

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo Estructurado de Manera Independiente, Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico

TEMA:

“Estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”

AUTOR: Egdo. Ronald Rigoberto Calderón Tamay

TUTOR: Ing. Cristian Pérez, Mg.

Ambato – Ecuador

2015

APROBACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“Estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”**; elaborado por la Sr. Ronald Rigoberto Calderón Tamay, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Abril 2015

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Cristian Pérez'. Below the signature is a horizontal dotted line.

Ing. Cristian Pérez, Mg.

Director de Tesis

AUTORÍA DE LA TESIS

En el contenido del presente trabajo sus criterios, así como sus ideas, opiniones, resultados y análisis, son responsabilidad exclusiva de su autor del tema **“Estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”**.

Ambato, Abril 2015



Ronald Rigoberto Calderón Tamay

C.I 180427598-8

DEDICATORIA

La presente investigación lo dedico a Dios y al Dr. San Buena Ventura, por ser mis guías y llevarme por el camino del bien, por tenerme con buena salud y por haberme bendecido hasta llegar hasta este momento inolvidable.

A mis padres Rigoberto e Isabel quienes realizaron sacrificios y esfuerzos para llegar hasta este camino. A mi hermanos Leonardo y Maribel por ser un apoyo incondicional con sus consejos para poder alcanzar el objetivo de culminar mi carrera.

Erica quien fue siempre mi pilar y empuje para llegar alcanzar mi meta.

Eduardo por ser un amigo valioso que siempre está en las buenas y las malas.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud hacia la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por haberme abierto las puertas para culminar mis estudios.

A mis padres Rigoberto e Isabel, a mis hermanos Leonardo y Maribel quienes estuvieron desde el primer hasta el último día de mis estudios y supieron apoyarme y guiarme para llegar a terminar la carrera.

Erica que llego a mi vida para guiarme por el camino del bien y darme ánimos para llegar al objetivo.

Eduardo quien me supo guiarme y ayudarme para culminar con el trabajo estructurado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---------------------------------------|-------|
| PORTADA | I |
| APROBACIÓN | II |
| AUTORÍA DE LA TESIS | III |
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTO | V |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | VI |
| ÍNDICE DE TABLAS | XII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XIV |
| RESUMEN EJECUTIVO | XVIII |
| SUMMARY | XIX |
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN: | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2.1. Contextualización | 1 |
| 1.2.2. Análisis Crítico | 2 |
| 1.2.3. Prognosis | 2 |
| 1.2.4. Formulación del Problema | 3 |
| 1.2.5. Preguntas Directrices | 3 |
| 1.2.6. Delimitación | 3 |
| 1.2.6.1. Espacial | 3 |
| 1.2.6.2. Temporal | 4 |

| | |
|---|----|
| 1.2.6.3. De Contenido | 4 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 4 |
| 1.4. OBJETIVOS | 5 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 5 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 5 |
| CAPÍTULO II..... | 6 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 6 |
| 2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA | 7 |
| 2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL | 7 |
| 2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES | 8 |
| 2.4.1. Automatización Industrial | 8 |
| 2.4.1.1. Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización..... | 9 |
| 2.4.1.2. Elementos de un Sistema Automático | 11 |
| 2.4.1.3. Sistemas para la Automatización..... | 11 |
| 2.4.1.4. Combinación de cableado eléctrico, neumático e hidráulico | 18 |
| 2.4.1.5. Lógica Programada..... | 20 |
| 2.4.2. Sistemas de Medición y Control..... | 25 |
| 2.4.2.1. Sistemas de control..... | 25 |
| 2.4.2.2. Tipos de Control Secuencial..... | 26 |
| 2.4.2.3. Variador de velocidad..... | 27 |
| 2.4.3. Gestión Industrial | 27 |
| 2.4.4. Diseño Mecánico | 28 |
| 2.4.4.1. Motor a Pasos | 28 |
| 2.4.4.2. Servomotor | 30 |
| 2.4.4.3. Leva | 31 |

| | |
|--|----|
| 2.4.4.4. Cruz de Malta | 32 |
| 2.4.4.5. Banda Transportadora..... | 33 |
| 2.4.5. Plantas Industriales | 36 |
| 2.4.5.1. Industria de la Bebidas | 36 |
| 2.4.5.2. Botella..... | 37 |
| 2.4.6. Proceso de Sellado de Botellas | 40 |
| 2.5. HIPÓTESIS | 41 |
| 2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES | 41 |
| CAPÍTULO III | 42 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 42 |
| 3.1. ENFOQUE | 42 |
| 3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN | 42 |
| 3.2.1. Bibliográfica | 42 |
| 3.2.2. Campo..... | 42 |
| 3.2.3. Experimental..... | 42 |
| 3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN | 43 |
| 3.3.1. Exploratoria | 43 |
| 3.3.2. Descriptiva..... | 43 |
| 3.3.3. Explicativa | 43 |
| 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA | 43 |
| 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE | 43 |
| 3.6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN..... | 46 |
| 3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN | 46 |
| 3.7.1. Procesamiento de la Información | 46 |
| 3.7.2. Análisis de la Información..... | 46 |
| CAPÍTULO IV | 48 |

| | | |
|----------|---|----|
| 4. | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 48 |
| 4.1. | ANÁLISIS DE RESULTADOS | 48 |
| 4.2. | INTERPRETACIÓN DE DATOS | 48 |
| 4.2.1. | Alternativas de Sistemas de Posicionamiento | 48 |
| 4.2.1.1. | Sistemas Neumáticos | 48 |
| 4.2.1.2. | Sistemas Hidráulicos | 51 |
| 4.2.1.3. | Sistemas Mecánicos..... | 54 |
| 4.2.1.4. | Sistemas Electrónicos | 55 |
| 4.2.2. | Selección de un Sistema de Posicionamiento..... | 57 |
| 4.2.2.1. | Costo de los Sistemas | 59 |
| 4.2.2.2. | Mantenimiento de los Sistemas | 63 |
| 4.2.2.3 | Selección de un Tipo de Control | 65 |
| 4.2.2.4. | Descripción del Sistema Seleccionado | 68 |
| 4.2.2.5. | Cálculo de la Producción Esperada | 68 |
| 4.3. | VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 71 |
| | CAPÍTULO V | 72 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 72 |
| 5.1. | CONCLUSIONES | 72 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES | 72 |
| | CAPÍTULO VI | 74 |
| 6. | PROPUESTA | 74 |
| 6.1. | DATOS INFORMATIVOS..... | 74 |
| 6.1.1. | Tema | 74 |
| 6.1.2. | Beneficiario | 74 |
| 6.1.3. | Características de la Máquina..... | 74 |

| | |
|--|-----|
| 6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA | 75 |
| 6.3. JUSTIFICACIÓN | 76 |
| 6.4. OBJETIVOS | 76 |
| 6.4.1. Objetivo General..... | 76 |
| 6.4.2. Objetivos Específicos | 76 |
| 6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD..... | 77 |
| 6.6. FUNDAMENTACIÓN | 77 |
| 6.6.1. Sistemas que Contribuyen para el Posicionamiento Semiautomático de Botellas | 77 |
| 6.6.2. Factores de Diseño de la Banda Transportadora | 78 |
| 6.6.2.1. Producción de Botellas (Botellas/hora) | 78 |
| 6.6.2.2. Características del Material en el Sistema..... | 79 |
| 6.6.3. Diseño de la Banda Transportadora..... | 79 |
| 6.6.3.1. Velocidad Angular de los Rodillos..... | 80 |
| 6.6.3.2. Elementos Móviles | 81 |
| 6.6.3.3. Potencia Total Necesaria para la Banda Transportadora..... | 83 |
| 6.6.3.4. Potencia Requerida del Motor de la Banda Transportadora..... | 85 |
| 6.6.3.5. Cálculo de la Tensión de la Banda Transportadora..... | 86 |
| 6.6.3.5. Cálculo de la Tensión en el Sistema de Transmisión de Poleas..... | 88 |
| 6.6.3.6. Cálculo de la Potencia Permitida por la Banda | 92 |
| 6.6.3.7. Potencia de Diseño | 93 |
| 6.6.3.8. Cálculo de las Tensiones de la Banda | 94 |
| 6.6.3.9. Comprobación del cálculo mediante el factor de seguridad..... | 96 |
| 6.6.3.10. Diseño del eje conductor en la banda transportadora | 96 |
| 6.6.3.11. Diseño del Eje Conducido | 113 |
| 6.6.3.12. Selección de Rodamientos..... | 120 |
| 6.6.3.13. Diseño de la plancha..... | 122 |

| | |
|--|-----|
| 6.6.4. Diseño geométrico del sistema de sujeción del cuello de la botella..... | 125 |
| 6.6.4.1. Diseño Geométrico de la Base de Sujeción..... | 125 |
| 6.6.4.2. Cálculo del Desplazamiento de la Base de Sujeción..... | 126 |
| 6.6.4.3. Cálculo de los pistones de detenimiento de botellas | 127 |
| 6.6.5. Diseño del Sistema Neumático..... | 128 |
| 6.6.6. Diseño del Sistema de Control | 132 |
| 6.6.6.1. Diagrama de Flujo del Sistema de Control..... | 132 |
| 6.6.6.2. Diagrama de Potencia..... | 133 |
| 6.6.6.3. Diagrama del Sistema Neumático | 134 |
| 6.6.6.4. Diagrama de Control | 135 |
| 6.6.6.5. Programa en el PLC..... | 136 |
| 6.6.7. Resultados de Producción..... | 137 |
| 6.7. METODOLOGÍA..... | 138 |
| 6.8. ADMINISTRACIÓN | 138 |
| 6.8.1. Análisis de Costos | 138 |
| 6.8.1.1. Costos Directos..... | 138 |
| 6.8.1.2. Costos Indirectos | 141 |
| 6.8.1.3. Costo Total del Sistema de Posicionamiento | 141 |
| 6.8.2. Financiamiento | 141 |
| 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN | 142 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2-1: Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico | 19 |
| Tabla 2-2: Características comparativas de los sistemas neumático/hidráulico y eléctrico/electrónico..... | 20 |
| Tabla 4-1: Valores para la ponderación..... | 58 |
| Tabla 4-2: Evaluación del peso específico de cada criterio..... | 58 |
| Tabla 4-3: Fijación de botellas | 59 |
| Tabla 4-4: Costo de la banda transportadora del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos | 59 |
| Tabla 4-5: Costo del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos ... | 60 |
| Tabla 4-6: Costo total del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos | 60 |
| Tabla 4-7: Costo de la banda transportadora del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones hidráulicos | 60 |
| Tabla 4-8: Costo del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones hidráulicos.... | 61 |
| Tabla 4-9: Costo total del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones hidráulicos | 61 |
| Tabla 4-10: Costo de la banda transportadora del sistema de posicionamiento por cruz de malta | 61 |
| Tabla 4-11: Costo del sistema de posicionamiento por cruz de malta | 62 |
| Tabla 4-12: Costo total del sistema de posicionamiento por cruz de malta | 62 |
| Tabla 4-13: Costo de la banda transportadora del sistema de posicionamiento por servomotor..... | 62 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4-14: Costo del sistema de posicionamiento por servomotor..... | 63 |
| Tabla 4-15: Costo total del sistema de posicionamiento por servomotor | 63 |
| Tabla 4-16: Evaluación del peso específico del criterio costo | 63 |
| Tabla 4-17: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento..... | 65 |
| Tabla 4-18: Conclusión del mejor sistema de fijación de botellas | 65 |
| Tabla 4-19: Tipo de Control | 65 |
| Tabla 4-20: Evaluación y Conclusión del Tipo de Control..... | 67 |
| Tabla 4-21: Interpretación de los Tiempos de Tapado | 69 |
| Tabla 6-1: Posicionamiento Semiautomático (2 Botellas) | 137 |
| Tabla 6-2: Costos Directos de la Banda Transportadora..... | 139 |
| Tabla 6-3: Costos Directos del Sistema Neumático | 140 |
| Tabla 6-4: Costos Directos del Sistema de Control..... | 140 |
| Tabla 6-5: Costos Indirectos del Sistema de Posicionamiento..... | 141 |
| Tabla 6-5: Costos Indirectos del Sistema de Posicionamiento..... | 141 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1: Variable Dependiente e Independiente | 8 |
| Figura 2.2: Sistemas Automatizados | 9 |
| Figura 2.3: Fases para Proyecto de Automatización | 10 |
| Figura. 2.4: Elementos de un Sistema Automático | 11 |
| Figura 2.5: Cilindros Neumáticos..... | 12 |
| Figura 2.6: Cilindro de Doble Efecto | 13 |
| Figura 2.7: Cilindro de Simple Efecto con Resorte..... | 13 |
| Figura 2.8: Cilindro de Simple Efecto..... | 14 |
| Figura 2.9: Cilindro Normal | 14 |
| Figura 2.10: Cilindro de Doble Efecto y Doble Vástago | 15 |
| Figura 2.11: Válvulas Distribuidoras..... | 16 |
| Figura 2.12: Válvulas Reguladoras de Caudal | 16 |
| Figura 2.13: Válvulas Chek | 17 |
| Figura 2.14: Regulador de Presión | 17 |
| Figura 2.15: Microcontrolador representativo para montaje en panel..... | 20 |
| Figura 2.16: Control Mediante Microprocesador | 21 |
| Figura 2.17: Sistema modular, con una CPU y terminales de entrada/salida..... | 22 |
| Figura 2.18: Diagrama de bloques..... | 22 |
| Figura 2.19: Módulos de 8/16 señales E/S | 23 |
| Figura 2.20: Módulos de 8/16 señales E/S | 23 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.21: Lazo de Control Abierto | 25 |
| Figura 2.22: Lazo de Control Cerrado..... | 26 |
| Figura 2.23: Mando de un motor mediante relé | 26 |
| Figura 2.24: Proceso controlado mediante Microprocesadores..... | 27 |
| Figura 2.25: Motor a Pasos..... | 28 |
| Figura 2.26: Servomotor..... | 30 |
| Figura 2.27: Leva y Seguidor | 32 |
| Figura 2.28: Mecanismo Cruz de Malta | 33 |
| Figura 2.29: Banda | 34 |
| Figura 2.30: Banda sobre Rodillos | 35 |
| Figura 2.31: Banda sobre una Palanca..... | 35 |
| Figura 2.32: Rodillo Vivo..... | 36 |
| Figura 2.33: Industria de las Bebidas | 37 |
| Figura 2.34: Botella de Vidrio..... | 38 |
| Figura 2.35: Botella de Plástico..... | 38 |
| Figura 2.36: Tapa Corona..... | 39 |
| Figura 2.37: Tapa Plástica | 40 |
| Figura 4.1: División de los Sistemas Electrónicos | 56 |
| Figura 6.1: Banda Transportadora Tipo Oruga | 81 |
| Figura 6.2: Eje Conducido Acero AISI 1020 | 81 |
| Figura 6.3: Eje Motriz Acero AISI 1020..... | 82 |

| | |
|--|-----|
| Figura 6.4: Rodillo (Duralon)..... | 82 |
| Figura 6.5: Sentido de Giro y Tensiones en la Banda Transportadora..... | 86 |
| Figura 6.6: Sentido de Giro y Tensiones en el Sistema de Poleas..... | 88 |
| Figura 6.7: Ángulo de Posición de las Poleas | 89 |
| Figura 6.8: Momentos Torsionantes..... | 97 |
| Figura 6.9: Descomposición de la Tensión | 98 |
| Figura 6.10: Eje Conductor Plano (X-Y)..... | 99 |
| Figura 6.11: Diagrama de Fuerzas Eje Conductor Plano (X-Y)..... | 100 |
| Figura 6.12: Diagrama de Fuerzas Cortantes Eje Conductor Plano (X-Y) | 100 |
| Figura 6.13: Diagrama de Momento Flector Eje Conductor Plano (X-Y) | 101 |
| Figura 6.14: Eje Conductor Plano (X-Z)..... | 102 |
| Figura 6.15: Diagrama de Fuerzas Eje Conductor Plano (X-Z) | 103 |
| Figura 6.16: Diagrama de Fuerzas Cortantes Eje Conductor Plano (X-Z)..... | 103 |
| Figura 6.17: Diagrama del Momento Flector Eje Conductor Plano (X-Z) | 104 |
| Figura 6.18: Diagrama Eje Conducido Plano (X-Y)..... | 113 |
| Figura 6.19: Diagrama de Fuerzas Eje Conducido Plano (X-Y)..... | 114 |
| Figura 6.20: Diagrama de Fuerzas Cortantes Eje Conducido Plano (X-Y)..... | 114 |
| Figura 6.21: Diagrama del Momento Flector Eje Conducido Plano (X-Y) | 115 |
| Figura 6.22: Diagrama de la Plancha Plano (X-Y)..... | 122 |
| Figura 6.23: Diagrama de Fuerzas de la Plancha Plano (X-Y) | 122 |
| Figura 6.24: Diagrama de Fuerzas Cortantes de la Plancha Plano (X-Y)..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| Figura 6.25: Diagrama del Momento Flector de la Plancha Plano (X-Y)..... | 124 |
| Figura 6.26: Diseño Geométrico de la Sujeción..... | 126 |
| Figura 6.27: Diseño del Desplazamiento de la Base de Sujeción | 126 |
| Figura 6.28: Desplazamiento de la Base de Sujeción..... | 127 |
| Figura 6.29: Diseño de los Pistones de Detenimiento | 127 |
| Figura 6.30: Diagrama de Flujo del Sistema de Control | 132 |
| Figura 6.31: Diagrama de Potencia | 133 |
| Figura 6.32: Diagrama del Sistema Neumático..... | 134 |
| Figura 6.33: Diagrama de Control..... | 135 |
| Figura 6.34: Programa PLC..... | 136 |

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto con el tema **“Estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”**, fue el problema investigado para poder aportar con la mejora del sistema de envasado existente.

La finalidad del problema investigado fue solucionar el posicionamiento de las botellas para la máquina de roscado, determinando el sistema apropiado, el tipo de control y las alternativas de solución con materiales recomendados para la industria de las bebidas.

La información recopilada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, facilitó tener varias alternativas de solución de acuerdo a la necesidad, construcción y facilidad de adquisición de elementos para acoplar el sistema de posicionamiento en la máquina de roscado.

A través del Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados permitió seleccionar la mejor opción, siendo el Sistema A (Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Neumáticos) con una Banda Transportadora controlados por un PCL.

El diseño y la construcción de las piezas del sistema de posicionamiento en la máquina de roscado, se lo ha realizado en base a Normas Nacionales e Internacionales además de tablas de valores que permiten realizar el ensamblaje y las prácticas necesarias para comprobar la eficiencia y operatividad de la máquina de roscado.

Los resultados del sistema de posicionamiento neumático de botellas en la máquina de roscado superó la producción en el proceso de envasado, eliminando tiempos de para y el recurso humano.

SUMMARY

The project “Estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato” was the investigated issue in order to improve the existing packaging system.

The purpose of this research was to solve the positioning of the bottles to the screw machine determining the appropriate system, the type of control, and to present solutions with recommended materials for the beverage industry.

The information has been collected collected at the Faculty of Civil Engineering and Mechanics, got several solutions according to the needs, construction and affordability of elements to adapt the positioning system in the screw machine.

Through Ordinal Corrected Weighted Criteria Allowed to select the best option, being the Sist. A (Subjection positioning system of tire pistons) with a conveyor band and a system controlled by a PLC.

The design and construction of parts of the positioning system in the screw machine, it has made based on National and International Standards in addition to tables of values that allow the assembly and the necessary practices to ensure efficiency and operability of the screw machine.

The results of the positioning pneumatic system of bottles in the screw machine production exceeded of the packaging process, deleting downtime and human resources

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.TEMA DE INVESTIGACIÓN:

Estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contextualización

En todas las naciones del mundo, las industrias necesitan del avance tecnológico para satisfacer las necesidades del consumidor, por tal razón necesitan mejorar, optimizar y desarrollar la tecnología para el realce de las mismas. Para ello muchos parten de la importancia de la premisa de que prevenir e invertir en el desarrollo de sus industrias es mucho más rentable y beneficioso. A nivel mundial existen grandes industrias, el crecimiento de estas se dan aumentando la cadena de producción, para la cual la oportunidad es implementando maquinaria y obtener un producto final.

Nuestro país día a día está pasando por un leve pero continuó incremento de la importancia de la pequeña, mediana y grande industria de bebidas dentro de la economía nacional, que supera ampliamente a las tasas de los años anteriores. En Ecuador nuestras industrias operan con conocimientos básicos de maquinaria y herramientas, por dicho motivo en la industria ligera o de uso y consumo existe variedad de usos de botellas, por esta razón las empresas se

ven con la necesidad de la actualización tecnológica automatizada de procesos en sellado, empaque, envasado, etc., que es un requerimiento importante para la mejoría de las industrias.

En la Embotelladora del Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se cuenta con una selladora de botellas semiautomática, por lo que, requiere la repotenciación de esta, mejorando el posicionamiento de botellas su utilidad sería de gran importancia para el sistema de roscado, en vista que es necesario obtener un laboratorio de tecnología avanzada para fortalecer los conocimientos de los estudiantes y el crecimiento de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

1.2.2. Análisis Crítico

Por los procedimientos empleados en las industrias, la competencia en el mercado es grande, debido al adelanto científico y tecnológico que ejerce influencia, las empresas tienen cierto grado de complejidad y dificultad para el correcto funcionamiento de sus tareas, por este motivo deben adaptarse a reducir tiempos y costos de producción. La cual debe considerar factores importantes como: la seguridad para garantizar la integridad física de los trabajadores y el económico para obtener equipos y máquinas que tienen elevado costo.

La existencia de la Embotelladora en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, posee una máquina no adecuada para el Roscado de Botellas, por lo que, una de las necesidades observadas es el mejoramiento de esta, ya que la constante innovación de procesos y tecnología generará nuevos conocimientos y mayores oportunidades en el campo laboral.

1.2.3. Prognosis

La automatización del Sistema de Posicionamiento Semiautomático de Botellas en la Máquina de Roscado aportará numerosas ventajas a su producción. Un proceso de fabricación automatizada en la industria hoy en día, incluyendo el negocio de fabricación de bebidas, significa un producto final de mayor calidad y más competitivos debido a factores tales como

la normalización de procesos y productos, la velocidad de producción, programación de la producción, reducción continua de los residuos y menos probabilidades de equivocarse. Evita el contacto directo del producto con los recursos humanos, además este proceso está acorde con los altos estándares que demanda las normas nacionales e internacionales.

Estas nuevas necesidades de la industria han surgido principalmente para satisfacer cada vez más el exigente y competitivo mercado. Y esta evolución constante ha puesto en cada segmento, muchos en el sector manufacturero, las nuevas necesidades y requerimientos, entre ellos, la constante necesidad de automatizar los procesos que se llevaron a cabo con anterioridad por las personas y los sistemas electromecánicos, y ahora incluso incorporan sistemas de inteligencia artificial para la eficiencia de las empresas.

1.2.4. Formulación del Problema

¿Un sistema de posicionamiento semiautomático de botellas realizará el cambio del sistema manual en la Máquina de Roscado del Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato?

1.2.5. Preguntas Directrices

¿Qué mecanismos permitirá el ingreso y salida de botellas sin intervención humana?

¿Qué tipo de control se debe ejercer?

¿Qué materiales se recomienda para el diseño y construcción del sistema?

1.2.6. Delimitación

1.2.6.1. Espacial

Las investigaciones de campo y bibliográfica se realizó acorde a las necesidades, tanto como, dentro y fuera del Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

La construcción se realizó en un taller que concordó con las necesidades previstas para el desarrollo de dicho proyecto.

1.2.6.2. Temporal

El presente estudio se realizó entre los meses de Junio del 2014 hasta Abril 2015.

1.2.6.3. De Contenido

Campo: Ingeniería Mecánica

Área: Básicos Profesionalizados

Aspecto: Automatización

Sistemas de Medición y Control I y II

Electrónica Industrial

Plantas Industriales

Diseño Mecánico

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto realizado fue de suma importancia, en el caso del sellado de botellas, utilizan una máquina roscadora de botellas de rosca estándar, posee sistemas neumáticos y polipastos para el sellado, el cual pese a que funcionaba según las necesidades del laboratorio, presentaba dificultades en su operación debido a que su funcionamiento de colocación de botellas era manual, se hizo notorio cuando se necesitaba la seguridad para realizar y garantizar la integridad de los estudiantes en las prácticas de Sistemas de Medición y Control.

En el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato realiza el embotellamiento de botellas, para la fabricación de bebidas, su interés era de contar con maquinaria semiautomática que ofrezca menores tiempos y bajos costos de producción.

El estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado, fue beneficioso para el engrandecimiento de la Carrera de Ingeniería Mecánica aportando con el fortalecimiento en el área de Sistemas de Medición y Control. Esta investigación se presentó, por la necesidad de la superación académica de los estudiantes, para la formación de profesionales de calidad y competitivos en Ingeniería Mecánica.

La puesta en marcha del proyecto contribuyó a mejorar el sistema actual de sellado, ya que se contaba con los recursos, humanos, materiales y económicos necesarios para llevar a cabo los objetivos del proyecto, demostrándose a si las ventajas o desventajas que se generaran al mejorar los tiempos de roscado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Realizar el estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el mecanismo de posicionamiento apropiado sin intervención humana.
- Determinar el tipo de control semiautomático del proceso de sellado.
- Proponer una alternativa de solución diseñado con materiales recomendados.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La presente investigación del estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, fue de mucha importancia debido al avance tecnológico que se impulsa día a día. Las referencias bibliográficas fueron obtenidas mediante internet, libros, artículos y tesis:

En la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en el año del 2008 el Sr. Guillermo Andrés Pacheco Valarezo realizó el diseño de un sistema roscador de tapas inviolables, donde se llegó a concluir:

- “La máquina obtuvo elementos más básicos para diseñar, las cuales se les prestó la misma atención en su diseño y cálculo. Esto es esencial, debido a que no se debe despreciar ninguna parte del sistema central, por muy insignificante que sea, ya que todo el proceso funciona en conjunto y cada elemento cumple una operación específica”.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato en el año del 2013 la Srta. Egdo. Eliza Sailema realizó la lógica de control industrial y su influencia en la productividad del proceso de sellado de botellas aplicable en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, donde se llegó a concluir:

- “Mediante los resultados obtenidos, en la máquina semiautomática obtenemos un rango de tiempo de: $1.38 \text{ segundos} < t < 2.29 \text{ segundos}$ de un promedio de 1.8 segundos en 2 botellas,

superando al proceso manual, que tiene un rango de 6.56 segundos $< t < 14.40$ segundos un promedio de 8.38 segundos en 1 botella, obteniendo un incremento”.

En la Escuela de Formación de tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional en el año 2012 los Señores Edison Paul Simbaña Guallichico y Edwin Marcelo Chiza Ocaña realizaron la construcción de un prototipo de máquina tapadora de botellas rosca estándar de 500 ml controlada mediante un PLC para microempresas, que se llegó a concluir:

- “El proyecto permite visualizar el funcionamiento tanto mecánico como de automatización de un prototipo de tapadora de botellas para microempresa”.
- “El equipo es sencillo, eficiente y de fácil operación tanto su parte mecánica como de control”.

