laminado en frió lo que garantiza que no falle.

4.5. REDISEÑO DEL SISTEMA DE COLOCACIÓN Y CAMBIO DE MALLAS SERIGRÁFICAS.

Para el rediseño del sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas, se realiza un estudio completo de los parales encargados de fijar el porta malla. El sistema actual de porta mallas se muestra en la figura 4.75.

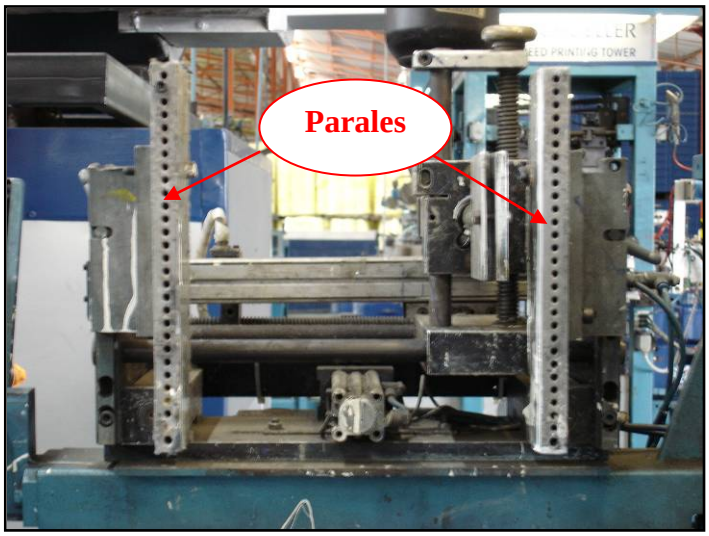


Figura 4.75. Sistema de parales actual.

4.5.1. ESPECIFICACIONES Y DISEÑO DE LA SOLUCION PARA EL SISTEMA DE COLOCACIÓN Y CAMBIO DE MALLAS SERIGRÁFICAS QUE CONFORMAN LA SOLUCIÓN DEFINITIVA.

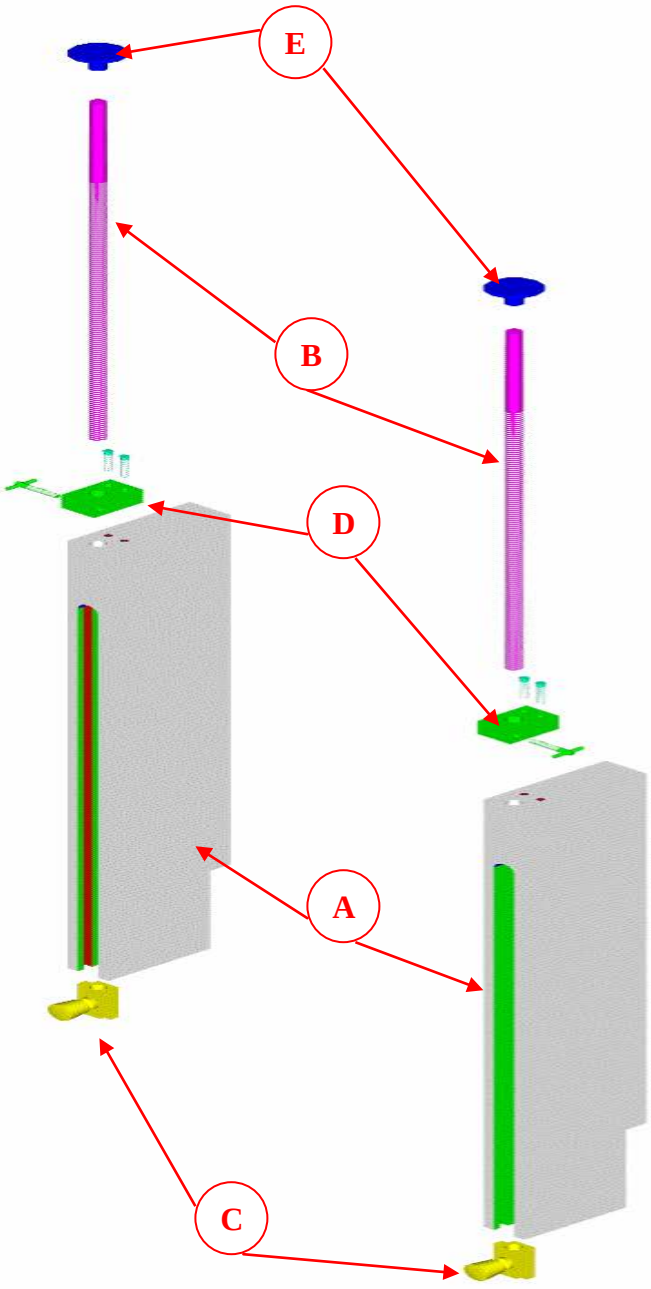


Figura 4.76. Sistema de colocación y cambio de mallas serigráficas.

El funcionamiento de la solución planteada se detalla a continuación (ver figura 4.76). Al girar o aplicar fuerza en la perilla de posicionamiento (B), los rieles de sujeción (C) se ajustan al porta malla, luego se procede a subir y bajar ambos rieles mediante los tornillos de potencia (A) de los parales hasta lograr la altura requerida para la impresión y luego mediante las pinzas de apriete de los tornillos (D) se logra evitar el movimiento de estos, garantizando que el porta malla no se desajuste

Cabe destacar que para realizar el cambio de malla y su centraje con respecto a un arte patrón se demora alrededor de cinco (5) minutos por cada sistema de pintura, estos valores se obtienen por situaciones semejantes al diseño planteado (ver anexo X).

4.5.2. PARALES DE FIJACIÓN DEL PORTA MALLA.

En la figura 4.77 se presenta los parales porta malla. Por medio de estos párales se fijan los marcos al sistema de pintura, los parales poseen una perforación en la cual se acopla un tornillo sinfín. Adicionalmente posee marcas para posicionar los diferentes tamaños de los marcos en un mismo lugar. Las dimensiones principales se muestran en la figura 4.78

Figura 4.77. Parales de fijación del porta malla.

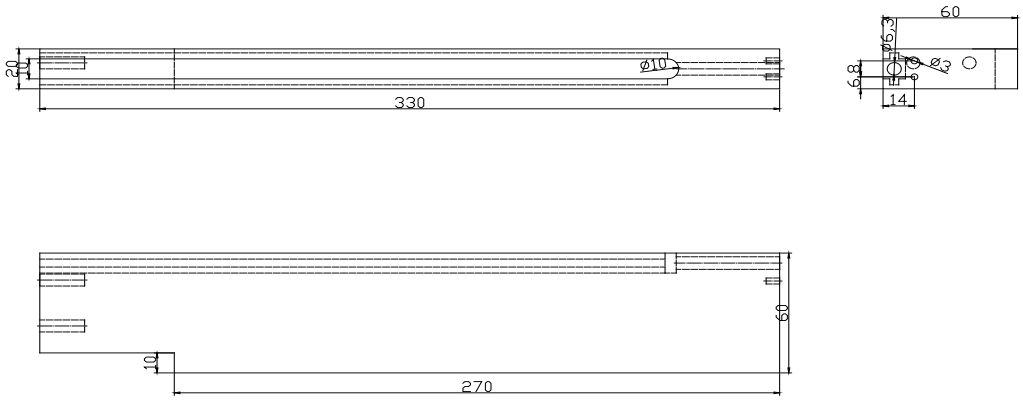


Figura 4.78. Vistas necesarias de los parales de fijación del porta malla, medidas en mm.

4.5.3. TORNILLO SIN FIN.

Este elemento simula el funcionamiento de un tornillo de potencia ya que se convierte el movimiento rotatorio en un movimiento lineal (Norton, 1999), es el encargado de posicionar los rieles de sujeción para ajustar el marco de la malla. En la figura 4.79 se muestra el tornillo sinfín.

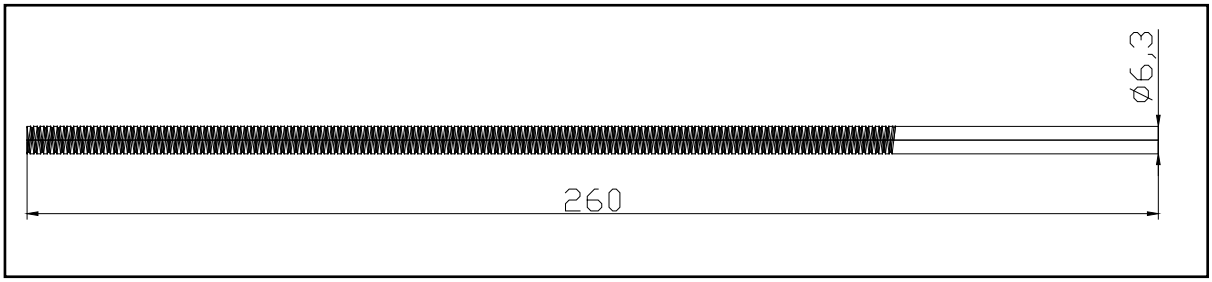


Figura 4.79. Tornillo sin fin. (Medidas en mm)

Diseño y selección del tornillo sin fin utilizado en el sistema de fijación de los marcos del porta mallas.

Para el diseño del tornillo sin fin es necesario calcular los esfuerzos a los cuales esta sometido para seleccionar el tipo de rosca que garantice el funcionamiento correcto del tornillo en el sistema.

Se selecciona una rosca ACME de tamaño de ¼" la cual posee las siguientes características (Norton, 1999)

Tabla 4.6. Características del tornillo sin fin seleccionado

Hilos por pulgada	16
Paso de rosca	0,063"
Diámetro de paso	0,219"
Diámetro menor	0,188"
Área de esfuerzo a tensión (At)	0,032 in^2
Angulo radial de la rosca (α)	14,5º

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculos anteriores (ver sección 4.4.15) se obtienen:

- Ángulo de avance:

$$\lambda = 5{,}23^{o}$$

- Cálculo de la fuerza que debe resistir el tornillo.

$$F = 1289{,}97 N$$

- Torque requerido para subir la carga:

$$T_u = 3{,}58 \text{ N.m}$$

- Torque requerido para bajar la carga:

$$T_u = 0{,}844 \text{ N.m}$$

Se verifica si el factor de fricción seleccionado en los cálculos está correcto, ésto se realiza por medio del cálculo de la eficiencia del tornillo y la figura 14-8 del libro Norton (1999).

$$e = \left(\frac{\cos\alpha - \mu.tg(\lambda)}{\cos\alpha + \mu ctg(\lambda)} \right)$$

Donde:

e: Eficiencia del tornillo

α : Ángulo radial de la rosca = 14,5º

λ: Angulo de avance 5,23º

μ: Coeficiente de fricción = 0,15

Sustituyendo en la ecuación 4.35, se obtiene:

$$e = 36{,}61 \%$$

Por medio de la figura 14-8 del libro Norton (ver apéndice VI), con el valor de la eficiencia y el valor del ángulo de avance, se interceptan las líneas de factor de

fricción arrojando como resultado un valor de μ = 0.15. Como se puede observar el valor supuesto esta correcto, de igual forma se recomienda mantener el tornillo lubricado para aumentar su eficiencia.

Verificación del autobloqueo del tornillo:

$$\mu \geq 0{,}09156$$

Como el valor de $\mu = 0{,}15$ se observa entonces $0.15 \geq 0.09156$ por lo tanto el tornillo sin fin es autobloqueante.

Verificación de falla del tornillo:

El material a utilizar para el tornillo es, Acero 1045 Laminado en frió (Sy = 531MPa), sustituyendo:

$$\sigma_r = 255{,}14 MPa$$

Como σr = 255,14 MPa < σ_D = 379 MPa el tornillo no falla, y el factor de seguridad es de N = 2,1.

4.5.4. RIEL DE SUJECIÓN DE LOS MARCOS DE LAS MALLAS.

En la figura 4.80 se muestra el riel de sujeción de los marcos de las mallas, En estos descansan los marcos de la malla y por medio de los tornillos se posicionan y ajustan para evitar que se desacoplen durante el proceso evitando que la impresión quede fuera de los rangos permisibles en la gavera.

Figura 4.80. Riel de sujeción de los marcos de las mallas.

Diseño del riel de sujeción de los marcos de las mallas serigráficas

La pieza se diseña a partir de los esfuerzos de corte y concentradores de esfuerzos presentes, las fuerzas presentes en el pin de fijación se muestran en la figura 4.81.

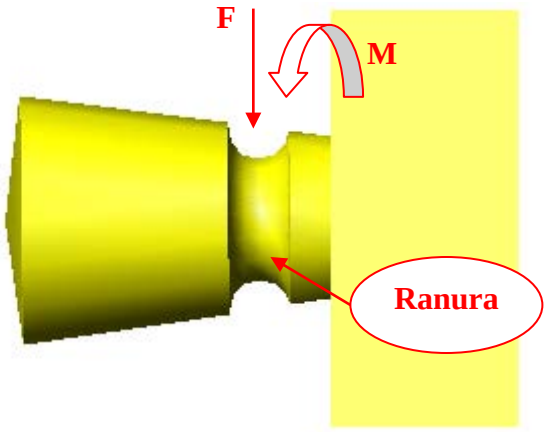


Figura 4.81. Fuerzas que actúan en el riel de sujeción de los marcos de las mallas.

El material a utilizar para el diseño es un Acero 1020 laminado en caliente; Sy = 207 MPa (Norton, 1999).

Utilizando el criterio de cedencia al corte el cual se define para cualquier material dúctil, como una fracción de su límite de fluencia elástico a tensión Sy determinado por un ensayo a tensión. (Norton, 1999)

$$Sys = 0{,}58\ Sy$$

$$Sys = 0{,}58\ (207) = 120{,}06\ MPa$$

Como se observa la pieza posee una ranura (ver figura 4.83) que presenta concentrador de esfuerzos, para el cálculo de la fuerza máxima que soporta el pin se procede a seleccionar el material y dependiendo de sus propiedades mecánicas se halla el valor. Se utiliza el apéndice E del libro Norton (1999)

$$\tau \max = Kts \cdot \tau\ nom \qquad \textbf{(Ecuación 4.37)}$$

$$Kts = A\left(\frac{r}{d}\right)^{b} \qquad \textbf{(Ecuación 4.38)}$$

Los valores de A y b se obtienen a partir de la relación D/d = 2 (Norton, 1999)

$$A = 0.93619$$

$$b = -\ 0.33066$$

$$d = 12$$

$$r = 3$$

Sustituyendo valores en la ecuación 4.38, se obtiene:

$$Kts = 1{,}18$$

Utilizando la ecuación 4.3 se obtiene el valor del área:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow A = 28{,}27433 mm^2$$

Se calcula la fuerza máxima que soporta el pin:

$$\left(\frac{Sys}{Kts}\right)(A) = F \qquad \textbf{(Ecuación 4.39)}$$

Donde:

Sys: Criterio de cedencia = 120,06 MPa

Kts: Factor teórico de concentrador de esfuerzo = 1,18

A: Área sometida a los esfuerzos = 28,27433 mm^2

F: Fuerza máxima que soporta el pin.

Sustituyendo valores en la ecuación 4.39 se obtiene:

$$F = 2876{,}79 N$$

El torque que genera la aplicación de esta fuerza en el pin es:

$$T = F \cdot B = (293{,}55Kg)\ (0.010m) = 2{,}935\ Kg.m$$

Como se puede observar el torque máximo aplicable al tornillo de potencia para que el pin de fijación de la malla falle es 2,935 Kg. m, el sistema está diseñado

para operar manualmente, sin utilizar herramientas o palancas, por lo que se recomienda que no se exceda el valor máximo permitido del par torsor.

Calculo de riel de sujeción de los marcos de las mallas.

Como se observa en la figura 4.82 la pieza se encuentra sometida a un esfuerzo generado por una fuerza resultante de la fricción entre el tonillo y los rieles, esta es trasmitida a las aletas que presenta la pieza ya que en ellas descansa la guía de los parales y por ley de acción y reacción se presentan en ese punto, estas generan una zona crítica (ver figura 4.83) la cual es el punto de diseño de dicho elemento.

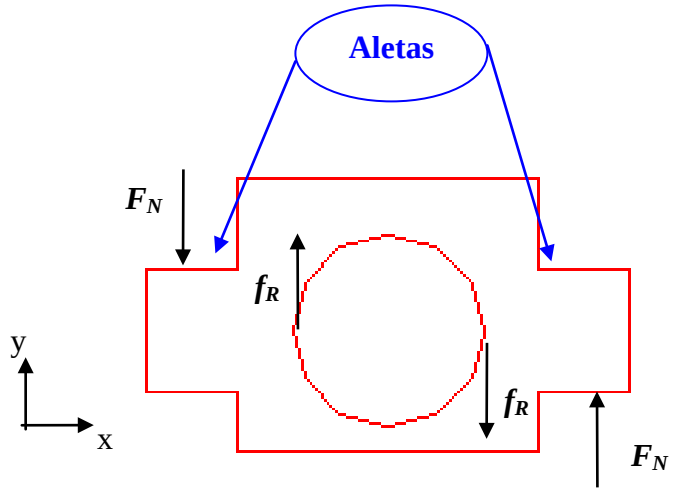


Figura 4.82. Riel de sujeción de los marcos de las mallas (vista superior)

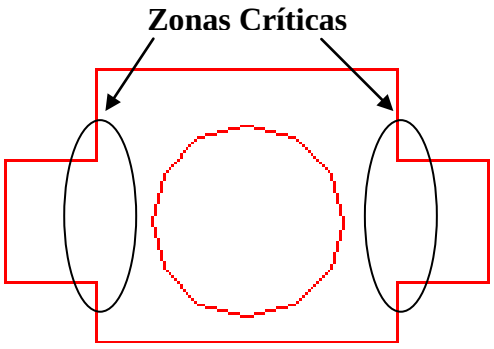


Figura 4.83. Zona Crítica de diseño.

Área de corte crítica:

$$A_c = b \cdot h$$

Donde:

b: Base de la pieza = 4 mm

h: Altura de la pieza= 20 mm

$$A_c = 80mm^2$$

Material Acero 1020 (Sy = 207 MPa)

Sys = 0,58 Sy

Sys = 120,06 MPa

Cálculo de la fuerza de roce:

$$Fr = \mu \cdot F_N \qquad \textbf{(Ecuación 4.40)}$$

Donde:

μ: Coeficiente de fricción entre el tornillo y la pieza = 0.15

F_N: Fuerza normal generada en los filetes de la rosca

Se calcula la fuerza normal generada:

$$F_N = \frac{P}{\cos\lambda + \mu sen\lambda} \qquad \textbf{(Ecuación 4.41)}$$

Donde:

P: Carga máxima aplicable en el tornillo para que falle = 5267,41 N

λ: Angulo de avance de la rosca = 5,23º

Por lo tanto:

$$F_N = 5217{,}78N$$

Sustituyendo valores en la ecuación 4.40 se obtiene:

Fr = 782,66 N

Esfuerzo de corte requerido por la pieza.

$$Sysr = \frac{Fr}{A_c} \qquad \textbf{(Ecuación 4.42)}$$

Donde:

$F_{r:}$ Fuerza de roce = 782,66 N

A_c: Área de corte = 80 mm^2

Sustituyendo en la ecuación 4.42, se obtiene:

$$Sysr = 9{,}78MPa$$

Por lo tanto el factor de seguridad para el diseño de la pieza es:

$$N = \frac{Sysd}{Sysr}$$

$$N = 12{,}27$$

4.5.5. PINZA DE APRIETE DEL TORNILLO.

Este elemento es el encargado de evitar cualquier movimiento del tornillo de potencia, ya que al ajustarlos genera una fuerza que mantiene en su posición al tornillo, sin dejar que el mismo gire o se desacople de los parales (ver figura 4.84).

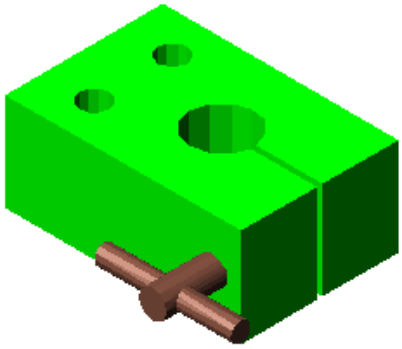


Figura 4.84. Pinza de apriete de tornillo.

4.5.6. PERILLA DE POSICIONAMIENTO.

En la figura 4.85 se muestra la perilla de posicionamiento la cual es la encargada de transmitir el torque requerido para girar el tornillo sinfín. Este elemento se agrega al diseño para hacer éste más cómodo de utilizar y evitar el uso de herramientas.

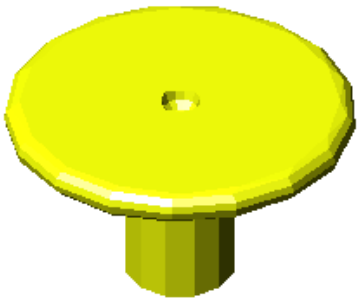


Figura 4.85. Perilla de posicionamiento.

Como se observa este diseño permite realizar el cambio de malla de manera más eficiente, ya que no se requiere herramientas para desajustar los pernos que sostienen los marcos, además se estandariza el sistema de parales ya que sirven para cualquier tipo de marcos.

4.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL PROCESO DE CENTRADO, IMPRESIÓN Y EXPULSIÓN DE LAS GAVERAS DE LAS MÁQUINAS SCHOELLER 1 Y 2.

Para el diseño del sistema de control del proceso de centrado, impresión y expulsión de las gaveras, se explica el proceso; es decir, desde que la gavera es alimentada en la cinta transportadora hasta que sale de la máquina ya impresa con el arte requerido.

4.6.1. JUSTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA DE CONTROL A UTILIZAR.

Actualmente la técnica utilizada para el control de la máquina se basa en lógica cableada, la cual genera pérdida de la sincronización del proceso, debido a esto se debe reiniciar la máquina, generando la pérdida de tiempo en el ciclo de impresión, Adicionalmente no es posible monitorear el proceso en línea ya que no se posee un software con el cual verificar la productividad y el funcionamiento del sistema de control actual.

Por medio de la técnica de control basada en lógica cableada se dificulta la detección de las fallas que ocurren, ya que para identificarlas es necesario realizar pruebas pilotos e ir verificando elemento por elemento hasta constatar él o los que presenten la falla. En relación al costo, esta técnica requiere gastos de mantenimiento

elevados, debido a que los elementos involucrados en el sistema (relees de control, cables, temporizadores, entre otros) por encontrarse en contacto directo con los elementos móviles de la máquina pueden presentar daños irreparables.