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La investigación se encuentra ubicada en el paradigma crítico-propositivo; crítico debido a que se analizará el sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado para un correcto desarrollo del proceso de sellado y su mejor selección de características y requerimientos de los diferentes sistemas y propositiva porque busca plantear la mejor solución al problema investigado.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para el estudio que se realiza se utilizara normas como las siguientes:

- NTE INEN 0077: Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Contactos, interruptores, mandos mecánicos, arrancadores y elementos de relés electromecánicos.
- IEC 60947-2 (Edición 1989): Cortocircuitos. También entran en este grupo de los interruptores de potencia MCCB (Molded Case Circuit-Breakers).
- CPE INEN 03: Código de Dibujo Técnico-Mecánico (Elaboración de Planos).
- RS-232 (Asociación de Industrias Eléctricas, 1969): Conexión entre un equipo terminal de datos y un equipo de comunicación de datos, empleando un intercambio de datos binarios y en serie.
- REGLAMENTO PARA BUENAS PRÁCTICAS PARA ALIMENTOS PROCESADOS.

2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

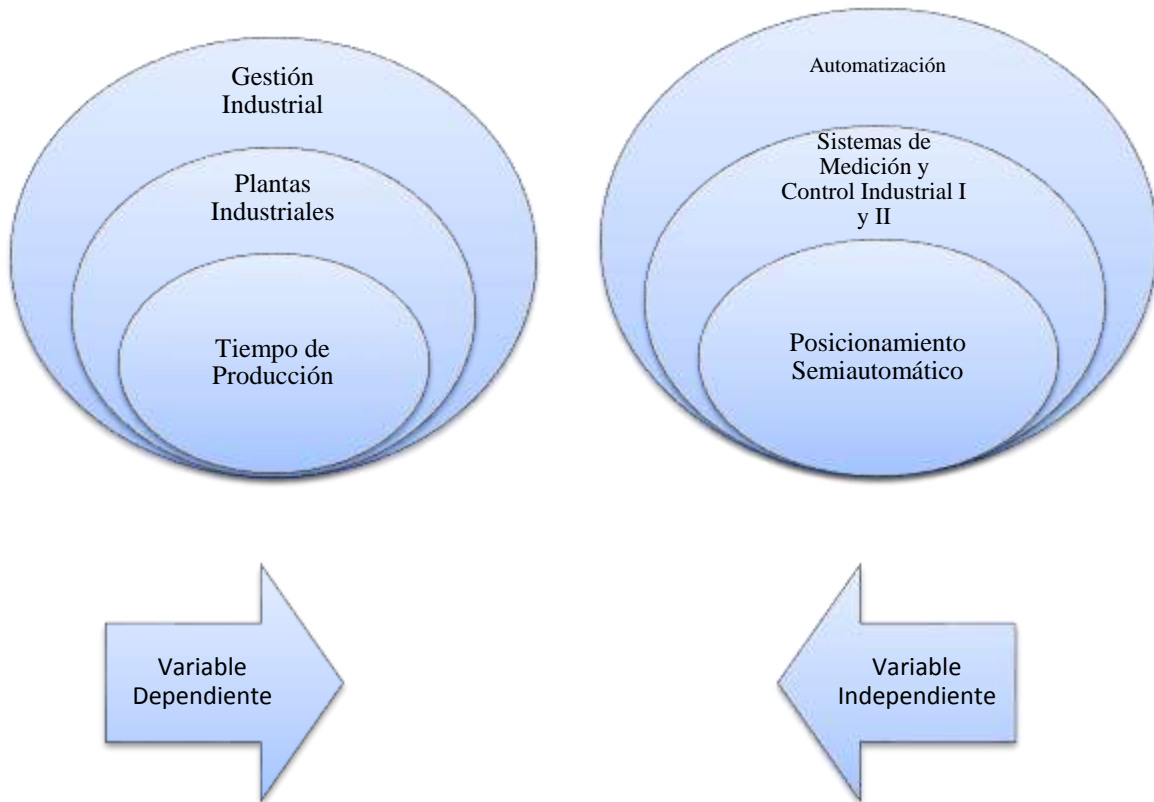


Figura 2.1: Variable Dependiente e Independiente

Fuente: Autor (Ronald Calderón)

2.4.1. Automatización Industrial

(Budynas & Keith, 2010) La Automatización tiene la finalidad de reducir la intervención humana dentro de los procesos con los sistemas de control y tecnología. En la industria, la automatización es un paso más allá de la mecanización por lo que los procesos industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que eran realizadas por los animales. En la mecanización es asistida por maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, mientras que en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental sensorial del operador. Como se nota presenta grandes ventajas en cuanto a la producción más eficiente y disminución de riesgos al operador.



Figura 2.2: Sistemas Automatizados

Fuente: <http://www.epsevg.upc.edu>

Existen ventajas al aplicar la automatización a un proceso:

- Reemplazo de operadores humanos en tareas repetitivas o de alto riesgo.
- Reemplazo de la fuerza humana debido a la necesidad, capacidad y precisión que se requiere.
- Con la línea de producción automatizada, se puede reducir el tiempo de ejecución de acuerdo a los procesos y obtener un incremento considerable de producción.

La inversión para automatizar un proceso es grande, la cual en nuestro caso será de aporte para los estudiantes y la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.4.1.1. Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización

(Budynas & Keith, 2010) Una empresa requiere la colaboración de un departamento debido a que la automatización es compleja en ciertos casos (gestión, logística automatización, distribución, etc.). En esta parte se enfoca el problema de automatización, desde el punto de vista que el ingeniero debe realizar.

En el cuadro metodológico consta de las fases siguientes, que el operador debe realizar:

- Automatización
- Supervisión
- Interacción
- Implementación
- Pruebas

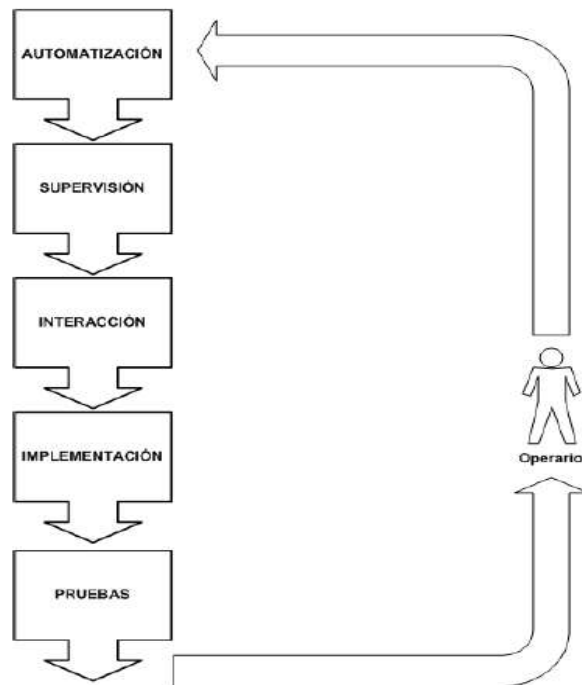


Figura 2.3: Fases para Proyecto de Automatización

Fuente: <http://www.epsevg.upc.edu>

En el caso de llevar a la práctica un proyecto de automatización, es necesario seguir las fases de la metodología presentada, así como indicar el tipo de operario o grupo encargado de llevar a cabo las fases por separado o el conjunto de ellas.

2.4.1.2. Elementos de un Sistema Automático

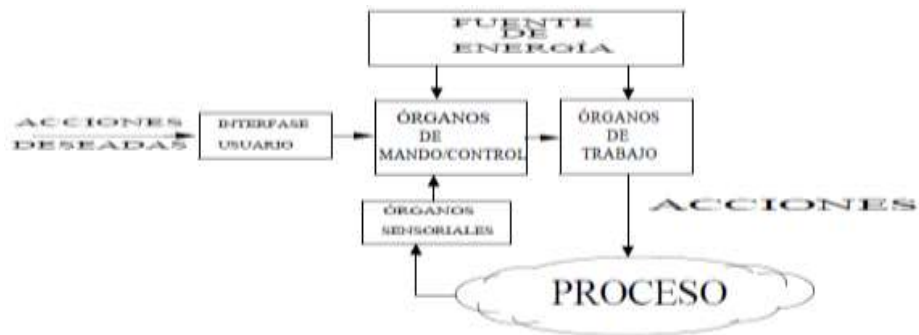


Figura. 2.4: Elementos de un Sistema Automático

Fuente: <http://www.epsevg.upc.edu>

- Acciones
- Fuentes de Energía
- Órganos de Mando/Control
- Órganos Sensoriales

2.4.1.3. Sistemas para la Automatización

Sistemas de Automatización Mecánica

Mecanismos habituales: Engranajes, correas de transmisión, palancas, etc. Ejemplos: Tornos, fresadoras, relojes mecánicos, etc.

Sistemas de Automatización Neumática

La neumática posee una amplia aplicación en la industria, sus funciones y rapidez les hace muy importantes. De esta manera reduce el recurso humano.

La automatización tiene una estrecha relación en la industria, que se utilizarán ciertos elementos:

- Cilindros neumáticos
- Válvulas
- Reguladores de presión

➤ Cilindros neumáticos

Transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Que está estructurado por un recipiente con un embolo o pistón. El cual al introducir aire comprimido con un porcentaje de caudal este se expande dentro de la cámara y provocan un desplazamiento lineal.



Figura 2.5: Cilindros Neumáticos

Fuente: <http://www.microautomacion.com>

Los cilindros neumáticos se clasifican de la siguiente manera:

a. Cilindro de doble efecto

(Técnico Superior, Código: 0959) Son aquellos que operan su carrera de avance como la de retroceso con el aire comprimido. Estos pueden realizar su trabajo en ambos sentidos, empleando las dos cámaras del émbolo (aire por las dos cámaras), además tienen los mismos componentes y diferente construcción a los de simple efecto. Para la inyección aire comprimido, tiene un orificio roscado en la culata interior.

Son los más utilizados en el control neumático, realizando esfuerzo en ambos sentidos, la carrera es mayor, y no pierde su fuerza.

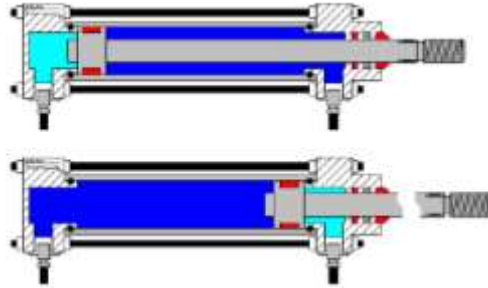


Figura 2.6: Cilindro de Doble Efecto

Fuente: <http://cursos.aiu.edu>

b. Cilindro de simple efecto con resorte

Se conecta aire comprimido en la entrada, la fuerza empuja el émbolo, comprime el resorte y hace salir el vástago. El resorte no tiene la misma fuerza cuando están extendidos o comprimidos, al momento de disminuir la longitud va adquiriendo más fuerza, en este caso es un elemento negativo ya que no le permite salir con el empuje normal. También en la cámara del cilindro tiene un orificio del diámetro adecuado que le permita expulsión del aire hacia el exterior y aspiración cuando retorna la carrera.

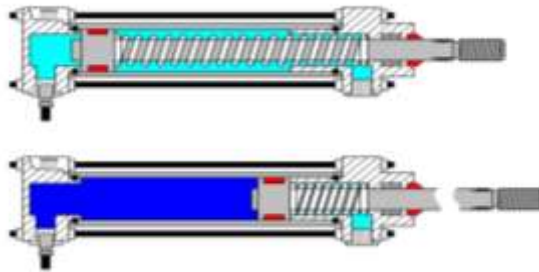


Figura 2.7: Cilindro de Simple Efecto con Resorte

Fuente: <http://cursos.aiu.edu>

c. Cilindro de simple efecto

Este cilindro realiza su retorno por medio de la gravedad, la fuerza de rozamiento del cilindro debe ser menor que la del peso. De esta manera si su peso es menor no podrá hacer la carrera de retroceso.

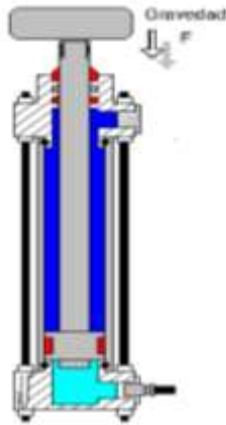


Figura 2.8: Cilindro de Simple Efecto

Fuente: <http://cursos.aiu.edu>

d. Cilindro normal

Su movimiento se da cuando las dos cámaras se alimentan.

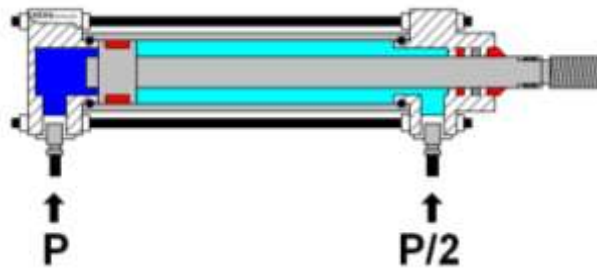


Figura 2.9: Cilindro Normal

Fuente: <http://cursos.aiu.edu>

e. Cilindro de doble efecto y doble vástago

Son empleados cuando se requieren precisión y se puede regular la carrera.

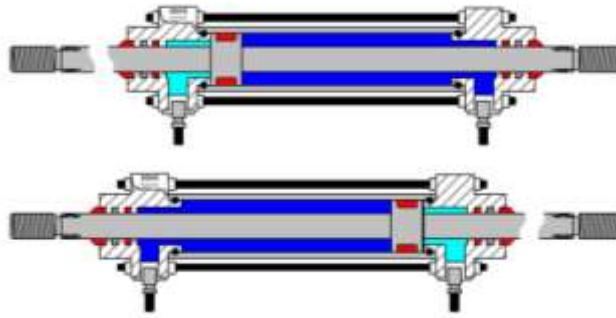


Figura 2.10: Cilindro de Doble Efecto y Doble Vástago

Fuente: <http://cursos.aiu.edu>

➤ Válvulas

(Norma DIN/ISO 1219) Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por el compresor o almacenado en un depósito.

Debido a la evolución de la neumática y la hidráulica, existe una variedad de válvulas para poder utilizar, así, realizar infinidad de trabajos automáticos, que se mandan manualmente o mecánicamente. Las válvulas como cualquier elemento tienen misiones:

- Distribuir el fluido
- Regular el caudal
- Regular presión

Las válvulas se dividen de acuerdo a su función:

a. Válvulas distribuidoras

Estas válvulas realizan la distribución del aire comprimido por el camino a seguir, teniendo como objetivo la puesta en marcha y paro, para realizar las operaciones, teniendo válvulas de dos, tres, cuatro y cinco vías, de acuerdo a la función requerida.

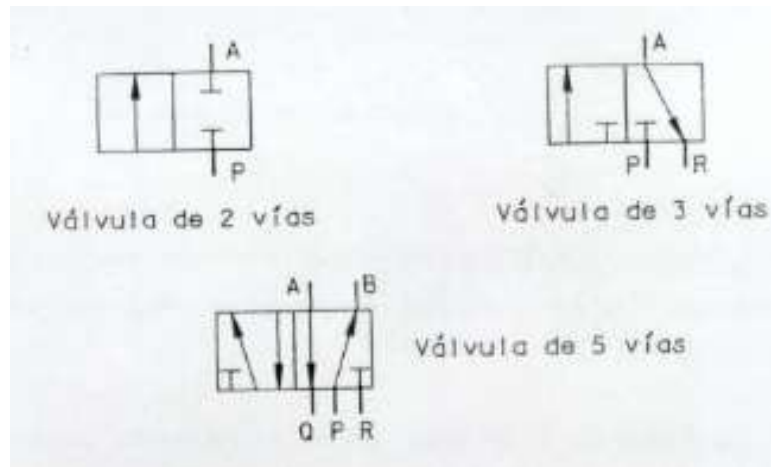


Figura 2.11: Válvulas Distribuidoras

Fuente: <http://ocw.uc3m.es>

b. Válvulas de caudal

Su misión es estrangular el caudal en las conducciones del fluido. Las cuales se dividen en dos:

- **Reguladores unidireccionales:** El paso del flujo es por dos caminos en paralelo, en uno de ellos está el antirretorno simple y en el otro la regulación.
- **Reguladores bidireccionales:** El efecto estrangulador se manifiesta en ambos sentidos.



Figura 2.12: Válvulas Reguladoras de Caudal

Fuente: <http://ocw.uc3m.es>

c. Válvula check

La válvula check permite que el fluido se traslade en un solo sentido, teniendo una caída de presión por el resorte de cierre. Así, pueden servir para la retención de aire comprimido y mantener cargado un depósito.



Figura 2.13: Válvulas Chek

Fuente: <http://ocw.uc3m.es>

➤ Reguladores de Presión

Los reguladores de presión son necesarios, debido a las presiones que ejercen fuera del rango, que producen desgaste y así no obteniendo efectividad en el proceso.



Figura 2.14: Regulador de Presión

Fuente: http://www.samson.de/pdf_in/t85460es.pdf

Sistemas de Automatización Hidráulica

(Crews, Neumática E Hidráulica, 2011) Presenta características muy similares a los mecanismos neumáticos, solo que el mando hidráulico tiene un tiempo de respuesta inferior al mando neumático. Ejemplos: Dirección de automóvil, prensas hidráulicas.

Sistemas de Automatización Eléctrica y Electrónica

- Es la más extendida en la actualidad, los sistemas de actuación eléctrica con bien conocidos, motores, actuadores electromagnéticos, etc.
- El mando eléctrico suele implantarse mediante relés.
- El mando electrónico puede ser implementado mediante componentes electrónicos discretos digitales o mediante sistemas de lógica programable (FPGA).
- El método de automatización electrónico más extendido es el microprocesador.

2.4.1.4. Combinación de cableado eléctrico, neumático e hidráulico

Técnicas de conexión eléctrica, neumática e hidráulica (Técnico Superior, Código: 0959)

- Bornes, conectores, racores, derivadores, tubería neumática, latiguillos y mangueras hidráulicas, etc.
- Simbología normalizada.

Integración de circuitos eléctricos cableados, neumáticos e hidráulicos

- Válvulas para la conversión de señales de circuito de diferentes tecnologías.
- Circuitos de secuencia de control electro-neumático.
- Circuitos de secuencia de control electro-hidráulico.
- Circuitos secuenciales hidráulicos de pilotaje neumático.
- Pilotaje neumático y electro-neumático de dispositivos de vacío.

Técnicas de verificación

- Conexiones
- Funcionamiento

Técnicas de ajuste

- Ajuste de sensores de posición y proximidad.
- Ajuste de relés de tiempo y protección.
- Niveles de aire y de aceite.
- Ajuste de presostatos y válvulas reguladoras.

Prevención de riesgos, seguridad y protección de medioambiente

- Normativa de prevención de riesgos de acuerdo a los sistemas automáticos.
- Prevención de riesgos laborales en los procesos de montaje y mantenimiento.
- Equipos de protección individual: Características y criterios de utilización.

Tabla 2-1: Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico

| Características | Neumático | Hidráulico |
|-------------------------|--|--|
| Efecto de las fugas | Sólo pérdida de energía | Contaminación |
| Influencia del ambiente | A prueba de explosión. Insensible a la temperatura | Riesgo de incendio en caso de fuga. Sensible a cambios de temperatura. |
| Almacenaje de energía | Fácil | Limitada |
| Transmisión de energía | Hasta 1000 m. Caudal $v = 20 - 40$ m/s. Velocidad de la señal $20 - 40$ m/s. | Hasta 1000 m. Caudal $v = 2 - 6$ m/s. Velocidad de la señal hasta 1000 m/s. |
| Velocidad de operación | $V = 1,5$ m/s. | $V = 0,5$ m/s. |
| Costo de alimentación | Muy alto | Alto |
| Movimiento lineal | Simple con cilindros. Fuerzas limitadas. Velocidad dependiente de la carga. | Simple con cilindros. Buen control de velocidad. Fuerzas muy grandes. |
| Movimiento giratorio | Simple, ineficiente, alta velocidad. | Simple, par alto, baja velocidad. |
| Exactitud de posición | 1/10 mm posible sin carga | Puede conseguirse un milímetro |
| Estabilidad | Baja, el aire es compresible. | Alta, ya que el aceite es casi incompresible; además, el nivel de presión es más alto que en el neumático. |
| Fuerzas | Protegido contra sobrecargas. Fuerzas limitadas por la presión neumática y el diámetro del cilindro ($F = 30$ kN a 6 bar) | Protegido contra sobrecargas, con presiones que alcanza los 600 bar y pueden generarse grandes fuerzas hasta 3000 kN |

Fuente: (Crews, Neumática E Hidráulica, 2011).

Tabla 2-2: Características comparativas de los sistemas neumático/hidráulico y eléctrico/electrónico

| Componentes | Neumático/hidráulico | Eléctrico/electrónico |
|----------------------|--|---|
| Elementos de trabajo | Cilindros Motores Componentes | Motores eléctricos Válvulas de selenoide Motores lineales |
| Elementos de control | Válvulas direccionales distribuidoras | Contactores de potencia Transistores Tiristores |
| Elementos de proceso | Válvulas direccionales distribuidoras Válvulas de aislamiento Válvulas de presión | Contactores Relés Módulos electrónicos |
| Elementos de entrada | Interruptores Impulsos Interruptores finales de carrera Módulos programadores Sensores | Interruptores Pulsadores Interruptores final de carrera Módulos programadores Sensores Indicadores / generales |

Fuente: (Crews, Neumática E Hidráulica, 2011).

2.4.1.5. Lógica Programada

(Bolton, Mecatrónica, 2010)

a) Microprocesador

Permite la ejecución de un programa que se ejecuta de forma secuencial, esta secuencia se realiza de forma cíclica ejecutando lo que se denomina bucle de control.

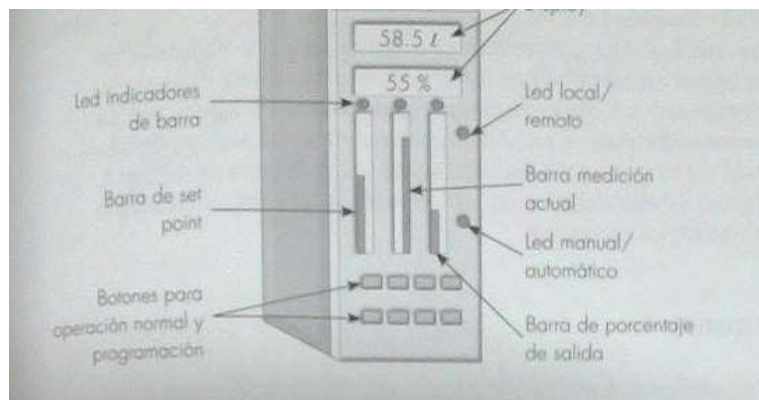


Figura 2.15: Microcontrolador representativo para montaje en panel

Fuente: (Pacheco Chavira)

La ejecución del bucle está sincronizada por el reloj del sistema, esta estructura permite la implantación de sistemas de mando secuenciales.

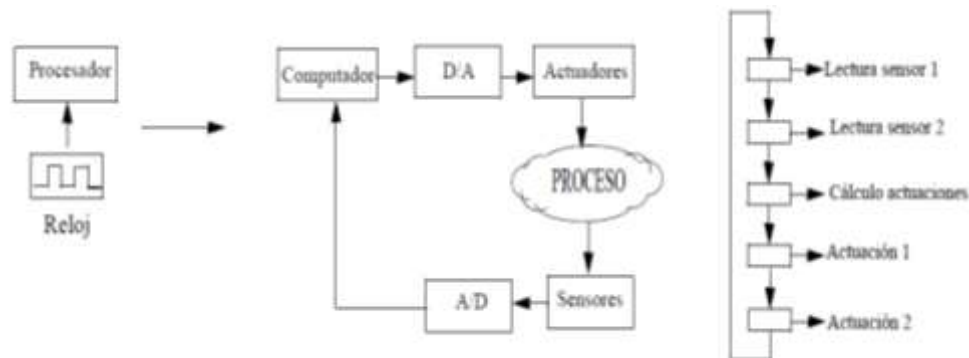


Figura 2.16: Control Mediante Microprocesador

Fuente: <http://www.uhu.es>

Los sistemas microprocesadores están conformados por tres partes:

1. CPU (Unidad Central de Procesamiento): La cual reconoce y ejecuta las instrucciones del programa.
2. Las interfases de entrada y salida: Maneja las comunicaciones entre la computadora y el mundo exterior.
3. El puerto se usa para la interfase, y la memoria se almacena instrucciones de programas y datos.

Aplicaciones del microprocesador

- Se usan en lavadoras de ropa, el humano selecciona el tipo de lavadora que requiere.
- Son utilizados en los semáforos.

b) PLC

Este controlador inicio sus operaciones sustituyendo a los reveladores que se usaban para la lógica combinacional y secuencial, en sus inicios sus entradas y salidas eran puramente digitales y tenían funciones de tiempo, después se les han agregado funciones de PID y ya

cuentan con entradas y salidas análogas así como la capacidad de comunicarse. El PLC actual es una computadora industrial, cuenta con memoria, CPU, hardware periférico, software para su programación y capacidad de comunicación. (Pacheco Chavira)

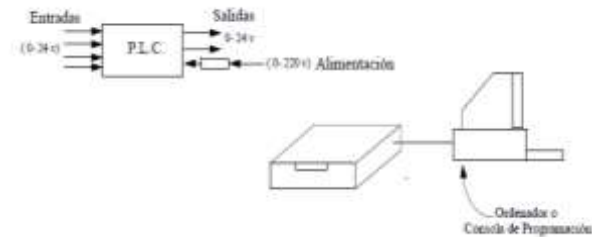


Figura 2.17: Sistema modular, con una CPU y terminales de entrada/salida.

Fuente: <http://www.uhu.es>

Un Controlador Lógico Programable (PLC) consta de una estructura básica que consiste en una unidad central de procesamiento CPU, memoria y circuitos de entrada y salida.

- CPU: Controla y procesa todas las operaciones dentro del PLC.
- Un temporizador cuya frecuencia típica es entre 1 y 8 MHz. La cual determina la velocidad de operación del PLC y es la fuente de temporización y sincronización de todos los elementos del sistema.
- Un sistema de buses lleva información y datos desde y hacia la CPU, la memoria y las unidades de entrada/salida. Las memorias son: ROM guardar de forma indefinida la información del sistema operativo y datos corregidos, y la RAM para el programa del usuario y memoria buffer temporal para los canales de entrada/salida.

Diagrama de bloques



Figura 2.18: Diagrama de bloques

Fuente: <http://www.uhu.es>

Entrada / Salida

Son módulos de 8/16 señales E/S. Estos módulos traducen los valores de las señales y además aseguran aislamiento galvánico.

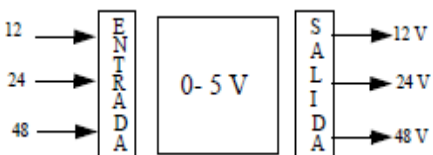


Figura 2.19: Módulos de 8/16 señales E/S

Fuente: <http://www.uhu.es>

Ciclos de funcionamiento

Durante el funcionamiento del autómatas se pueden distinguir dos fases:



Figura 2.20: Módulos de 8/16 señales E/S

Fuente: <http://www.uhu.es>

Fase de sistema

- Chequeo Entrada / salida
- Chequeo de la memoria
- Iniciación de temporizadores
- Iniciación de contadores

Fase de tratamiento

Pueden existir diferentes modos de activación (comienzo del ciclo).

Modos de activación

- **Directa:** el programa se ejecuta una y otra vez de forma repetida y cíclica.
- **Síncrona:** Periódicamente se arranca el programa.
- **Auto sincronizado:** Exige que las transiciones a la entrada generan interrupciones hacia la CPU. Así solo en cambios de la entrada se recalculan las salidas.

Aplicación

El PLC sirve para controlar máquinas y procesos.

c) Computador

(Cetinkunt, 2007) Es un cerebro del sistema mecatrónico. Sus herramientas para el desarrollo de un controlador embebido son dos: herramientas para hardware y herramientas para el software.

Las herramientas del hardware son:

- PC de escritorio para albergar las herramientas del software.
- La tarjeta de evaluación o el hardware del microcontrolador del objetivo final.
- Herramientas de depuración como un emulador ROM, analizador lógico.
- Herramientas del escritor.

Herramientas del software:

- Compilador, editor de enlaces y depurador.
- Sistema de operación en tiempo real (no requerido).

Aplicaciones

Se emplea para la función de un sistema electrónico y como un controlador.

2.4.2. Sistemas de Medición y Control

(Pacheco Chavira) Los instrumentos de medición y control son relativamente complejos y su función puede entenderse si se clasifica de manera adecuada.

El dispositivo que tiene la parte inteligente de un sistema de control de proceso es el controlador, en el están contenidas las funciones de memoria, operaciones matemáticas y lógicas, decisiones y en general el algoritmo de control.

2.4.2.1. Sistemas de control

Sistema de Control de Lazo Abierto

Se llama lazo abierto porque no tiene lazo de realimentación, la entrada no tiene información de salida.

Características

- Depende de la experiencia del operador.
- No corrige el efecto de las perturbaciones si los cambios de carga.
- No tiene precisión ni exactitud.
- Bajo costo.
- Fácil instalación y mantenimiento.

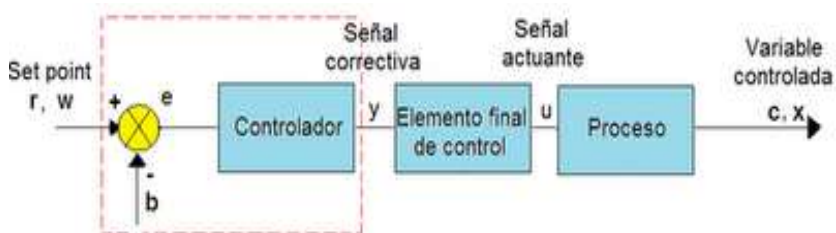


Figura 2.21: Lazo de Control Abierto

Fuente: <http://planespecifico.blogspot.com>

Sistema de Control de Lazo Cerrado

Características:

- Tiene lazo de realimentación, es decir la entrada tiene información de la salida.
- Corrige el efecto de las perturbaciones.
- Es más preciso y exacto que el lazo abierto.
- Todo lazo realimentado presenta tiempo muerto.
- Es más costoso y su instalación es más compleja que la del sistema lazo abierto.

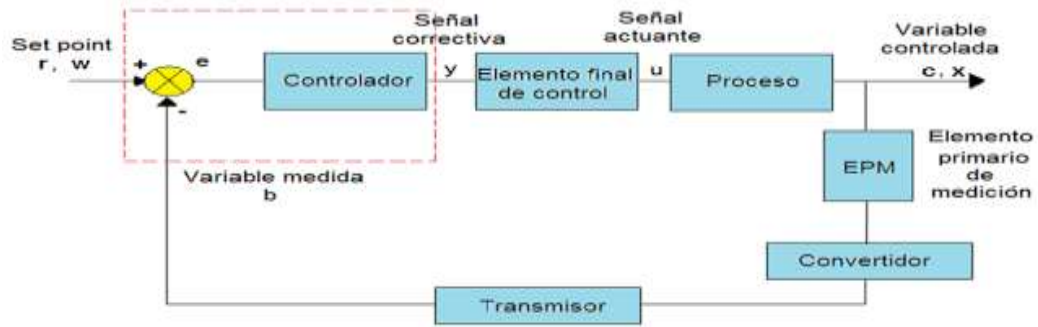


Figura 2.22: Lazo de Control Cerrado

Fuente: <http://planespecifico.blogspot.com/2011/07/instrumentos-de-medicion-y-control.html>

2.4.2.2. Tipos de Control Secuencial

Asíncrono

La transición de estado se produce únicamente debido a los cambios en las variables de proceso.

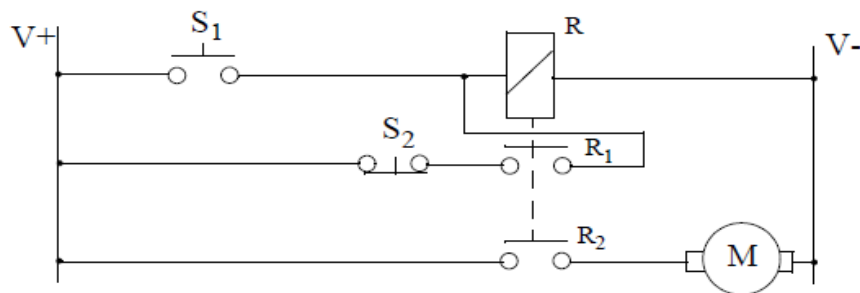


Figura 2.23: Mando de un motor mediante relé

Fuente: <http://www.uhu.es>

Síncrono

Las transiciones en las variables y en los estados se producen de forma sincronizada mediante pulsos de un reloj de frecuencia fija.

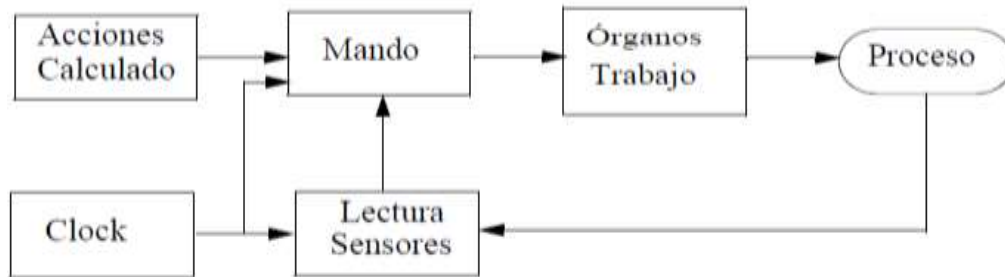


Figura 2.24: Proceso controlado mediante Microprocesadores

Fuente: <http://www.uhu.es>

2.4.2.3. Variador de velocidad

Son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes físicas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada

2.4.3. Gestión Industrial

Son programas de formación sistematizada y práctica para alcanzar el desarrollo de la tecnología, apoyando a las empresas mediante lo científico y administrativo para satisfacer las necesidades optimizando las actividades de producción y poder ser responsables con la comunidad.

2.4.4. Diseño Mecánico

(Norton, 2005) El diseño de ingeniería se puede definir como “el proceso de aplicar diversas técnicas y los principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización”. El diseño de máquinas se ocupa de la creación de maquinaria que funcione segura y confiablemente bien.

2.4.4.1. Motor a Pasos

Son muy utilizados en estos tiempos por su precisión, sus cualidades especiales para poderlos mover desde un paso hasta una secuencia interminable de pasos dependiendo de la cantidad de pulsos que se les aplique. Puede ir desde pequeños movimientos desde 1.8° hasta de 90° , que cuando se detiene los pulsos el motor, se para automáticamente y conserva su posición. Muchos de estos motores están conectados con la carga a través de un reductor de velocidades con engranajes, para obtener posicionamientos precisos.



Figura 2.25: Motor a Pasos

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_b_ii/capitulo3.pdf

Especificaciones

(Bolton, Mecatrónica, 2010)

Fase: Es la cantidad de devanados independientes del estator.

Ángulo de paso: Gira el rotor durante un cambio de estado en los devanados del estator.

Par de retención: se puede alcanzar el máximo par a un motor energizando sin modificar la posición de reposo y provocar la rotación del eje.

Par máximo de enganche: Par máximo que alcanza el motor, dada una frecuencia de pulsos, obteniendo la sincronización sin perder un paso.

Par máximo de desenganche: Se trabaja sin perder su sincronización con el par máximo posible aplicando al motor y con determinada frecuencia de pasos.

Frecuencia de enganche: Conmutación máxima a la que un motor de cargado puede ponerse en marcha sin perder un paso.

Frecuencia de desenganche: Es la conmutación en la que un motor de cargado puede mantener su sincronía conforme se reduce la frecuencia.

Velocidad de progresión: Es el rango de frecuencias de conmutación entre el enganche y desenganche del motor para la sincronía, no puede ni arrancar ni invertir su giro.

Aplicación del Motor a Pasos

En ciertas aplicaciones se requiere de pasos pequeños. Esto se realiza aumentando el número de dientes del rotor o la cantidad de fases, lo más común es que no se usen más de cuatro fases ni tampoco más de 50 a 100 dientes.

Ventajas

- Produce rotación en ángulos, llamados pasos, por cada pulso digital que llega a su entrada.
- Los motores cuatro fases se utilizan para aplicaciones de gran potencia.
- Los motores bipolares tienen cuatro cables para conectar señales que generen una secuencia.

Desventajas

- Los motores bifásicos no se pueden utilizar para aplicaciones pesadas.

- Al conectar el motor al microcontrolador es necesario incluir una protección para no causar daños. Los resistores se debe elegir el mejor y sin limitar el valor de la corriente necesaria para conmutar los transistores. Los diodos impiden que no exista corriente en dirección inversa.

2.4.4.2. Servomotor

Los servomotores son controlados por lazo cerrado de respuesta inmediata programada de aceleración o velocidad, control de posición y posición de carga. (Lazo cerrado: significa que los sensores en el motor o dispositivo de salida retroalimenta la información de velocidad y posición). Los circuitos responden a la retroalimentación al reducir o incrementar (o invertir) el flujo de corriente (y/o su frecuencia) hacia el motor.

Los servomotores se fabrican para CA y CD. El motor de CA es controlado por un controlador de frecuencia variable para ser sincronizado.



Figura 2.26: Servomotor

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_b_ii/capitulo3.pdf

Aplicaciones

(Norton, 2005) Los servomotores se aplican en:

- Mover las superficies de control de vuelo en aviones.
- Misiles dirigidos.

- En centros de maquinado numéricamente controlados.
- En maquinaria automática de fabricación.
- Control de robots.

Ventajas

- Capacidad de par de torsión elevado.
- Proporciona hasta tres veces su par de torsión nominal continuo durante periodos como bajo sobre cargas intermitentes.
- Arranques suaves programados.
- Mantiene la velocidad a tolerancias mínimas ante una variación de par de torsión con carga.
- Realiza paros de emergencia inmediatos con freno dinámico.
- Menor mantenimiento.

Desventajas

- Los servomotores son dispositivos relativamente costosos.
- Debe utilizar sistemas con micros.

2.4.4.3. Leva

(Norton, 2005) Las levas son una forma de mecanismo de cuatro barras degradado en el cual el mecanismo acoplador se ha reemplazado por una semijunta. En cualquier posición instantánea de una leva y seguidor, pueden sustituirse un mecanismo efectivo que, en esa posición instantánea, tendrá el mismo movimiento que el original.

Se emplean para transformar el movimiento circular en un movimiento rectilíneo alternativo de acuerdo a las características necesarias que depende del perfil de la leva, la cual para el movimiento del seguidor se diseña una gráfica. Se emplean en los motores de combustión para efectuar la apertura y cierre de las válvulas que dejan entrar o salir los gases de la cámara de combustión. Pueden ser: de disco, cilíndricas y de campana.

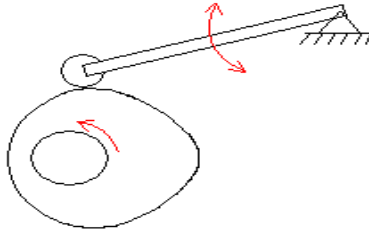


Figura 2.27: Leva y Seguidor

Fuente: http://tecnoloxia.com/mecanismos/mecanismosCAS/texto_fichas/definicion_leva.htm

Aplicaciones

Los sistemas leva-seguidor son normalmente utilizados en variedad de máquinas como:

- Motor automotriz
- Maquinaria de impresión
- Máquinas de zapatos
- Tornos automáticos

Ventajas

- Facilidad de diseño para una función específica de salida.
- Puede obtener infinidad de puntos de precisión.
- Puede funcionar a velocidades altas.
- Requiere menos mantenimiento.

Desventajas

- Su fabricación es difícil y costosa.
- Limitación de su desplazamiento.

2.4.4.4. Cruz de Malta

También llamada rueda de Ginebra. Mecanismo que transforma movimiento circular en un movimiento rotatorio intermitente. La misma que durante una vuelta de la manivela la rueda gira una fracción de vuelta. El segmento circular que va unido a la manivela evita que la rueda

gire cuando el rodillo no este acoplado a una ranura y coloca a la rueda para que el encaje del rodillo sea correcto en la siguiente ranura.

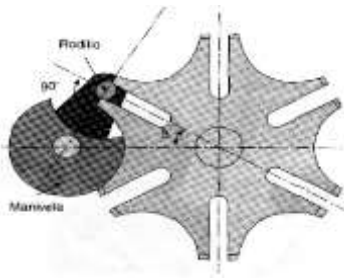


Figura 2.28: Mecanismo Cruz de Malta

Fuente: <http://edu.jccm.es>

Aplicaciones

- La cruz de malta es aplicada para proyectos de cine.
- Plumas en plotters.
- Para muestreo automático.
- Tablas de clasificación y líneas de ensamblaje.
- Máquinas CNC.
- Para variedad de proyectos industriales.

Ventajas

- Puede darse el movimiento con motor paso a paso.
- Con un mecanismo pueden ser controlados electrónicamente.
- Controla tiempos.

Desventajas

- No soporta tanta tensión mecánica.

2.4.4.5. Banda Transportadora

Son sistemas mecanizados para transportar materiales de forma más o menos continua y regulada para poder llegar hacia un objetivo. Está constituida por: una banda que recibe

tracción mediante rodillos y a su vez se conducen por motor reductores. Estas tienen una funcionalidad que no es necesario un operario para poder transmitir continuar con el proceso.

Las bandas utilizadas para el transporte de material pueden ser fabricadas acorde a las necesidades: Sintéticas, textiles, metálicas, etc.



Figura 2.29: Banda

Fuente: GUAMANQUISPE Jorge, Máquinas de Elevación y Transporte.

Aplicaciones

La aplicación de la banda transportadora es en las siguientes ramas:

- Industria
- Industria de alimentos
- Minería
- Construcción
- Automotriz

Ventajas

- Se utilizan para transportar material granulado, agrícola e industrial, para transporte de personas.
- Se utilizan para uso ligero y uso pesado.
- De acuerdo a la necesidad se seleccionará la velocidad, esfuerzo o tensión.
- El elemento motriz es eléctrico.
- Transporte para grandes distancias
- Facilidad de adaptación a cualquier terreno.

Desventajas

- El funcionamiento depende de los motores.
- Riesgo de atrapamiento.
- Para el uso humano sería un gasto innecesario.

De acuerdo a las dimensiones y superficies, se describen algunos sistemas generales:

a. Banda sobre rodillos

Este sistema está compuesto por una banda sobre rodillos, el cual, es para materiales pesados por su diseño y permite transportar cargas pesadas de forma más eficiente.

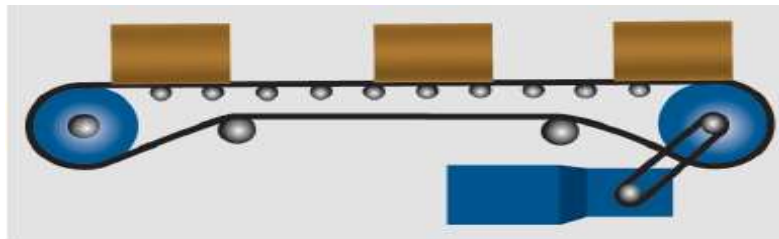


Figura 2.30: Banda sobre Rodillos

Fuente: RIVERA, S, RODRÍGUEZ, J; Tesis Escuela Politécnica del Ejercito sede Latacunga.

b. Banda sobre planchas

Consiste en una palanca o lámina montada sobre una estructura. En este tipo de sistema, la banda va sobre la lámina que a su vez soporta y transporta. Son utilizadas para carga liviana y tramos cortos, por la fricción que existe entre la lámina y la banda.

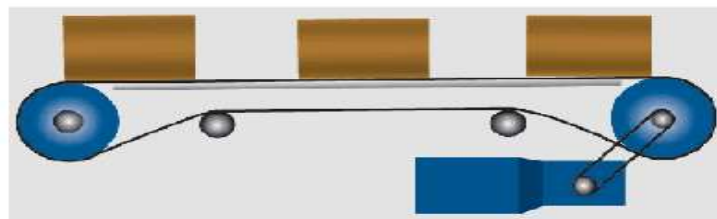


Figura 2.31: Banda sobre una Palanca

Fuente: RIVERA, S, RODRÍGUEZ, J; Tesis Escuela Politécnica del Ejercito sede Latacunga.

c. Rodillo vivo

En este sistema los rodillos van sobre las bandas las mismas que le transmiten el movimiento a los mismos. Transporta cargas pequeñas o medianas en cajas, bandejas o tarimas, etc. Tiene la ventaja de lograr diferentes niveles de acumulación en los materiales transportados.

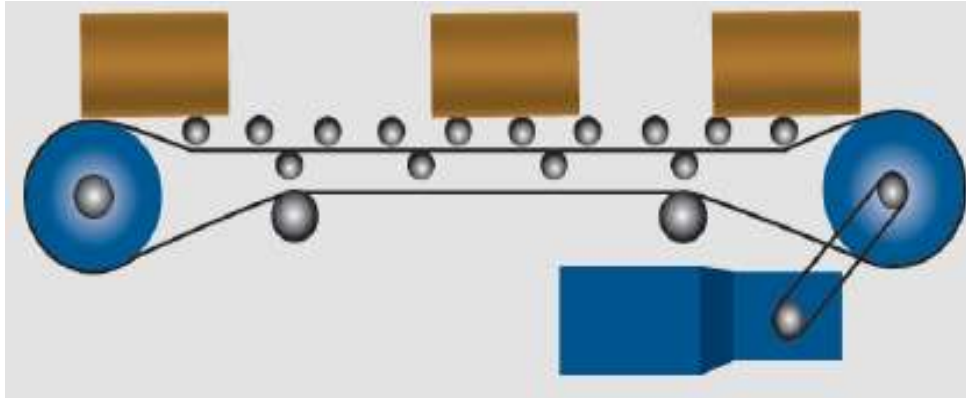


Figura 2.32: Rodillo Vivo

Fuente: RIVERA, S, RODRÍGUEZ, J; Tesis Escuela Politécnica del Ejercito sede Latacunga.

2.4.5. Plantas Industriales

Son conjuntos formados por máquinas, aparatos y otras instalaciones ubicadas en lugares adecuados, que la función es transformar materias o energías de acuerdo a un proceso básico preestablecido. El hombre tiene que usar este conjunto de elementos, para obtener mayor información del rendimiento de los equipos.

2.4.5.1. Industria de la Bebidas

La industria de las bebidas, se considera, muy fragmentada, lo que resulta evidente por el gran número de fabricantes, de métodos de envasado, de procesos de producción y de productos finales. La cual tiene exigencias de higiene para conservar y preservar el producto sin alterar las propiedades. Por ello, su mejor garantía, es mantener limpio las instalaciones, equipos, y ambientes presentes en las plantas.



Figura 2.33: Industria de las Bebidas

Fuente: WARD Lance, Industria de las Bebidas.

Procesos de Envasado de Agua

- Proceso de abastecimiento de agua
- Proceso de recepción
- Proceso de purificación
- Proceso de limpieza de envases
- Proceso de envasado
- Procesos de sellado
- Proceso de etiquetado
- Proceso de almacenamiento del producto

2.4.5.2. Botella

Es un recipiente fabricado en material rígido, ya sea con vidrio o de plástico para contener productos líquidos, como agua, leche, vino, etc. Al igual que existe botellas metálicas para contener gases a presión para uso específico y menos generalizado.

Tipos de botellas

Botella de vidrio.- Se utiliza para productos que no alteran bajo los efectos de la luz. En caso contrario, se suele usar envases opacos como latas o brichs.



Figura 2.34: Botella de Vidrio

Fuente: <http://www.dineroenimagen.com/vidrio>

Botella de plástico.- Envase ligero utilizado en la comercialización de líquidos, en productos como: lácteos, bebidas o de limpieza. Otros usos también para el transporte de productos pulverulentos o en píldoras, como vitaminas o medicina. Las ventajas es que son de bajo costo y variedad de formas.



Figura 2.35: Botella de Plástico

Fuente: <http://www.tuverde.com>

Tipos de Cierre

Para líquidos envasados sin presión

- Rosca estándar
- Rosca inviolable. Para abrir la botella es necesario forzar el precinto de la rosca.
- Tapón de corcho. El propio tapón es el que ejerce la presión lateral.

Para líquidos envasados con presión

- Tapón corona
- Twist-off corona
- Eurospin
- DiTAB

Tipos de Tapas

Tapa corona.- La tapa tipo corona es utilizada para cerrar envases con refrescos, aguas, cervezas, jugos y licores. Existen dos versiones:

- PRY-OFF (Corona Fija): Para destape con palanca, usada en botellas retornables.
- TWIST-CROWN (Corona Girable): Para destape por simple giro, usada en botellas no retornables.

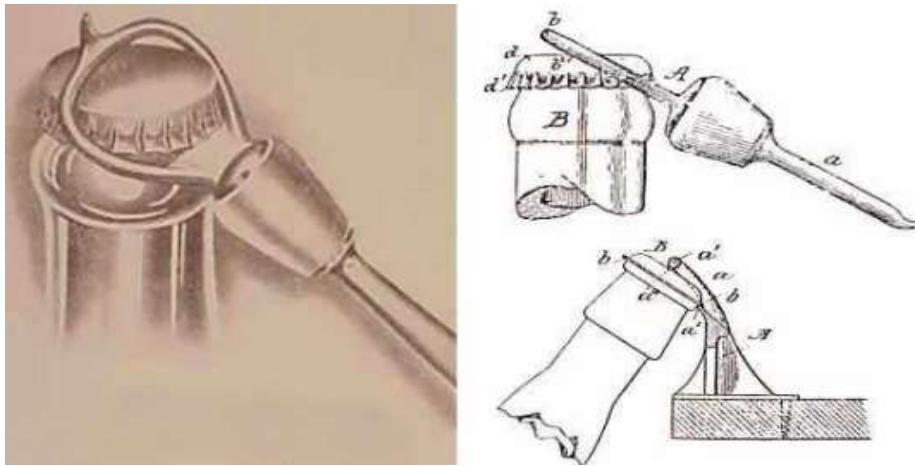


Figura 2.36: Tapa Corona

Fuente: <http://www.yalosabes.com>

Tapa plástica.- La tapa plástica es roscado para acabado PCO 28"; ha sido diseñada para envasar productos carbonatados y no carbonatados como agua, aceite y productos farmacéuticos.



Figura 2.37: Tapa Plástica

Fuente: <http://www.tacorsa.com>

2.4.6. Proceso de Sellado de Botellas

El proceso de sellado de botellas tiene una gran ampliación en la industria de envases, como los productos farmacéuticos (envases para jarabes, envases de píldoras, etc.) o los productos de bebidas (envases sin alcohol: agua, yogurt, té, café, etc. O envases con alcohol: cervezas, bebidas carbonatadas, vinos, licor, coñac, vodka, etc.).

La máquina que se pretende realizar se rige básicamente a lo siguiente:

- El tipo de cierre o cápsula con sus respectivas características.
- El tipo de envase.
- La producción que se desea generar.

Funcionamiento de sellado de botellas

El funcionamiento del sistema de sellado de botellas debe ser de tal manera que sobre las tapas se forme de acuerdo al perfil de la boca del envase sin que se cometa errores en algún proceso.

De esta manera se divide en tres procesos principales:

1. Alimentación de tapas
2. Alimentación de envases a zona de roscado
3. Proceso de sellado

2.5. Hipótesis

El sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado disminuirá los tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.6. Señalamiento de Variables

Variable Independiente: Sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina roscadora.

Variable Dependiente: Tiempos de producción.

Término de Relación: Disminuirá.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE

El estudio de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado fue cuantitativo por el número de botellas que se tomará como indicador para el proceso de sellado.

3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Bibliográfica

Fue necesaria para la recopilación de información de distintas fuentes de libros, revistas, páginas web para la ampliación, comparación y verificación de la investigación del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado.

3.2.2. Campo

Se empleó debido a que la investigación tiene contacto directo con la realidad y se realizó en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3.2.3. Experimental

Se utilizó esta investigación, porque permitió la manipulación de las variables independientes y dependientes, para relacionarlas entre variables y precisar la relación causa-efecto.

3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Exploratoria

Debido a que nos facilitó tener mayor extensión y difusión sobre el funcionamiento y las características del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado para el proceso de sellado.

3.3.2. Descriptiva

Describió las definiciones, cálculos y procedimientos que se receptan en la elaboración del proyecto y solución del problema.

3.3.3. Explicativa

Porque comprobó experimentalmente la hipótesis describiendo las causas y factores de ciertos comportamientos de manera clara y precisa.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La presente investigación del proyecto fue netamente técnica, por tal razón, la población y muestra del proyecto no se pueden establecer.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

3.5.1 Variable Independiente: Sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado.

| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | TÉCNICAS E INSTRUMENTO |
|---|---------------------|---|--|---|
| Posicionamiento de botellas es un requerimiento importante que está compuesto por mecanismos y sistemas de control. | Mecanismos | ¿Qué mecanismo será recomendado utilizar? | <ul style="list-style-type: none"> - Motor a pasos. - Servomotor - Leva - Cruz de malta - Banda transportadora | Ponderación |
| | Sistemas de control | <p>¿Qué tipo de control será apropiado?</p> <p>¿Qué sistema de control será adecuado para el posicionamiento de botellas?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Lazo abierto - Lazo cerrado - Sistema neumático - Sistema hidráulico - Sistema mecánico - Sistema eléctrico | <p>Libros y folletos</p> <p>Ponderación</p> |
| Máquina de roscado es un dispositivo empleado para el proceso de sellado. | Tiempo de sellado | ¿Qué tiempo de sellado se obtendrá con respecto al actual? | <ul style="list-style-type: none"> - Será > 6.81s - Será < 6.81s - Será = 6.81s | Tabulación de datos |

| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | TÉCNICAS E INSTRUMENTO |
|--|--|---|--|--|
| Tiempos de producción es el tiempo necesario para realizar una o varias operaciones. | Tiempos Operaciones | ¿En qué tiempos de producción se descompone el proceso de sellado? ¿Qué sucederá con la producción actual de roscado de botellas semiautomáticas? ¿Qué operaciones se realiza en el proceso de sellado? | - Tiempo de espera - Tiempo de preparación - Tiempo de operación - Tiempo de transferencia - Será > 1057 botellas/h - Será < 1057 botellas/h - Sera = 1057 botellas/h - Posicionamiento de tapas - Posicionamiento de botella - Roscado | Cuadro de pruebas Tabulación de datos Prácticas de laboratorio |

3.5.2 Variable Dependiente: Incidencia en la disminución de tiempos de producción.

3.6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La investigación que se realiza será mediante las siguientes técnicas:

Observación

- **Directa.-** Tendremos contacto personal en cualquier momento con el objeto de estudio.
- **Indirecta.-** Tendremos que realizar el presente proyecto para que los conocimientos sean extensos mediante libros, revistas, páginas web, y poder relacionarlos en la investigación del presente proyecto.