Se justifica la implementación del sistema de control basado en lógica programable ya que:

a. Por medio de la aplicación del PLC se reducen los tiempos de respuesta de los elementos con respecto a la lógica cableada.

b. El sistema basado en lógica programada permite el monitoreo del proceso en línea, debido al software y el hardware.

c. El sistema de control lógico (PLC) es económicamente más rentable ya que el posee los elementos procesadores de señales (relees, temporizadores, contadores, entre otros) de forma interna.

d. El controlador lógico programable a diferencia del sistema de control basado en lógica cableada, permite introducir modificaciones al sistema de control sin necesidad de intercambiar las conexiones de los elementos actuadores del sistema, ya que solo se modifica el programa.

4.6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPRESIÓN.

Para realizar la descripción del proceso de impresión inicialmente se identifican los actuadores y sensores involucrados en la máquina, los cuales se muestran en las tablas 4.7 hasta la tabla 4.11. Adicionalmente, los diagramas de conexiones neumáticas se muestran en el apéndice VII y en el apéndice VIII se

muestra la disposición en la máquina de los sensores y actuadores involucrados en el proceso.

Tabla 4.7. Actuadores del Sistema.

Nº	Símbolo	Descripción
1	C1	Actuador “A” encargado de abrir y cerrar la compuerta de admisión
2	C2	Actuador “B” encargado de abrir y cerrar la compuerta de admisión
3	C3	Actuador encargado de ascender y descender el elevador
4	C4	Actuador encargado de abrir y cerrar las mordazas de sujeción
5	C5	Actuador encargado de movilizar el carro posicionador de gaveras
6	C6	Actuador encargado de abrir y cerrar la guía de centrado 1
7	C7	Actuador encargado de abrir y cerrar la guía de centrado 2
8	C8	Actuador encargado de abrir y cerrar la guía de centrado 3
9	C9	Actuador encargado de abrir y cerrar la guía de centrado 4
10	C10	Actuador encargado del sistema de pintura 1
11	C11	Actuador encargado del sistema de pintura 2
12	C12	Actuador encargado del sistema de pintura 3
13	C13	Actuador encargado del sistema de pintura 4
14	C14	Actuador encargado de la racleta del sistema de pintura 1
15	C15	Actuador encargado de la racleta del sistema de pintura 2
16	C16	Actuador encargado de la racleta del sistema de pintura 3
17	C17	Actuador encargado de la racleta del sistema de pintura 4
18	C18	Actuador encargado del recorrido de la racleta del sistema de pintura1
19	C19	Actuador encargado del recorrido de la racleta del sistema de pintura2
20	C20	Actuador encargado del recorrido de la racleta del sistema de pintura3
21	C21	Actuador encargado del recorrido de la racleta del sistema de pintura4

Tabla 4.8. Sensores inductivos de inicios y finales de carrera.

Nº	Símbolo	Descripción
1	S7A	Sensor inductivo final de carrera del cilindro neumático del recorrido de la racleta del sistema de pintura 1
2	S7B	Sensor inductivo final de carrera del cilindro neumático del recorrido de la racleta del sistema de pintura 2
3	S7C	Sensor inductivo final de carrera del cilindro neumático del recorrido de la racleta del sistema de pintura 3
4	S7D	Sensor inductivo final de carrera del cilindro neumático del recorrido de la racleta del sistema de pintura 4

Tabla 4.9. Sensores magnéticos de inicios y finales de carrera.

Nº	Símbolo	Descripción
1	S1	Sensor magnético inicio de carrera. Altura máxima del cilindro neumático del elevador.
2	S2	Sensor magnético final de carrera. Altura mínima del cilindro neumático del elevador
3	S3	Sensor magnético inicio de carrera del cilindro neumático del carro posicionador
4	S4	Sensor magnético final de carrera del cilindro neumático del carro posicionador
5	S5A	Sensor magnético inicio de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 1
6	S5B	Sensor magnético inicio de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 2

7	S5C	Sensor magnético inicio de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 3
8	S5D	Sensor magnético inicio de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 4
9	S6A	Sensor magnético final de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 1
10	S6B	Sensor magnético final de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 2
11	S6C	Sensor magnético final de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 3
12	S6D	Sensor magnético final de carrera cilindro neumático del sistema de pintura 4

Tabla 4.10. Sensores capacitivos.

Nº	Símbolo	Descripción
1	SM	Sensor capacitivo detector de la gavera en las mordazas
2	SG	Sensor capacitivo detector de la gavera en la altura máxima del elevador

Tabla 4.11. Sensor de Barrera

Nº	Símbolo	Descripción
1	SP	Sensor de barrera detector de la gavera en la compuerta de acceso a la máquina

Para realizar el proceso de impresión, la máquina posee cuatro modos de operación, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ *Modo automático:* este modo de operación consiste en realizar el proceso de impresión de la gavera de forma automática; es decir, sin la intervención de los operadores, es importante destacar que el proceso de divide en tres etapas:

1. La primera etapa comprende la alimentación de la gavera en la máquina.

2. La segunda etapa comprende la impresión de la gavera en la máquina

3. La tercera etapa comprende la expulsión de la gavera de la máquina.

a. Alimentación.

El proceso de alimentación se inicia cuando las cintas transportadoras son alimentadas con las gaveras, estas pasan por la compuerta la cual está inicialmente abierta (C1 y C2 retraídos), activando un sensor óptico de barrera ubicado en la entrada de la máquina el cual se identifica como “SP”, este sensor emite una señal que cierra la compuerta; es decir, C1 y C2 se extienden, lo que asegura que solo pase una gavera a la vez.

La gavera llega al carro posicionador el cual se mueve por acción de un actuador C5 que posee dos sensores, uno de inicio de carrera “S3” y otro de final de carrera “S4”, el carro posicionador posee una mordaza de sujeción la cual tiene un sensor que detecta la gavera cuando se encuentra entre ellas, este sensor se identifica como “SM”, cuando SM es activado y a su vez está presente la señal del sensor “S3” las mordazas de sujeción de las gaveras se cierran (C4 se extiende) para fijarla.

Una vez que la gavera esté fija en las mordazas y el elevador (accionado por un actuador C3 inicialmente retraído que posee un sensor de inicio de carrera “S1” y un sensor de fin de carrera “S2”) se encuentre en su posición inicial activando el sensor “S1”, el carro posicionador de gaveras se desplaza hasta su posición final, esta ocurre cuando se encuentra sobre el elevador activando la señal “S4” la cual ocasiona que las mordazas de sujeción se abran (C4 se retrae), que las guías de centrado

(papelones) se abran; es decir, se extiendan los cilindros C6, C7, C8, C9 de las guías de centrado y a su vez envía la señal requerida para que el elevador ascienda.

b. Impresión.

Una vez que el elevador asciende (cilindro C3 entendido), coloca la gavera en la posición requerida para su impresión accionando el sensor “S2”, cuando el elevador se encuentra en su posición final la gavera activa un sensor que se identifica como “SG”, adicionalmente cuando los sistemas de pintura (accionadas mediante actuadores C10, C11, C12 y C13 inicialmente extendidos) se encuentren en su estado inicial alejadas de la gavera a imprimir activan las señales S6, solo cuando se encuentran presentes las señales S2, SG y todas las S6, los sistemas de pintura se mueven hacia la gavera (C10, C11, C12, y C13 se retraen) lo cual hace aparecer las señales S5 estas mueven las racletas de pintura (cilindros neumáticos C14, C15, C16 y C17 inicialmente retraídos) hacia la gavera y al mismo tiempo ocasiona que estas se muevan de izquierda a derecha (cilindro neumático C18, C19, C20 y C21 inicialmente retraídos), cuando las racletas lleguen a su final de carrera hacen aparecer las señales S7A, S7B, S7C y S7D, una vez que aparezcan todas las señales S7 los sistemas de pinturas vuelven a su estado inicial (cilindros C10, C11, C12 y C13 extendidos), una vez en su estado inicial aparecen las señales S6 y S7, las cuales se encargan de llevar las racletas a sus condiciones iniciales, es decir, vuelvan hacia la izquierda y se alejen de la gavera.

c. Expulsión.

Al estar presentes las señales S6 y S7 las guías de centrado vuelven a su estado inicial y el elevador desciende; es decir, regresa a su estado inicial.

Es importante destacar que una vez que el elevador este en su posición final, activando la señal “S2” la compuerta de acceso de las gaveras se abre (cilindros C1 y C2 se extienden) para dar paso a otra gavera, la cual es la encargada de empujar la gavera ya impresa fuera de la máquina.

- ✓ *Modo Cent:* este modo es utilizado para realizar el centrado de la gavera en las guías, sirve para constatar el perfecto acople de las guías de centrado en las gaveras para asegurar que la impresión se realice en el área efectiva de impresión.

Para realizar el proceso de impresión mediante el modo cent, inicialmente se selecciona el modo, luego automáticamente la máquina realiza el proceso de alimentación descrito anteriormente, en este punto se detiene para verificar el centraje de la gavera.

- ✓ *Modo Test:* utilizado para realizar la puesta a punto del arte a imprimir que poseen las mallas; es decir, verificar que este cumpla con las especificaciones de la gavera patrón, asegurando la impresión en el área efectiva de la gavera.

Para realizar el proceso de impresión mediante el modo test, inicialmente se selecciona el modo, luego la máquina automáticamente realiza los procesos de alimentación y de impresión, sin embargo, este último no se realiza de forma completa, ya que no se imprime la gavera con el arte, solo se acercan los sistemas de pintura a las caras de la gavera para constatar que se imprima en el área destinada.

- ✓ *Modo Step:* utilizado para verificar que todos los elementos involucrados en la impresión de la gavera se encuentren funcionando correctamente.

Para realizar el proceso de impresión en modo Step, se selecciona el modo, luego se realizan las tres etapas del proceso tales como alimentación, impresión y

expulsión. El modo Step consta de un pulsador el cual se identifica como PULSE, es el encargado de enviar las señales que permitan realizar el proceso de impresión.

Las tres etapas se realizan igual que el modo automático, solo que en este caso el pulsador PULSE es el encargado de enviar las señales necesarias para activar los procesos descritos en el modo automático paso a paso.

4.6.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PLANTEADO.

El sistema de control automatizado estará basado en una tecnología híbrida electrónica-neumática haciendo uso de un controlador lógico programable, el cual debe cumplir con el proceso de impresión de gavera descrito anteriormente. El diseño del sistema de control se basa en el proceso actual de impresión; es decir, no se alteran las funciones principales que debe realizar la máquina.

4.6.4. ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE CONTROL.

1) El sistema posee cuatro sensores inductivos los cuales se encuentran ubicados en los actuadores que gobiernan el movimiento del recorrido de la racleta para indicar el final de carrera. Estos sensores se utilizan ya que la carrera del actuador de la racleta es variable, por lo tanto no se pueden utilizar sensores magnéticos.

2) El sistema posee dos sensores capacitivos, los cuales se encargan de detectar la posición de la gavera en la máquina, ya sea que ésta se encuentre en las mordazas o se encuentre en la altura máxima del elevador.

3) El sistema cuenta con veintiún cilindros neumáticos de diferentes carreras, los cuales son los encargados de realizar las operaciones principales en el proceso de impresión.

4) El sistema posee veintiún válvulas biestables 5/2 vías encargadas de gobernar a los actuadores.

5) El sistema posee doce sensores magnéticos, los cuales se encargan de indicar la posición de los cilindros, ya sea que se encuentre retraído o extendido.

6) El sistema posee cuatro pulsadores eléctricos utilizados en la máquina durante el proceso.

7) Cinco pulsadores eléctricos de parada de emergencia en cada sistema de pintura para detener la máquina.

8) Un pulsador “PULSE” el cual es el encargado de activar la señal cuando la máquina este operando en modo Test, Cent y Step.

9) Cuatro indicadores visuales o luminosos al lado de cada selector de modo de los sistemas de pintura, para verificar que estén activados o no.

10) El sistema posee un indicador luminoso y sónico para informar la presencia de una parada de emergencia.

11) Ocho selectores para verificar el funcionamiento de la racleta y su recorrido.

4.6.5. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE CONTROL.

Sensores inductivos.

Estos sensores no están sujetos a detección por contacto ni a trabajo mecánico, deben trabajar bajo ambientes de altas concentraciones de polvo, por lo tanto para su selección se debe cumplir con dichas características. Se selecciona el modelo **FESTO SIEN-M8B-PS-K-L** el cual posee características principales mostradas en la tabla 4.12.

Tabla 4.12. Características principales de los sensores inductivos

Característica	Valor
Distancia de conmutación nominal	1,5 mm
Frecuencia máxima	1500 Hz
Salida digital	PNP
Tensión de funcionamiento	10 - 34 V DC
Temperatura de funcionamiento	-25 - +85 °C
Cantidad	4 Pz

Sensores capacitivos.

Este tipo de sensores se requieren para detectar a distancia materiales no metálicos, en este caso las gaveras.

Se utilizan dos modelos diferentes debido al tamaño requerido por la máquina para la instalación, para el sensor que detecta la gavera en el carro posicionador se utiliza el modelo **875L-D30EE40- T3** de la marca ALLEN-BRADLEY ya que este modelo es de construcción compacta; es decir, se amolda a espacios pequeños, las características principales se muestran en la tabla 4.13.

Tabla 4.13. Características principales del sensor del carro posicionador

Característica	**Valor**
Distancia de conmutación	7 - 30 mm
Frecuencia máxima	40 Hz
Salida digital	PNP o NPN
Tensión de funcionamiento	10 - 60 V CC
Temperatura de funcionamiento	-25 - +70 °C
Cantidad	1 Pz

Para el sensor encargado de detectar la gavera en la altura máxima del elevador; es decir, cuando se encuentre en los sistemas de pintura, se utiliza el modelo **875CP-DM30NP34-A2** de la marca ALLEN-BRADLEY, cuyas características principales se muestran en la tabla 4.14.

Tabla 4.14. Características principales del sensor de altura máxima del elevador.

Característica	**Valor**
Distancia de conmutación	7 - 30 mm
Frecuencia máxima	25 Hz
Salida digital	PNP o NPN
Tensión de funcionamiento	10 - 60 V CC
Temperatura de funcionamiento	-25 - +70 °C

Cantidad	1 Pz

Sensores Magnéticos.

Estos sensores se utilizan para verificar la posición del émbolo durante el proceso de impresión, los sensores a utilizar deben acoplarse a los actuadores para así ocupar el menor espacio dentro de la máquina. Se seleccionan los sensores a utilizar dependiendo de cada actuador involucrado.

✓ Se selecciona el modelo **FESTO SMT-8M-PS-24V-K-2,5-OE**, para ser acoplado a los actuadores encargados del sistema de pintura, del carro posicionador y sistema elevador de la gavera ya que este tipo de sensor es el recomendado para estos actuadores. Las características principales se muestran en la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Características principales de los sensores magnéticos.

Característica	**Valor**
Longitud del cable	2,5 m
Potencia de conmutación máx.	3 W
Salida digital	PNP
Tensión de funcionamiento	10 - 30 V DC
Temperatura de funcionamiento	-20 - +70 °C
Cantidad	12 Pz

Actuadores del sistema.

La selección de los diferentes actuadores del sistema se realiza mediante los siguientes criterios: la carrera del émbolo requerida, diámetro y la presión de trabajo.

Actuador encargado del movimiento de la racleta.

Carrera mínima de 10 mm
Diámetro de émbolo menor a 40 mm
Presión de trabajo: 6 bares.

Se selecciona el modelo **DSNU-32- 14-P-A DOBLE EFECTO** de la marca FESTO, sus características principales se muestran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16. Características principales del actuador del movimiento de las racletas.

Característica	**Valor**
Carrera	14 mm
Diámetro del émbolo	32 mm
Presión de trabajo	1 – 10 bar.
Fuerza máxima	483 N
Cantidad	4 Pz

Actuador para el recorrido de la racleta

Carrera mínima de 500 mm
Diámetro de émbolo menor a 40 mm
Se requiere un cilindro sin vástago.
Presión de trabajo: 6 bar.

Se selecciona el modelo **DGP-32-500-PPV-A-B DOBLE EFECTO** de la marca FESTO, sus características principales se muestran en la tabla 4.17.

Tabla 4.17. Características principales de los actuadores de recorrido de la racleta.

Característica	Valor
Carrera	500 mm
Diámetro del émbolo	32 mm
Presión de trabajo	4 – 8 bar.
Fuerza máxima	483 N
Cantidad	4 Pz

Actuador del sistema de pintura.

Carrera mínima de 80 mm

Diámetro de émbolo menor a 40 mm

Se requiere que el émbolo posea detección magnética.

Presión de trabajo; 6 bar.

Se selecciona el modelo **DNC-32-80-PPV-A DOBLE EFECTO** de la marca FESTO, sus características principales se muestran en la tabla 4.18.

Tabla 4.18. Características principales de los actuadores de los sistemas de pintura.

Característica	Valor
Carrera	80 mm
Diámetro del émbolo	32 mm

Presión de trabajo	4 – 8 bar.
Fuerza máxima	483 N
Cantidad	4 Pz

Actuador del carro posicionador y sistema elevador de la gavera.

Carrera mínima de 500 mm

Diámetro de embolo menor a 40 mm

Se requiere que el émbolo posea detección magnética.

Presión de trabajo; 6 bar.

Se selecciona el modelo **DNC-32-500-PPV-A DOBLE EFECTO** de la marca FESTO, sus características principales se muestran en la tabla 4.19.

Tabla 4.19. Características principales del actuador del carro posicionador y sistema de elevación.

Característica	**Valor**
Carrera	500 mm
Diámetro del émbolo	32 mm
Presión de trabajo	0,6 – 12 bar.
Fuerza máxima	483 N
Cantidad	2 Pz

Actuador de las mordazas de sujeción.

Carrera mínima de 15 mm

Diámetro de émbolo menor a 40 mm

Presión de trabajo; 6 bar.

Se selecciona el modelo **ADVC-32-10-A-P DOBLE EFECTO** de la marca FESTO, sus características principales se muestran en la tabla 4.20.

Tabla 4.20. Características principales del actuador de las mordazas

Característica	Valor
Carrera	10 mm
Diámetro del émbolo	32 mm
Presión de trabajo	0,6 – 10 bar.
Fuerza máxima (6 bar.)	483 N
Cantidad	1 Pz

Actuador de las guías de centrado.

Carrera mínima de 15 mm

Diámetro de émbolo menor a 40 mm

Presión de trabajo; 6 bar.

Se selecciona el modelo **ADVC-25-10-A-P DOBLE EFECTO** de la marca FESTO, sus características principales se muestran en la tabla 4.21.

Tabla 4.21. Características principales del actuador de las guías de centrado.

Característica	Valor
Carrera	10 mm
Diámetro del émbolo	25 mm

Presión de trabajo	0,6 – 10 bar.
Fuerza máxima (6 bar.)	295 N
Cantidad	4 Pz

Actuadores de la compuerta de acceso de las gaveras.

Carrera mínima de 70 mm

Diámetro de émbolo menor a 40 mm

Presión de trabajo; 6 bar.

Se selecciona el modelo **DSNU-32-80-P-A DOBLE EFECTO** de la marca FESTO, sus características principales se muestran en la tabla 4.22.

Tabla 4.22. Características principales de los actuadores de la compuerta de acceso.

Característica	**Valor**
Carrera	80 mm
Diámetro del émbolo	32 mm
Presión de trabajo	1 – 10 bar.
Fuerza máxima (6 bar.)	483 N
Cantidad	2 Pz

Selección de las válvulas 5 / 2 vías biestables con accionamiento eléctrico de los distintos actuadores.

Para la selección de las válvulas se toman como criterios: la velocidad de respuesta de cada actuador (T < 2 s. se cumple para todos los actuadores involucrados en el sistema) así como el consumo de caudal de aire de los mismos, para el cálculo del caudal de aire requerido se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = \frac{V}{T} \qquad \textbf{(Ecuación 4.43)}$$

Donde:

V: volumen del cilindro neumático

T: tiempo de respuesta del cilindro neumático T = 2 s. se toma este valor ya que es el valor de respuesta máximo de los actuadores del sistema.

Válvula biestable 5 / 2 vías de respuesta rápida y accionamiento eléctrico encargada del movimiento de la racleta.

Para el cálculo del volumen es necesario conocer el valor del área del embolo, por lo tanto mediante la ecuación 4.3:

$$A = 804{,}25 \text{ mm}^2$$

Se procede al cálculo del volumen del embolo mediante la siguiente expresión:

$$V = 11259.47 \text{ mm}^3 = 1{,}126 \text{ x}10^{-5} \text{ m}^3$$

El valor del caudal esta dado por la ecuación 4.44., sustituyendo:

$$Q = 0{,}6756 \text{ l / min.}$$

Válvula biestable 5 / 2 vías de respuesta rápida y accionamiento eléctrico encargada del recorrido de la racleta.

Siguiendo la misma metodología para el cálculo del caudal mínimo de trabajo se obtiene:

$$A = 1256,64 \text{ mm}^2$$

$$V = 628318,54 \text{ mm}^3 = 6,283 \text{ x}10^{-4} \text{ m}^3$$

$$Q = 18,85 \text{ l / min.}$$

Válvula biestable 5 / 2 vías de respuesta rápida y accionamiento eléctrico encargada del sistema de pintura.

Se obtiene:

$$A = 804,25 \text{ mm}^2$$

$$V = 64340 \text{ mm}^3 = 6,43 \text{ x}10^{-5} \text{ m}^3$$

$$Q = 1,93 \text{ l / min.}$$

Válvula biestable 5 / 2 vías de respuesta rápida y accionamiento eléctrico encargada del carro posicionador y sistema elevador de la gavera.

Se obtiene:

$$A = 804,25 \text{ mm}^2$$

$$V = 402123,86 \text{ mm}^3 = 4,02 \text{ x}10^{-4} \text{ m}^3$$

$$Q = 12,064 \text{ l / min.}$$

Válvula biestable 5 / 2 vías de respuesta rápida y accionamiento eléctrico encargada de las mordazas de sujeción.

Se obtiene:

$$A = 804,25 \text{ mm}^2$$

$$V = 8042{,}5\ mm^3 = 8{,}05\ x10^{-6}\ m^3$$
$$Q = 0{,}242\ l / min.$$

Válvula biestable 5 / 2 vías de respuesta rápida y accionamiento eléctrico encargada de las guías de centrado.