Instrumentos para el registro de datos

- **Cuaderno de notas.-** La utilización de este instrumento será de suma importancia para la anotación de datos como: definiciones, cálculos, cantidades, producción, procedimientos, materiales, etc., que se ocupan en el proceso de sellado.

3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

3.7.1. Procesamiento de la Información

El procesamiento de la información tiene la necesidad de seguir una secuencia de datos para lograr el objetivo siguiendo ciertos procedimientos:

- Revisión crítica de la información adquirida.
- Las variables de la hipótesis con tabulación de cuadros: Cuadro de una variable, cuadro con cruce de variables, etc.
- La presentación de resultados mediante el pertinente estudio estadístico de datos.
- Los objetivos y la hipótesis realizar el respectivo análisis e interpretación con los resultados relacionados.

3.7.2. Análisis de la Información

El análisis de la información de tablas y gráficos se enmarca en las siguientes premisas:

- Los objetivos e hipótesis se analizan de acuerdo con los resultados estadísticos, destacando tendencias o relaciones fundamentales.
- Con el apoyo del marco teórico se interpretaran los resultados de la investigación adquirida.
- Comprobación de hipótesis.
- Establecer conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente proyecto, fue de suma importancia por los diferentes factores, como el control secuencial y la automatización, el cual se controlara mediante un sistema que sea adecuado para el posicionamiento de la botellas, y se automatizará para que el proceso sea continuo, acorde a las funciones de los sistemas de posicionamiento y a la necesidades del proceso de sellado de botellas.

En el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para el posicionamiento de las botellas se investigó diversos métodos, de los cuales escogeremos uno de estos para mejorar calidad y cantidad, de acuerdo a las necesidades de mercado, y la utilidad para las prácticas que se realizan en dicha institución.

4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS

Para la interpretación de los datos se analizó los diferentes sistemas, que permitieron obtener la definición, clarificación y relación con la materia de la investigación. Se utilizó el análisis de los datos cuantificados que permiten tener diversos alcances de la lógica de control.

4.2.1. Alternativas de Sistemas de Posicionamiento

4.2.1.1. Sistemas Neumáticos

Aplicación

(Crews, Neumática E Hidráulica, 2011) Proporciona un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos. Se aplica en:

- Herramientas
- Válvulas de control y posicionadores
- Martillos neumáticos
- Pistolas para pintar
- Motores neumáticos
- Sistemas de empaquetados
- Elevadores
- Herramientas de impacto
- Prensas neumáticas
- Robots industriales
- Vibradores
- Frenos neumáticos, etc.

Ventajas

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son:

- El bajo costo de sus elementos.
- Facilidad de diseño e implementación.
- Bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja (típico 6 bar), que constituye un factor de seguridad.
- No existe explosión.
- Convención fácil al movimiento giratorio así como al lineal.
- Distancias grandes para transmitir energía.
- Construcción y mantenimiento fácil y la economía en las aplicaciones.

Desventajas

Las desventajas que presenta el uno de la neumática son:

- Imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire.
- El alto costo de la energía neumática.
- Las fugas producen fallas en el rendimiento.

Componentes

- Presenta una estación de generación y preparación de aire comprimido formado por un compresor de aire.
- Un depósito.
- Sistema de preparación del aire (filtro, lubricador y regulador de presión).
- Tuberías para las redes.
- Conjunto de preparación para cada dispositivo neumático individual.

Complementación

Lo sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos, permitiéndole obtener un grado de sofisticación y flexibilidad. Usan válvulas de selenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. PLC (Programmable Logic Controller) les permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o de un conjunto de cilindros realizando tareas efectivas.

En los movimientos de aproximación rápida y avance lento, típicos de las fresadoras y rectificadoras, por la sujeción de piezas para altas velocidades y la automatización de procesos de producción, suele combinarse en el circuito oleo neumático la neumática e hidráulica, utilizando la parte neumática para el accionamiento y control y la parte hidráulica para el actuador.

Cableado Neumático

Según (Técnico Superior, Código: 0959)

Distribución

- Elementos de conducción
- Distribución de aire

Dispositivos

Sensores, válvulas de accionamiento manual, electroválvulas, válvulas reguladoras, válvulas antirretorno, células lógicas y de memoria, cilindros, motores, etc.

Representación

- Esquemas de potencia
- Esquemas de pilotaje

Circuitos

- Detección de señales compatibles o incompatibles.
- Distribuidores en cascada.
- Células de memoria por pasos.
- Secuenciador neumático.

Técnicas de medida y comprobación

- Comprobación de fugas.
- Medida de presión.
- Niveles de aire.

4.2.1.2. Sistemas Hidráulicos

Aplicación

Son aplicados en dispositivos móviles tales como:

- Maquinaria de construcción
- Excavadoras
- Plataformas elevadoras
- Aparatos de elevación y transporte
- Máquinas para la agricultura
- Simuladores de vuelo

- Aplicación en dispositivos fijos: prensas, máquinas de inyección y moldeo, máquinas de laminación y ascensores y montacargas.

Ventajas

- Gran potencia transmitida con pequeños componentes.
- Posicionamiento preciso.
- Arranque con cargas pesadas.
- Movimientos lineales independientes de la carga, por los líquidos son casi incompresibles y puede utilizar válvulas de control.
- Operación suave e inversa.
- Control y regulación aceptable.
- Disipación favorable de calor.

Desventajas

- Polución del ambiente con riesgo de incendio y accidentes en caso de fuga de aceite.
- Sensible a la suciedad.
- Peligrosos por las grandes presiones y cambios de temperatura por la viscosidad.

Complementación

En los sistemas encontramos motores hidráulicos con velocidades de 0,5 – 10000 rpm, y el par que proporciona va 1 Nm (baja velocidad) – 20000 Nm (alta velocidad).

Los sistemas neumáticos, los sistemas hidráulicos se complementan con los eléctricos y electrónicos con dispositivos como válvula selenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de finales de carrera. Sirve para sistemas complejos acoplarlo a un PLC (Programmable Logic Controller) que permite funcionar varios cilindros programando la lógica.

En movimientos de aproximación rápida y avance lento, las fresadoras y rectificadoras, en la sujeción de piezas utilizada en los cortes a alta velocidad sobre materiales duros y en la

automatización de procesos de producción, se combinan los sistemas neumático, hidráulico y eléctrico de la siguiente forma:

- **Circuito electroneumático:** Accionamiento eléctrico – Actuador neumático.
- **Circuito oleoneumático:** Accionamiento neumático – Actuador hidráulico.
- **Circuito electrohidráulico:** Accionamiento eléctrico – Actuador hidráulico.

Cableado Hidráulico

Según (Técnico Superior, Código: 0959)

Distribución

- Elementos de conducción
- Distribución del aceite

Dispositivos

Sensores, válvula de accionamiento manual, electroválvulas, válvulas reguladoras, cilindros, motores, etc.

Representación

- Esquemas de potencia
- Esquemas de pilotaje

Circuitos

- Válvulas hidráulicas de accionamiento manual y mecánico.
- Circuitos secuenciales de control electro-hidráulico.
- Circuitos para evitar señales permanentes y relés por pasos.

Técnicas de medida y comprobación.

- Comprobación de fugas.

- Medida de presión.
- Niveles de aceite.

4.2.1.3. Sistemas Mecánicos

Aplicación

(Bolton, Mecatrónica, 2010) Su aplicación fue causa varios efectos en diferentes sistemas de máquinas:

- Lavadoras domesticas una leva montada en un eje rotacional.
- La rueda de balance de resorte helicoidal con engranajes y manecillas de un reloj.

Ventajas

- Los mecanismos son convertidores de movimiento, que transforman de uno a otro; movimiento rotacional en movimiento lineal, movimiento lineal en movimiento rotacional, transmite movimiento rotacional en un ángulo de 90^0 .
- Son utilizados en los sistemas mecatrónicos.
- Sirven como variadores de velocidad.
- Amplificación de fuerzas, como la de las palancas.
- Sus piezas son sólidas

Desventajas

- Muchos de los mecanismos fueron reemplazados por microprocesadores, circuitos integrados, etc.
- Sus movimientos no pueden ser variados, si no se realiza una reconstrucción.

Componentes

- Mecanismos de barras articuladas
- Levas
- Engranajes

- Piñón y cremalleras
- Cadenas
- Bandas de transmisión

Complementación

Los sistemas mecánicos en la actualidad fueron reemplazados por el sistema electrónico.

4.2.1.4. Sistemas Electrónicos

Los sistemas eléctricos se emplean como actuadores de control deberán tenerse en cuenta los siguientes dispositivos y sistemas:

- Dispositivos de conmutación, como interruptores mecánicos.
- Dispositivos de tipo selenoide, en los cuales pasa una corriente por un selenoide acciona un núcleo de hierro dulce.
- Sistemas motrices.

Aplicación

Los circuitos eléctricos simples, combinados y complejos son utilizados para el funcionamiento de aparatos de uso común.

Ventajas

- La utilización de los sistemas eléctricos es de precisión.
- Se emplean como actuadores de control.
- Los circuitos pueden estar conectados en serie, paralelo y mixta.
- Las piezas tienen formas y tamaños normalizados.
- Son de bajo costo.
- Son dispositivos que se pueden construir de acuerdo a nuestras necesidades.
- Son de aporte importante para los sistemas neumáticos, hidráulicos y mecánicos.

Desventajas

- La falla de un elemento afecta al circuito por completo.
- La reparación no lo realiza un usuario convencional.
- La reparación de los componentes necesita de un servicio técnico.
- La falla en un componente requieren ser reemplazados por el módulo, placa o subsistema completo.

Componentes

Los circuitos están compuestos por ciertos elementos:

- Fuente de energía (pila)
- Conductor
- Generador
- Resistencia
- Nodo, etc.

Complementación

Los sistemas electrónicos trabajan en conjunto para llegar a un resultado. Por están divididos en tres partes:

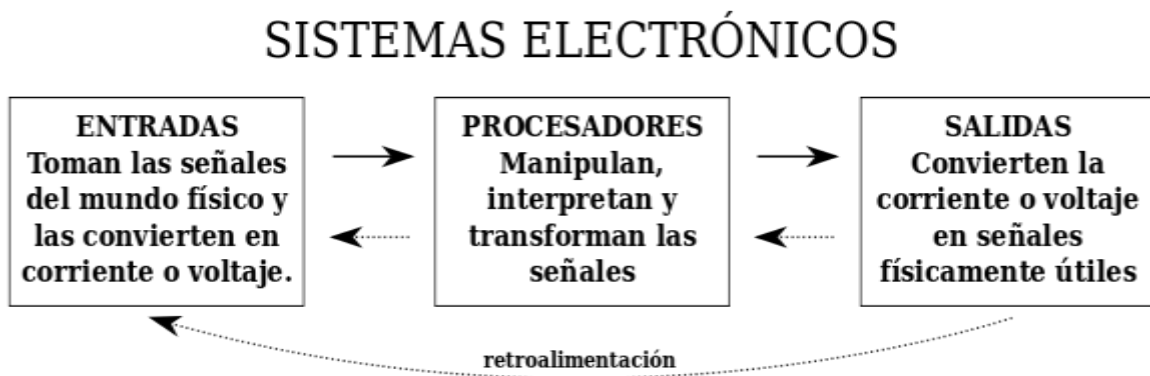


Figura 4.1: División de los Sistemas Electrónicos

Fuente: <http://es.wikipedia.org>

Cableado Eléctrico

Según (Técnico Superior, Código: 0959)

Distribución

- Circuitos de potencia
- Circuitos de control

Dispositivos

Contactores, sensores electromecánicos, relés, temporizadores, relés de protección, etc.

Representación

- Esquemas de potencia
- Esquemas de mando

Protección eléctrica

- Contra circuitos y sobrecargas
- Contra sobretensiones
- Contra contactos indirectos

Técnicas de medida y comprobación

- Medida de tensión.
- Medida de corriente.
- Comprobación de continuidad.

4.2.2. Selección de un Sistema de Posicionamiento

(Riba & Removeda, 2002) Para la selección de un sistema de posicionamiento hemos escogido el Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.

Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados

El método ordinal corregido de criterios ponderados es el recomendado, nos permite conocer los posibles sistemas y escoger el mejor, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad, y sin tener que estimar numéricamente la carga de cada sistema, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Para el sistema se basa en tablas, comparando los posibles sistemas con los restantes y se asigna la escala de valores.

Tabla 4-1: Valores para la ponderación

| Valor | Ítem |
|-------|---|
| 1 | Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas. |
| 0,5 | Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas. |
| 0 | Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas. |

Fuente: RIBA C. (2002), Diseño Concurrente.

Características

Para la selección de un sistema de posicionamiento se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- **Costo:** para la construcción de la máquina el costo debe ser apropiado en comparación de otros sistemas.
- **Mantenimiento:** el sistema tiene que tener componentes reemplazables y de bajo costo, por el financiamiento de los estudiantes y la ubicación en el Laboratorio de Control.

Tabla 4-2: Evaluación del peso específico de cada criterio

| Costo > Mantenimiento | | | | |
|-----------------------|-------|---------------|------------|-----------|
| Criterio | Costo | Mantenimiento | $\Sigma+1$ | Ponderado |
| Costo | | 1 | 2 | 0,67 |
| Mantenimiento | 0 | | 1 | 0,33 |
| Suma= | | | 3 | 1 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-3: Fijación de botellas

| Nombre del Sistema | Designación |
|---|-------------|
| Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Neumáticos | Sist. A |
| Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Hidráulicos | Sist. B |
| Sistema de Posicionamiento por Cruz de Malta | Sist. C |
| Sistema de Posicionamiento por Servomotor | Sist. D |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

4.2.2.1. Costo de los Sistemas

Para el costo de los sistemas depende de los elementos necesarios para el funcionamiento de sistema de posicionamiento para la máquina de roscado.

Sist. A (Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Neumáticos): El sistema neumático va conformado con una banda transportadora para realizar el posicionamiento, por lo cual mencionares el costo de ciertos elementos importantes:

Tabla 4-4: Costo de la banda transportadora del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|----------------------|-------------|----------|--------------------|------------------|
| Motor | Comprado | 1 | \$ 200,00 | \$ 200,00 |
| Poleas | Comprado | 3 | \$ 10,00 | \$ 30,00 |
| Bandas de poleas | Comprado | 2 | \$ 8,00 | \$ 16,00 |
| Ejes | Maquinado | 4 | \$ 30,00 | \$ 120,00 |
| Rodillos | Maquinado | 2 | \$ 60,00 | \$ 120,00 |
| Banda Transportadora | Comprado | 1 | \$ 140,00 | \$ 140,00 |
| Soportes | Doblado | 2 | \$ 60,00 | \$ 120,00 |
| Plancha de la banda | Doblado | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Chumacera de pared | Comprado | 4 | \$ 25,00 | \$ 100,00 |
| Soporte del sistema | Construido | 1 | \$ 30,00 | \$ 30,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 926,00 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-5: Costo del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|-------------------------|-------------|----------|--------------------|------------------|
| Pistón neumático | Maquinado | 2 | \$ 30,00 | \$ 60,00 |
| Electroválvula | Comprado | 2 | \$ 100,00 | \$ 200,00 |
| Unidad de mantenimiento | Comprado | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Mangueras | Comprado | 10 | \$ 5,00 | \$ 50,00 |
| Racores neumáticos | Comprado | 8 | \$ 1,50 | \$ 12,00 |
| Sensor Fotoeléctrico | Comprado | 1 | \$ 42,00 | \$ 42,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 414,00 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-6: Costo total del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos

| | |
|----------------------|--------------------|
| Banda transportadora | \$ 926,00 |
| Sistema neumático | \$ 414,00 |
| Total= | \$ 1.340,00 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Sist. B (Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Hidráulicos): El sistema hidráulico va acoplado a una banda transportadora para llegar hasta el lugar del posicionamiento, daremos a conocer el costo de sus elementos:

Tabla 4-7: Costo de la banda transportadora del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones hidráulicos

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|----------------------|-------------|----------|--------------------|--------------------|
| Motor | Comprado | 1 | \$ 200,00 | \$ 200,00 |
| Poleas | Comprado | 3 | \$ 10,00 | \$ 30,00 |
| Bandas de poleas | Comprado | 2 | \$ 8,00 | \$ 16,00 |
| Ejes | Maquinado | 4 | \$ 30,00 | \$ 120,00 |
| Rodillos | Maquinado | 2 | \$ 60,00 | \$ 120,00 |
| Banda Transportadora | Comprado | 1 | \$ 140,00 | \$ 140,00 |
| Soportes | Doblado | 2 | \$ 60,00 | \$ 120,00 |
| Plancha de la banda | Doblado | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Chumacera de pared | Comprado | 4 | \$ 25,00 | \$ 100,00 |
| Soporte del sistema | Construido | 1 | \$ 150,00 | \$ 150,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 1.046,00 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-8: Costo del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones hidráulicos

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|--------------------|-------------|----------|--------------------|--------------------|
| Pistón hidráulico | Comprado | 2 | \$ 100,00 | \$ 200,00 |
| Bomba hidráulica | Comprado | 1 | \$ 190,00 | \$ 190,00 |
| Filtro hidráulico | Comprado | 1 | \$ 45,00 | \$ 45,00 |
| Tubería hidráulica | Comprado | 1 | \$ 189,00 | \$ 189,00 |
| Válvula hidráulica | Comprado | 1 | \$ 500,00 | \$ 500,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 1.124,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-9: Costo total del sistema del posicionamiento por sujeción de pistones hidráulicos

| | |
|----------------------|--------------------|
| Banda transportadora | \$ 1.046,00 |
| Sistema hidráulico | \$ 1.124,00 |
| Total= | \$ 2.170,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Sist. C (Sistema de Posicionamiento por Cruz de Malta): Está conformado por una banda transportadora. En las siguientes tablas mencionaremos el costo de sus elementos:

Tabla 4-10: Costo de la banda transportadora del sistema de posicionamiento por cruz de malta

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|----------------------|-------------|----------|--------------------|--------------------|
| Motor | Comprado | 1 | \$ 200,00 | \$ 200,00 |
| Poleas | Comprado | 3 | \$ 10,00 | \$ 30,00 |
| Bandas de poleas | Comprado | 2 | \$ 8,00 | \$ 16,00 |
| Ejes | Maquinado | 4 | \$ 30,00 | \$ 120,00 |
| Rodillos | Maquinado | 2 | \$ 60,00 | \$ 120,00 |
| Banda Transportadora | Comprado | 1 | \$ 140,00 | \$ 140,00 |
| Soportes laterales | Doblado | 2 | \$ 60,00 | \$ 120,00 |
| Plancha de la banda | Doblado | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Chumacera de pared | Comprado | 4 | \$ 25,00 | \$ 100,00 |
| Soporte del sistema | Construido | 1 | \$ 200,00 | \$ 200,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 1.096,00 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-11: Costo del sistema de posicionamiento por cruz de malta

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|-------------------|-------------|----------|--------------------|------------------|
| Moto reductor | Comprado | 1 | \$ 700,00 | \$ 700,00 |
| Eje | Maquinado | 1 | \$ 30,00 | \$ 30,00 |
| Engrane de acople | Maquinado | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Cruz de malta | Maquinado | 1 | \$ 150,00 | \$ 150,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 930,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-12: Costo total del sistema de posicionamiento por cruz de malta

| | |
|----------------------|--------------------|
| Banda transportadora | \$ 1.096,00 |
| Sistema mecánico | \$ 930,00 |
| Total= | \$ 2.026,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Sist. D (Sistema de Posicionamiento por Servomotor): En el sistema eléctrico tiene que estar conformado con una banda transportadora. A continuación daremos a conocer el costo de sus elementos:

Tabla 4-13: Costo de la banda transportadora del sistema de posicionamiento por servomotor

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|----------------------|-------------|----------|--------------------|--------------------|
| Motor | Comprado | 1 | \$ 200,00 | \$ 200,00 |
| Poleas | Comprado | 3 | \$ 10,00 | \$ 30,00 |
| Bandas de poleas | Comprado | 2 | \$ 8,00 | \$ 16,00 |
| Ejes | Maquinado | 7 | \$ 30,00 | \$ 210,00 |
| Rodillos | Maquinado | 5 | \$ 60,00 | \$ 300,00 |
| Banda Transportadora | Comprado | 1 | \$ 140,00 | \$ 140,00 |
| Soportes | Doblado | 2 | \$ 60,00 | \$ 120,00 |
| Plancha de la banda | Doblado | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Chumacera de pared | Comprado | 4 | \$ 25,00 | \$ 100,00 |
| Soporte del sistema | Construido | 1 | \$ 150,00 | \$ 150,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 1.316,00 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-14: Costo del sistema de posicionamiento por servomotor

| Elemento | Descripción | Cantidad | Costo | Total |
|-----------------------|-------------|----------|--------------------|------------------|
| Servomotor | Comprado | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Posicionador circular | Maquinado | 1 | \$ 100,00 | \$ 100,00 |
| Tarjeta electrónica | Comprado | 1 | \$ 25,00 | \$ 25,00 |
| | | | Suma Total= | \$ 175,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-15: Costo total del sistema de posicionamiento por servomotor

| | |
|----------------------|--------------------|
| Banda transportadora | \$ 1.316,00 |
| Sistema eléctrico | \$ 175,00 |
| Total= | \$ 1.491,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Tabla 4-16: Evaluación del peso específico del criterio costo

| Sist. A > Sist. D > Sist. C > Sist. B | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------|
| Costo | Sist. A | Sist. B | Sist. C | Sist. D | $\Sigma+1$ | Ponderado |
| Sist. A | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0,40 |
| Sist. B | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0,10 |
| Sist. C | 0 | 1 | | 0 | 2 | 0,20 |
| Sist. D | 0 | 1 | 1 | | 3 | 0,30 |
| Suma= | | | | | 10 | 1,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

4.2.2.2. Mantenimiento de los Sistemas

El mantenimiento dependerá del mecanismo e instalación realizada en cada sistema.

Sist. A (Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Neumáticos): El mantenimiento general de un sistema neumático depende esencialmente de:

- Mantenimiento constante de unidad FRL.

- Revisión constante del suministro de aire comprimido.
- Revisión de fugas en tuberías.
- Revisión de atascamiento y lubricación de los pistones.

Sist. B (Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Hidráulicos): El mantenimiento general de un sistema hidráulico depende esencialmente de:

- Mantenimiento constante del filtro hidráulico.
- Revisión de la bomba de alimentación.
- Revisión de tapones y fugas en tuberías.
- Cambio constante del aceite hidráulico.
- Revisión de atascamiento y lubricación de los pistones.

Sist. C (Sistema de Posicionamiento por Cruz de Malta): El mantenimiento general de un sistema mecánico depende esencialmente de:

- Revisión de elementos de fricción.
- Lubricación de partes móviles.
- Revisar el suministro de lubricante.
- Revisión de elementos en mal estado o deteriorados.
- Limpieza de acumulación de grasa.

Sist. D (Sistema de Posicionamiento por Servomotor): El mantenimiento general de un sistema electrónico depende esencialmente de:

- Revisión instalaciones eléctricas
- Revisar un suministro constante y sin picos de voltaje.
- Aislamiento de ruido.
- Aislamiento de humedad.
- Calibración del posicionador.
- Reemplazo de componentes dañados.
- Limpieza del polvo acumulado.

Tabla 4-17: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

| Sist. A = Sist. D > Sist. C > Sist. B | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|--------------|------------|-------------|
| Mantenimiento | Sist. A | Sist. B | Sist. C | Sist. D | $\Sigma+1$ | Ponderado |
| Sist. A | | 1 | 1 | 0,5 | 3,5 | 0,35 |
| Sist. B | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0,10 |
| Sist. C | 0 | 1 | | 0 | 2 | 0,20 |
| Sist. D | 0,5 | 1 | 1 | | 3,5 | 0,35 |
| | | | | Suma= | 10 | 1,00 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Con los valores obtenidos en las tablas de las evaluaciones del peso específico de los criterios se verifico cual opción es la mejor para nuestro requerimiento.

Tabla 4-18: Conclusión del mejor sistema de fijación de botellas

| Alternativas | Costo | Mantenimiento | Σ | Prioridad |
|---------------------|--------------|----------------------|----------------------------|------------------|
| Sist. A | 0,40 | 0,35 | 0,75 | 1 |
| Sist. B | 0,10 | 0,10 | 0,2 | 4 |
| Sist. C | 0,20 | 0,20 | 0,4 | 3 |
| Sist. D | 0,30 | 0,35 | 0,65 | 2 |

Fuente: El autor (Ronald Calderón)

Después de haber realizado el Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados, la alternativa **Sist. A** (Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Neumáticos) es la mejor opción para el presente proyecto, por cumplir con ciertos requerimientos de la investigación.

4.2.2.3 Selección de un Tipo de Control

Para la selección de un tipo de control se tomaron las características más accesibles para el control de este sistema.

Tabla 4-19: Tipo de Control

| Tipo de Control | Designación |
|--------------------------------|--------------------|
| Microprocesador | Micro |
| Controlador Lógico Programable | PLC |
| Computador | PC |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Microprocesador

Las ventajas son:

- Son utilizados como sistemas de control y se llaman microprocesadores embebidos.
- Tiene un software simple.
- Bajo consumo.
- No requiere de intervención humana, arranca por si solo y realiza la función específica.
- La unidad de memoria guarda datos binarios y toma la forma de uno o varios circuitos integrados.
- Se pueden manipular los datos.
- Son silenciosos.

Las desventajas son:

- Problema de seguridad por lo que se encuentra en una memoria R.O.M.
- Usa tiempo de procesador.
- Para que un microprocesador funcione como un sistema aplicado al control, son necesarios chips adicionales.
- Es susceptible del medio ambiente que se está trabajando.

Controlador Lógico Programable

Las ventajas son:

- Usa memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, sincronización, de conteo y aritméticas.
- Programación fácil.
- Son robustos y resisten vibraciones, temperatura, humedad y ruido.
- Sus interfases de entrada y salida están dentro del controlador.
- Permite modificar el sistema de control sin tener que volver a realizar las conexiones.
- Su funcionalidad es más rápida que los sistemas a base de reveladores.
- Elimina el uso de sistemas eléctricos adicionales.