Se obtiene:

$$A = 490{,}88\ mm^2$$
$$V = 4908{,}74\ mm^3 = 4{,}91\ x10^{-6}\ m^3$$
$$Q = 0{,}15\ l / min.$$

Válvula biestable 5 / 2 vías de respuesta rápida y accionamiento eléctrico encargada de la compuerta de acceso de las gaveras.

Se obtiene:

$$A = 804{,}25\ mm^2$$
$$V = 64340\ mm^3 = 6{,}44\ x10^{-5}\ m^3$$
$$Q = 1{,}93\ l / min.$$

Se seleccionan válvulas de respuesta rápida con accionamiento eléctrico de la marca FESTO modelo **CPE10-M1BH-5JS-M7** la cual es aplicable para todos los actuadores del sistema ya cumple con el suministro de aire requerido, las características principales se muestran en la tabla 4.23.

Tabla 4.23. Características principales de las válvulas de accionamiento de los actuadores del sistema.

Característica	**Valor**

Caudal	180 – 3200 l / min.
Tensión de trabajo	24 VDC
Presión de trabajo	2,5 – 8 bar.
Accionamiento	eléctrico
Cantidad	21 Pz

Pulsadores de parada de emergencia.

Para la selección se debe tomar en cuenta la tensión de trabajo (24 VDC) además se necesitan pulsadores con enclavamiento para mantener la orden de parada, se debe tener un pulsador de emergencia principal el cual es de mayor tamaño que los cuatro que se colocan en cada estación de pintura.

El modelo seleccionado es **RPV/K 01** de la marca Klockner-Moeller de 60mm y 30mm para el panel de control (Botón Principal) y las estaciones de pintura respectivamente.

Pulsadores PULSE.

Para la selección se toma en cuenta: la tensión de funcionamiento (24 VDC), sin enclavamiento y normalmente abierto.

El modelo seleccionado es **IP 65/01T RD-01** de la marca Klockner-Moeller.

Selectores para la activación de cada fuente de pintura y de funcionamiento de la racleta.

Estos selectores se necesitan de dos posiciones además deben ser normalmente abierto y cumplir con la tensión de funcionamiento.

Para activar las fuentes de pintura se selecciona el modelo **IP 65/ RLW K1 R-WS** el cual es un selector luminoso para así verificar si esta activado o no, además no debe poseer retorno automático.

Para el funcionamiento de la racleta de pintura se selecciona el modelo **IP 65/ RW K1 R** sin señal luminosa y con retorno automático.

Señales luminosas y sónicas para informar la presencia de una parada de emergencia:

Estas señales deben cumplir con la tensión de funcionamiento además de ser de tamaño compacto para su incorporación a la máquina. Se selecciona el modelo **Sonos Xenon Beacon (5J)** de la marca KLAXON el cual es un dispositivo de alto rendimiento diseñado con un faro de xenón de seguridad para aplicaciones industriales.

4.6.6. SELECCIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

Para la selección del PLC se basa principalmente en el número de entradas y salidas que requiere el sistema, en los recursos internos de control que se requieran para de esta forma garantizar que cumpla con los requerimientos necesarios. Otro criterio de selección es el costo que pueda tener el controlador.

El número de entradas requeridas por el sistema de muestran en la tabla 4.24 y las salidas del mismo en la tabla 4.25.

Elementos de Entrada:

Tabla 4.24.Elementos de Entrada.

Elemento	Símbolo	Función
Pulsador de arranque modo Automático	SA	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Automático
Pulsador de arranque modo Step	SS	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Step
Pulsador de arranque modo Cent	SPP	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Paso a Paso
Pulsador de arranque modo Test	ST	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Test
Pulsador "Pulse", para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 1	P1	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 1
Pulsador "Pulse", para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 2	P2	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 2
Pulsador "Pulse", para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 3	P3	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 3
Pulsador "Pulse", para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 4	P4	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 4
Selector del sistema de pintura 1	F1	Activar o desactivar el sistema de pintura 1
Selector del sistema de pintura 2	F2	Activar o desactivar el sistema de pintura 2
Selector del sistema de pintura 3	F3	Activar o desactivar el sistema de pintura 3
Selector del sistema de pintura 4	F4	Activar o desactivar el sistema de pintura 4
Pulsador parada de emergencia principal.	PEp	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el tablero principal.

Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 1	PE1	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 1.
Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 2	PE2	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 2
Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 3	PE3	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 3.
Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 4	PE4	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 4.
Pulsador “Pulse” principal, para ser utilizado en los cuatro modos.	Ppp	Introducir las señales en los modos automático, step, cent y test.
Sensor Capacitivo de compuerta	SP	Introducir la señal para cerrar la compuerta que permite el acceso de las gaveras a la máquina
Sensor magnético inicio de carrera	S1	Introducir la señal que indica la posición inicial del actuador del elevador: Altura mínima
Sensor magnético final de carrera	S2	Introducir la señal que indica la posición final del actuador del elevador: Altura máxima
Sensor magnético inicio de carrera	S3	Introducir la señal que indica la posición inicial del actuador del carro posicionador de gaveras
Sensor magnético final de carrera	S4	Introducir la señal que indica la posición finales del actuador del carro posicionador de gaveras
Sensor Capacitivo de las mordazas	SM	Introduce la señal para cerrar las mordazas de sujeción del carro posicionador de gaveras
Sensor magnético final de carrera	S5A	Introduce la señal que indica la posición final del actuador del sistema de pintura 1
Sensor magnético final de carrera	S5B	Introduce la señal que indica la

		posición final del actuador del sistema de pintura 2
Sensor magnético final de carrera	S5C	Introduce la señal que indica la posición final del actuador del sistema de pintura 3
Sensor magnético final de carrera	S5D	Introduce la señal que indica la posición final del actuador del sistema de pintura 4
Sensor magnético inicio de carrera	S6A	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 1
Sensor magnético inicio de carrera	S6B	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 2
Sensor magnético inicio de carrera	S6C	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 3
Sensor magnético inicio de carrera	S6D	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 4
Sensor capacitivo de detección de gaveras	SG	Introducir la señal que indica la presencia de la gavera en la torre de impresión
Sensor inductivo final de carrera	S7A	Introducir la señal que indica la posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 1
Sensor inductivo final de carrera	S7B	Introducir la señal que indica la posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 2
Sensor inductivo final de carrera	S7C	Introducir la señal que indica posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 3
Sensor inductivo final de carrera	S7D	Introducir la señal que indica la posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 4
Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 1	RA1	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.

Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 1	RE2	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 2	RA2	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 2	RE4	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en modo cent del sistema de pintura 3	RA3	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en modo cent del sistema de pintura 3	RE3	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir
Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en modo cent del sistema de pintura 4	RA4	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 4	RE4	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.

Tabla 4.25 Elementos de Salida

Elemento	Símbolo	Función
Bobina de válvula que gobierna el cierre de la compuerta C1	Y1A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C1
Bobina de válvula que gobierna el cierre de la compuerta C2	Y1B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C2
Bobina de válvula que gobierna la apertura de la compuerta C1	Y2A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C1
Bobina de válvula que gobierna la apertura de la compuerta C2	Y2B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C2
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las mordazas	Y3	Conmuta la válvula que gobierna el Apertura/Cierre de las mordazas del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las mordazas	Y4	Conmuta la válvula que gobierna el Apertura/Cierre de las mordazas del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna el ascenso del sistema elevador de gaveras	Y5	Conmuta la válvula que gobierna el Ascenso/Descenso del sistema elevador en la torre de impresión
Bobina de válvula que gobierna el descenso del sistema elevador de gaveras	Y6	Conmuta la válvula que gobierna el Ascenso/Descenso del sistema elevador en la torre de impresión
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador de gaveras	Y7	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador de gaveras	Y8	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Y9A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.

Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Y9B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Y9C	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Y9D	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Y10A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Y10B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Y10C	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Y10D	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura1 acercándola a la gavera	Y11A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2 acercándola a la gavera	Y11B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3 acercándola a la gavera	Y11C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4 acercándola a la gavera	Y11D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 1 alejándola de la	Y12A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 1

gavera		
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2 alejándola de la gavera	Y12B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3 alejándola de la gavera	Y12C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4 alejándola de la gavera	Y12D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 1 acercándola de la gavera	Y13A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 2 acercándola de la gavera	Y13B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 3 acercándola de la gavera	Y13C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 4 acercándola de la gavera	Y13D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera	Y14A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera	Y14B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 2
	Y14C	Conmuta la válvula que gobierna el

Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera		movimiento de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera	Y14D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 1	Y15A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 2	Y15B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 3	Y15C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 4	Y15D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta del sistema de pintura 1	Y16A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta del sistema de pintura 2	Y16B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta de del sistema de pintura 3	Y16C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta del sistema de pintura 4	Y16D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 4

Indicador luminoso de la activación de la fuente 1	M1	Indica el estado de la fuente 1 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Indicador luminoso de la activación de la fuente 2	M2	Indica el estado de la fuente 2 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Indicador luminoso de la activación de la fuente 3	M3	Indica el estado de la fuente 3 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Indicador luminoso de la activación de la fuente 4	M4	Indica el estado de la fuente 4 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Lámpara indicadora de la presencia de una parada de emergencia	EL1	Indica la presencia de una parada de emergencia en la máquina
Indicador luminoso para la presencia de una parada de emergencia	Es2	Indica la presencia de una parada de emergencia en la máquina

Para la selección del controlador lógico programable se desea cumplir con el stock de materiales que posee el almacén de la empresa, ya que existen modelos de controladores que pueden satisfacer las condiciones de la máquina de impresión SCHOELLER.

El controlador que se posee en el almacén es un SIEMENS modelo **SIMATIC S7300 de la serie 300** el cual entre sus características más importantes se encuentran:

- Posee una CPU modelo **SIMATIC S7300 314 de 48 KBYTE** cuya velocidad es 100 veces mayor a los convencionales (la más potente de sus 5 CPU no necesita más de 0,3 ms para ejecutar 1024 instrucciones binarias y no mucho más al procesar palabras).

- Una Memoria de programa de 16K instrucciones de capacidad máxima

- 1024 entradas / salidas digitales máximas con 32 módulos dentro de un solo sistema (para tareas especiales se ofrecen módulos específicos),

- Alta potencia de cálculo con hasta aritmética de 32 bits en coma flotante e interfaces multipunto o puerto MPI.

- El tamaño de la CPU (independientemente del modelo) es de 80cm. de largo, 12,5 cm. de alto y 13 cm. de profundidad. En cuanto a los módulos, sus medidas son 40cm x 12,5cm x 13cm, respectivamente.

Adicionalmente el S7-300 requiere una alimentación de 24 VDC. Por ésta razón, los módulos (fuentes) de alimentación de carga transforman la tensión de alimentación de 115 / 230 VAC en una tensión de 24 VDC. Los módulos de alimentación se montan a la izquierda junto a la CPU.

En particular el S7-300 de Siemens viene dotado con 3 interfaces para trabajar en equipo o red, ellos son:

- El M.P.I. (Interface Multi Punto)
- El P.P.I. (Interface Punto por Punto)
- El Profibus-DP

4.6.7. PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE.

En la figura 4.86 se muestran el diagrama de conexiones eléctricas del control lógico programable y desde la figura 4.87 hasta la figura 4.96 se muestran la programación en diagrama de escalera del proceso de impresión de las gaveras. El direccionamiento de las entradas y salidas, así como los elementos que conforman el sistema de control lógico se muestran en la tabla 4.26.

Los diagramas de escalera del proceso se dividen por la manera en que esté operando la máquina; es decir, se muestran los diagramas por separados de los distintos modos de operación, ya sea modo automático, modo cent, modo step o modo test. Es importante destacar que para la programación del autómata no es necesario realizar esta división; es decir, se puede colocar los diferentes modos de operación en un único diagrama, sin embargo se realizan por separado para la mejor comprensión.

Diagrama de escalera modo automático (1/3).

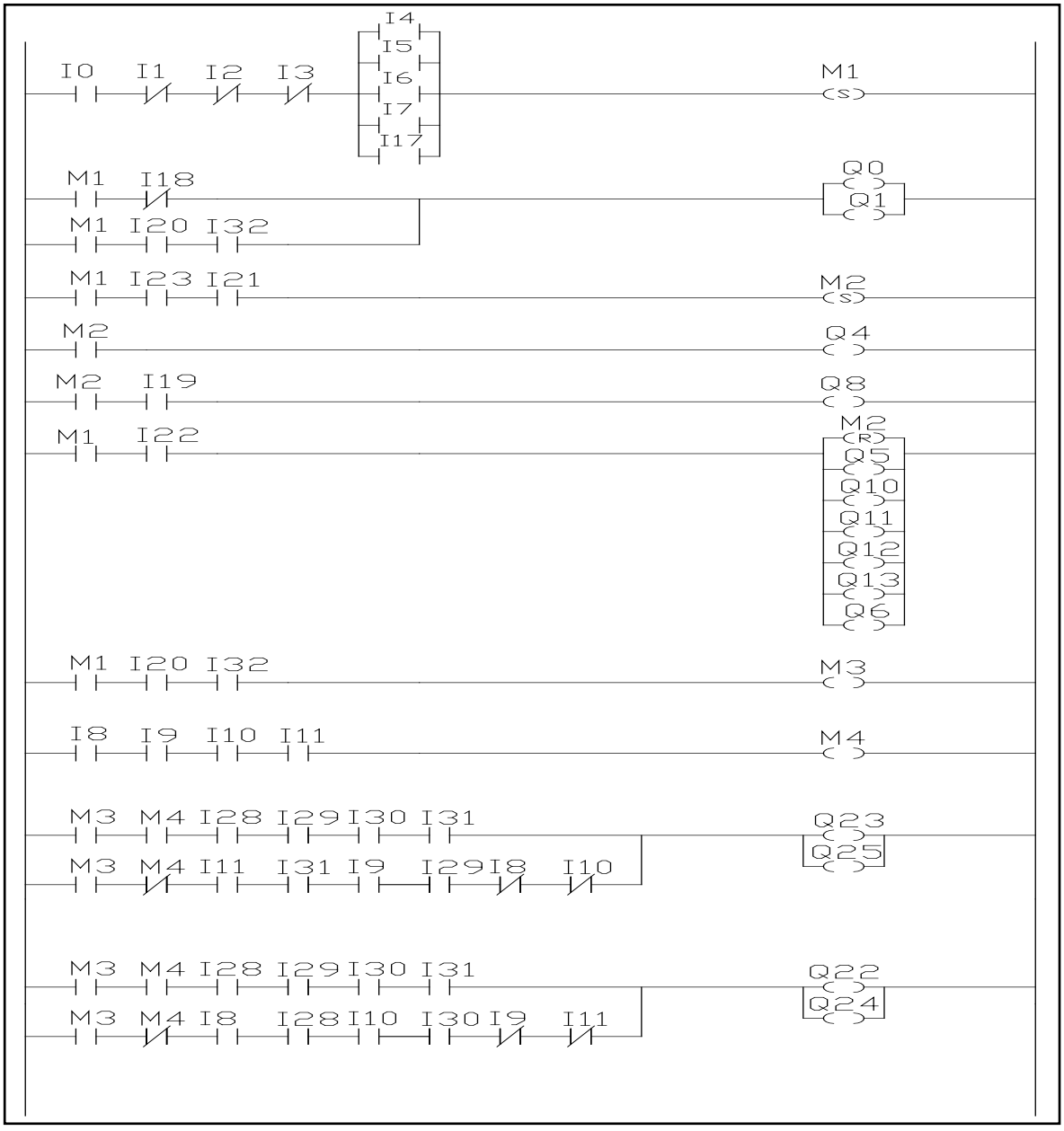


Figura 4.86. Diagrama de escalera modo automático (1/3).

Diagrama de escalera modo automático (2/3).

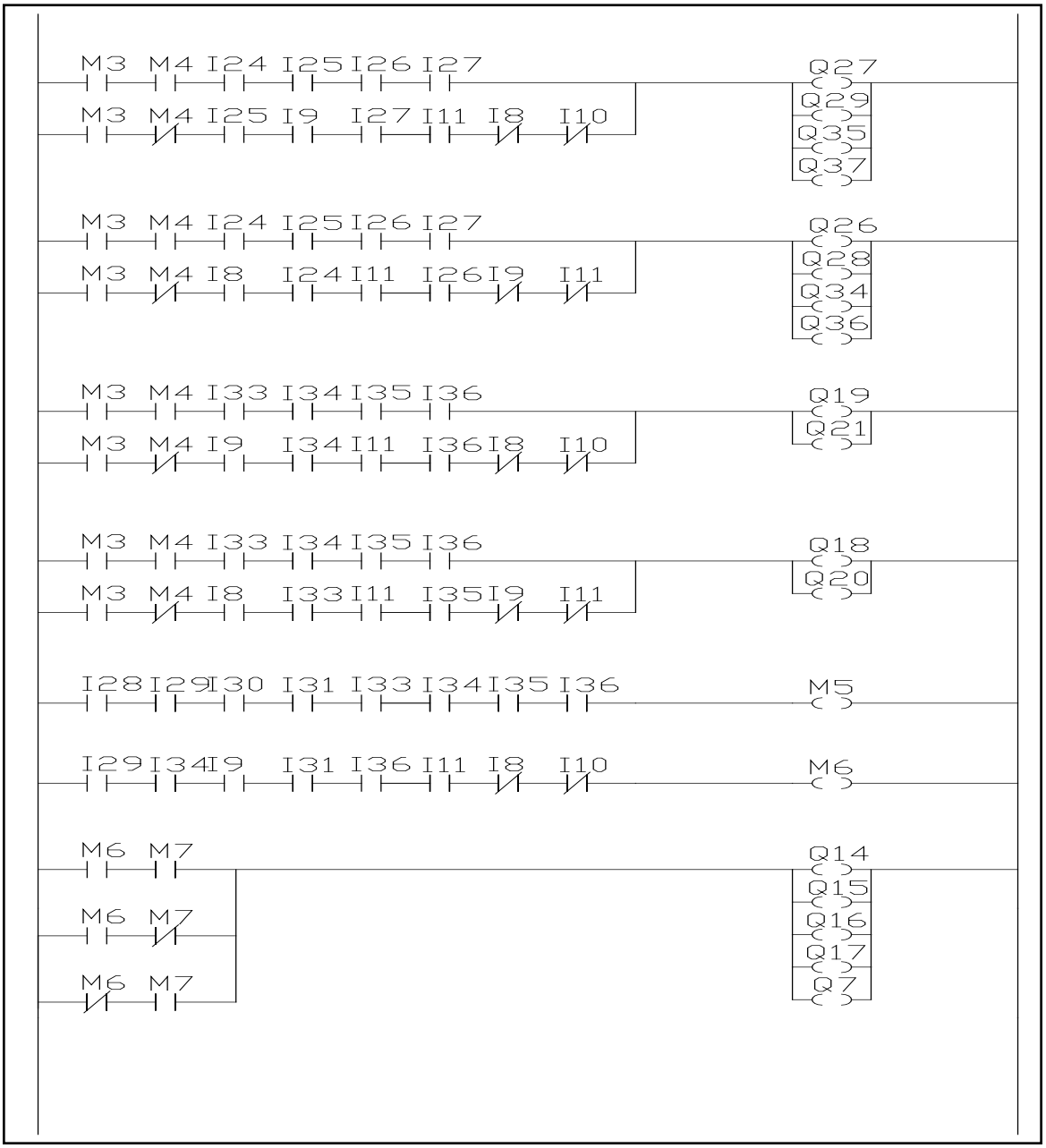


Figura 4.87. Diagrama de escalera modo automático (2/3).

Diagrama de escalera modo automático (3/3).

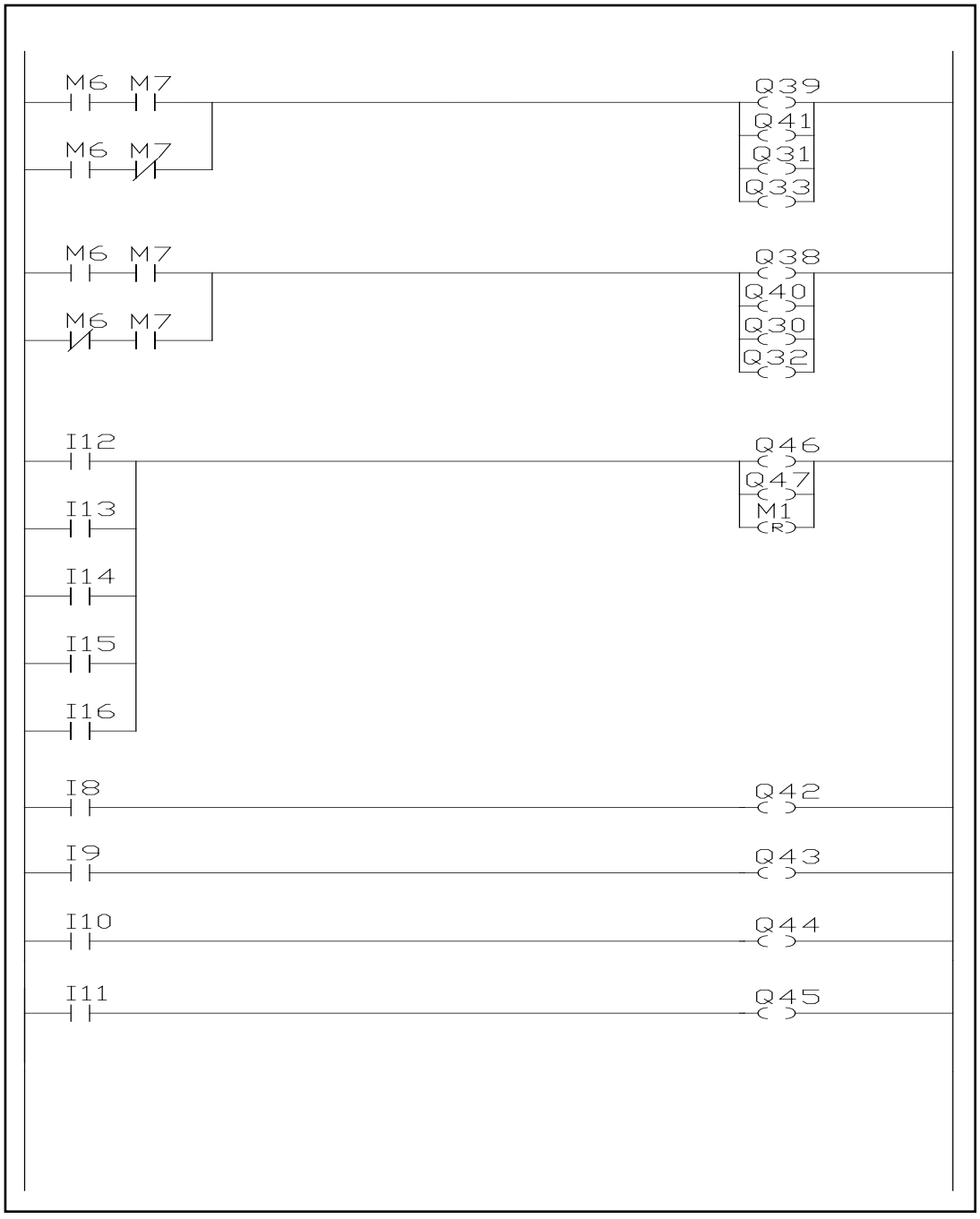


Figura 4.88. Diagrama de escalera modo automático (3/3).