Las desventajas son:

- De acuerdo a las características de automatismo el costo.
- Para la necesidad de una gran cantidad de mecanismos a controlar se necesitan dos o mas PLCs.
- En una gran industria para un mejor control de procesos que utilizan PLCs se debe implementar un sistema SCADA.

Computador

Las ventajas son:

- Se puede utilizar como controlar añadiendo una tarjeta de expansión para un proceso.
- A una computadora embebida se emplea como controlador de un sistema mecatrónico.
- El control digital es usado en los procesos industriales, permitiendo tener el sistema estable y monitoreado.

Las desventajas son:

- Los componentes de computadoras de escritorio (no embebida) no son necesarios para funciones de control de proceso.
- El desarrollo de la tecnología es corto.
- El controlador digital al muestrear un proceso pierde parte de información.
- Se necesita licencias para el uso de ciertas tarjetas programadas de control.

Tabla 4-20: Evaluación y Conclusión del Tipo de Control

| PLC > PC > Micro | | | | | | |
|------------------|-------|-----|----|------------|-------------|-----------|
| Ventajas | Micro | PLC | PC | $\Sigma+1$ | Ponderado | Prioridad |
| Micro | | 0 | 0 | 1 | 0,17 | 3 |
| PLC | 1 | | 1 | 3 | 0,50 | 1 |
| PC | 1 | 0 | | 2 | 0,33 | 2 |
| Suma= | | | | 6 | 1,00 | |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Después de haber realizado el Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados, la alternativa **PLC** (Controlador Lógico Programable) es la mejor opción para el sistema de posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos, por cumplir con ciertos requerimientos del sistema y de la investigación.

4.2.2.4. Descripción del Sistema Seleccionado

El sistema de posicionamiento por sujeción de pistones neumáticos va acoplado a una banda transportadora.

La banda transportadora su función primordial es de transmitir el movimiento para la entrada de las botellas hasta el lugar donde se realiza el posicionamiento para el sistema de roscado y la salida de las mismas. La banda transportadora de plástico siempre va tener una velocidad constante que no afecte los tiempos del posicionamiento del roscado mediante el sistema neumático.

Sistema neumático es el encargo de realizar el posicionamiento y sujeción de las botellas para realizar el roscado de las mismas en un lapso de tiempo determinado.

El PLC será el encargado de controlar las siguientes funciones:

- El variador de frecuencia que va dar movimiento al motor.
- El accionamiento de las electroválvulas que a su vez estas accionaran a los pistones.
- Obtener datos desde el sensor fotoeléctrico.

4.2.2.5. Cálculo de la Producción Esperada

Tiempo estimado de posicionamiento de roscado

Los datos de los tiempos requeridos del proceso manual fueron tomados de la Verificación de Hipótesis de la Tesis “LA LÓGICA DE CONTROL INDUSTRIAL Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE SELLADO DE BOTELLAS APLICABLE EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”, elaborada en el Año 2013 por la Ingeniera Eliza Sailema.

Tabla 4-21: Interpretación de los Tiempos de Tapado

| INTERPRETACIÓN DE LOS TIEMPOS DE TAPADOS | | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| Métodos de sellado | Tiempo de llenado en segundos | Tiempo de manipulación | Tiempo total de proceso | Número de botellas | Producción Botellas/h |
| Manual | 8.38 | 4 | 12.38 | 1 | 290 |
| Sistema Programado | 1.81 | 5 | 6.81 | 2 | 1057 |

Fuente: SAILEMA Eliza, Tesis de Grado UTA 2013

El resultado final del proceso de sellado de botellas se ha realizado, tomando en cuenta el tiempo de manipulación manual y el tiempo del sistema programado de tapado, obteniendo como resultado de 1057 Botellas/h.

Para ello queremos disminuir en un 20% el tiempo de manipulación de 2 botellas, así obtener un incremento en la producción del envasado de botellas.

En el tiempo estimado de posicionamiento de roscado se suma todos los tiempos utilizados en el ciclo de posicionamiento.

(Ec. 4.1)

$$TEPR = T1 + T2$$

T1: Tiempo de entrada= 3 s

TR: Tiempo roscado= 1.81 s

T2: Tiempo de salida= 1 s

$$TEPR = (3 + 1)s$$

$$TEPR = 4 s$$

(Ec. 4.2)

$$TTR = TEPR + TR$$

TTPR: Tiempo total de roscado

$$TTR = (4 + 1.81)s$$

$$TTR = 5.81 s$$

Cantidad estimada de posicionamientos

Para calcular la cantidad estimada de posicionamientos de acuerdo a la necesidad de producción se realiza mediante la siguiente ecuación:

(Ec. 4.3)

$$CEP = \frac{3600}{TTPR}$$

$$CEP = \frac{3600}{5.81}$$

$$CEP = 619.62 \text{ Posicionamientos/h}$$

CTP: Cantidad total de producción

(Ec. 4.4)

$$CTP = 2 * CEP$$

$$CTP = 2 \frac{\text{botellas}}{\text{posicionamiento}} * 619.62 \frac{\text{posicionamientos}}{h}$$

$$CTP = 1239 \text{ botellas/h}$$

Velocidad estimada de posicionamiento de roscado

La velocidad estimada se calcula mediante la siguiente ecuación:

(Ec. 4.5)

$$VE = \frac{L}{TEPR}$$

L: Longitud de la Banda Transportadora

$$VE = \frac{1 \text{ m}}{4 \text{ S}}$$

$$VE = 0.25 \text{ m/s}$$

La velocidad estimada con la que se trabaja es para superar la producción existente en la máquina de roscado.

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La verificación de la hipótesis una vez que se realizó las ponderaciones, la opción que cumple con las necesidades de la investigación fue el Sistema A (Sistema de Posicionamiento por Sujeción de Pistones Neumáticos) con un tipo de control controlado por un PLC, para cumplir con el cálculo de la producción esperada disminuyendo el tiempo estimado de posicionamiento de roscado en un 20% y obteniendo una producción de 1239 Botellas/h, con cual se obtiene un incremento esperado de 182 Botellas/h.

Además de esto se elimina la intervención de un operario en el proceso de roscado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Por medio del CAPÍTULO IV subíndice 4.2. seleccionamos el Sist. A (Sistema Neumático) para construir el sistema de posicionamiento de las botellas de la máquina de roscado, que cumple con los requerimientos de acoplamiento, costo, instalación, manejo y mantenimiento acordes a la necesidad de la máquina de roscado.
- Para el sistema de control se seleccionó un PLC RENU FL010 que cumple siendo de un uso simple permitiendo la modificación del sistema completo y el control total.
- La alternativa de solución de un sistema neumático consta de una banda transportadora de plástico ABS controlada a través de un motor, reductor y un variador de frecuencia.
- La estructura de soporte será en Acero AISI 304 siendo que el sistema sea propicio para el uso alimenticio.
- La cantidad de botellas esperadas a roscar son 1239 Botellas/h.

5.2. RECOMENDACIONES

- Debido a que la máquina va estar en contacto con productos de consumo humano los materiales que componen la máquina de estar construida por materiales de categoría alimenticia.
- Para el uso de menor cantidad de partes se recomienda el uso de un motor de bajas revoluciones; preferentemente uno que gire a la velocidad necesaria de la banda.
- Los materiales se debe tomar en cuenta la fácil adquisición para su construcción y reparación en caso de que se necesite.

- Tener en cuenta que la máquina tiene que ser construida de tal forma que pueda ser de fácil traslado y manipulación dentro de las instalaciones del Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica.
- Tomar las dimensiones para acoplar al sistema de envasado de botellas.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

6.1.1. Tema

Diseño y construcción del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado para comparar los tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.1.2. Beneficiario

Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.1.3. Características de la Máquina

La máquina de roscado consta con la implementación de un sistema de posicionamiento semiautomático de botellas que tiene las siguientes características:

- La banda transportadora su función primordial es de transmitir el movimiento para la entrada de las botellas hasta el lugar donde se realiza el posicionamiento para el sistema de roscado y la salida de las mismas.
- Sistema neumático es el encargado de realizar el posicionamiento y sujeción de las botellas para realizar el roscado de las mismas en un lapso de tiempo determinado.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Una vez analizando el avance de la tecnología han surgido muchos inconvenientes como, la calidad y producción de los productos, esto hace que dichas necesidades, influyan en el crecimiento obligatorio de las empresas implementando equipo moderno, para satisfacer las necesidades de los clientes. El posicionamiento de botellas en la máquina de roscado es un problema que surgió la necesidad de implementar, para lo cual se encontró varios proyectos acordes a nuestra necesidad:

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato en el año del 2014 la Sr. Amancha Torres Israel Jacinto realizó “Visión artificial para verificar el nivel de llenado en el sistema de embotellado en el Laboratorio de Control y Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica”.

- “Por la manipulación manual permite seleccionar e implementar mecanismos y sistemas para el proceso de envasado existente en Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica”.

En la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga de la Carrera de Ingeniería En Electromecánica la Srta. Sandra Narciza Rivera Fárez y el Sr. José Miguel Rodríguez Peñafiel realizaron el “Diseño, construcción e implementación de una dosificadora automática de bebidas, controlada bajo un sistema HMI para la empresa PROALIM”.

- “En la industria existen maquinarias que involucran una gran cantidad de elementos (mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos etc.) para cumplir un determinado proceso, por lo que tenemos que estar en la capacidad de entender el funcionamiento y dar soluciones ante posibles fallas que se presenten”.

En la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la Escuela Superior Politécnica del Litoral el Sr. Alvaro Benigno Romero Chaglia realizó el “Diseño de una máquina llenadora lineal para botellas tipo PET”.

- “Implementación de mejoras para el aprisionamiento de las botellas ya que cada vez son más ligeras lo que refleja menos resistencia a las cargas”.

6.3. JUSTIFICACIÓN

En la mayoría de las industrias de nuestro país, el avance tecnológico y la competencia, hace surgir muchas necesidades para el crecimiento de las empresas, por tal razón necesitan mejorar, optimizar y desarrollar la tecnología para el realce de estas. El incremento de maquinaria es mucha importancia para mejorar la calidad y la productividad de los productos, así satisfacer las necesidades de los consumidores.

En el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el recurso humano es utilizado para realizar varias funciones en distintos procesos, el posicionamiento de productos se hace manualmente, para lo cual se ve con la necesidad de reducir el recurso humano, haciéndose notorio que debemos garantizar la calidad y producción de los productos.

El aporte del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado, es mediante un sistema de transporte por bandas, controlado por un variador de velocidades, y un sistema neumático, con adecuado control electrónico. La implementación contribuirá con los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica para realizar prácticas y aumentar los conocimientos de los equipos que se utilizan en la actualidad.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo General

Diseñar el sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado para verificar su incidencia en los tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el mecanismo de posicionamiento apropiado sin intervención humana.
- Realizar el tipo de control semiautomático para el posicionamiento de botellas.

- Construir con materiales recomendados.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El sistema de posicionamiento neumático seleccionado en el Capítulo 4 Sección 4.2.2., cumple con los factores requeridos y las condiciones necesarias de funcionamiento para realizar el proceso semiautomático de roscado.

La elaboración del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado es factible para solucionar el problema que ocurre en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, que realizan manualmente el posicionamiento de las botellas, siendo una de las causas primordiales el riesgo y la productividad que ocurre en dicho proceso de las bebidas.

Sin embargo esta investigación se realiza acorde a las necesidades que surgió, optimizando recursos materiales y humanos para el posicionamiento de la botella, de esta manera se mejorará la calidad y la producción de las bebidas.

En cuanto a la ingeniería tiene tecnología provechosa, por lo que existen muchas técnicas como la aplicación de la automatización utilizando mecanismos e instrumentos, con los cuales podrán ser provechosas para los conocimientos y realización de las prácticas de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

6.6.1. Sistemas que Contribuyen para el Posicionamiento Semiautomático de Botellas

El sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado para verificar su incidencia en la producción está constituido por los siguientes sistemas:

- Sistema de transporte
- Sistema pistones neumáticos
- Sistema de control

Sistema de Transporte

Su función es trasladar las botellas hasta el punto donde se realiza el posicionamiento neumático y posteriormente el roscado de estas.

Sistema de Pistones Neumáticos

Es el encargado del posicionamiento y sujeción de la botella al momento de realizar el roscado, acorde a los tiempos necesarios.

Sistema de Control

Es el encargado de programar los otros sistemas, realizando las secuencias necesarias, y así, obtener un procedimiento acorde para adquirir resultados satisfactorios del proceso de sellado.

6.6.2. Factores de Diseño de la Banda Transportadora

El diseño de la banda transportadora se basa en las necesidades del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado, de trasladar las botellas hasta el punto donde se realiza el posicionamiento neumático y posteriormente el roscado de estas.

Los parámetros de diseño de la banda transportadora para su posicionamiento son:

- Producción de botellas (Botellas/hora)
- Características del material en el sistema

6.6.2.1. Producción de Botellas (Botellas/hora)

La producción de botellas para el posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado se tomó en cuenta el posicionamiento manual de las botellas en la selladora, la producción es de 1057 botellas/hora.

6.6.2.2. Características del Material en el Sistema.

El material es de suma importancia debido a que se encuentra ubicada en la industria alimentos y bebidas, por dicha razón el sistema está construido en Acero Inoxidable 304 que es fuerte y de fácil maquinado.

6.6.3. Diseño de la Banda Transportadora

Para el diseño de Banda Transportadora se utilizara los siguientes parámetros:

La banda transportadora fue diseñada con los criterios (Ministerio de Industrias y Productividad, 2014-145).

Db: Diámetro de botella= 6.5 cm

A: Ancho= 10 cm

PBT: Peso de la banda transportadora= 1 Kg/m

L: Longitud= 1 m, es la suficiente para tener 4 botellas en espera 2 en posicionamiento y 2 de salida.

CMB: Cantidad máxima de botellas sobre la banda= 15 botellas

En el tiempo estimado de posicionamiento de roscado

TEPR: Tiempo estimado de posicionamiento de roscado = 4 s

TTPR: Tiempo total de roscado= 5.81 s

CEP: Cantidad estimada de posicionamientos= 619.62 Posicionamientos/h

CTP: Cantidad total de producción 1239 Botellas/h

VE: Velocidad estimada de posicionamiento de roscado= 0.25 m/s

Cantidad a transportar

La cantidad a transportar se calcula con la siguiente ecuación:

(Ec. 6.1)

$$CT = CTP * PB$$

PB: Peso por botella= 530 gr/botella

$$CT = 1239 \frac{\text{botellas}}{h} * 530 \frac{\text{gr}}{\text{botella}}$$

$$CT = 656 \frac{\text{Kg}}{h}$$

$$CT = 0.656 \frac{\text{Ton}}{h}$$

6.6.3.1. Velocidad Angular de los Rodillos

Para la transmisión del movimiento de la banda transportadora se necesita calcular la velocidad angular de los rodillos, el rodillo fue construido en Duralon.

(Ec. 6.2)

$$W = \frac{VE}{rR}$$

DR: Diámetro de rodillos= 4 pulg = 0.1016 m

rR: Radio del rodillo= 0.0508 m

$$W = \frac{0.25 \text{ m/s}}{0.0508 \text{ m}}$$

$$W = 4.921 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 46.99 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = 46.99 \text{ RPM}$$

6.6.3.2. Elementos Móviles

Los elementos móviles de la banda transportadora son los siguientes:

Banda transportadora tipo “Oruga”

Lb: Longitud= 2 m

PB: Peso de la banda= 1 Kg/m

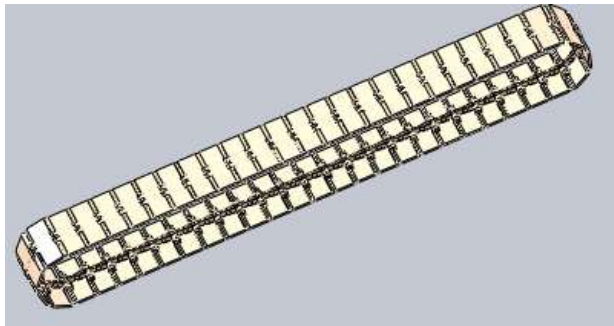


Figura 6.1: Banda Transportadora Tipo Oruga

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Eje conducido

Lec: Longitud= 0.21 m

Dec: Diámetro= 0.019 m

Wec: Peso= 0.47 Kg



Figura 6.2: Eje Conducido Acero AISI 1020

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Eje motriz

Lem: Longitud= 0.3 m

Dem: Diámetro= 0.019 m

Wem: Peso= 0.67 Kg

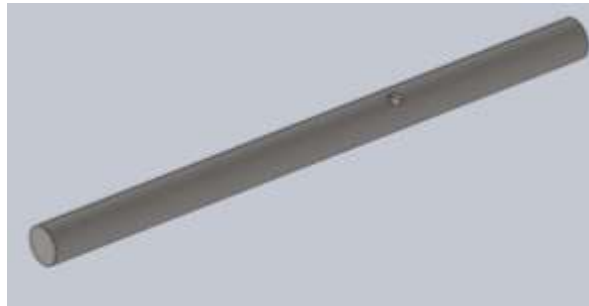


Figura 6.3: Eje Motriz Acero AISI 1020

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Rodillo

Lr: Longitud= 0.11 m

Dr: Diámetro= 0.095 m

Wr: Peso= 0.73 Kg

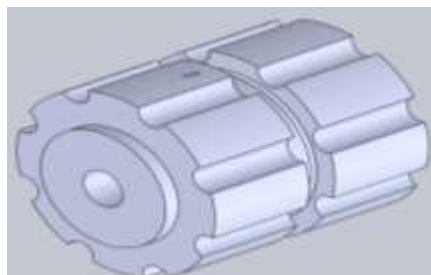


Figura 6.4: Rodillo (Duralon)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Peso Total Elementos Móviles

Para el cálculo de del peso total se suma todos los pesos de los elementos móviles.

(Ec. 6.3)

$$W_{tem} = W_{ec} + W_{em} + 2Wr + 2PB\cos Y$$

Y: Angulo de talud

$$W_{tem} = 0.47 + 0.67 + 2(0.73) + 2(1)\cos(0)$$

$$W_{tem} = 4.6 \text{ Kg/m}$$

6.6.3.3. Potencia Total Necesaria para la Banda Transportadora

Para el cálculo de la potencia necesaria de la banda transportadora es necesario calcular la potencia de accionamiento y la potencia de camino.

(Ec. 6.4)

$$N = N_a + N_g$$

N_a : Potencia de accionamiento

N_g : Potencia de camino

Potencia de Accionamiento

La potencia de accionamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

(Ec. 6.5)

$$N_a = \left(\frac{C * f * L}{270} \right) (3.6 * W_{tem} * VE * CT) + N_s$$

C: Coeficiente de resistencia a la flexión (leído del Anexo A-1).

f: Coeficiente de rozamiento de los rodillos (leído del Anexo A-2)

Potencia Adicional

Para la potencia adicional se utiliza la siguiente ecuación:

(Ec. 6.6)

$$N_s = 1 * VE$$

$$N_s = 1 * 0.25m/s$$

$$N_s = 0.25 HP$$

Finalmente la potencia de accionamiento es la siguiente:

$$N_a = \left(\frac{1.8 * 0.04 * 1}{270} \right) (3.6 * 4.6 * 0.25 * 0.318) + 0.25$$

$$N_a = 0.2504 HP$$

Potencia de Camino

(Ec. 6.7)

$$N_s = 0.01 * L$$

$$N_s = 0.01 * 1$$

$$N_s = 0.01 HP$$

La potencia necesaria de la banda transportadora es:

$$N_T = 0.2507 + 0.01$$

$$N_T = 0.2604 HP$$

6.6.3.4. Potencia Requerida del Motor de la Banda Transportadora

La potencia requerida del motor para la banda transportadora se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

(Ec. 6.8)

$$P = NT * fs$$

fs; Factor de servicio (leído del Anexo A-3)

El factor de servicio viene dado de acuerdo a los estándares de cada fabricante, seleccionamos un motor trifásico de 0.5 HP (1200 rpm) que tiene un factor de servicio de 1.05 para calcular la potencia requerida del motor de la banda transportadora.

$$P = 0.2604 * 1.05$$

$$P = 0.2734 \text{ HP}$$

Potencia final del motor

La potencia final no debe superar la potencia del motor seleccionado.

(Ec. 6.9)

$$PM = \frac{P}{n}$$

n: Eficiencia del motor

$$PM = \frac{0.2734}{0.643}$$

$$PM = 0.425 \text{ HP}$$

Selección del Reductor

El reductor se selecciona por la necesidad de la velocidad angular, se seleccionó el que tiene un índice de reducción de 30 (leído del Anexo A-4).

Por la necesidad de la velocidad angular y por la disponibilidad de mercado seleccionamos los siguientes elementos con sus respectivas características:

Motor trifásico

Velocidad: 1200 rpm

Potencia: 0.5 HP

Eficiencia: 0.643

Factor de servicio: 1.05

Reductor sinfín

Torque nominal: 41 Nm

Índice de reducción: 30

6.6.3.5. Cálculo de la Tensión de la Banda Transportadora

Para la tensión de la banda transportadora debemos tomar en cuenta el sentido y las tensiones.

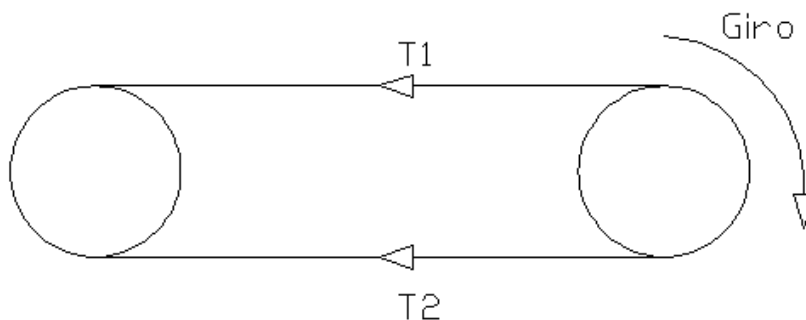


Figura 6.5: Sentido de Giro y Tensiones en la Banda Transportadora

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Fuerza en el eje conductor

La fuerza del eje conductor se calcula mediante la siguiente ecuación:

(Ec. 6.10)

$$F = \frac{75 * NT}{VE}$$

$$F = \frac{75 * 0.2604}{0.25}$$

$$F = 78.12 \text{ Kg}$$

Cálculo de la tensión principal

Para el cálculo de la tensión principal se utiliza la siguiente ecuación:

(Ec. 6.11)

$$T1 = F \left(1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

μ : Coeficiente rozamiento entre la banda y el eje motriz

α : Angulo de contacto entre rodillo y la banda en π radianes

$$T1 = 78.12 \left(1 + \frac{1}{e^{0.05 * \pi} - 1} \right)$$

$$T1 = 537.41 \text{ Kg}$$

Cálculo de la tensión secundaria

Para el cálculo de la tensión secundaria se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

(Ec. 6.12)

$$T2 = F \left(\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

$$T2 = 78.12 \left(\frac{1}{e^{0.05 \cdot 3.1416} - 1} \right)$$

$$T2 = 459.29 \text{ Kg}$$

6.6.3.5. Cálculo de la Tensión en el Sistema de Transmisión de Poleas

Para la tensión en sistema de transmisión de poleas debemos tomar en cuenta el sentido, las tensiones y el ángulo.

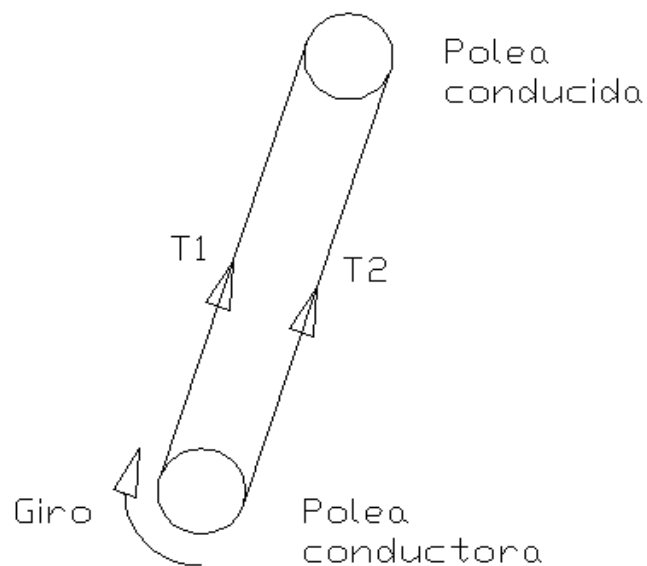


Figura 6.6: Sentido de Giro y Tensiones en el Sistema de Poleas

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Ángulo de posición

El ángulo de posición se calcula mediante las distancias de sus catetos.

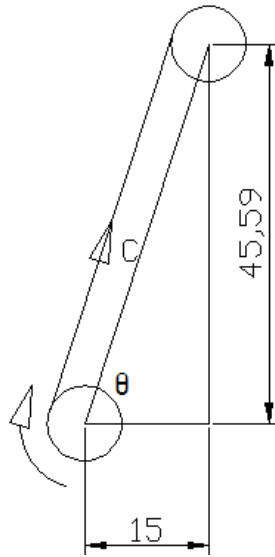


Figura 6.7: Ángulo de Posición de las Poleas

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Θ : Ángulo de posición

(Ec. 6.13)

$$\tan \theta = 45.59/15$$

$$\theta = 71.78^\circ$$

$$C = \sqrt{15^2 + 45.59^2}$$

C: Distancia entre centros de poleas

$$C = 48 \text{ cm} = 18.89 \text{ in}$$

$$C = 18.89 \text{ in}$$

Cálculo de la longitud de paso

La longitud de paso es calculada de acuerdo al diámetro de las poleas, en este caso como las poleas son las mismas se redujo a la siguiente ecuación:

(Ec. 6.14)

$$Lp = 2C + \pi * Dp$$

Dp: Diámetro de la polea grande

dp: Diámetro de la polea pequeña

$$Lp = 2(18.89) + \pi * 3.5$$

$$Lp = 48.77 \text{ in}$$

Cálculo de la longitud de paso exacta

Para el cálculo de la longitud de paso exacta se suma la longitud de paso más la conversión longitudinal (leído del Anexo A-5)

(Ec. 6.15)

$$Le = Lp + CL$$

CL: Conversión longitudinal

$$Le = 48.77 + 1.3$$

$$Le = 50.07 \text{ in}$$

Cálculo de la distancia entre centros

Para la comprobación del cálculo de la distancia entre centros se utiliza la siguiente ecuación:

(Ec. 6.16)

$$C = 0.25 * 2(Lp - \pi * Dp)$$

$$C = 0.25 * 2(48.77 - \pi * 3.5)$$

$$C = 18.88 \text{ in}$$

$$C = 47.97 \text{ cm}$$

Cálculo del ángulo de contacto en las poleas

Las poleas tienen un ángulo de contacto, para ello se les calcula mediante las siguientes ecuaciones:

θd : Ángulo de contacto de la polea pequeña

(Ec. 6.17)

$$\theta d = \pi - 2 * \text{sen}^{-1}\left(\frac{Dp - dp}{2C}\right)$$

$$\theta d = \pi - 2 * \text{sen}^{-1}\left(\frac{3.5 - 3.5}{2 * 19.15}\right)$$

$$\theta d = \pi = 180^\circ$$

θD : Ángulo de contacto de la polea grande

(Ec. 6.18)

$$\theta D = \pi + 2 * \text{sen}^{-1}\left(\frac{Dp - dp}{2C}\right)$$

$$\theta D = \pi - 2 * \text{sen}^{-1}\left(\frac{3.5 - 3.5}{2 * 19.15}\right)$$

$$\theta D = \pi = 180^\circ$$

$$\exp(f\phi) = 4.052$$

Cálculo de la velocidad periférica

Para el cálculo de la velocidad periférica se utiliza la siguiente ecuación:

(Ec. 6.19)

$$Vp = \frac{\pi * dp * n}{12}$$

n: Velocidad de rotación

$$Vp = \frac{\pi * 3.5 * 50}{12}$$

$$Vp = 45.81 \text{ pies/min}$$

6.6.3.6. Cálculo de la Potencia Permitida por la Banda

Mediante la siguiente ecuación se calcula la potencia permitida por la banda:

(Ec. 6.20)

$$H_p = K_1 * K_2 + H_{tab}$$

K_1 = Factor de corrección del ángulo de contacto

K_2 = Factor de corrección de la longitud de la banda

H_{tab} = Potencia nominal

Cálculo del factor de corrección del ángulo de contacto

Para el cálculo del factor de corrección se realiza haciendo una relación entre diámetros de poleas para la distancia entre centros.