Diagrama de escalera modo Cent (1/1)

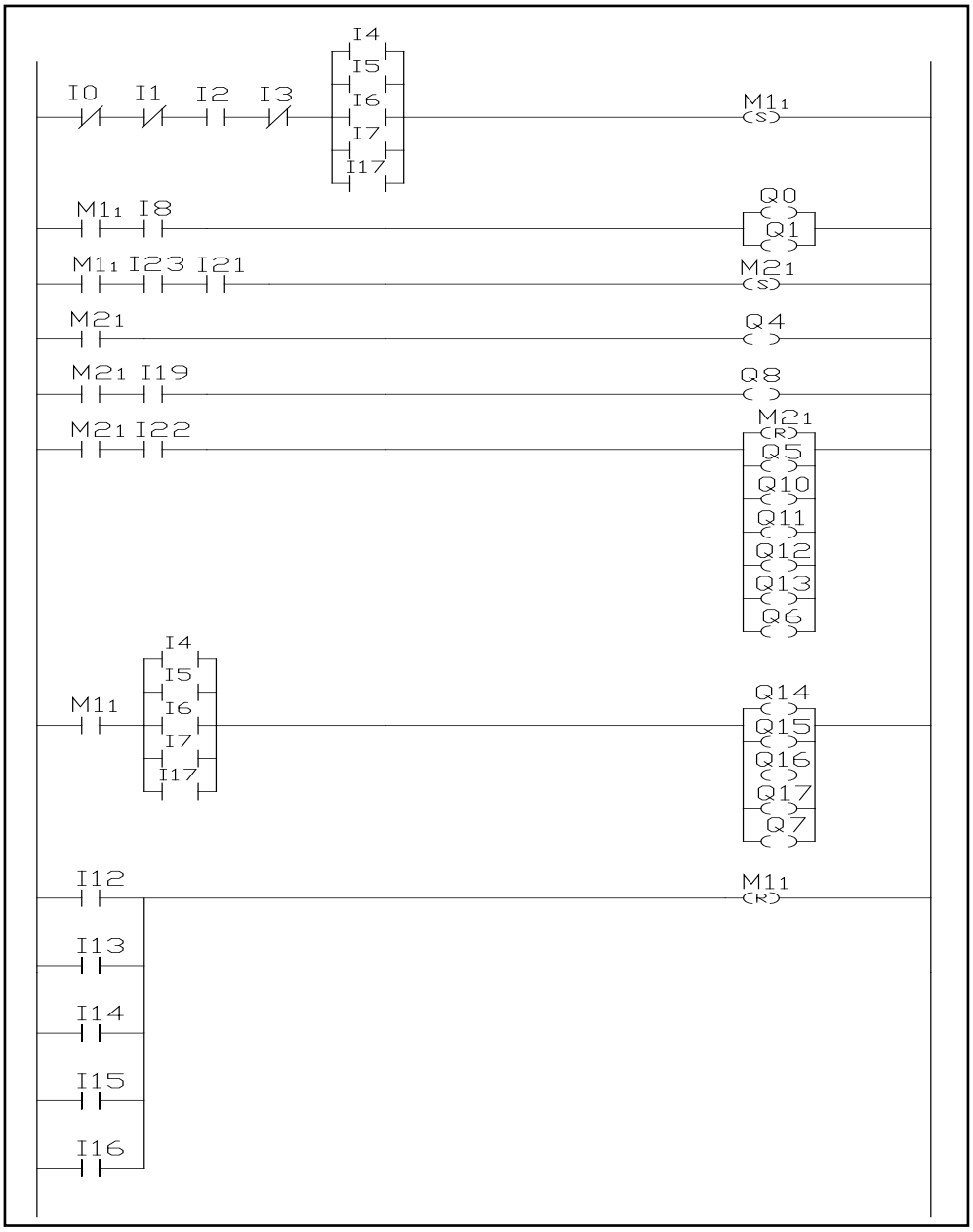


Figura 4.89. Diagrama de escalera modo Cent (1/1)

Diagrama de escalera modo Test (1 / 4)

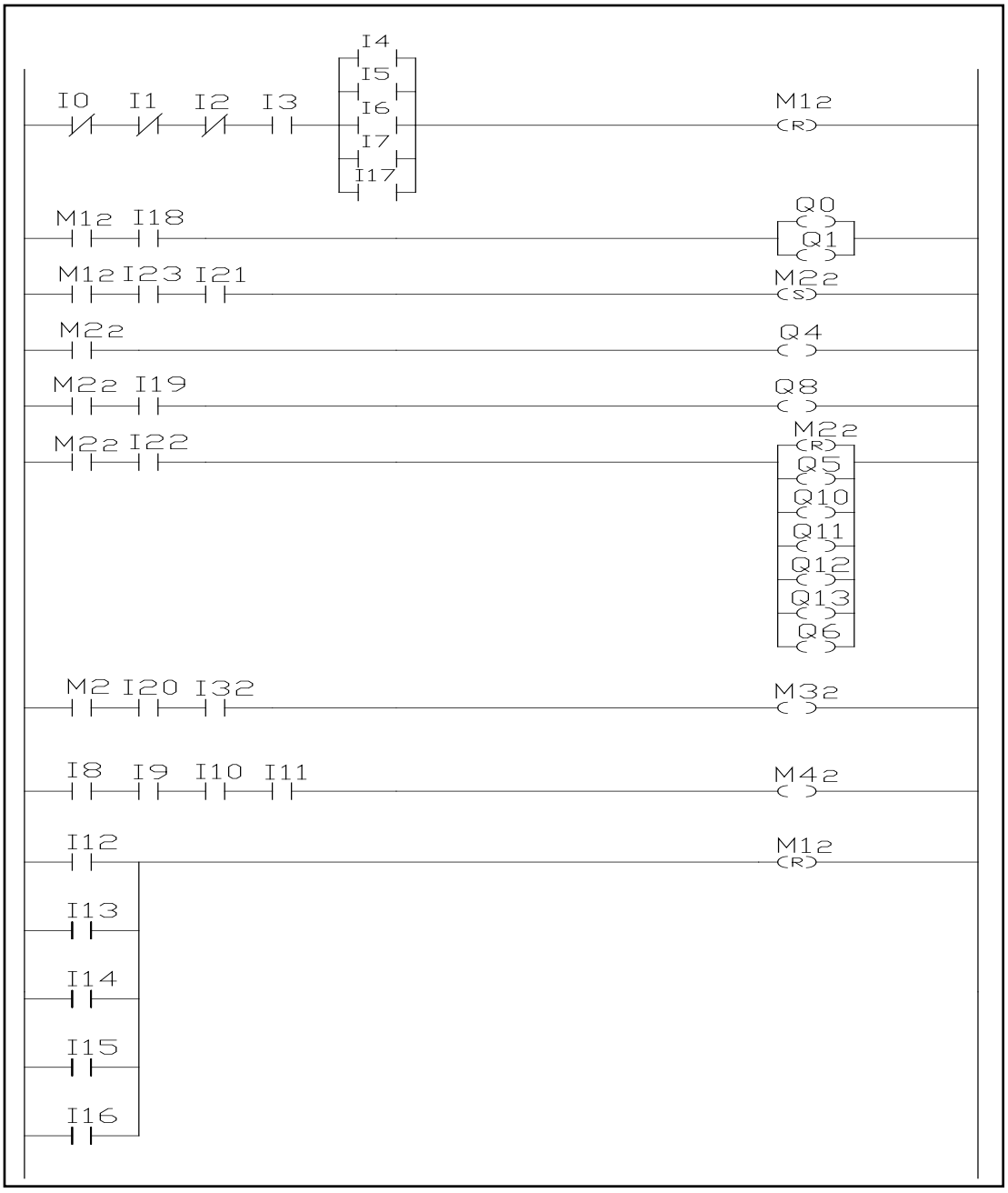


Figura 4.90. Diagrama de escalera modo test (1/4)

Diagrama de escalera modo Test (2 /4)

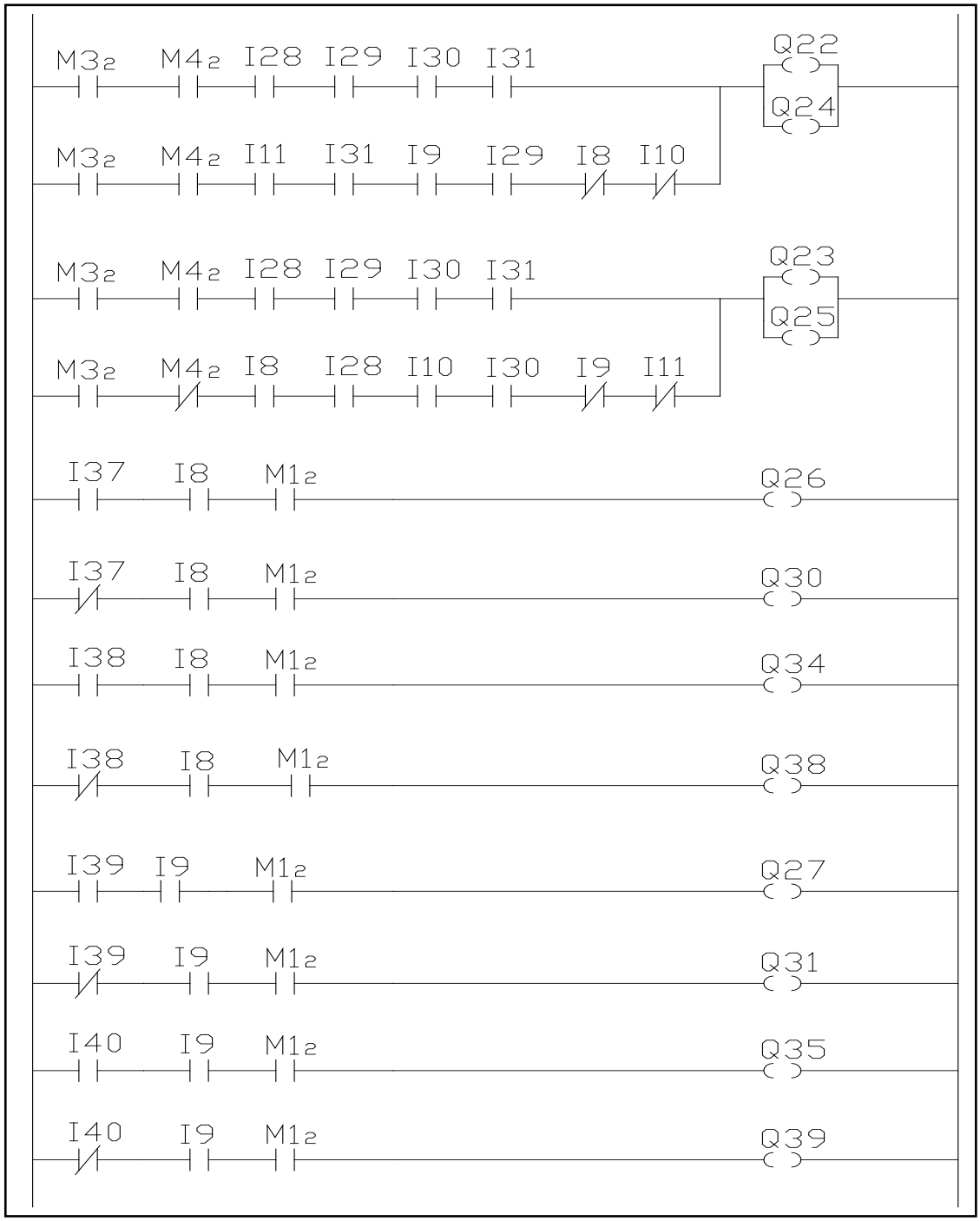


Figura 4.91. Diagrama de escalera modo test (2/4)

Diagrama de escalera modo Test (3 / 4)

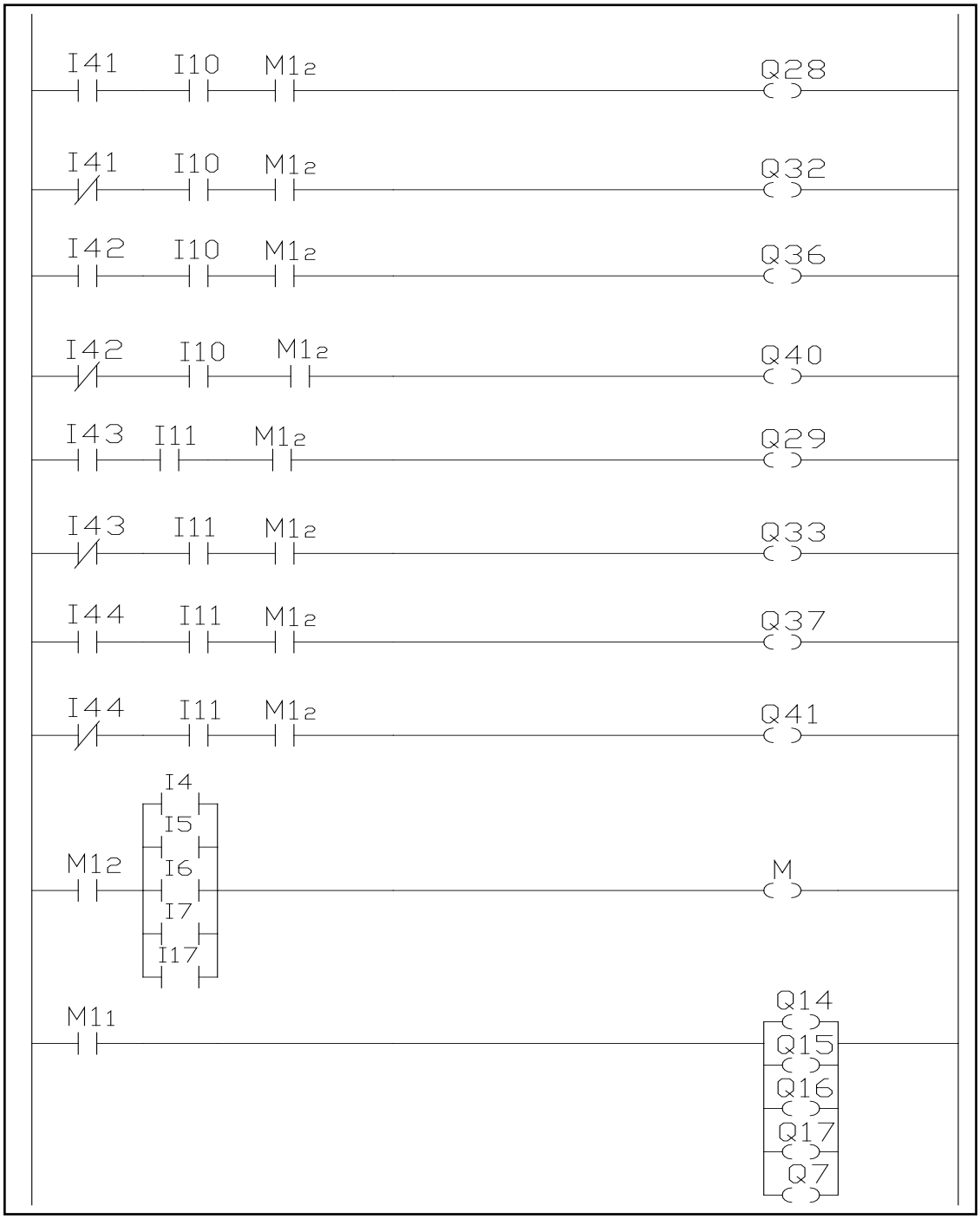


Figura 4.92. Diagrama de escalera modo test (3/4)

Diagrama de escalera modo Test (4 / 4)

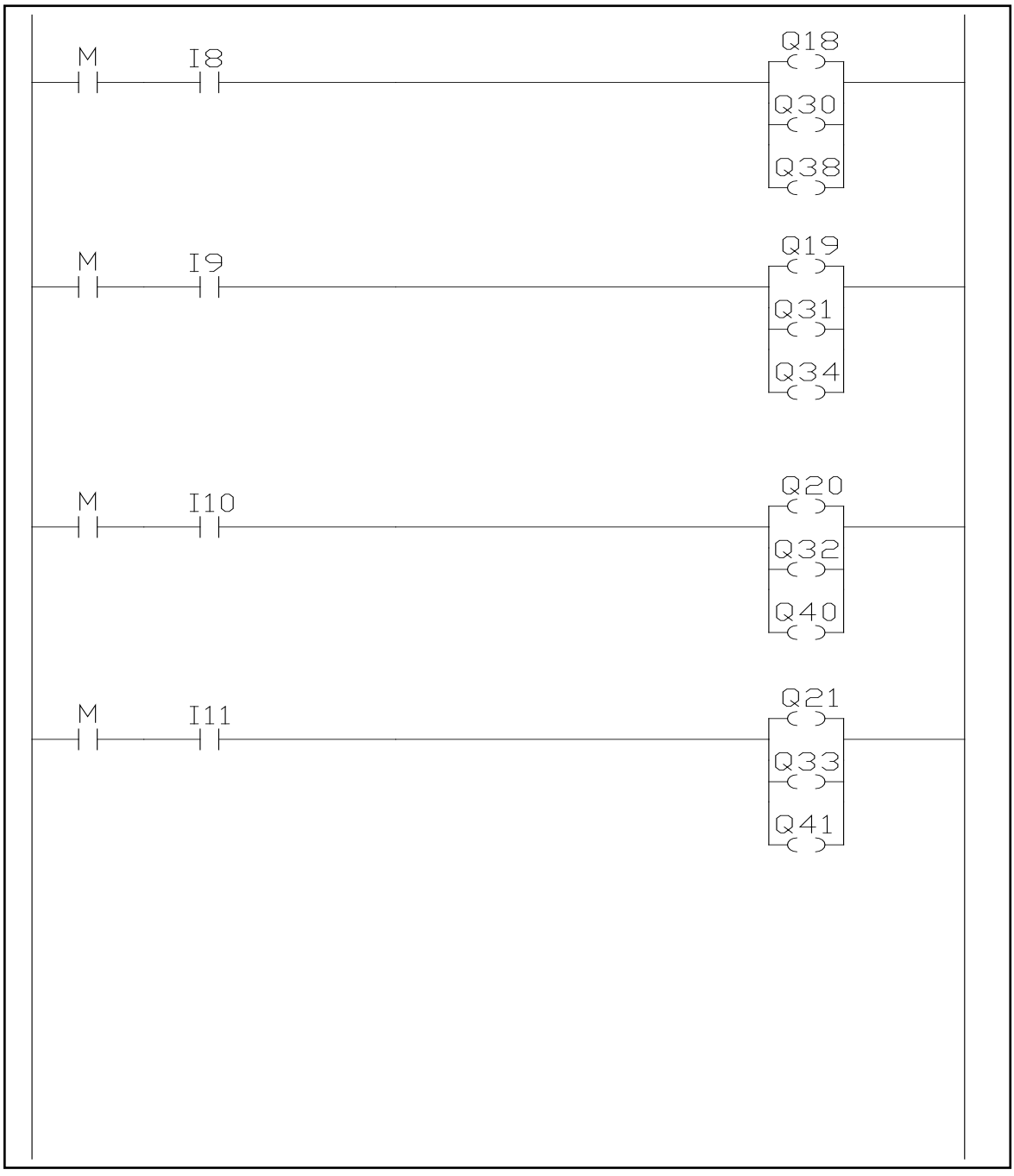


Figura 4.93. Diagrama de escalera modo test (4/4)

Diagrama de escalera modo Step (1/3)

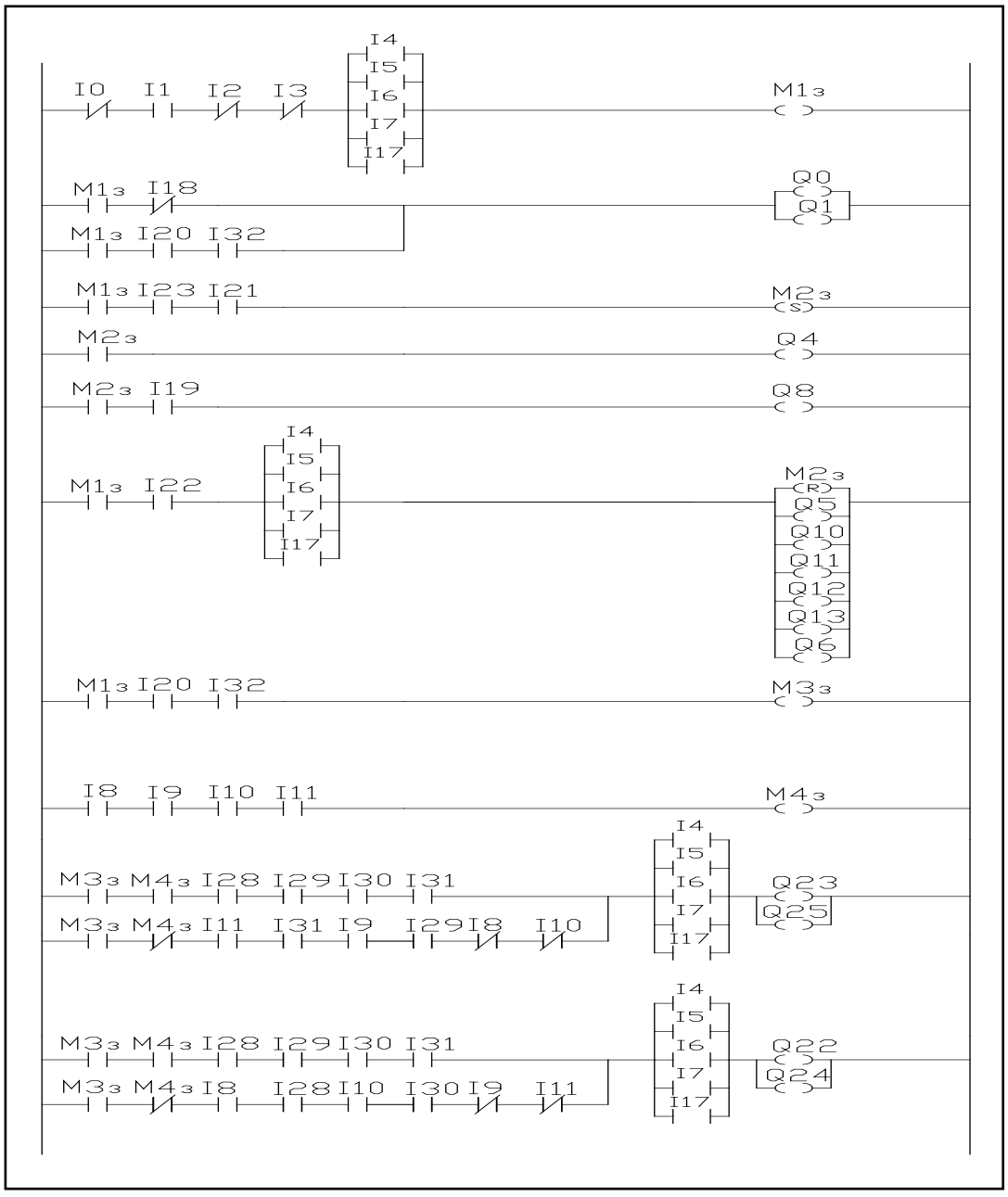


Figura 4.94. Diagrama de escalera modo Step (1/3)

Diagrama de escalera modo Step (2/3)

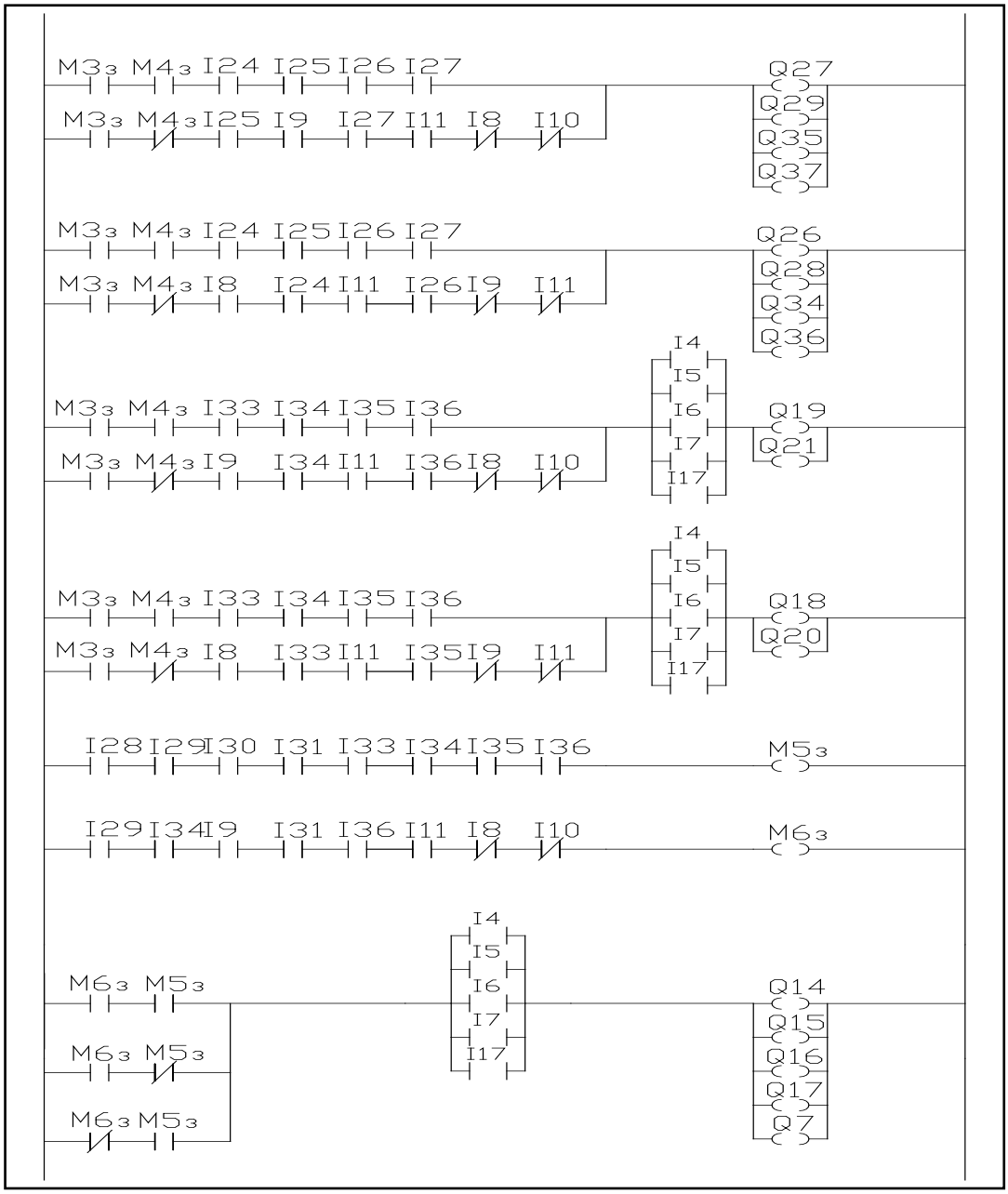


Figura 4.95. Diagrama de escalera modo Step (2/3)

Diagrama de escalera modo Step (3/3)

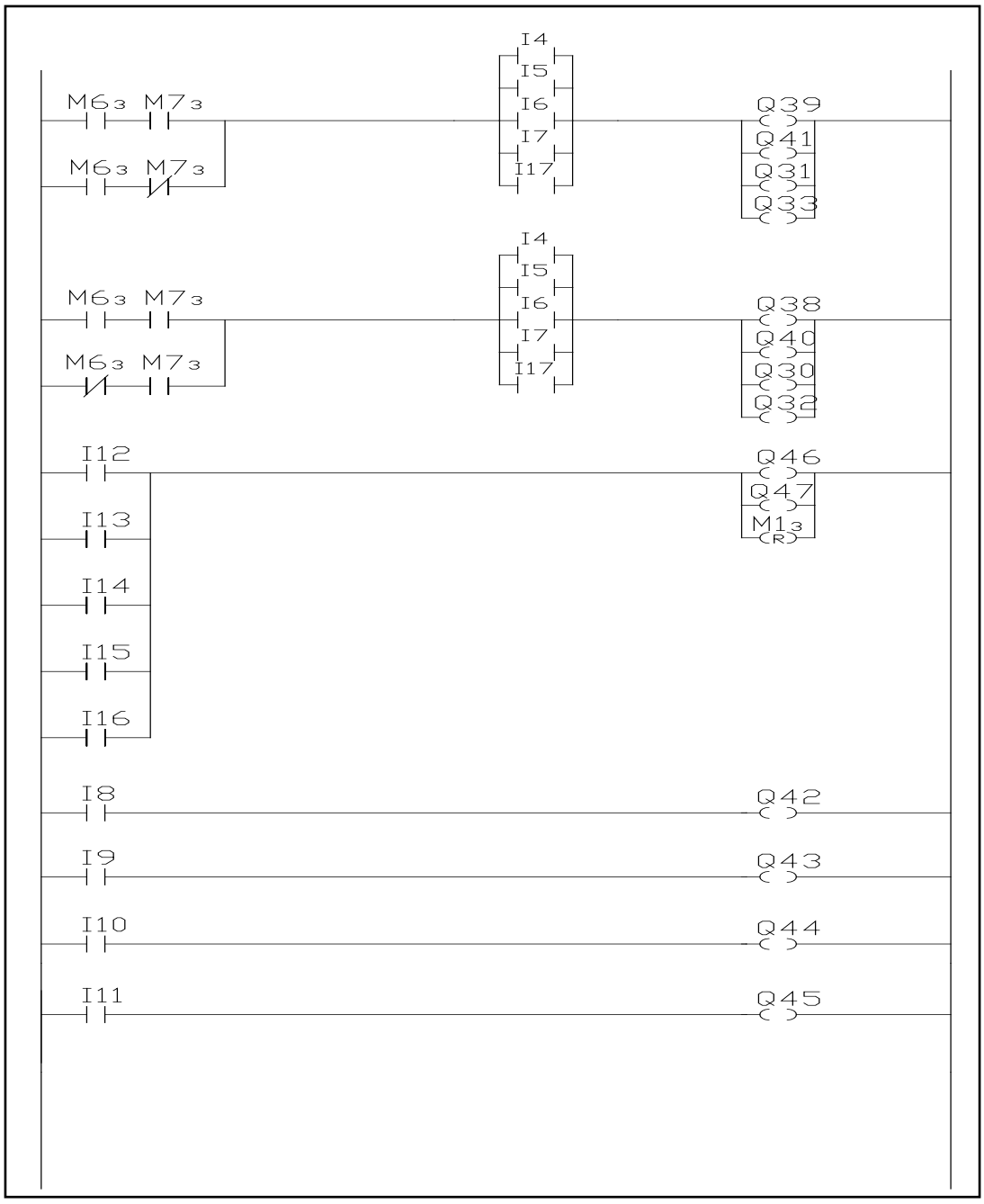


Figura 4.96. Diagrama de escalera modo Step (3/3)

Tabla 4.26. Direccionamiento de entradas y salidas.

Elemento	Dirección	Símbolo	Función
Pulsador de arranque modo Automático	I0	SA	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Automático
Pulsador de arranque modo Step	I1	SS	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Step
Pulsador de arranque modo Cent	I2	SPP	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Paso a Paso
Pulsador de arranque modo Test	I3	ST	Introducir la señal de arranque del sistema en Modo Test
Botón pulsador Pulse, para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 1	I4	P1	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 1
Botón pulsador Pulse, para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 2	I5	P2	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 2
Botón pulsador Pulse, para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 3	I6	P3	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 3
Botón pulsador Pulse, para ser utilizado en los cuatro modos de la máquina del sistema de pintura 4	I7	P4	Introducir las señales en el modo automático, cent, step y test del sistema de pintura 4
Selector del sistema de pintura 1	I8	F1	Activar o desactivar el sistema de pintura 1
Selector del sistema de pintura 2	I9	F2	Activar o desactivar el sistema de pintura 2
Selector del sistema de pintura 3	I10	F3	Activar o desactivar el sistema de pintura 3
Selector del sistema de pintura 4	I11	F4	Activar o desactivar el sistema de pintura 4

Pulsador parada de emergencia principal.	I12	PEp	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el tablero principal.
Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 1	I13	PE1	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 1.
Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 2	I14	PE2	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 2
Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 3	I15	PE3	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 3.
Pulsador de parada de emergencia de la máquina del sistema de pintura 4	I16	PE4	Detener la máquina en caso de presentarse una emergencia en el proceso, ubicado en el sistema de pintura 4.
Botón pulsador Pulse principal, para ser utilizado en los cuatro modos.	I17	Ppp	Introducir las señales en los modos automático, step, cent y test.
Sensor Capacitivo de compuerta	I18	SP	Introducir la señal para cerrar la compuerta que permite el acceso de las gaveras a la máquina
Sensor magnético inicio de carrera	I19	S1	Introducir la señal que indica la posición inicial del actuador del elevador: Altura mínima
Sensor magnético final de carrera	I20	S2	Introducir la señal que indica la posición final del actuador del elevador: Altura máxima
Sensor magnético inicio de carrera	I21	S3	Introducir la señal que indica la posición inicial del actuador del carro posicionador de gaveras
Sensor magnético final de carrera	I22	S4	Introducir la señal que indica la posición finales del actuador del carro posicionador de gaveras

Sensor Capacitivo de las mordazas	I23	SM	Introduce la señal para cerrar las mordazas de sujeción del carro posicionador de gaveras
Sensor magnético final de carrera	I24	S5A	Introduce la señal que indica la posición final del actuador del sistema de pintura 1
Sensor magnético final de carrera	I25	S5B	Introduce la señal que indica la posición final del actuador del sistema de pintura 2
Sensor magnético final de carrera	I26	S5C	Introduce la señal que indica la posición final del actuador del sistema de pintura 3
Sensor magnético final de carrera	I27	S5D	Introduce la señal que indica la posición final del actuador del sistema de pintura 4
Sensor magnético inicio de carrera	I28	S6A	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 1
Sensor magnético inicio de carrera	I29	S6B	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 2
Sensor magnético inicio de carrera	I30	S6C	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 3
Sensor magnético inicio de carrera	I31	S6D	Introduce la señal que indica la posición inicial del actuador del sistema de pintura 4
Sensor capacitivo de detección de gaveras	I32	SG	Introducir la señal que indica la presencia de la gavera en la torre de impresión
Sensor inductivo final de carrera	I33	S7A	Introducir la señal que indica la posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 1
Sensor inductivo final de carrera	I34	S7B	Introducir la señal que indica la posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 2
Sensor inductivo final de carrera	I35	S7C	Introducir la señal que indica posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 3
Sensor inductivo final de carrera	I36	S7D	Introducir la señal que indica la posición final del recorrido de la racleta del sistema de pintura 4

Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 1	I37	RA1	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 1	I38	RE2	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 2	I39	RA2	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 2	I40	RE4	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 3	I41	RA3	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 3	I42	RE3	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 4	I43	RA4	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.
Pulsador para comprobar el funcionamiento del recorrido de la racleta en el modo cent del sistema de pintura 4	I44	RE4	Introducir la señal requerida en el modo cent, para activar el movimiento de recorrido de la racleta para verificar el centrado del arte a imprimir.

Bobina de válvula que gobierna el cierre de la compuerta C1	Q0	Y1A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C1
Bobina de válvula que gobierna el cierre de la compuerta C2	Q1	Y1B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C2
Bobina de válvula que gobierna la apertura de la compuerta C1	Q2	Y2A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C1
Bobina de válvula que gobierna la apertura de la compuerta C2	Q3	Y2B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de la compuerta de acceso a la gavera C2
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las mordazas	Q4	Y3	Conmuta la válvula que gobierna el Apertura/Cierre de las mordazas del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las mordazas	Q5	Y4	Conmuta la válvula que gobierna el Apertura/Cierre de las mordazas del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna el ascenso del sistema elevador de gaveras	Q6	Y5	Conmuta la válvula que gobierna el Ascenso/Descenso del sistema elevador en la torre de impresión
Bobina de válvula que gobierna el descenso del sistema elevador de gaveras	Q7	Y6	Conmuta la válvula que gobierna el Ascenso/Descenso del sistema elevador en la torre de impresión
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador de gaveras	Q8	Y7	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador de gaveras	Q9	Y8	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del carro posicionador
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Q10	Y9A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.

Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Q11	Y9B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Q12	Y9C	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna la apertura de las guías de centrado.	Q13	Y9D	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Q14	Y10A	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Q15	Y10B	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Q16	Y10C	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el cierre de las guías de centrado.	Q17	Y10D	Conmuta la válvula que gobierna la Apertura/Cierre de las guías de centrado.
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura1 acercándola a la gavera	Q18	Y11A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2 acercándola a la gavera	Q19	Y11B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3 acercándola a la gavera	Q20	Y11C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4 acercándola a la gavera	Q21	Y11D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 1 alejándola de la gavera	Q22	Y12A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 1

Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2 alejándola de la gavera	Q23	Y12B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3 alejándola de la gavera	Q24	Y12C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4 alejándola de la gavera	Q25	Y12D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 1 acercándola de la gavera	Q26	Y13A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 2 acercándola de la gavera	Q27	Y13B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 3 acercándola de la gavera	Q28	Y13C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 4 acercándola de la gavera	Q29	Y13D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera	Q30	Y14A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera	Q31	Y14B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 2

Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera	Q32	Y14C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la racleta alejándola de la gavera	Q33	Y14D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento de la racleta del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 1	Q34	Y15A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 2	Q35	Y15B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 2
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 3	Q36	Y15C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (izq.-der.) de la racleta del sistema de pintura 4	Q37	Y15D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 4
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta del sistema de pintura 1	Q38	Y16A	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 1
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta del sistema de pintura 2	Q39	Y16B	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 2

Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta de del sistema de pintura 3	Q40	Y16C	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 3
Bobina de válvula que gobierna el movimiento de la carrera (der.-izq.) de la racleta del sistema de pintura 4	Q41	Y16D	Conmuta la válvula que gobierna el movimiento del recorrido de la racleta del sistema de pintura 4
Indicador luminoso para la activación de la fuente 1	Q42	M1	Indica el estado de la fuente 1 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Indicador luminoso para la activación de la fuente 2	Q43	M2	Indica el estado de la fuente 2 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Indicador luminoso para la activación de la fuente 3	Q44	M3	Indica el estado de la fuente 3 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Indicador luminoso para la activación de la fuente 4	Q45	M4	Indica el estado de la fuente 4 ya sea que la misma se encuentre activada; es decir, funcionando o desactivada durante el proceso
Indicador luminoso para la presencia de una parada de emergencia	Q46	EL1	Indica la presencia de una parada de emergencia en la máquina
Indicador luminoso para la presencia de una parada de emergencia	Q47	Es2	Indica la presencia de una parada de emergencia en la máquina

4.7. ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS MEJORAS Y PROPUESTAS ANTES MENCIONADAS.

El análisis de la rentabilidad económica del proyecto a desarrollar se realiza con el objetivo principal de obtener el comportamiento de los gastos y de los ingresos a través del tiempo.

La rentabilidad del proyecto permite conocer el comportamiento de los flujos monetarios y el resultado global de la operación o implementación de un proyecto desde el punto de vista económico.

Para determinar la rentabilidad así como la factibilidad de la aplicación del proyecto se utiliza el modelo del valor actual, ya que es uno de los modelos más confiables para conocer la factibilidad económica.

El valor actual expresa la rentabilidad del proyecto de inversión en forma de una cantidad de dinero en el presente (t = 0), se calcula a través de la siguiente expresión.

$$VA = \sum_{i=0}^{n} Ft \cdot (1+i)^{-n}$$

Donde:

Ft: flujos monetarios netos al año

t: tiempo en años

n: tiempo de pago en años

i: tasa mínima de rendimiento.

La empresa cuenta con dos alternativas, las cuales son, seguir trabajando con las máquinas actuales o implementar el proyecto y realizar los cambios propuestos, para conocer cual de las dos alternativas representa mayor ventaja para la empresa es necesario aplicar el modelo de valor actual a ambas y seleccionar aquella que sea más rentable.

Para el cálculo de la rentabilidad del sistema actual se toman en cuenta los flujos de manera mensual para así inferir la tendencia que puedan tener los costos mensualmente.

Para el estudio se asume un periodo de cinco (5) meses para evaluar la rentabilidad y se utiliza una tasa interna de rendimiento del 15 %, adicionalmente se toma en cuenta que en ambas alternativas se generan solo costos, por ende la alternativa mas rentable es la que tenga el menor valor actual.

Alternativa 1. Aplicación del proyecto rediseño de las máquinas de impresión SCHOELLER.

La inversión inicial depende de los costos de fabricación de las piezas planteadas en el proyecto para el rediseño de la máquina, así como los elementos involucrados en la aplicación del sistema de control automatizado; es decir, actuadores, sensores, válvulas, pulsadores, selectores, señales lumínicas y sonoras, el software y el hardware del PLC, es importante destacar que los elementos necesarios para la fijación en la máquina del sistema de control (actuadores, sensores válvulas, entre otros) no se toman en cuenta ya que los posee. La figura 4.89. muestra la escala de tiempo de la alternativa 1.

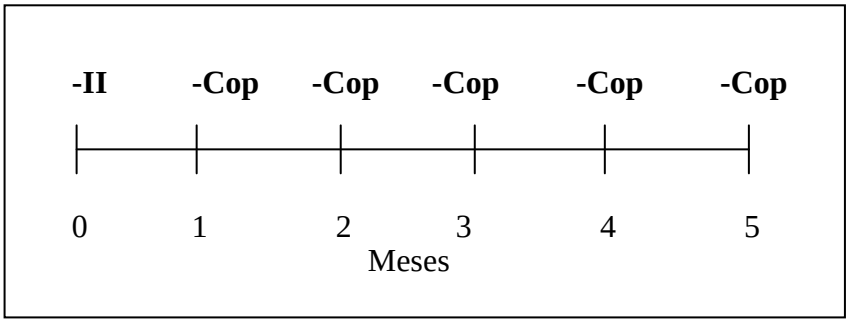


Figura 4.97. Escala de tiempo alternativa 1

La tabla 4.27 muestra los diferentes elementos que conforman la inversión inicial.

Tabla 4.27. Elementos que conforman la inversión inicial.