(Ec. 6.21)

$$\frac{Dp - dp}{C} = \frac{3.5 - 3.5}{19.15} = 0$$

Con el Angulo de contacto se encuentra el factor de corrección:

K1=0.75 (leído del Anexo A-6)

Factor de corrección de la longitud de la banda

Por las condiciones de la banda se seleccionó el factor de corrección:

K2=0.95 (leído del Anexo A-7)

Potencia nominal

El cálculo de la potencia nominal se seleccionó en relación al diámetro de polea y velocidad periférica:

H_{tab}= 0.3329 (leído el Anexo A-8)

La potencia permitida por la banda es:

$$H_a = 0.75 * 0.95 * 0.3329$$

$$H_a = 0.237 \text{ HP}$$

6.6.3.7. Potencia de Diseño

Para la potencia de diseño se utiliza la ecuación:

(Ec. 6.22)

$$H_d = H_{nom} * K_s + n_d$$

NT= H_{nom}= Potencia nominal calculada para el motor

K_s= Factor de servicio según el tipo de uso (leído del Anexo A-9)

n_d = Factor de diseño

$$H_d = 0.2604 * 1.3 + 1.4$$

$$H_d = 0.474 \text{ HP}$$

6.6.3.8. Cálculo de las Tensiones de la Banda

En el cálculo de las tensiones de la banda se puede llegar a calcular desde la tensión menor hasta la tensión mayor, a continuación calcularemos las siguientes tensiones:

Tensión Centrífuga

La tensión centrífuga se calcula con la siguiente ecuación:

(Ec. 6.23)

$$F_c = K_c \left(\frac{V_p}{1000} \right)^2$$

K_c, K_b : Parámetro según el tipo de banda (leído del Anexo A-10)

$$K_c = 0.561$$

$$K_b = 220$$

$$F_c = 0.561 \left(\frac{45.81}{1000} \right)^2$$

$$F_c = 0.561 \left(\frac{45.81}{1000} \right)^2$$

$$F_c = 0.017 \text{ lb}$$

Tensión mayor en la banda

En la tensión mayor primero se calcula la tensión debido al par de torsión transmitido.

(Ec. 6.24)

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{H_d}{N_b} \right)}{n \frac{dp}{2}}$$

W=n: Velocidad del eje conductor

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{0.474}{1} \right)}{46.99 \frac{3.5}{2}}$$

$$\Delta F = 363.285 \text{ lb}$$

La tensión mayor se calcula a partir de:

(Ec. 6.25)

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F * \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

$$F_1 = 0.017 + \frac{363.285 * 4.052}{4.052 - 1}$$

$$F_1 = 538.04 \text{ lb}$$

Tensión menor en la banda

La tensión menor en la banda es la diferencia de la tensión mayor con la tensión debido al par de torsión transmitido.

(Ec. 6.26)

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F_2 = 538.04 - 363.285$$

$$F_2 = 174.755 \text{ lb}$$

Tensión inicial

Para el cálculo de la tensión inicial se utiliza la siguiente ecuación:

(Ec. 6.27)

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c$$

$$F_i = \frac{538.04 + 174.755}{2} - 0.017$$

$$F_i = 356.38 \text{ lb}$$

6.6.3.9. Comprobación del cálculo mediante el factor de seguridad

La comprobación se lo realiza mediante los cálculos y se obtiene una fiabilidad en el proceso.

(Ec. 6.28)

$$n_{fs} = \frac{H_a * N_b}{H_{nom} + K_s}$$

$$n_{fs} = \frac{0.237 * 2}{0.2604 * 1.3}$$

$$n_{fs} = 1.4$$

El factor de seguridad ($n_{fs}=1.4$) > 1 es satisfactorio para garantizar su diseño.

6.6.3.10. Diseño del eje conductor en la banda transportadora

El eje conductor se encuentra soportado por dos chumaceras, una en cada extremo fijada con los ángulos tipo “C”. Además en un extremo una polea de 3,5 pulgadas que transmite por la potencia del motor.

Cálculo del momento torsionante

Por la banda de transmisión se tienen los momentos torsionantes.

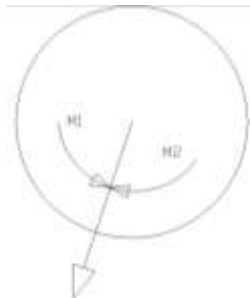


Figura 6.8: Momentos Torsionantes

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$T_1 = F_1 = 538.04 \text{ lb} = 244.05 \text{ Kg}$$

$$T_2 = F_2 = 174.55 \text{ lb} = 79.17 \text{ Kg}$$

(Ec. 6.29)

$$M_1 = T_1 * r$$

r: Radio de la polea

$$M_1 = 244.05 * 0.04445$$

$$M_1 = 10.85 \text{ Kg.m}$$

$$M_2 = T_2 * r$$

$$M_2 = 79.17 * 0.04445$$

$$M_2 = 3.52 \text{ Kg.m}$$

(Ec. 6.30)

$$M_T = M_1 - M_2$$

$$M_T = 10.85 - 3.52$$

$$M_T = 7.33 \text{ Kg.m}$$

Fuerza de tensión aplicada sobre el eje

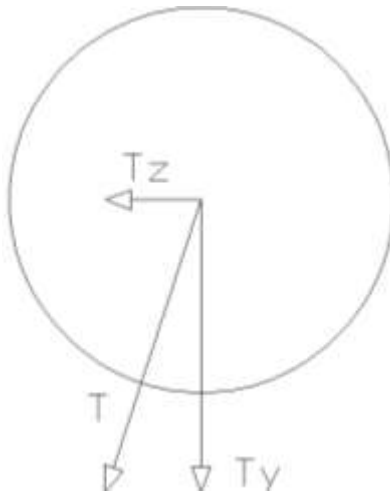


Figura 6.9: Descomposición de la Tensión

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

(Ec. 6.31)

$$T = F_1 + F_2$$

$$T = 244.05 + 79.17$$

$$T = 323.22 \text{ Kg}$$

$$\theta = 71.78^\circ$$

(Ec. 6.32)

$$\cos\theta = \frac{T_z}{T}$$

$$T_z = T * \cos\theta$$

$$T_z = 323.22 * \cos 71.78$$

$$T_z = 101.06 \text{ Kg}$$

(Ec. 6.33)

$$\text{sen}\theta = \frac{T_y}{T}$$

$$T_y = T * \text{sen}\theta$$

$$T_y = 323.22 * \text{sen} 71.78$$

$$T_y = 307.01 \text{ Kg}$$

Esfuerzos cortantes y momentos flectores en el plano (X-Y)

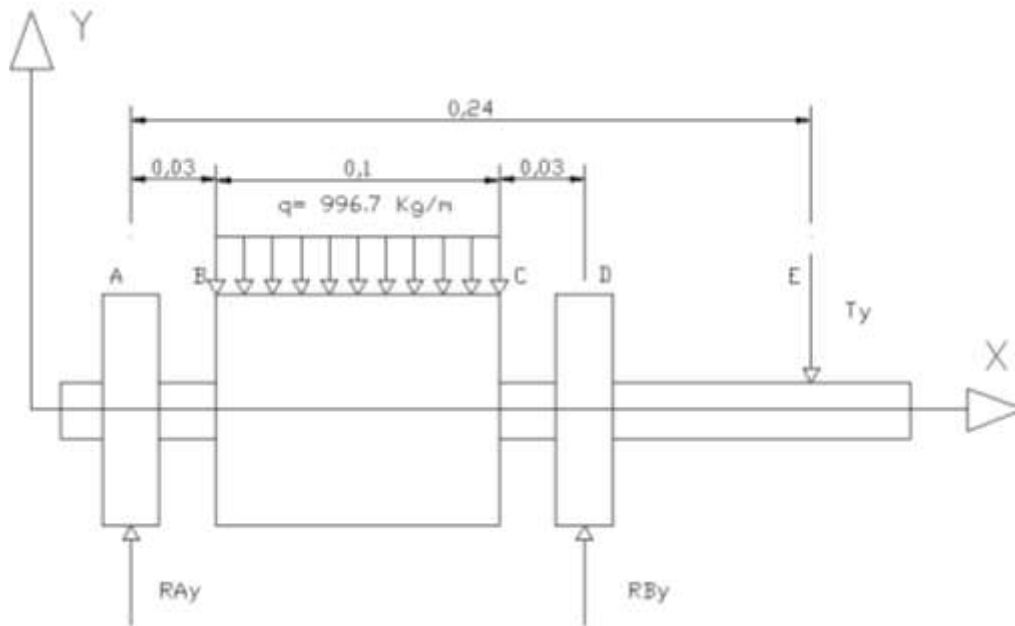


Figura 6.10: Eje Conductor Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

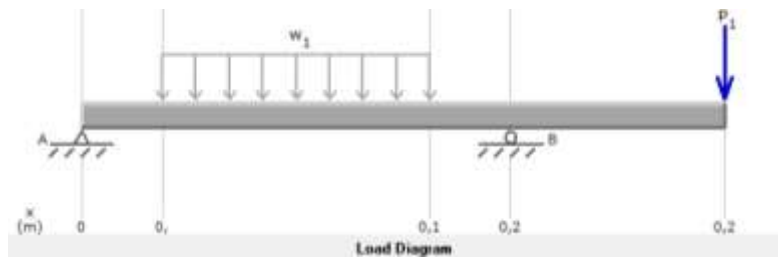


Figura 6.11: Diagrama de Fuerzas Eje Conductor Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$+\Sigma M_A = 0$$

$$T_y(0.24) + RB_y(0.16) + W_1(0.1)(0.08) = 0$$

$$3011.76(0.24) - RB_y(0.16) + 9777.63(0.1)(0.08) = 0$$

$$RB_y = 5006.52 \text{ N}$$

$$+\Sigma T_y = 0$$

$$RA_y + RB_y - W_1(0.1) - T_y = 0$$

$$RA_y + 5006.52 - 9777.63(0.1) - 3011.76 = 0$$

$$RA_y = -1016.99 \text{ N}$$

➤ **Cálculo de fuerzas cortantes**

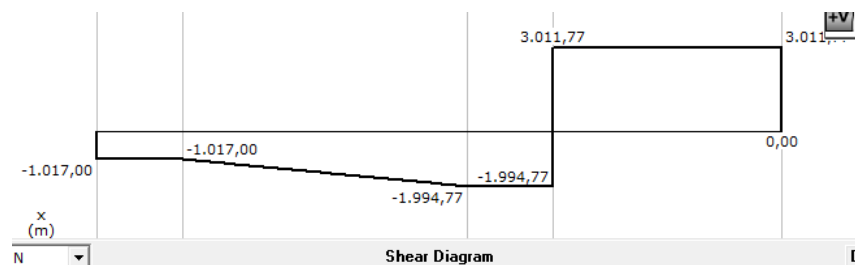


Figura 6.12: Diagrama de Fuerzas Cortantes Eje Conductor Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AF} = -1016.99$$

$$V_{BI} = -1016.99$$

$$V_{BF} = -1016.99$$

$$V_{CI} = -1016.99$$

$$V_{CF} = -1016.99 - 977.76 = -1994.75$$

$$V_{DI} = -1994.75$$

$$V_{DF} = -1994.75 + 5006.52 = 3011.76$$

$$V_{EI} = 3011.76$$

$$V_{EF} = 3011.76 - 3011.76 = 0$$

➤ **Fuerza cortante mínima**

La fuerza cortante mínima se sitúa a 0.16 metros desde el punto de referencia A.

$$V_{min} = 0 \text{ N.m}$$

➤ **Cálculo del momento flector**

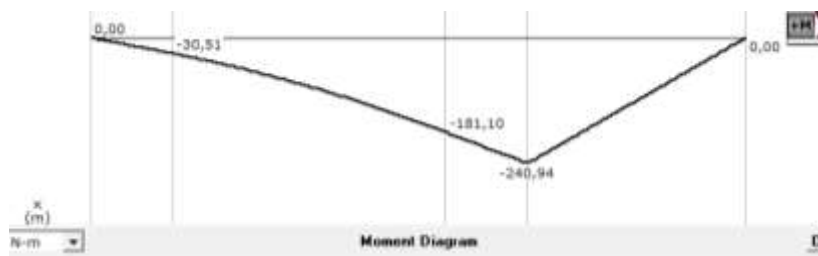


Figura 6.13: Diagrama de Momento Flector Eje Conductor Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$M_A = 0$$

$$M_B = 0 + (-1016.99)(0.03) = -30.51$$

$$M_C = -30.51 + (-1016.99)(0.1) + (-977.76)(0.1)(.5) = -181.10$$

$$M_D = -181.10 - (1994.75)(0.03) = -240.94$$

$$M_E = -240.94 - (3011.76)(0.08) = 0$$

➤ **Cálculo del momento flector máximo**

El momento flector máximo se sitúa a 0.16 metros desde el punto de referencia A.

$$M_{m\acute{a}x} = -240.94 \text{ N.m}$$

Esfuerzos cortantes y momentos flectores en el plano (X-Z)

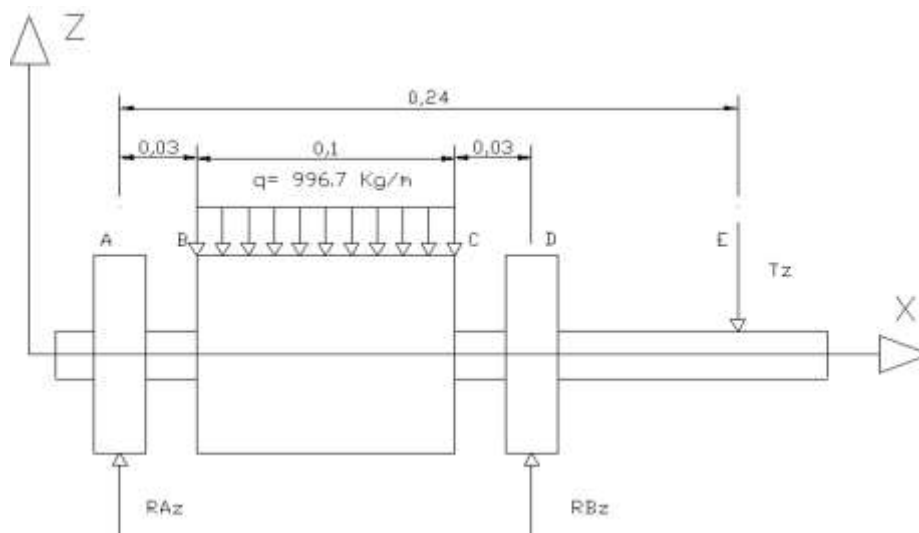


Figura 6.14: Eje Conductor Plano (X-Z)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

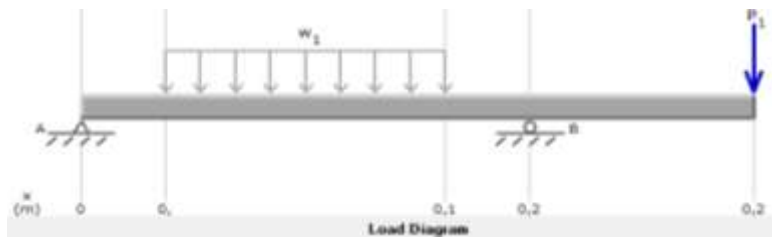


Figura 6.15: Diagrama de Fuerzas Eje Conductor Plano (X-Z)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$+\Sigma M_A = 0$$

$$T_z(0.24) + RB_z(0.16) + W_1(0.1)(0.08) = 0$$

$$991.4(0.24) - RB_z(0.16) + 9777.63(0.1)(0.08) = 0$$

$$RB_z = 1975.98 \text{ N}$$

$$+\Sigma T_y = 0$$

$$RA_z + RB_z - W_1(0.1) - T_z = 0$$

$$RA_z + 1975.98 - 9777.63(0.1) - 991.4 = 0$$

$$RA_z = -6.82 \text{ N}$$

➤ **Cálculo de fuerzas cortantes**

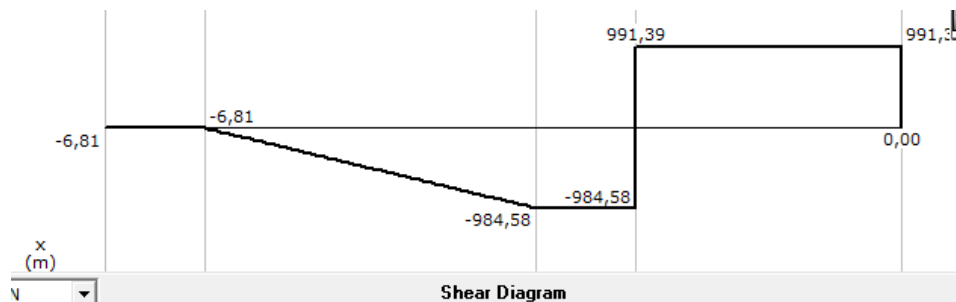


Figura 6.16: Diagrama de Fuerzas Cortantes Eje Conductor Plano (X-Z)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AF} = -6.82$$

$$V_{BI} = -6.82$$

$$V_{BF} = 6.82$$

$$V_{CI} = 6.82$$

$$V_{CF} = 6.82 - 977.76 = -984.58$$

$$V_{DI} = -984.58$$

$$V_{DF} = -984.58 + 1975.98 = 991.4$$

$$V_{EI} = 991.4$$

$$V_{EF} = 991.4 - 991.4 = 0$$

➤ **Fuerza cortante mínima**

La fuerza cortante mínima se sitúa a 0.16 metros desde el punto de referencia A.

$$V_{min} = 0 \text{ N.m}$$

➤ **Cálculo del momento flector**

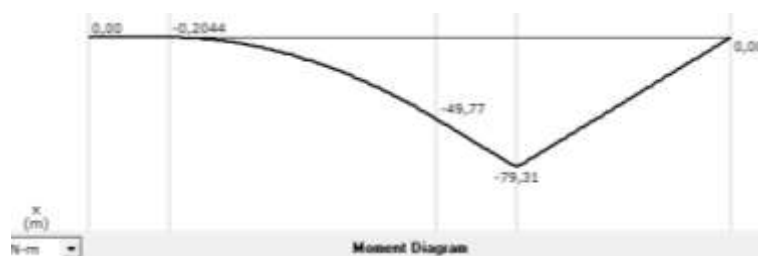


Figura 6.17: Diagrama del Momento Flector Eje Conductor Plano (X-Z)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$M_A = 0$$

$$M_B = 0 + (-6.82)(0.03) = -0.205$$

$$M_C = -0.205 + (-0.205)(0.1) + (-977.76)(0.1)(.5) = -49.11$$

$$M_D = -49.11 - (984.58)(0.03) = -79.31$$

$$M_E = -79.31 - (991.4)(0.08) = 0$$

➤ **Cálculo del momento flector máximo**

El momento flector máximo se sitúa a 0.16 metros desde el punto de referencia A.

$$M_{m\acute{a}x} = -79.31 \text{ N.m}$$

Cálculo de reacciones y momentos resultantes

Resultado de la reacción A.

(Ec. 6.34)

$$RA = \sqrt{(RA_y)^2 + (RA_z)^2}$$

$$RA = \sqrt{(-101.99)^2 + (-6.82)^2}$$

$$RA = 102.22 \text{ N}$$

Resultado de la reacción B.

(Ec. 6.35)

$$RB = \sqrt{(RB_y)^2 + (RB_z)^2}$$

$$RB = \sqrt{(5006.52)^2 + (1975.98)^2}$$

$$RB = 5382.35 \text{ N}$$

Momento flector resultante

(Ec. 6.36)

$$M_{m\acute{a}x} = \sqrt{(Mm\acute{a}x_y)^2 + (Mm\acute{a}x_z)^2}$$

$$M_{m\acute{a}x} = \sqrt{(-240.94)^2 + (-79.31)^2}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 253.66 \text{ N.m}$$

Diseño estático del eje

Para el diseño del eje utilizamos un acero AISI 1020 (leído del Anexo A-11).

Para el diseño escogemos un factor de seguridad de 1.2, que siempre debe ser mayor a 1.

➤ Esfuerzo máximo por flexión

(Ec. 6.37)

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 253.66}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{2583.76 \text{ N.m}}{d^3}$$

➤ Esfuerzo máximo por torsión

(Ec. 6.38)

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 7.33}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{37.33 \text{ N.m}}{d^3}$$

➤ Usando la teoría de Von Mises

(Ec. 6.49)

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{2583.76 \text{ N.m}}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{37.33 \text{ N.m}}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{2583.76 \text{ N.m}}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{37.33 \text{ N.m}}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{2584.57 \text{ N.m}}{d^3}$$

Sy: Resistencia a la fluencia= 210 MPa

(Ec. 6.40)

$$n = \frac{Sy}{\sigma'}$$

$$1.2 = \frac{210 \text{ MPa}}{\frac{2584.57 \text{ N.m}}{d^3}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{2584.57 * 1.2}{210 \text{ MPa}}}$$

$$d = 0.0245 \text{ m} = 2.45 \text{ cm}$$

Diseño dinámico

Para el diseño dinámico se utiliza la falla del material por fatiga, para esto utilizaremos ciertos parámetros:

- Acero AISI 1020
- Velocidad de rotación del eje 47 rpm
- Trabajo 24 horas
- Ciclos de rotación 67680
- Factor de seguridad 1.2
- Con factor de corrección de 0.3

➤ Resistencia por fatiga (limite)

Resistencia a la tensión; $S_{ut}=380 \text{ Mpa}$

(Ec. 6.41)

$$S'_e = 0.5 * (S_{ut})$$

$$S'_e = 0.5 * (380)$$

$$S'_e = 190 \text{ MPa}$$

➤ Resistencia a la fatiga por ubicación crítica (limite)

(Ec. 6.42)

$$S_e = 0.3 * (S_y)$$

$$S_e = 0.3 * (210)$$

$$S_e = 63 \text{ MPa}$$

➤ **Resistencia a la fatiga**

$f = 0.9$; para acero AISI 1020, porque su $S_{ut} = 55 \text{Kpsi} < 70 \text{Kpsi}$ (leído del Anexo A-12).

(Ec. 6.43)

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e}$$

$$a = \frac{(0.9 * 380)^2}{63}$$

$$a = 1856.57 \text{ MPa}$$

(Ec. 6.44)

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * S_{ut}}{S_e}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0.9 * 380}{63}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log(5.42)$$

$$b = -0.2448$$

(Ec. 6.45)

$$S_f = aN^b$$

N: número de ciclos = 240480 ciclos

$$S_f = (1856.57 \text{ MPa})(240480)^{-0.2448}$$

$$S_f = 121.96 \text{ MPa}$$

(Ec. 6.46)

$$n = \frac{Sf}{\sigma}$$

$$n = \frac{Sf\pi d^3}{32M}$$

$$d^3 = \frac{(32) * M * n}{Sf * \pi}$$

$$d^3 = \frac{(32)(253.66)(1,2)}{(121.96 \times 10^6)(\pi)}$$

$$d = 2.94 \text{ cm}$$

El eje cercano es el de 25.4 mm, que se encuentra en el mercado y se podrá trabajar con seguridad.

Comprobación con diámetro de 25.4 mm.

Ka: Factor de condición superficial

(Ec. 6.47)

$$-Ka = a * Sut^b$$

$$a = 57.7 \text{ MPa (leído del Anexo A-13)}$$

$$b = -0.718 \text{ (leído del Anexo A-13)}$$

$$-Ka = 57.7 * 380^{-0.718}$$

$$Ka = 0.8107$$

Kb: Factor de tamaño

(Ec. 6.48)

$$Kb = 1.24 * d^{-0,107}$$

$$Kb = 1.24 * (25.4)^{-0,107}$$

$$Kb = 0.877$$

$Kc = 0,85$: Factor de carga (leído del Anexo A-14)

$Kd = 1$: Factor de Temperatura (leído del Anexo A-15).

$Ke = 0,897$: Factor de confiabilidad (leído del Anexo A-16).

$Kf = 1$: Factor efectos varios; Eje con seccion uniforme y sin tipo de muesca.

➤ **Limite de resistencia a la fatiga**

(Ec. 6.49)

$$Se = Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * Kf * Se'$$

$$Se = (0,877) * (0.862) * (0,85) * (1) * (0,897) * (1) * (190 MPa)$$

$$Se = 109.541 MPa$$

Resistencia a la fatiga

$f = 0.9$; para acero AISI 1020, porque su $S_{ut} = 55Kpsi < 70Kpsi$ (leído del Anexo A-11).

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{Se}$$

$$a = \frac{(0.9 * 380)^2}{109.541}$$

$$a = 1067.76 MPa$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * Sut}{Se}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0,9 * 380}{109.541}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log(3.122)$$

$$b = -0,165$$

$$Sf = aN^b$$

N: número de ciclos = 67680 ciclos

$$Sf = (1067.76 MPa)(67680)^{-0,165}$$

$$Sf = 170.39 MPa$$

Factor de seguridad

$$\sigma_x = 157.67 MPa$$

$$\tau_{xy} = 2.28 MPa$$

$$n = \frac{Sf}{\sigma}$$

$$n = \frac{170.39 MPa}{157.67 MPa}$$

$$n = 1.081$$

Para modificar el diámetro utilizamos GOODMAN

$$\sigma_m = \sqrt{3\tau_{xy}}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3(2.28)}$$

$$\sigma_m = 2.62 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 157.67 \text{ Mpa}$$

(Ec. 6.50)

$$\eta_f = \frac{S_y}{\sigma_a + \sigma_m}$$

$$\eta_f = \frac{210 \text{ MPa}}{157.67 \text{ Mpa} + 2.62 \text{ Mpa}}$$

$$\eta_f = 1.31 \quad \text{ok}$$

Finalmente seleccionamos un Acero AISI 1020 de 1 pulgada (25.4 mm), facil de encontrar en el mercado y satisfactorio para el diseño.