Descripción	Cantidad	Precio unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Barras o pines cilíndricos	2	3.854,27	7.708,54
Placa de soporte de los pines	2	3.854,27	7.708,54
Bases de apoyo de los pines	2	108.865,90	217.737,8
Tornillos de fijación de las bases de apoyo al sistema de pintura	4	1.000,00	4.000,00
Cuerpo de las guías de centrado	4	1.321.561,31	5.286.245,24
Tijeras	2	108.865,90	217.731,8
Pívot	4	159.352,05	637.408,2
Tapa inferior de las guías de centrado	4	390.733,20	1.562.932,8
Eje transmisor del movimiento del actuador	4	48.428,06	193.712,24
“Z” transmisora del movimiento del actuador.	4	2.213,21	8.852,84

Eje transmisor del movimiento hacia el pívot	4	5.961,04	23.844,16
Ejes de las guías de centrado	8	76.206,13	609.649,04
Tornillo de potencia del sistema de centrado	2	250.000,00	500.000,00
Tornillo de potencia del sistema porta malla	2	200.000,00	400.000,00
Parales de fijación del porta malla	2	1.144.177,32	2.288.354,64
Riel de sujeción de los marcos de las mallas	2	525.275,25	1.050.550,5
Sensor inductivo FESTO SIEN-M8B-PS-K-L	4	196.350,00	785.400,00
Sensor capacitivo 875L-D30EE40- T3 de la marca ALLEN-BRADLEY	1	195.000,00	195.000,00
Sensor capacitivo 875CP-DM30NP34-A2 de la marca ALLEN-BRADLEY	1	180.000,00	180.000,00
Sensor magnético SMT-8M-PS-24V-K-2,5-OE FESTO	12	120.000,00	1.440.000,00
Actuador DSNU-32- 14-P-A DOBLE EFECTO de la marca FESTO	4	488.690,00	1.954.760,00
Actuador DGP-32-500-PPV-A-B DOBLE EFECTO de la marca FESTO	4	700.000,00	2.800.000,00

Actuador DNC-32-80-PPV-A DOBLE EFECTO de la marca FESTO	4	507.960,00	2.031.840,00
Actuador DNC-32-500-PPV-A DOBLE EFECTO	2	650.070,00	1.300.140,00
Actuador ADVC-32-10-A-P DOBLE EFECTO de la marca FESTO	1	250.000,00	250.000,00
Actuador ADVC-25-10-A-P DOBLE EFECTO de la marca FESTO	4	255.000,00	1.020.000,00
Actuador DSNU-32-80-P-A DOBLE EFECTO de la marca FESTO	2	507.960,00	1.015.920,00
Válvula de accionamiento eléctrico FESTO modelo CPE10-M1BH-5JS-M7	21	674.220,00	14.158.620,00
Botón parada de emergencia RPV/K 01 de la marca Klockner-Moeller	5	30.000,00	150.000,00
Botón pulsador IP 65/01T RD-01 de la marca Klockner-Moeller.	5	20.000,00	100.000,00
Selector IP 65/ RLW K1 R-WS marca Klockner-Moeller	4	75.000,00	300.000,00
Selector IP 65/ RW K1 R marca Klockner-Moeller	4	30.000,00	120.000,00

Sonos Xenon Beacon (5J) de la marca KLAXON	1	235.000,00	235.000,00
Equipo de control lógico programable SIMATIC S7-300 CP 343 TCP	1	12.841.000,00	12.841.000,00
Soldadura tipo TIG	-	90.813,00	90.813,00
		SUB-TOTAL Bs.	**54.038.929,34**
		I.V.A. 9%	**4.863.503,641**
		TOTAL GENERAL Bs.	**58.902.432,98**

Los costos operacionales se estiman de acuerdo a:

- Costo de insumos para cada proceso de impresión de gavera (mangueras y pintura nueva), diariamente se estima el costo en 400.000,00 Bs. / día, lo que al mes genera un costo de 12.000.000 Bs. / mes.
- Costo por mantenimiento de la máquina, el cual se estima en 1.000.000 Bs. / mes.
- Costo de la mano de obra para realizar el mantenimiento se estima en 1.200.000 Bs. / mes.
- Sueldo del operario de la máquina (2 operarios) 900.000 Bs. / mes cada operador.

Para realizar el mantenimiento de la máquina se realiza una parada programada de 8 horas una vez al mes. Debido a que la máquina produce 17 gaveras por minuto, las perdidas por producción debido al mantenimiento son de 25.500.000 Bs. / mes.

El interés anual se estima en 15%, aplicando la ecuación para determinar el interés mensual:

$$\text{Im}(\%) = \left((i+1)^{1/12} - 1\right) \cdot 100$$

Sustituyendo valores en la ecuación se tiene:

$$\text{Im}\ (\%) = 1{,}17\ \%$$

Utilizando la ecuación 4.48., se calcula el valor actual:

Asumiendo un aumento del 2,5 % mensual en los costos, debido al posible aumento de la materia prima necesaria para realizar el proceso de impresión.

VA_1 = -97.002.432,00 – 99.427.492,8 $(1 + 0{,}0117)^{-1}$ – 101.913.180,1 $(1 + 0{,}0117)^{-2}$ - 104.461.009,6 $(1 + 0{,}0117)^{-3}$ - 107.072.534,8 $(1 + 0{,}0117)^{-4}$ - 109.749.348,2 $(1 + 0{,}0117)^{-}$ = 601.481.384,1 Bs.

$$VA_1 = -601.481.384{,}1 \text{ Bs.}$$

Alternativa 2: No aplicar el proyecto, seguir operando con la máquina actual.

Para el caso que no se aplique el proyecto, se debe realizar los procesos de puesta a punto de la máquina, los cambios de elementos que se dañen por derrames de pintura, se dejan de producir 5 gaveras ya que las máquinas actuales solo tienen capacidad de producir 11 gaveras por minuto a diferencia de las máquinas SCHOELLER 3 y 4 las cuales producen 17 gaveras debido en gran parte al sistema de control basado en lógica programada , perdidas de tiempo invertidos en cambios de elementos necesarios para la impresión de la gavera.

El proceso de puesta a punto actual necesita aproximadamente una (1) hora diaria antes de arrancar la máquina, lo que se traduce en bajas en la producción y perdidas estimadas en 59.400.000 Bs. / mes.

Para realizar el cambio de los elementos cuando se varia el arte a imprimir se requieren veinte (20) minutos diarios, lo cual se traduce en 19.800.000 Bs. / mes.

Para estimar los costos debido a posibles derrames de pintura se asume un valor mensual de 1.500.000 Bs. / mes.

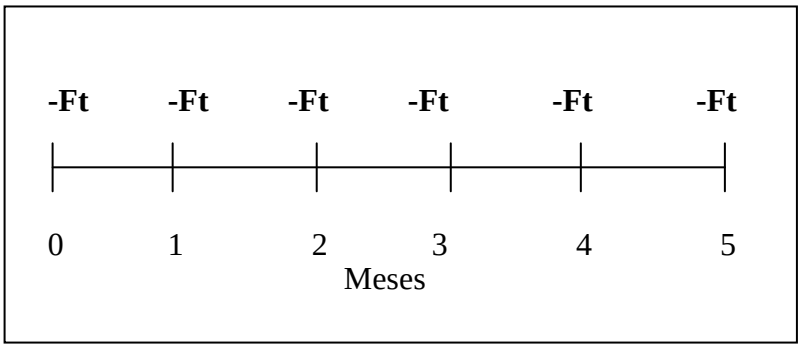


Figura 4.98. Escala de tiempo alternativa 2

Asumiendo un aumento del 2,5 % mensual en los costos, debido al posible aumento de la materia prima necesaria para realizar el proceso de impresión.

El interés anual es de 15 %, por lo tanto por cálculos anteriores se tiene que el interés mensual es de 1,17 %, utilizando la ecuación 4.48. para el cálculo del valor actual se tiene:

$$VA_2 = -80.700.000 - 82.717.500\ (1 + 0{,}0117)^{-1} - 84.785.437{,}5\ (1 + 0{,}0117)^{-2} - 86.481.146{,}25\ (1 + 0{,}0117)^{-3} - 88.643.174{,}91\ (1 + 0{,}0117)^{-4} - 90.859.254{,}28\ (1 + 0{,}0117)^{-5}$$

VA_2 = -499.150.779,3 Bs.

Como se observa el $VA_1 < VA_2$, por lo tanto la inversión requerida para realizar el rediseño de las máquinas de impresión es factible, ya que dicho valor actual es indicativo de que la inversión necesaria para implementar el proyecto se recupera en menos del tiempo seleccionado para el estudio de la rentabilidad económica (cinco meses).

En conclusión la aplicación del proyecto de rediseño de las máquinas de impresión SCHOELLER es rentable.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

El rediseño del sistema de anclaje de los tanques de pintura de la máquina reduciría los tiempos y accidentes que puedan ocurrir durante el proceso de impresión.

El rediseño del sistema de centrado de la máquina lograría reducir los tiempos de paradas no programadas y de mantenimiento, el rediseño del sistema de anclaje de tanques de pinturas como el de cambio de mallas reduce el tiempo de la puesta a punto de un sistema de pintura en un 56,67%.

La aplicación del sistema de control basado en lógica programada pretende aumentar la impresión diaria de gaveras de once (11) a diecisiete (17) lo que generaría ganancias en el proceso, adicionalmente es posible controlarlo mediante un software, se reducirían los riesgos de accidentes ya que se disminuye el contacto operador – máquina, se incrementaría el nivel tecnológico, se mejoraría la calidad de trabajo y la productividad de la máquina.

El rediseño de los parales porta malla aumentaría la vida útil, reduciría el tiempo para realizar el cambio de malla y se aumentaría la productividad de la máquina

El estudio económico realizado determina la rentabilidad del proyecto el cual posee una inversión inicial de 58.902.432,98 Bs., dicha inversión para implementar

el proyecto se recupera en menos del tiempo seleccionado para el estudio de la rentabilidad económica (cinco meses), lo que quiere decir que el proyecto es rentable.

Con la aplicación del proyecto se logran disminuir: los gastos por reparaciones, los tiempos de puesta a punto de los elementos, costos por mantenimiento, las paradas no programadas y se aumenta la productividad de la máquina.

5.2. RECOMENDACIONES.

La alimentación de las gaveras a imprimir en las máquinas se realiza manualmente; es decir, un operario se encarga de colocar las gaveras en la cinta transportadora, para continuar optimizando el proceso de impresión, se recomienda realizar este proceso (alimentación) de forma automatizada.

Cuando ocurre una impresión que no apruebe los controles de calidad, la gavera o el lote es descartada y los operarios deben borrar el arte impreso para reimprimir, este proceso se realiza de forma manual, el operario apila las gaveras defectuosas y cuando llega a cierta cantidad detiene el proceso de impresión para borrar el arte, estas paradas no programadas disminuyen la productividad diaria de la máquina, se recomienda realizar un dispositivo que se encargue de borrar el arte sin la intervención del operario, para así garantizar que no se detenga el proceso de impresión por gaveras defectuosas.

5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Norton, R. L. 1999. “Diseño de máquina”. Primera edición. México. Editorial Prentice Hall.

2. Shigley, J. 1985. “Diseño de elementos de máquina”. Novena edición. México. Editorial McGraw-Hill

3. Venturina, G. y otros. (2003). “Evaluación de proyectos de inversión”. Segunda edición. Carabobo. Universidad de Carabobo.

4. Singer, F. 1980. “Resistencia de materiales”. Tercera edición. México. Editorial Harla.

Paginas Web consultadas.

Festo C.A de Venezuela (2007). (On-line)
Disponible en: http://www.festo.com .ve

Allen Bradley de Venezuela (2007) (On-line)
Disponible en: http: //www.ab.com.ve

Enciclopedia virtual Wikipedia
Disponible en: http://www.wikipedia.com

Schneider Electric (2007)
Disponible en: www.selectric.com

Klaxon signals limited (2007) (On-line)

Disponible en: http://www.klaxonsignals.com/

Klockner-Moeller Motor Control and Automation Experts (2007) (On line)

Disponible en: http://www.klocknermoeller.com/

Siemens España (2007) (On-line)

Disponible en: http://www.siemens.es/index.jsp

APÉNDICES

APÉNDICE I

TABLAS PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

- *SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA DE ANCLAJE DEL TANQUE DE PINTURA.*

Criterios	C1	C2	C3	C4	Nº de veces que aparece	PCx
C1	X	X	X	X	2	3
C2	C1	X	X	X	1	2
C3	C1	C2	X	X	0	1
C4	C4	C4	C4	X	3	4

Verificación Lógica

C1>C2
C1>C3

C2>C3

C4>C3
C4>C2
C4>C1

Ponderación de las soluciones con respecto a los criterios

C1	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	2
S2	S1	X	0	1

C2	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	2
S2	S1	X	0	1

C3	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	2
S2	S2	X	0	1

C4	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	2
S2	S1	X	0	1

Criterios	PCx	PS1x	PCx X PS1x	PS2x	PCx X PS2x
C1	3	2	6	1	3
C2	2	2	4	1	2
C3	1	1	1	2	2
C4	4	2	8	1	4
	Total		19		11

- *SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA GUÍAS DE CENTRADO.*

Criterios	C1	C2	C3	C4	Nº de veces que aparece	PCx
C1	X	X	X	X	2	3
C2	C1	X	X	X	1	2
C3	C1	C2	X	X	0	1
C4	C4	C4	C4	X	3	4

Verificación Lógica

C1>C2 C2>C3 C4>C3
C1>C3 C4>C2
C4>C1

Ponderación de las soluciones con respecto a los criterios

C1	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	1
S2	S2	X	0	2

C2	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	2
S2	S1	X	0	1

C3	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	2
S2	S2	X	0	1

C4	S1	S2	Nº de veces que aparece	PC1
S1	X	X	1	2
S2	S1	X	0	1

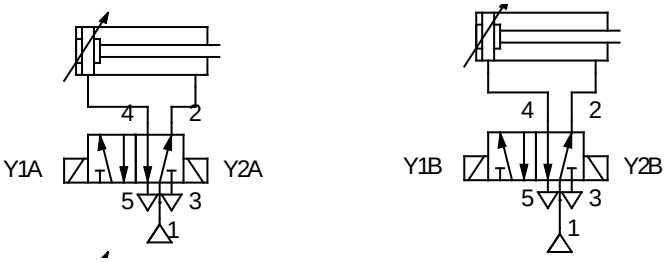
Criterios	PCx	PS1x	PCx X PS1x	PS2x	PCx X PS2x
C1	3	1	3	2	6
C2	2	2	4	1	2
C3	1	1	1	2	2
C4	4	2	8	1	4
	Total		16		14

APÉNDICE II

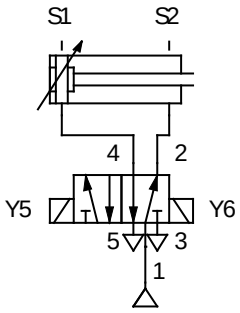
DIAGRAMA DE CONEXIONES NEUMÁTICAS.

Elementos involucrados en la etapa de alimentación del proceso de impresión.

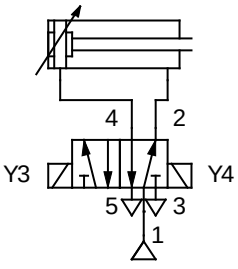
Actuadores de la compuerta de acceso (C1 y C2)



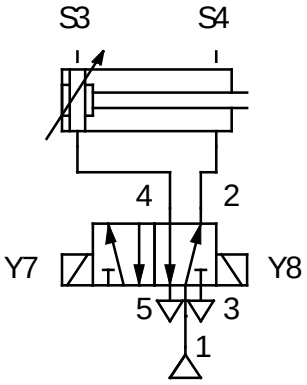
Actuador del elevador de las gaveras (C3)



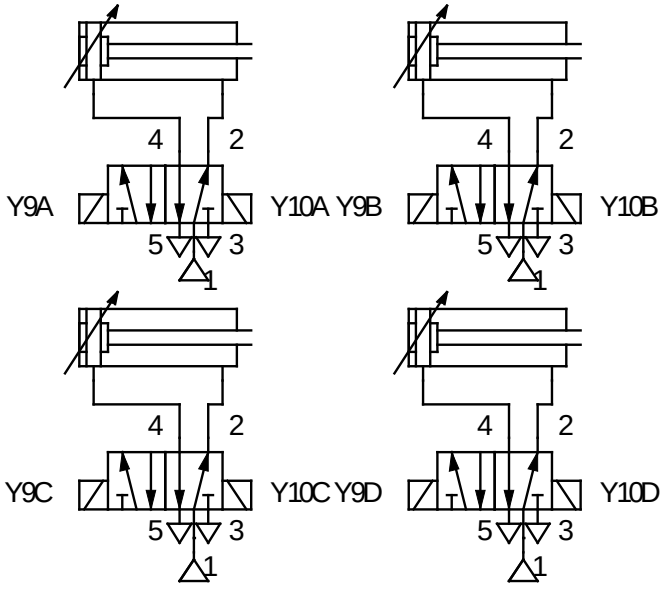
Actuador de las mordazas de sujeción (C4)



Actuador del carro posicionador (C5)

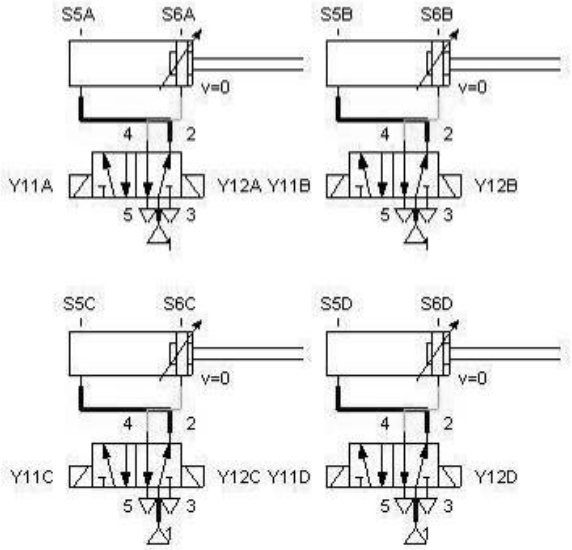


Actuadores de las guías de centrado (C6, C7. C8 y C9)

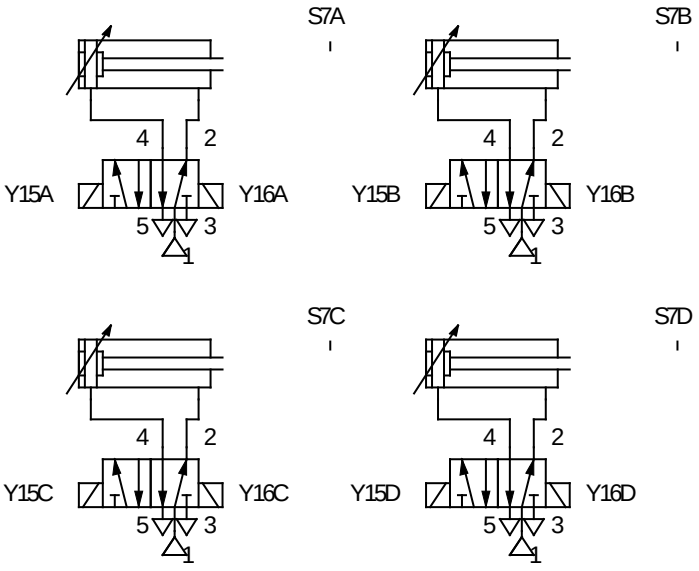


Elementos involucrados en la etapa de impresión.

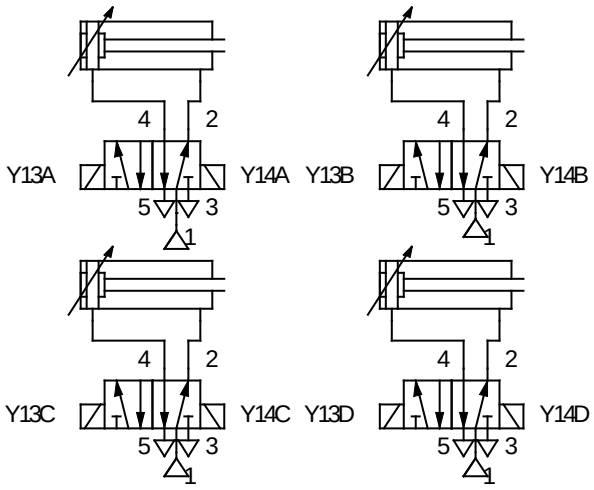
Actuadores del sistema de pintura (C10, C11, C12 y C13)



Actuadores del movimiento o recorrido de las racletas (C18, C19, C20 y C21)



Actuadores de las racletas (C14, C15, C16 y C17)



APÉNDICE III

Esquema de los elementos de control involucrados en el proceso.