6.6.3.11. Diseño del Eje Conducido

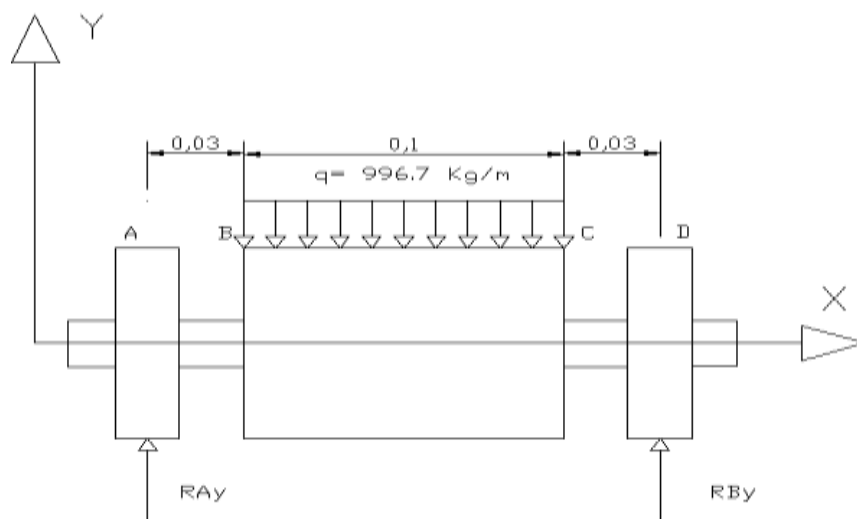


Figura 6.18: Diagrama Eje Conducido Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

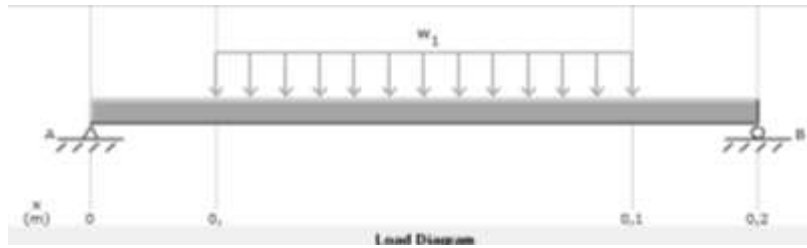


Figura 6.19: Diagrama de Fuerzas Eje Conducido Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$+\Sigma M_A = 0$$

$$-RB_y(0.16) + W_1(0.1)(0.08) = 0$$

$$-RB_y(0.16) + 9777.63(0.1)(0.08) = 0$$

$$RB_y = 488.88 \text{ N}$$

$$+\Sigma T_y = 0$$

$$RA_y + RB_y - W_1(0.1) = 0$$

$$RA_y + 488.88 - 9777.63(0.1) = 0$$

$$RA_y = 488.88 \text{ N}$$

➤ **Cálculo de fuerzas cortantes**

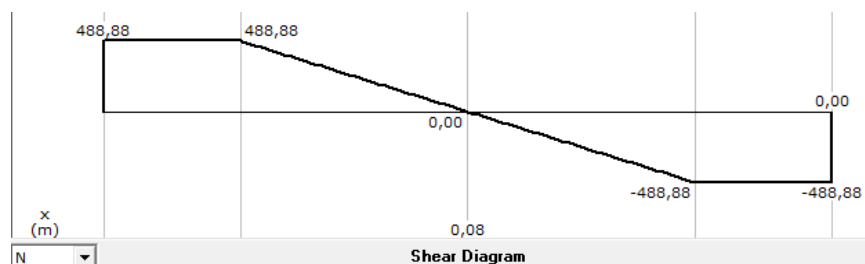


Figura 6.20: Diagrama de Fuerzas Cortantes Eje Conducido Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AF} = 488.88$$

$$V_{BI} = 488.88$$

$$V_{BF} = 488.88$$

$$V_{CI} = 488.88$$

$$V_{CF} = 488.88 - 9777.63(0.1) = -488.88$$

$$V_{DI} = -488.88$$

$$V_{DF} = -488.88 + 488.88 = 0$$

➤ **Fuerza cortante mínima**

La fuerza cortante mínima se sitúa a 0.08 metros desde el punto de referencia A.

$$V_{min} = 0 \text{ N.m}$$

➤ **Cálculo del momento flector**

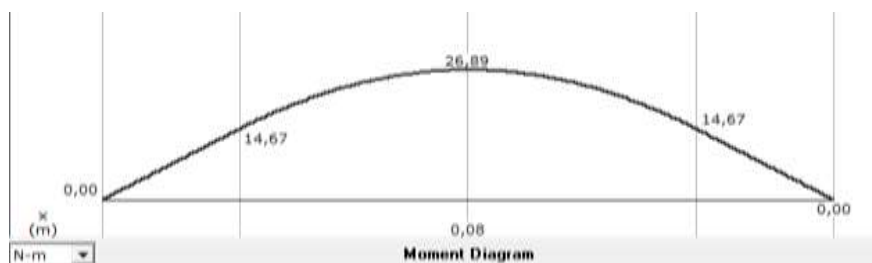


Figura 6.21: Diagrama del Momento Flector Eje Conducido Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$M_A = 0$$

$$M_B = 0 + (488.88)(0.03) = 14.67$$

$$M_C = 14.67 + (488.88)(0.05)(0.5) + (-488.88)(0.05)(0.5) = 14.67$$

$$M_D = 14.67 + (-488.88)(0.03) = 0$$

➤ **Cálculo del momento flector máximo**

El momento flector máximo se sitúa a 0.08 metros desde el punto de referencia A.

$$M_{m\acute{a}x} = 14.67 + (488.88)(0.05)(0.5)$$

$$M_{m\acute{a}x} = 26.89 \text{ N.m}$$

Diseño estático del eje

Para el diseño del eje utilizamos un acero AISI 1020 (leído del Anexo A-11).

Para el diseño escogemos un factor de seguridad de 1.2, que siempre debe ser mayor a 1.

➤ **Esfuerzo máximo por flexión**

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 26.89}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{273.9 \text{ N.m}}{d^3}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$1.2 = \frac{210 \text{ MPa}}{\frac{273.9 \text{ N.m}}{d^3}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{273.9 * 1.2}{210MPa}}$$

$$d = 0.0116 \text{ m} = 1.16 \text{ cm}$$

Para el diseño se escoge un eje de 1 pulgada (1.27 cm), es el más cercano y se utilizara para la comprobación.

Diseño dinámico

➤ **Resistencia por fatiga (limite)**

Resistencia a la tensión; $S_{ut}=380 \text{ Mpa}$

$$S'_e = 0.5 * (S_{ut})$$

$$S'_e = 0.5 * (380)$$

$$S'_e = 190 \text{ MPa}$$

➤ **Resistencia a la fatiga por ubicación crítica (limite)**

$$S_e = 0.3 * (S_y)$$

$$S_e = 0.3 * (210)$$

$$S_e = 63 \text{ MPa}$$

Comprobación con diámetro de 12.7 mm.

K_a : Factor de condición superficial

$$-K_a = a * S_{ut}^b$$

$a = 57.7 \text{ MPa}$ (leído del Anexo A-13)

$b = -0.718$ (leído del Anexo A-13)

$$-Ka = 57.7 * 380^{-0.718}$$

$$Ka = 0.8107$$

Kb : Factor de tamaño

$$Kb = 1.24 * d^{-0.107}$$

$$Kb = 1.24 * (12.7)^{-0.107}$$

$$Kb = 0.945$$

$Kc = 0,85$: Factor de carga (leído del Anexo A-14)

$Kd = 1$: Factor de Temperatura (leído del Anexo A-15).

$Ke = 0,897$: Factor de confiabilidad (leído del Anexo A-16).

$Kf = 1$: Factor efectos varios; Eje con seccion uniforme y sin tipo de muesca.

➤ **Limite de resistencia a la fatiga**

$$Se = Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * Kf * Se'$$

$$Se = (0,945) * (0.862) * (0,85) * (1) * (0,897) * (1) * (190 MPa)$$

$$Se = 118 MPa$$

Resistencia a la fatiga

$f = 0.9$; para acero AISI 1020, porque su $S_{ut} = 55Kpsi < 70Kpsi$ (leído del Anexo A-11).

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{Se}$$

$$a = \frac{(0.9 * 380)^2}{118}$$

$$a = 991.22 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * Sut}{Se}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0,9 * 380}{118}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log(2.9)$$

$$b = -0,154$$

$$Sf = aN^b$$

N: número de ciclos = 67680 ciclos

$$Sf = (991.22 \text{ MPa})(67680)^{-0,154}$$

$$Sf = 178.76 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

$$\sigma_x = 133.72 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{Sf}{\sigma}$$

$$n = \frac{178.76 \text{ MPa}}{133.72 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.34 \quad \text{ok}$$

Finalmente seleccionamos un Acero AISI 1020 de 1/2 pulgada (12.7 mm), fácil de encontrar en el mercado y satisfactorio para el diseño.

6.6.3.12. Selección de Rodamientos

La selección de rodamientos lo realizamos para los dos ejes del mismo diámetro, se seleccionara con la mayor carga.

- Carga máxima radial=5006.52 N
- Velocidad angular del eje= 47 rpm
- Diámetro interno del rodamiento= 25.4 mm

Carga estática

$S_o = 1$; Factor de seguridad estático (leído del Anexo A-17).

$P_o = Fr$; Por ser carga radial pura

(Ec. 6.51)

$$C_o = S_o * P_o$$

$$C_o = (1) * (5006.52N)$$

$$C_o = 5006.52 N$$

Carga dinámica

$L_{10}h = 50000$ horas; Valores de duración (leído del Anexo A-18).

$a_1 = 1$; Factor de probabilidad (leído del Anexo A-19).

$a_{23} = 1,6$ Valor asumido

(Ec. 6.52)

$$C = P \sqrt[3]{\frac{L_{10}h * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}}$$

$$C = (5006.52N) \sqrt[3]{\frac{(50000) * (47) * (60)}{(1000000) * (1) * (1,6)}}$$

$$C = 22279.3 \text{ N}$$

Rodamiento Rígido de Bolas 6004 (leído del Anexo A-20)

$$d = 25\text{mm}$$

$$D = 37\text{mm}$$

$$B = 12\text{mm}$$

Comprobación

(Ec. 6.53)

$$dm = \frac{D + d}{2}$$

$$dm = \frac{(62 + 25)}{2}$$

$$dm = 43.5$$

$V_1 = 350 \text{ mm}^2/s$; Viscosidad cinemática relativa (leído del Anexo A-21).

$V = 500\text{mm}^2/s$; Viscosidad cinemática de servicio (leído del Anexo A-22).

(Ec. 6.54)

$$K = \frac{V}{V_1}$$

$$K = \frac{500}{350}$$

$$K = 1,43$$

$$a_{23} = 1,3; \text{ (leído del Anexo A-23).}$$

$$C = 22500 \text{ N}$$

Selecciono un Rodamiento 6004 Rígido de Bolas

6.6.3.13. Diseño de la plancha

Peso por botella= 530 gr

Distancia de la plancha= 0.70 m

Peso de la banda= 1 Kg/m

Cantidad máxima de botellas sobre la banda= 11 botellas

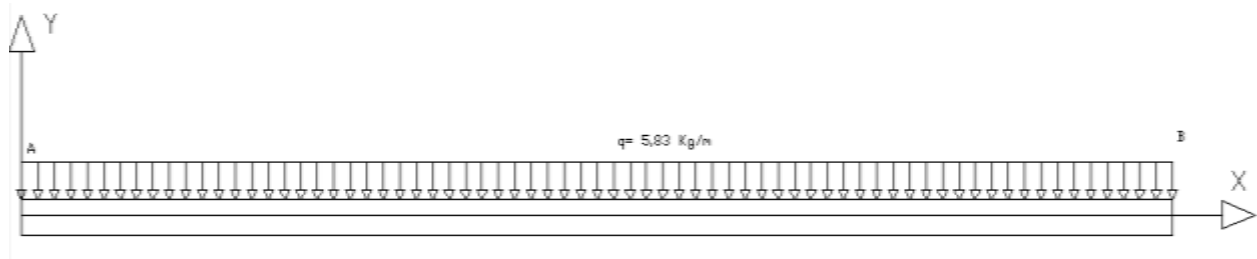


Figura 6.22: Diagrama de la Plancha Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

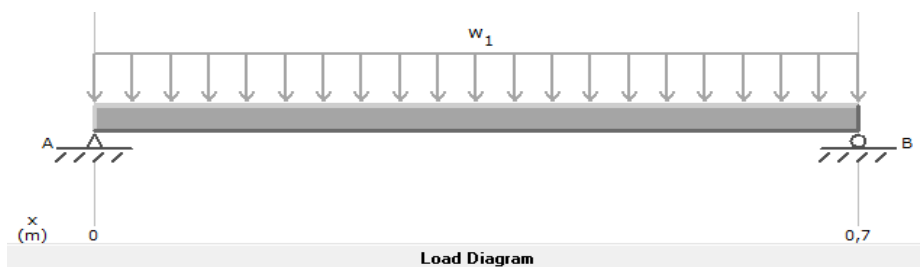


Figura 6.23: Diagrama de Fuerzas de la Plancha Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$+\Sigma M_A = 0$$

$$-RB_y(0.7) + W_1(0.7)(0.35) = 0$$

$$-RB_y(0.7) + 57.19(0.7)(0.35) = 0$$

$$RB_y = 20.02\text{N}$$

$$+\Sigma T_y = 0$$

$$RA_y + RB_y - W_1(0.7) = 0$$

$$RA_y + 20.02 - 57.19(0.7) = 0$$

$$RA_y = 20.02\text{ N}$$

➤ **Cálculo de fuerzas cortantes**

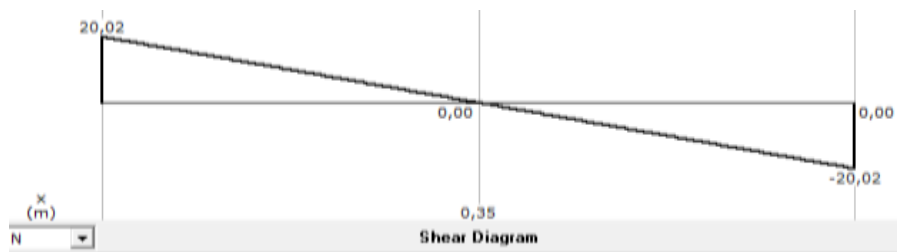


Figura 6.24: Diagrama de Fuerzas Cortantes de la Plancha Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$V_{AI} = 0$$

$$V_{AF} = 20.02$$

$$V_{BI} = 20.02 - 57.19(0.7) = -20.02$$

$$V_{BF} = -20.02 + 20.02 = 0$$

➤ **Fuerza cortante mínima**

La fuerza cortante mínima se sitúa a 0.35 metros desde el punto de referencia A.

$$V_{min} = 0 \text{ N.m}$$

➤ **Cálculo del momento flector**

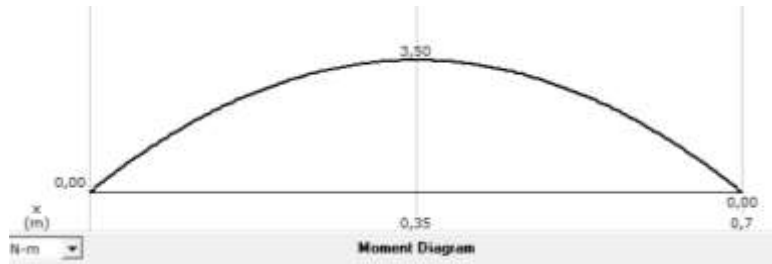


Figura 6.25: Diagrama del Momento Flector de la Plancha Plano (X-Y)

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

$$M_A = 0$$

$$M_B = 0 + 20.02(0.35)(0.5) - 20.02(0.35)(0.5) = 0$$

➤ **Cálculo del momento flector máximo**

El momento flector máximo se sitúa a 0.35 metros desde el punto de referencia A.

$$M_{m\acute{a}x} = 0 + 20.02(0.35)(0.5)$$

$$M_{m\acute{a}x} = 3.5 \text{ N.m}$$

Resistencia a la fluencia Acero Inoxidable 304 $S_y = 276 \text{ MPa}$ (leído del Anexo A-24).

$$F_b = 0.66 * S_y$$

$$F_b = 0.66 * 276$$

$$F_b = 182,16 \text{ MPa}$$

Cálculo de la sección necesaria mínima:

$$S = \frac{Mc}{Fb}$$

$$S = \frac{3.5 \text{ N.m}}{182,16 \text{ MPa}}$$

$$S = 0,0192 \text{ cm}^3$$

La sección de la plancha:

$$S = a * b * y$$

$$S = 0.1 * 12 * .05$$

$$S = 0,06 \text{ cm}^3$$

$$0,0192 < 0,06 \text{ ok}$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{Sy}{Fb}$$

$$n = \frac{276}{182.16}$$

$$n = 1,51 \text{ ok}$$

Para el diseño de la plancha se escogió un Acero Inoxidable 304 con dimensiones (1x120) mm, fácil de encontrar en el mercado.

6.6.4. Diseño geométrico del sistema de sujeción del cuello de la botella

6.6.4.1. Diseño Geométrico de la Base de Sujeción

Distancia entre centros de botellas= 65 mm

Diámetro del cuello de las botellas= 26 mm

Diámetro de la botella= 65mm

Distancia entre soportes de la banda= 120 mm

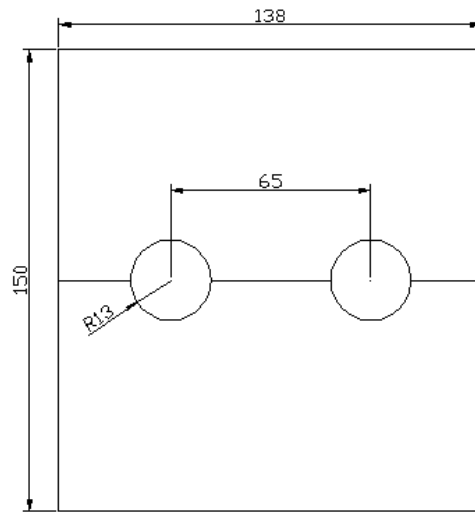


Figura 6.26: Diseño Geométrico de la Sujeción

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.6.4.2. Cálculo del Desplazamiento de la Base de Sujeción

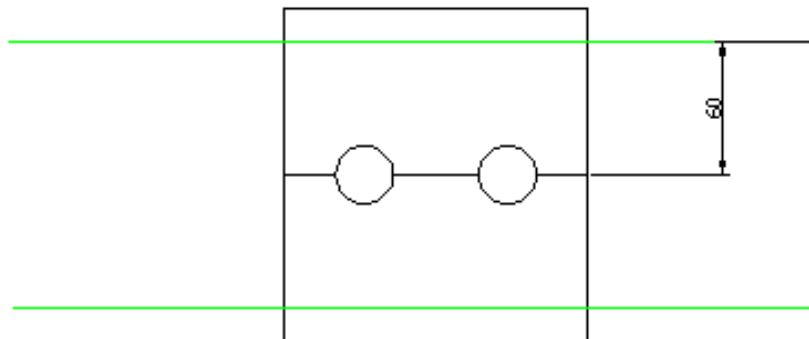


Figura 6.27: Diseño del Desplazamiento de la Base de Sujeción

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

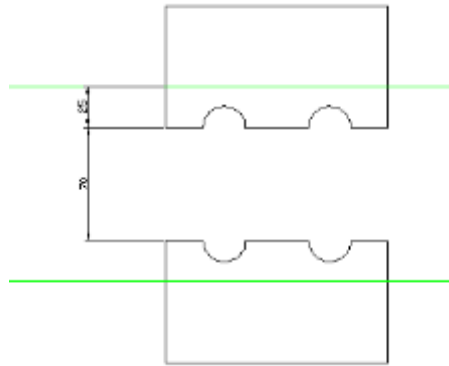


Figura 6.28: Desplazamiento de la Base de Sujeción

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

La separación mínima entre las bases de sujeción del cuello de la botella debe ser de 65 mm.

Para el recorrido de los cilindros neumáticos se toma la distancia detallada en la figura.

Según el catalogo Parker (leído Anexo A-25), se seleccionó un pistón neumático de recorrido de 25 mm de diámetro y 50 mm de carrera que abastece con suficiencia el recorrido necesario.

6.6.4.3. Cálculo de los pistones de detenimiento de botellas

Distancia de los soportes laterales de las botellas= 120 mm

Distancia de separación mínima de dos botellas= 130 mm

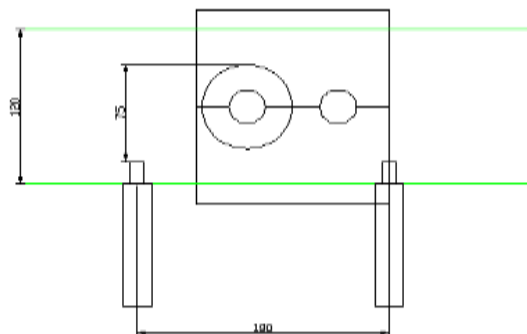


Figura 6.29: Diseño de los Pistones de Detenimiento

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Según el diseño geométrico de la Figura 6.29, se seleccionó el pistón neumático marca Parker de diámetro de 20 mm y carrera de 80 mm que cumple con el requisito de distancia de detenimiento (leído del Anexo A-25).

6.6.5. Diseño del Sistema Neumático

Dos Pistones Neumáticos Parker P1A-S020SS-0080 (leídos del Anexo A-26, A-27)

Caudal consumido= 0.176 lt

Carrera del pistón neumático= 80 mm

Fuerza ejercida por el pistón neumático= 170 N

Fuerza ejercida por el muelle= 29.4 N

Donde:

D: Diámetro del émbolo

d: Diámetro del vástago

S: Sección del émbolo

s: Sección el vástago

P: Presión de funcionamiento

L: Longitud de carrera efectiva

R: Rendimiento del cilindro

Para cilindros con $D < 40$ mm, $R = 0.85$

Para cilindros con $D > 40$ mm, $R = 0.95$

n: Número de ciclos por minuto

Fm: Fuerza del resorte en (Kgf)

t: Tiempo que tarda el cilindro en efectuar su carrera

(Ec. 6.55)

$$F(Kg) = \frac{\pi * D^2(cm^2) * P \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{4} * R - Fm$$
$$F(Kg) = \frac{\pi * 2^2(cm^2) * 6 \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{4} * 0,85 - 2,99$$
$$F = 13.025 Kg = 127.776 N$$

La fuerza ejercida por el pistón neumático simple efecto Parker P1A-S020SS-0080 es de 127.776N.

(Ec. 6.56)

$$C(lt/min) = \frac{0.0471 * D^2(cm^2) * L(cm) * (P + Patm) \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{t(seg)}$$
$$C(lt/min) = \frac{0.0471 * 2^2(cm^2) * 8(cm) * (6 + 1.03323) \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{0.5(seg)}$$
$$C = 21.2 (lt/min)$$

El consumo del pistón neumático simple efecto Parker P1A-S020SS-0080 es de 21.2 lt/min.

Dos Pistones Neumáticos Parker P1A-S025SS-0050 (leídos del Anexo A-26, A-27)

Caudal consumido= 0.172 lt

Carrera del pistón neumático= 50 mm

Fuerza ejercida por el pistón neumático= 264 N

Fuerza ejercida por el muelle= 44.3 N

$$F(Kg) = \frac{\pi * D^2(cm^2) * P \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{4} * R - Fm$$

$$F(Kg) = \frac{\pi * 2.5^2(cm^2) * 6 \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{4} * 0,85 - 4.516$$

$$F = 20.519 Kg = 201.287 N$$

La fuerza ejercida por el pistón neumático de simple efecto Parker P1A-S025SS-0050 es de 201.287 N.

$$C(lt/min) = \frac{0.0471 * D^2(cm^2) * L(cm) * (P + Patm) \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{t(seg)}$$

$$C(lt/min) = \frac{0.0471 * 2.5(cm^2) * 5(cm) * (6 + 1.03323) \left(\frac{Kg}{cm^2}\right)}{0.5(seg)}$$

$$C = 20.7 (lt/min)$$

El consumo del pistón neumático de simple efecto Parker P1A-S025SS-0050 es de 20.7 lt/min.

Consumo total de los pistones neumáticos:

(Ec. 6.57)

$$Ct = (CP1 + CP2 + CP3 + CP4)(lt/min)$$

Ct: Consumo total de los pistones neumáticos

CPn: Consumo del pistón neumático

$$Ct = (21.2 + 21.2 + 20.7 + 20.7)(lt/min)$$

$$Ct = 83.8 lt/min$$

El consumo total de los pistones neumáticos Parker es 83.8 lt/min.

Electroválvulas CHELIC SELENOIDE VALVE SV-6102 ¼” seleccionamos de acuerdo al requerimiento de los pistones (leídas del Anexo A-28).

Manifold CHELIC SV-600 seleccionamos de acuerdo a las dimensiones de las electroválvulas (leída del Anexo A-29).

Unidad de mantenimiento CHELIC FR.L COMBINATION NFR-200-02 ¼” seleccionamos de acuerdo al consumo total de los pistones neumáticos Parker (leída del Anexo A-30).