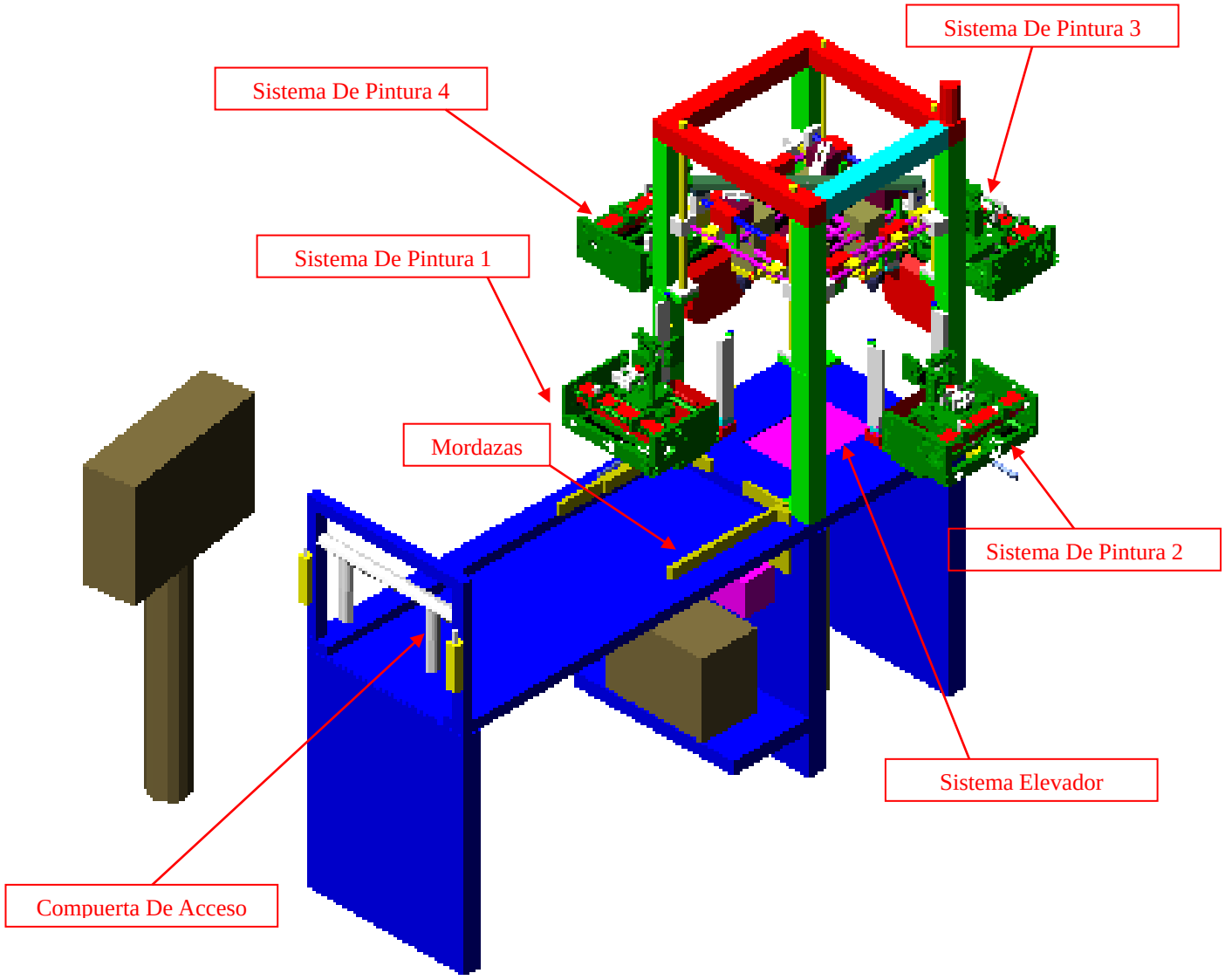


Figura VIII – 1. Vista isométrica de la máquina SCHOELLER

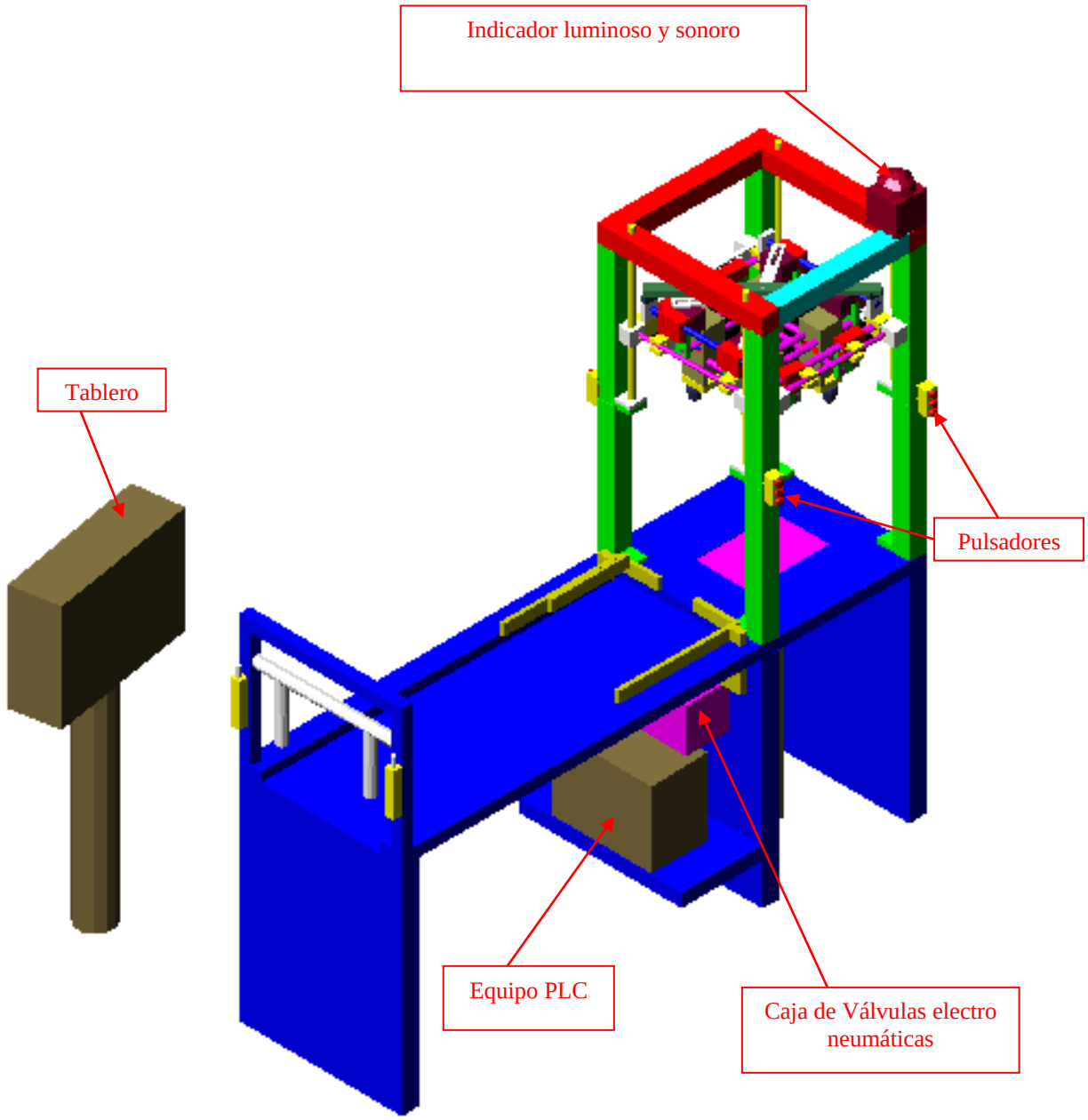


Figura VIII – 2. Ubicación de los elementos de control en la máquina.

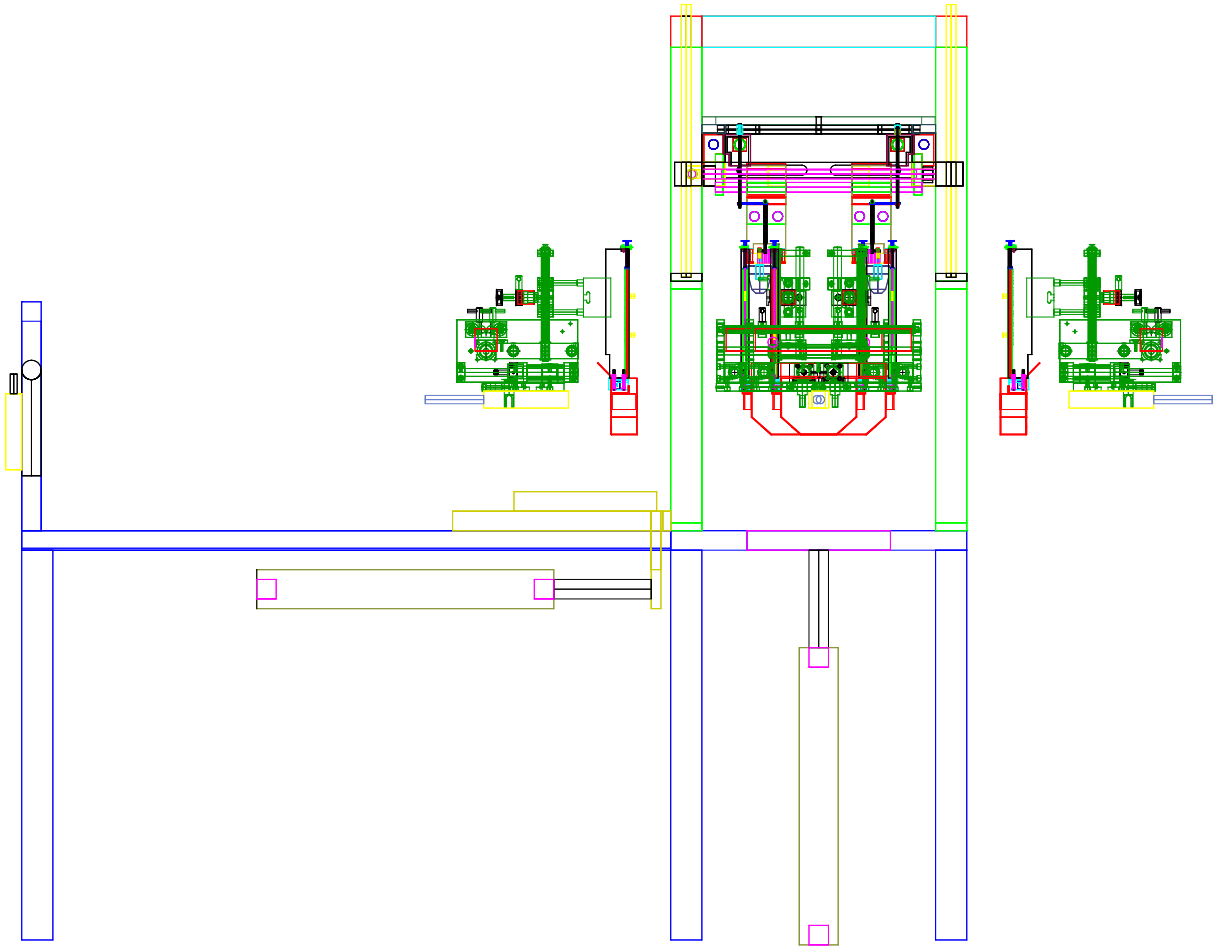


Figura VIII – 3. Vista lateral de la máquina SCHOELLER.

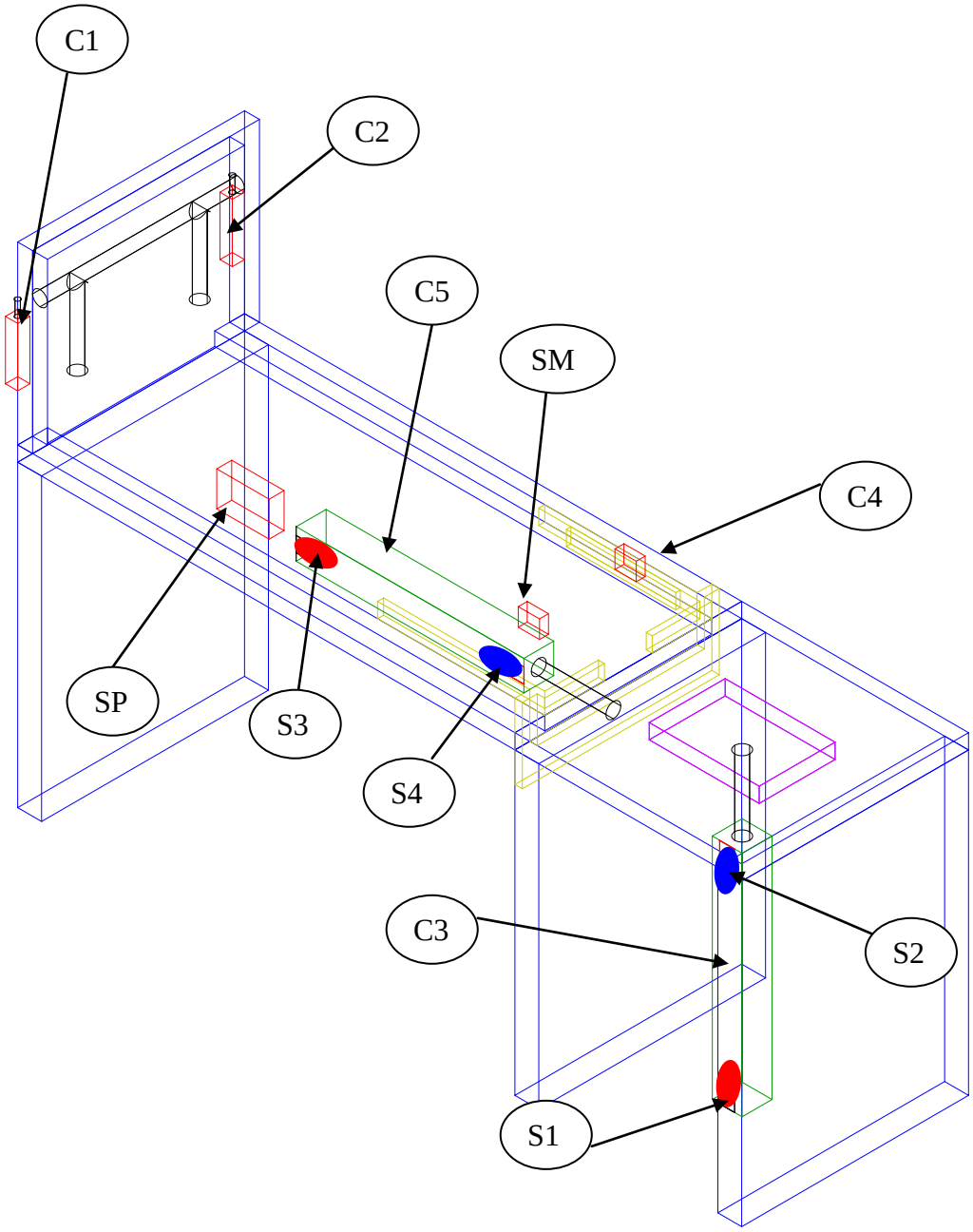


Figura VIII – 4. Ubicación de los sensores y actuadores en la máquina SCHOELLER (1/2)

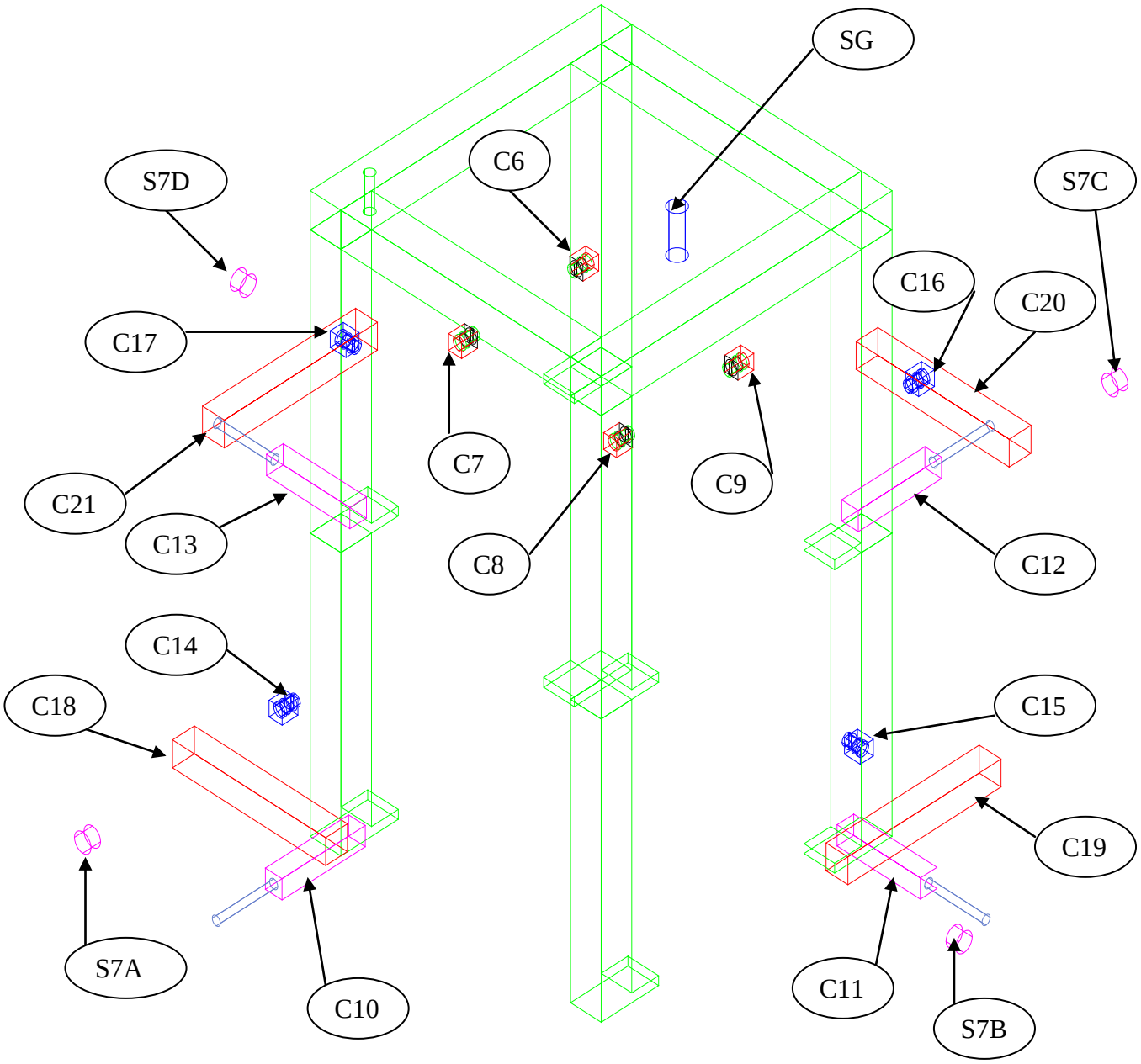


Figura VIII – 5. Ubicación de los sensores y actuadores en la máquina SCHOELLER. (2/2)

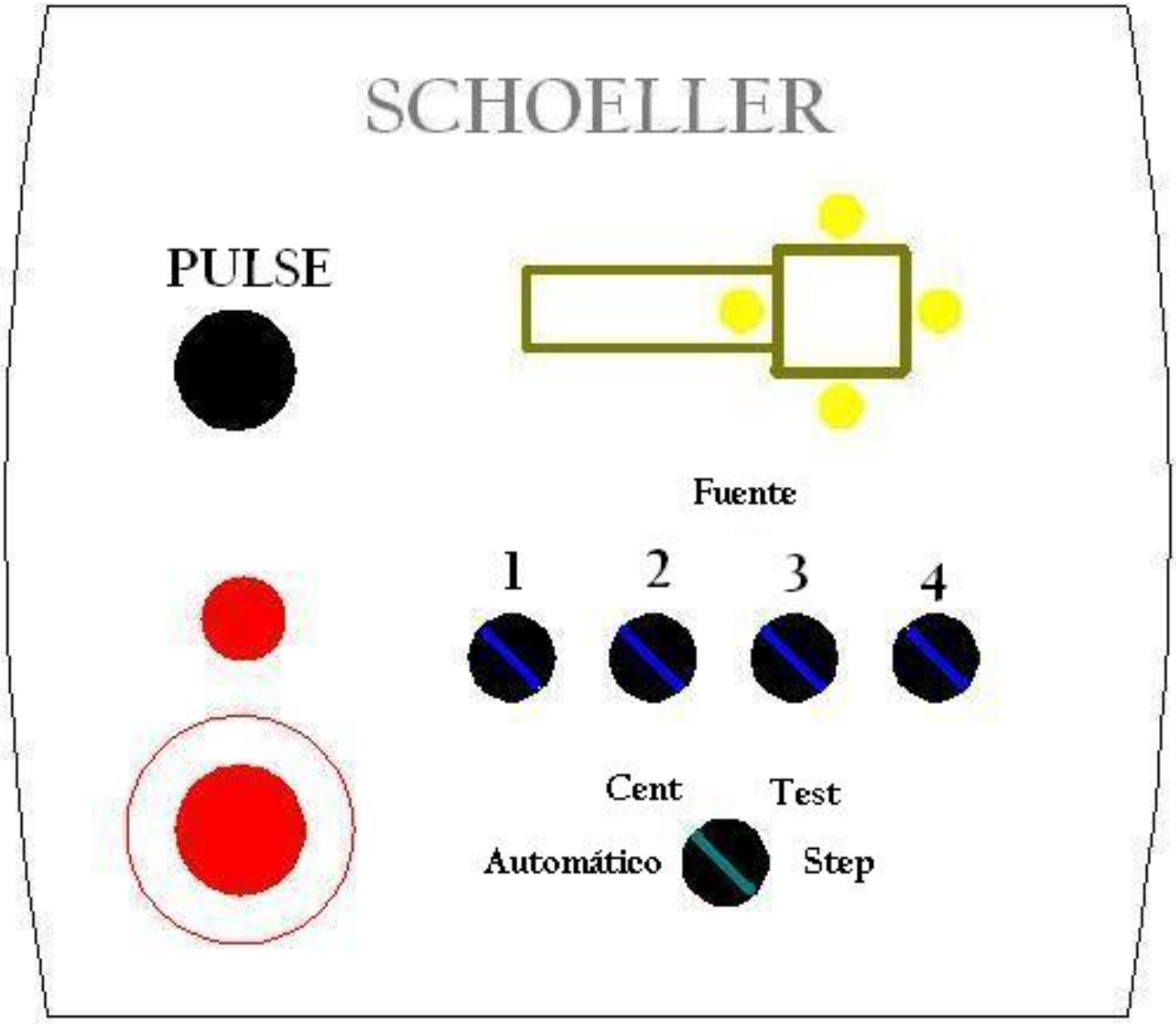
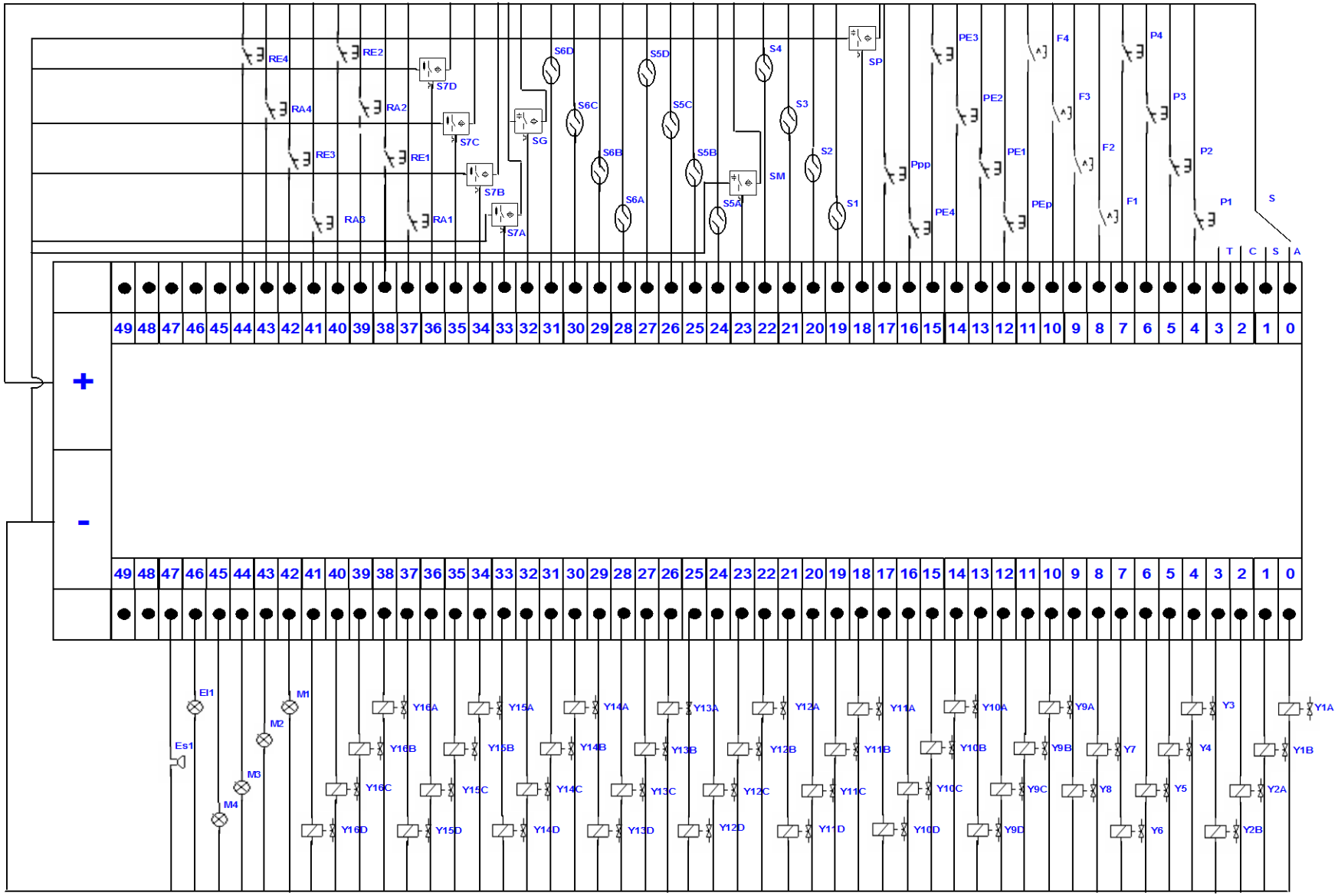


Figura VIII – 6. Tablero principal de la máquina.

APÉNDICE IV


RE4
RE2
RA4
RA2
RE3
RE1
RA3
RA1
S7D
S7C
S7B
S7A
SG
SM
SP
S6D
S6C
S6B
S6A
S5D
S5C
S5B
S5A
S4
S3
S2
S1
Ppp
PE4
PE3
PE2
PE1
PEp
F4
F3
F2
F1
P4
P3
P2
P1
S
T
C
S
A
49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
+
-
49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
El1
Es1
M1
M2
M3
M4
Y16A
Y16B
Y16C
Y16D
Y15A
Y15B
Y15C
Y15D
Y14A
Y14B
Y14C
Y14D
Y13A
Y13B
Y13C
Y13D
Y12A
Y12B
Y12C
Y12D
Y11A
Y11B
Y11C
Y11D
Y10A
Y10B
Y10C
Y10D
Y9A
Y9B
Y9C
Y9D
Y3
Y4
Y5
Y6
Y7
Y8
Y1A
Y1B
Y2A
Y2B

APÉNDICE V

Eficiencia para un tornillo de rosca ACME.

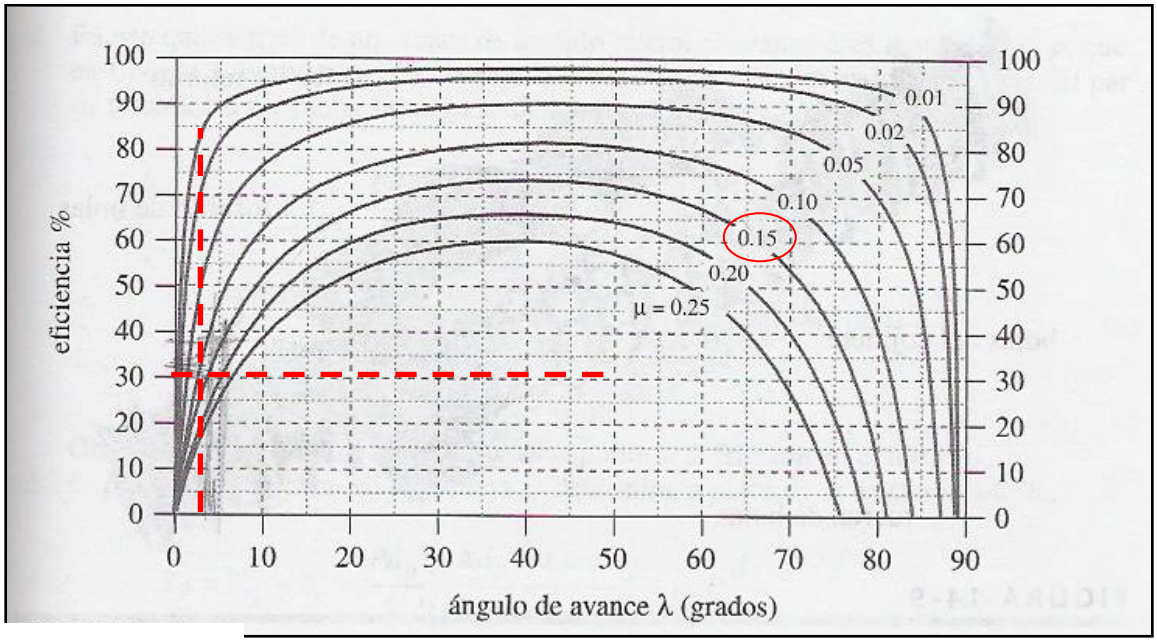


Tabla X-1 Eficiencia para un tornillo de rosca ACME (despreciando la fricción del collarín de impulso)

APÉNDICE VI

Tabla comparativa de los tiempos empleados para la puesta a punto del sistema de pintura

Operación	**Tiempo empleado en el sistema actual (min.)**	**Tiempo empleado en el sistema propuesto (min.)**
Cambio de tanque de pintura	14	2
Cambio de mangueras transportadora de pintura	6	6
Cambio de mallas serigráficas	10	5
Total	**30**	**13**

Como se aprecia el porcentaje de reducción de tiempo de puesta a punto en el sistema de pintura es de un 56,67% (27 min.)

APÉNDICE VII

PLANOS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE CONFORMAN CADA UNA DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS.

ANEXOS

ANEXO I

Hoja de datos Sensores inductivos modelos FESTO SIEN-M8B-PS-K-L

Datos técnicos generales									
Tamaño			∅ 4 mm	M5	∅ 6,5 mm	M8x1	M12x1	M18x1	M30x1,5
Tipo de montaje			Enrasado			Enrasado o saliente			
Distancia de detección nominal S_n	Enrasado	[mm]	0,8	0,8	1,5	1,5	2,0	5,0	10,0
	Saliente	[mm]	–	–	–	2,5	4,0	8,0	15,0
Precisión de repetición	Enrasado	[mm]	0,04	0,04	0,075	0,075	0,1	0,15	0,3
	Saliente	[mm]	–	–	–	0,125	0,2	0,2	0,4

Datos eléctricos									
Tamaño			∅ 4 mm	M5	∅ 6,5 mm	M8x1	M12x1	M18x1	M30x1,5
Conexión eléctrica		Cable	Trifilar						
		Conector tipo clavija	M8x1, 3 contactos				M12x1, 3 contactos		
Tensión de funcionamiento		[V DC]	10 ... 30		15 ... 34				
Corriente máxima de salida en función de la temperatura		[mA]	200 con ≤ 70 °C		150 con ≤ 85 °C				
		[mA]			200 con ≤ 50 °C				
Frecuencia máxima de conmutación	Enrasado	[Hz]	3 000	3 000	1 500	1 500	1 200	800	350
	Saliente	[Hz]	–	–	–	900	800	300	300
Resistencia a cortocircuitos			sincronizado						
Protección contra polarización inversa			En todas las conexiones eléctricas						
Clase de protección			IP67						

Materiales							
Tamaño	∅ 4 mm	M5	∅ 6,5 mm	M8x1	M12x1	M18x1	M30x1,5
Cuerpo	Acero inoxidable de aleación fina				Latón niquelado		
Cubierta del cable	Poliuretano						

Condiciones de funcionamiento y del entorno							
Tamaño	∅ 4 mm	M5	∅ 6,5 mm	M8x1	M12x1	M18x1	M30x1,5
Temperatura ambiente [°C]	–25 ... +70		–25 ... +85				
Temperatura ambiente con cableado móvil [°C]	–25 ... +70		–25 ... +85				
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva UE de máquinas CEM						
Certificación	C-Tick						

ANEXO II

Hoja de datos sensor capacitivo modelo 875CP-DM30NP34-A2 de la marca ALLEN-BRADLEY

	12 mm	18 mm	30 mm
Corriente de carga	≤ 200 mA	≤ 200 mA	≤ 400 mA
Corriente de fuga	0.3 mA	0.1 mA	0.1 mA
Tensión de trabajo	10-36 VCC	10-60 VCC	10-60 VCC
Caída de tensión	≤ 2 V	≤ 2 V	≤ 3 V
Repetibilidad	≤ 10 %		
Histéresis	≤ 20 %		
Prot. contra ruidos transit.	Incorporado		
Prot. contra inv. de la polar.	Incorporado		
Prot. contra cortocircuitos	Incorporado		
Prot. contra sobrecargas	Incorporado		
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables		
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Cilindro de latón niquelado		
Conexiones	Cable: 2 m de longitud 3 hilos PVC Conector: Tipo Micro de 4 pines Tipo Pico de 3 pines		
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida		
Temperatura de operación	-25 °C a +70 °C (-13 °F a +158 °F)		

ANEXO III

Hoja de datos Sensor capacitivo modelo 875L-D30EE40- T3 de la marca ALLEN-BRADLEY

Corriente de carga	≤400 mA
Corriente de fuga	<0.1 mA
Tensión de trabajo	10-60 VCC
Caída de tensión	<3 V
Repetibilidad	≤10 %
Histéresis	≤20 % típico
Prot. contra ruidos transit.	Incorporado
Prot. contra inv. de la polar.	Incorporado
Prot. contra cortocircuitos	Incorporado
Prot. contra sobrecargas	Incorporado
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Polyloy
Conexiones	Abertura conducto: Rosca interna 1/2-14 NPT con terminales atornillables
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida activada
Temperatura de operación	-25 °C a 70 °C (-13 °F a +158 °F)

ANEXO IV

Hoja de datos sensores magnéticos modelo SMT-8M-PS-24V-K-2,5-OE FESTO.

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		
		M5x0,5, 3 contactos	M8x1, 3 contactos	M12x1, 3 contactos
Longitud del cable [m]	0,2 ... 30			
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, ±270°/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]	10 ... 30			
Corriente de salida máxima [mA]	100			
Potencia de conmutación máx. DC [W]	3,0			
Resistencia a cortocircuitos	sincronizado			
Resistencia a sobrecarga	Sí			
Protección contra polarización inversa	En todas las conexiones eléctricas			
Clase de protección	IP65, IP68			

1) Selección de la opción correspondiente → Conjunto modular de productos 16

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Temperatura ambiente [°C]	–20 ... +70
Temperatura ambiente con cableado móvil [°C]	–5 ... +70
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva UE de máquinas CEM
Certificación	c UL us - Listed (OL) C-Tick

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

ANEXO V

Hoja de datos del actuador encargado del movimiento de la racleta modelo DSNU-32- 14-P-A DOBLE EFECTO de la marca FESTO

Datos técnicos generales				
Diámetro del émbolo	32	40	50	63
Conexión neumática	G⅛	G¼	G¼	G⅜
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5
Construcción	Émbolo			
	Vástago			
	Camisa del cilindro			
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados			
	Amortiguación neumática regulable en ambos lados			
Carrera de amortiguación (PPV) [mm]	14	18	20	21
Detección de posiciones	Para detectores de proximidad			
Tipo de fijación	Montaje directo (sólo variante MH)			
	Con accesorios			
Posición de montaje	Indistinta			

Condiciones de funcionamiento					
Diámetro del émbolo		32	40	50	63
Fluido		Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar			
Presión de funcionamiento	Tipo básico	1 ... 10			
	S10	0,5 ... 10		0,4 ... 10	
	S11	0,2 ... 10	–	0,2 ... 10	

Condiciones del entorno						
Cilindro redondo		Tipo básico	S6	S10	S11	R3
Temperatura ambiente[1]	[°C]	–20 ... +80	0 ... +120	+5 ... +80		–20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión[2]		2	2	2	2	3

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores
2) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con substancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas
Clase de resistencia a la corrosión 3 según norma de Festo 940 070
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con substancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes o detergentes, con superficies funcionales

ANEXO VI

Hoja de datos del actuador para el recorrido de la racleta modelo DGP-32-500-PPV-A-B DOBLE EFECTO de la marca FESTO

Datos técnicos generales								
Diámetro del émbolo		18	25	32	40	50	63	80
Construcción		Actuador lineal neumático con arrastrador						
Antigiro/Guía		Camisa perfilada ranurada						
Funcionamiento		Doble efecto						
Tipo de arrastre		Unión mecánica (ranura)						
Posición de montaje		Indistinta						
Conexión neumática		M5	G1/8		G1/4		G3/8	G1/2
Carrera	[mm]	10 ... 1 800	10 ... 3 000[1)]					
Amortiguación (PPV)		Regulable en ambos lados						
Carrera de amortiguación	[mm]	16	18	20	30			83
Detección de posiciones		Con imán						

1) Si la carrera útil es de 2 000 mm, el actuador deberá montarse con la banda de cierre hacia abajo; carreras más largas sobre demanda.

Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Diámetro del émbolo		18	25	32	40	50	63	80
Fluido		Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar						
Presión de funcionamiento	[bar]	2 ... 8			1,5 ... 8			
Temperatura ambiente[1)]	[°C]	−10 ... +60						

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores

Fuerzas [N] y energía del impacto [Nm]							
Diámetro del émbolo	18	25	32	40	50	63	80
Fuerza teórica con 6 bar	153	295	483	754	1 178	1 870	3 016
Energía del impacto	→ 1 / 3.1-87						

Pesos [kg]							
Diámetro del émbolo	18	25	32	40	50	63	80
Peso máximo con carrera de 0 mm	0,46	0,84	1,55	2,65	5,88	9,1	17,3
Peso adicional por 10 mm de carrera	0,016	0,036	0,041	0,057	0,111	0,148	0,158
Masa móvil	0,08	0,18	0,32	0,55	1,55	1,76	5,0

ANEXO VII

Hoja de datos del actuador del sistema de pintura modelo DNC-32-80-PPV-A DOBLE EFECTO de la marca FESTO

Datos técnicos generales								
Diámetro del émbolo		32	40	50	63	80	100	125
Conexión neumática		G⅛	G¼	G¼	G⅜	G⅜	G½	G½
Rosca del vástago		M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
	K3	M6	M8	M10	M10	M12	M12	M16
	K5	M10	M12	M16	M16	M20	M20	M27
Construcción		Émbolo						
		Vástago						
		Camisa del cilindro						
Holgura máxima de giro del vástago [°]	Q	±0,65	±0,6	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45
Amortiguación		Anillos y discos elásticos en ambos lados						
		Amortiguación neumática regulable en ambos lados						
Carrera de amortiguación PPV	[mm]	20	20	22	22	32	32	42
Detección de posiciones		Para detectores de posición						
Tipo de fijación		Con rosca interior						
		Con accesorios						
Posición de montaje		Indistinta						

Importante: Este producto cumple con los estándares ISO 1179-1 e ISO 228-1.

Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Diámetro del émbolo		32	40	50	63	80	100	125
Fluido		Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación						
Presión de funcionamiento [bar]		0,6 ... 12						0,6 ... 10
	R8	1,5 ... 12						1,5 ... 10
	S11	0,1 ... 12						0,1 ... 10
	TT	1 ... 12						–
Temperatura ambiente[1] [°C]		−20 ... +80						
	S6	0 ... 120						
	TT	−40 ... +80						–
Clase de resistencia a la corrosión[2]		2						
	R3	3						
Certificación		Germanischer Lloyd						

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]								
Diámetro del émbolo		32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance		483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
	S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso		415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
	S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
Energía máx. de impacto en las posiciones finales[1]		0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

ANEXO VIII

Hoja de datos del actuador del carro posicionador y sistema elevador de la gavera modelo DNC-32-500-PPV-A DOBLE EFECTO de la marca FESTO.

Datos técnicos generales						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Conexión neumática	G⅛	G¼	G¼	G⅜	G⅜	G½
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5
Construcción	Émbolo					
	Vástago					
	Tubo perfilado					
Amortiguación	Amortiguación neumática regulable en ambos lados					
Carrera de amortiguación [mm]	20	20	22	22	32	32
Detección de posiciones	Para detectores de proximidad					
Tipo de fijación	Con rosca interior					
	Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta					

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,4	0,7	1	1,3	2	3

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación
Presión de funcionamiento [bar]	0,6 ... 12
Temperatura ambiente[1)] [°C]	−20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión[2)]	2

ANEXO IX

Hoja de datos del actuador de las mordazas de sujeción modelo ADVC-32-10-A-P DOBLE EFECTO de la marca FESTO

Datos técnicos generales													
Diámetro del émbolo	4	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Conexión neumática	M3	M3	M5	M5	M5	M5	M5	G⅛	G⅛	G⅛	G⅛	G⅛	G¼
Vástago con rosca interior	–	–	–	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vástago con rosca exterior	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vástago sin rosca	■	■	■	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fluido	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar												
Construcción	Émbolo												
	Vástago												
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados												
Tipo de fijación	Mediante taladros							Mediante taladros					
	–							Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta												

Condiciones de funcionamiento													
Diámetro del émbolo	4	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Presión de funcionamiento [bar]	2 ... 8	1,5 ... 8	1 ... 8	1 ... 10				0,6 ... 10					
Temperatura ambiente [°C]	–20 ... +80												
Clase de resistencia a la corrosión [1)]	1												

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]													
Diámetro del émbolo	4	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica con 6 bar en avance	7,5	17	47	68	121	189	295	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	5,7	13	40	51	91	141	247	415	686	1 056	1 750	2 847	4 418
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,003	0,005	0,03	0,06	0,10	0,14	0,18	0,26	0,36	0,60	0,64	0,90	1,20

ANEXO X

Hoja de datos del actuador de las guías de centrado modelo ADVC-25-10-A-P DOBLE EFECTO de la marca FESTO

Datos técnicos generales													
Diámetro del émbolo	4	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Conexión neumática	M3	M3	M5	M5	M5	M5	M5	G⅛	G⅛	G⅛	G⅛	G⅛	G¼
Vástago con rosca interior	–	–	–	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vástago con rosca exterior	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vástago sin rosca	■	■	■	■	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fluido	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar												
Construcción	Émbolo												
	Vástago												
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados												
Tipo de fijación	Mediante taladros							Mediante taladros					
	–							Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta												

Condiciones de funcionamiento													
Diámetro del émbolo	4	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Presión de funcionamiento [bar]	2 ... 8	1,5 ... 8	1 ... 8	1 ... 10				0,6 ... 10					
Temperatura ambiente [°C]	–20 ... +80												
Clase de resistencia a la corrosión [1]	1												

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]													
Diámetro del émbolo	4	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica con 6 bar en avance	7,5	17	47	68	121	189	295	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	5,7	13	40	51	91	141	247	415	686	1 056	1 750	2 847	4 418
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,003	0,005	0,03	0,06	0,10	0,14	0,18	0,26	0,36	0,60	0,64	0,90	1,20

ANEXO XI

Hoja de datos de los actuadores de la compuerta de acceso de las gaveras modelo DSNU-32-80-P-A DOBLE EFECTO de la marca FESTO.

Datos técnicos generales					
Diámetro del émbolo		32	40	50	63
Conexión neumática		G⅛	G¼	G¼	G⅜
Rosca del vástago		M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5
Construcción		Émbolo			
		Vástago			
		Camisa del cilindro			
Amortiguación		Anillos y discos elásticos en ambos lados			
		Amortiguación neumática regulable en ambos lados			
Carrera de amortiguación (PPV)	[mm]	14	18	20	21
Detección de posiciones		Para detectores de proximidad			
Tipo de fijación		Montaje directo (sólo variante MH)			
		Con accesorios			
Posición de montaje		Indistinta			

Condiciones de funcionamiento					
Diámetro del émbolo		32	40	50	63
Fluido		Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar			
Presión de funcionamiento	Tipo básico	1 ... 10			
	S10	0,5 ... 10		0,4 ... 10	
	S11	0,2 ... 10	–	0,2 ... 10	

Condiciones del entorno						
Cilindro redondo		Tipo básico	S6	S10	S11	R3
Temperatura ambiente[1]	[°C]	–20 ... +80	0 ... +120	+5 ... +80		–20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión[2]		2	2	2	2	3

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores
2) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con substancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas
Clase de resistencia a la corrosión 3 según norma de Festo 940 070
Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con substancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes o detergentes, con superficies funcionales

ANEXO XII

Hoja de datos de las válvulas 5 / 2 vías biestables con accionamiento eléctrico para apertura de los distintos actuadores marca FESTO modelo CPE10-M1BH-5JS-M7

Datos técnicos generales: Micro CPE10			
		Conexión roscada	Conexión por racor
Función de válvula		Válvula biestable de 5/2 vías	
Construcción		Válvula de corredera	
Principio de estanquidad		Por junta de material sintético	
Tipo de accionamiento		Eléctrico	
Tipo de mando		Servopilotaje	
Alimentación del aire de pilotaje		Interna o externa	
Sentido del flujo		Reversible con alimentación externa de aire de pilotaje	
Función de escape		Con estrangulación	
Accionamiento manual auxiliar		Con pulsador; con accesorio, enclavado	
Posición de montaje		Indistinta	
Tamaño		10 mm	
Patrón		12 mm	
Diámetro nominal		4 mm	4 mm
Caudal nominal		M5: 180 l/min	QS-4: 180 l/min
		M7: 350 l/min	QS-6: 320 l/min
Tipo de fijación		Mediante taladros	
Conexión neumática	1, 2, 4	M5 o M7	∅ 4 ó ∅ 6 mm
	3, 5	M7	M7
	12, 14	M3	∅3 mm
	84	M3	M3
Tiempo de conmutación		8 ms	
Peso del producto		68 g	95 g
Materiales		→ 2 / 2.1-39	

Condiciones de funcionamiento y del entorno			
		Conexión roscada	Conexión por racor
Fluido		Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación, grado de filtración 40 µm Vacío	
Presión de funcionamiento	Aire de pilotaje interior	2,5 ... 8 bar	
	Aire de pilotaje exterior	−0,9 ... +10 bar	
Presión de pilotaje		2,5 ... 8 bar	
Temperatura ambiente		−5 ... +50 °C	
Temperatura del fluido		−5 ... +50 °C	

Datos eléctricos		
	Conexión roscada	Conexión por racor
Tensión de funcionamiento	24 V DC +10/−15%	
Consumo	1,28 W	
Clase de protección con conector	IP65 (NE 60529)	