6.6.6. Diseño del Sistema de Control

6.6.6.1. Diagrama de Flujo del Sistema de Control

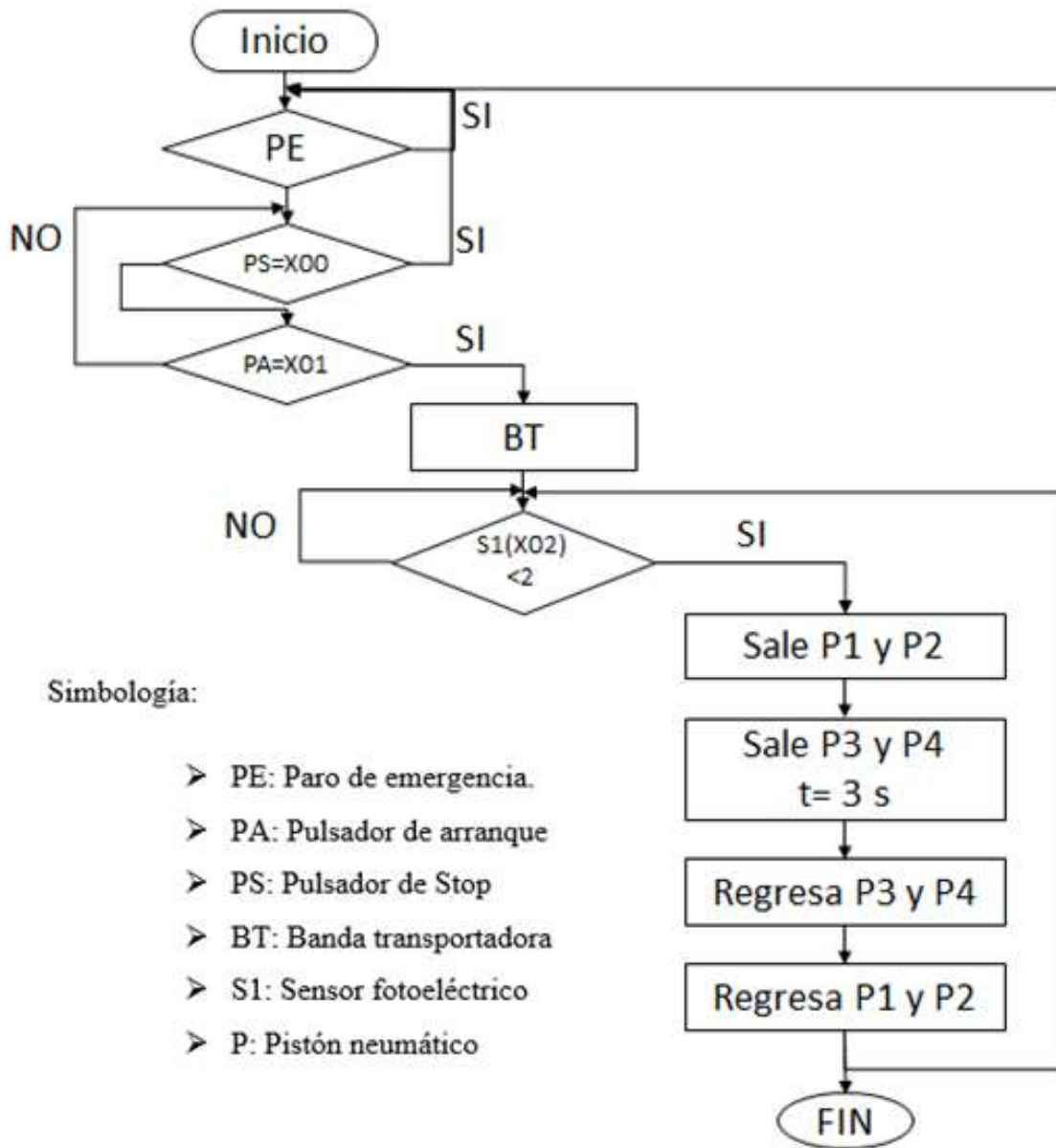


Figura 6.30: Diagrama de Flujo del Sistema de Control

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.6.6.2. Diagrama de Potencia

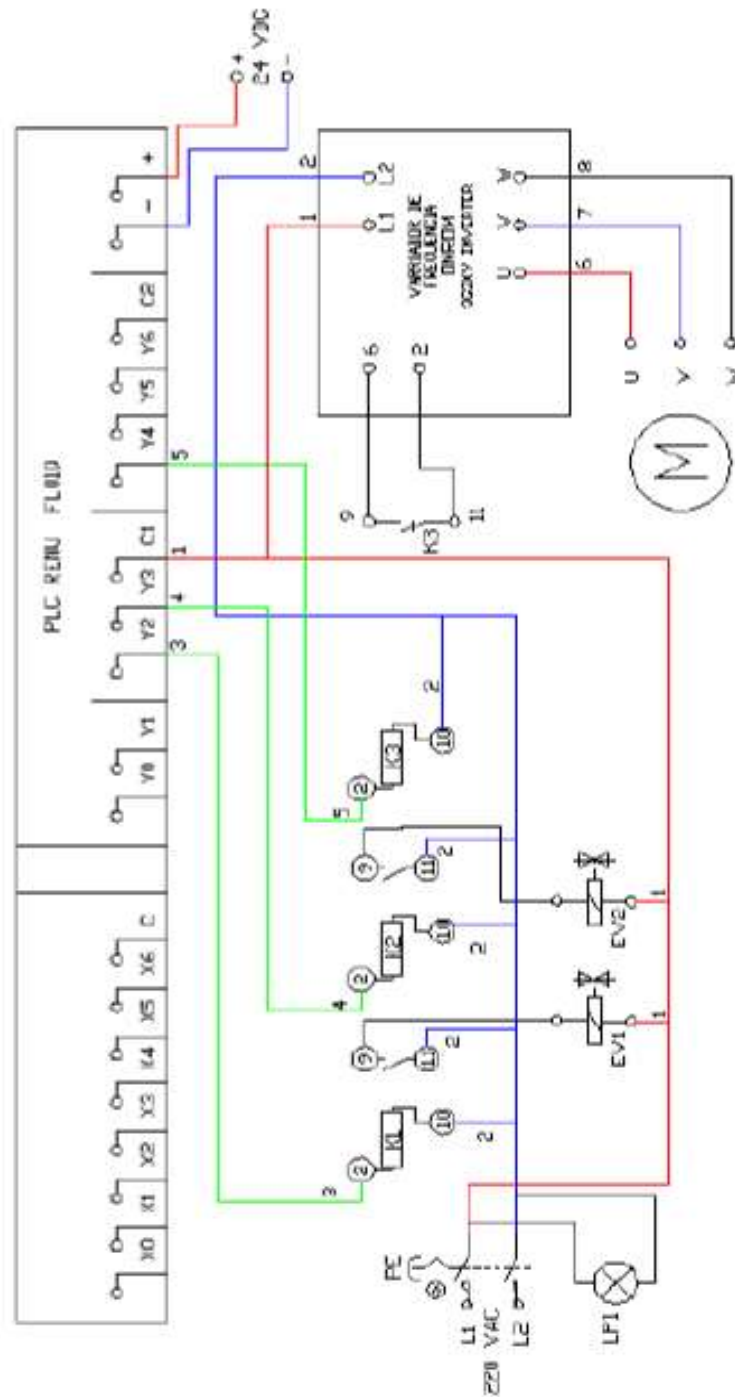


Figura 6.31: Diagrama de Potencia

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.6.6.3. Diagrama del Sistema Neumático

Donde:

P1 y P2: Pistones neumáticos de detenimiento de botellas.

P3 y P4: Pistones de sujeción del cuello de la botella.

KEV1, KEV2 y KEV3: Electroválvulas.

La unidad de mantenimiento CHELIC NFR-200-02.

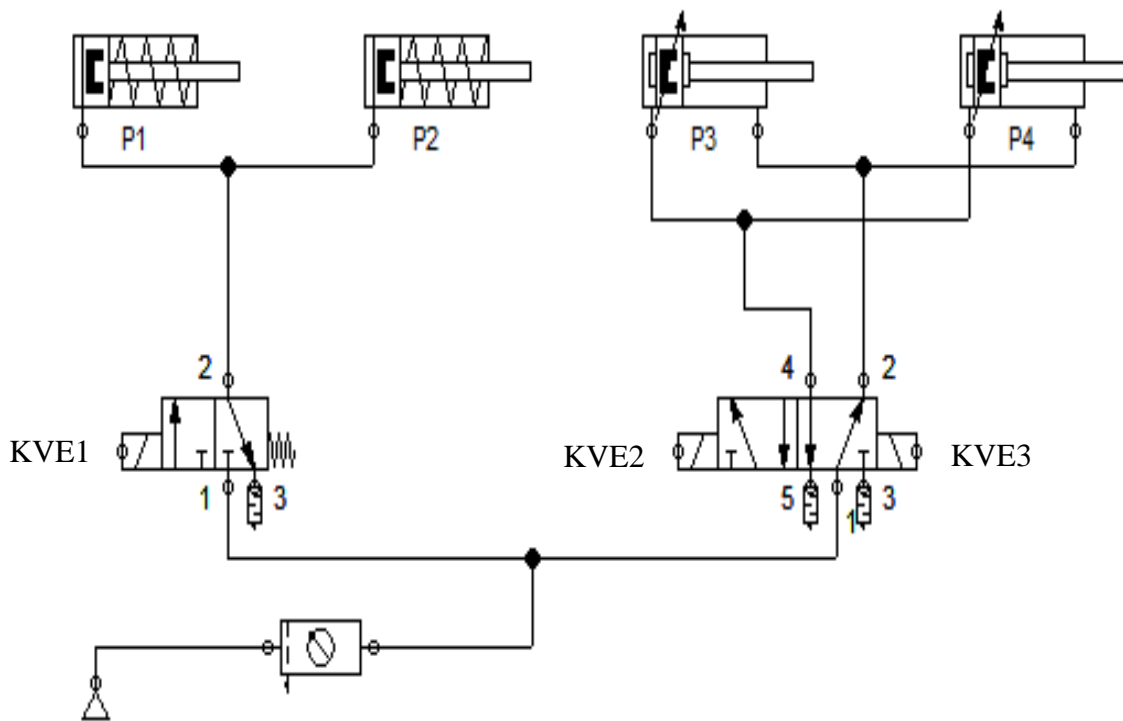


Figura 6.32: Diagrama del Sistema Neumático

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.6.6.4. Diagrama de Control

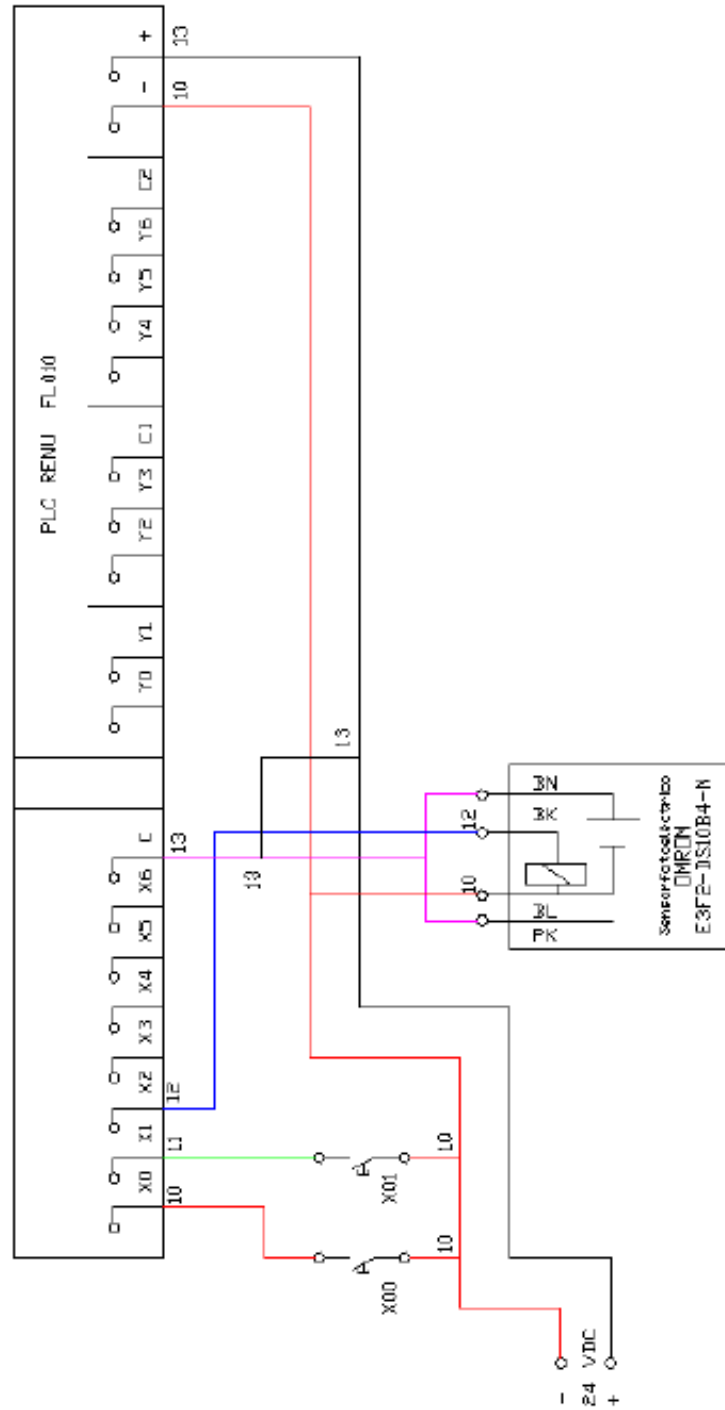


Figura 6.33: Diagrama de Control

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.6.6.5. Programa en el PLC

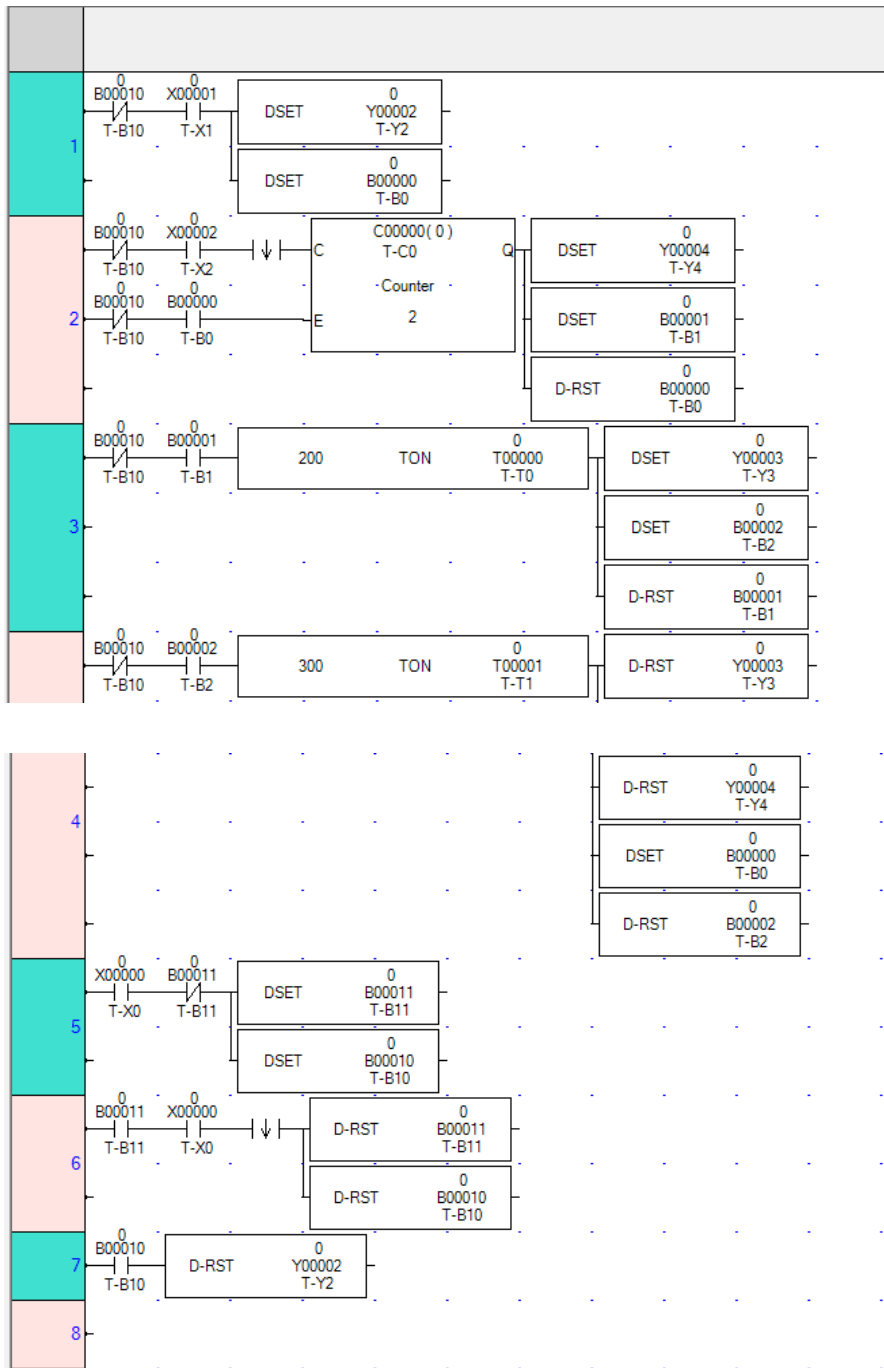


Figura 6.34: Programa PLC

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.6.7. Resultados de Producción

En el sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6-1: Posicionamiento Semiautomático (2 Botellas)

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | | |
|---|-------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA | | | | | |
| CARRERA DE INGENIERÍA MECANICA | | | | | |
| Ficha de obtención de datos de producción | | | | | |
| Laboratorio de Control Industrial | | | | | |
| Ronald Calderón (Autor) | | | | | |
| POSICIONAMIENTO SEMIAUTOMATICO (2 BOTELLAS) | | | | | |
| Prueba # | Tiempo de entrada | Tiempo de Salida | Tiempo Total de Posicionamiento | Tiempo de Roscado | Tiempo Total del proceso |
| 1 | 3,5 | 1 | 4,5 | 1,81 | 6,31 |
| 2 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 3 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 4 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 5 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 6 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 7 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 8 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 9 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 10 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 11 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 12 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 13 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 14 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 15 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 16 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 17 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 18 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 19 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 20 | 2,9 | 1 | 3,9 | 1,81 | 5,71 |
| 3,93 | | | | 1,81 | 5,74 |
| 1254 | | | | Botellas/Hora | |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.7. METODOLOGÍA

Para implementación de un sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado se realizó con la siguiente metodología:

- Investigación del proceso de roscado.
- Selección del sistema más adecuado.
- Diseño de elementos constitutivos.
- Realización de planos.
- Construcción de la estructura de la banda.
- Construcción del sistema de sujeción
- Selección de elementos de control.
- Conexión eléctrica.
- Pruebas de funcionamiento.
- Correcciones.
- Revisión del escrito final.

6.8. ADMINISTRACIÓN

En la administración se describe todos los gastos que se hicieron para la construcción del sistema de posicionamiento.

6.8.1. Análisis de Costos

Para el análisis de costos tomaremos las referencias útiles y confiables, mediante el cual separaremos en costos directos e indirectos para el análisis del costo total del sistema de posicionamiento.

6.8.1.1. Costos Directos

Para los costos directos tomamos las cosas que podemos identificar directamente.

Tabla 6-2: Costos Directos de la Banda Transportadora

| Item | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|------|---|----------|-----------------|---------------|
| 1 | Banda Transportadora Tipo Oruga | 1 | 3,53 | 3,53 |
| 2 | Disco de Lijar | 1 | 8,01 | 8,01 |
| 3 | Electrodos | 25 | 0,36 | 8,96 |
| 4 | Acero 304 (6x25)mm | 2 | 6,75 | 13,51 |
| 5 | Acero 304 6mm 1/4" | 1,5 | 5,86 | 8,79 |
| 6 | Polea de 4" Diam. X 1/2" Centro | 4 | 2,99 | 11,96 |
| 7 | UCF204-12 FBJ Chumacera | 4 | 5,51 | 22,04 |
| 8 | Acero 304 (4x38)mm | 1,3 | 8,16 | 10,61 |
| 9 | Acero 304 32mm 1.1/4" | 1,1 | 5,91 | 6,50 |
| 10 | Plancha de Acero 304 (2x3)m x 1mm | 1 | 168,00 | 168,00 |
| 11 | Angulo "L" (3x30)mm | 1 | 72,80 | 72,80 |
| 12 | Banda A25 | 1 | 2,89 | 2,89 |
| 13 | Banda A50 | 1 | 322,56 | 322,56 |
| 14 | Plancha de Acero Negro | 1 | 18,48 | 18,48 |
| 15 | Eje de Duralón Diam. 4" x 60cm | 1 | 117,60 | 117,60 |
| 16 | Plancha de Naylon (20x30)cm x 1" | 1 | 33,60 | 33,60 |
| 17 | Angulos tipo "L" (50x50x4) mm | 1 | 10,08 | 10,08 |
| 18 | Tiñer | 2 | 1,68 | 3,36 |
| 19 | Guaype | 1 | 1,12 | 1,12 |
| 20 | Pintura | 3 | 5,38 | 16,13 |
| 21 | Pernos, Arandelas y tuercas de Acero Inoxidable | 30 | 0,67 | 20,16 |
| | | | Total | 880,69 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 6-3: Costos Directos del Sistema Neumático

| Item | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|------|-------------------------------|----------|-----------------|---------------|
| 1 | CIL DELG S.EFEC SS 20X70mm | 2 | 15,43 | 30,87 |
| 2 | SILENCIADOR PLANO 1/8 PT | 6 | 0,81 | 4,84 |
| 3 | VAL SOLE 1/4 5-2 SS 220VAC | 3 | 34,14 | 102,41 |
| 4 | TAPON HEXAGONAL 1/4 MPT | 3 | 0,83 | 2,49 |
| 5 | MANG POLIU 60D X 4ID BLUE | 15 | 0,78 | 11,76 |
| 6 | ACOPLE RECTO 6mm X 1/4 MPT | 6 | 1,27 | 7,59 |
| 7 | REG CAUDAL UNID 6 X 1/8 MPT | 6 | 5,48 | 32,86 |
| 8 | FIL/REG-LUB 1/4 100cf7-120psi | 1 | 57,81 | 57,81 |
| 9 | YEE QUICK 6 mm | 2 | 1,50 | 3,00 |
| 10 | MANIFOLD SERIE 6 PUERTOS | 1 | 34,87 | 34,87 |
| 11 | PLACA CIEGA MANIFOLD SV6 | 1 | 2,09 | 2,09 |
| 12 | SILENCIADOR PLANO 1/4PT | 2 | 1,44 | 2,89 |
| 13 | ACOPLE RECTO 6mm X 1/8 MPT | 8 | 1,04 | 8,33 |
| 14 | CIL DELG S.EFEC SS 25X50mm | 2 | 33,60 | 67,20 |
| 15 | ACOPLE RECTO 6mm X 1/2 FPT | 2 | 3,57 | 7,15 |
| | | | Total | 376,16 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

Tabla 6-4: Costos Directos del Sistema de Control

| Item | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|------|--------------------------------------|----------|-----------------|---------------|
| 1 | ENCHUNFE P/GALLINA 20A 3P 250V COOPE | 1 | 6,23 | 6,23 |
| 2 | CABLE ST-THHN 3 X 12 CU FLEX | 10 | 2,56 | 25,65 |
| 3 | MTR BARRA PARA TIERRA 6x8mm | 0,3 | 26,85 | 8,05 |
| 4 | SOPORTE B/BARRA DE TIERRA 6x8mm | 4 | 0,46 | 1,84 |
| 5 | CINTA DOBLE FAZ 18mm X 5m | 2 | 1,25 | 2,51 |
| 6 | LUZ PILOTO 220V VERDE 22mm | 3 | 1,60 | 4,80 |
| 7 | RELAYS 220V - 11 PINES | 3 | 6,00 | 18,01 |
| 8 | BASE 11 PINES P/RELAYS | 3 | 1,70 | 5,11 |
| 9 | CABLE FLEXIBLE 14 | 30 | 0,40 | 12,10 |
| 10 | TERMINAL U 14-16 AZUL | 1 | 4,50 | 4,50 |
| 11 | CANALETA P0062 | 1 | 4,83 | 4,83 |
| 12 | BARRA DE NEUTRO 12H | 1 | 5,50 | 5,50 |
| 13 | RIEL DIN | 1 | 2,00 | 2,00 |
| 14 | MOTOR 1HP 1200RPM | 1 | 134,40 | 134,40 |
| 15 | REDUCTOR DE VELOCIDAD 1-33 | 1 | 134,40 | 134,40 |
| | | | Total | 369,93 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.8.1.2. Costos Indirectos

Para los costos indirectos se tomó las actividades realizadas en el sistema.

Tabla 6-5: Costos Indirectos del Sistema de Posicionamiento

| Descripción | Subtotal |
|---|----------|
| Maquinado | 100 |
| Soldadura, corte, torneado, maquinado, ensamblado, pulido, pintura. | 500 |
| Programador | 300 |
| Total | 900 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.8.1.3. Costo Total del Sistema de Posicionamiento

Tabla 6-5: Costos Indirectos del Sistema de Posicionamiento

| Descripción de los costos | Subtotal |
|---------------------------|----------|
| Costos directos | 1626,78 |
| Costos indirectos | 900 |
| Costos imprevistos | 252,68 |
| Total | 2779,46 |

Fuente: El Autor (Ronald Calderón)

6.8.2. Financiamiento

Los costos de para la construcción del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado fueron financiados por el Investigador.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

El sistema de posicionamiento de botellas en la máquina de roscado necesita el sistema de acoplamiento de tapas.

Se necesita el acoplamiento de la máquina a un sistema SCADA.

A partir del uso de este sistema se hace necesario un manual de mantenimiento:

- Revisar puntos de conexión después de un uso prolongado y de manipulación de conectores eléctricos.
- Se recomienda mensualmente realizar la lubricación de las chumaceras.
- Verificar la cantidad de aceite en la unidad FRL.
- Lubricación de los cilindros neumáticos.
- Después de un uso prolongado revisar la tensión de la Banda Transportadora.

Recomendaciones de seguridad:

- En caso de desacoplar la cubierta de la banda no poner en marcha la máquina hasta no volver a colocar la misma en su lugar.
- Antes de revisar puntos de conexión desacoplar conexiones de energía.
- No interponer elementos ni partes humanas cerca del área de acción de los pistones.

BIBLIOGRAFÍA

- Ame, R. (2001). *Mecánica Aplicada al Diseño de los Elementos de Máquinas temas básicos de resistencia de materiales aplicables al diseño de árboles y ejes*. Argentina: Nobuko.
- Black, E. (1976). *Dibujo Técnico*. Crat.
- Bolton, W. (2001). *Ingeniería de control*. México: Alfa - Omega.
- Bolton, W. (2010). *Mecatrónica*. Cuarta Edición. México: Alfaomega.
- Budynas, R. G., & Keith, J. (2010). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: Mc Gran Hill.
- Calidad, S. d. (2014-145). *Ministerio de Industrias y Productividad*.
- Cardona, S. (2009). *Elementos de Máquinas II*. El Cid.
- Cetinkunt, S. (2007). *Mecatrónica*. Primera Edición. México: Patria.
- Crews, A. (2010). *Instrumentación Industrial*. México: Alfa - Omega.
- Crews, A. (2011). *Neumática E Hidráulica*. Segunda Edición. México: Alfaomega.
- Katsuniko, O. (2008). *Ingenieria de Control Moderno*. USA: Prentice Hall.
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas Automáticos de Control*. Pearson Education.
- Lewis, P. (1999). *sistemas de Control de Ingeniería*. USA: Prentice Hall.
- Lombardo, J. (1976). *Dibujo Técnico y de Ingeniería*. Cecs.
- Ministerio de Industrias y Productividad*. (2014-145).
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Pearson.
- MUÑOZ, J. (2010). *Metodología de Wilson y la Cruz de Malta*.

Norton, R. (2005). *Diseño de Maquinaria*. Tercera Edición. México: McGraw-Hill.

Pacheco Chavira, J. N. (s.f.). *Medición y Control de Procesos Industriales*. Trillas.

Riba, C., & Removeda. (2002). *Diseño Concurrente*. Catalunya.

Sánchez, M. (2010). *Ingeniería de Control y Automatización*. Instituto Politécnico Nacional.

Shigley, J. (2002). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: Mc Graw Hill.

Técnico Superior, E. A. (Código: 0959). *Sistemas Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos*.

Anexos A (Cálculos del Sistema de Posicionamiento Semiautomático de Botellas en la Máquina de Roscado).

A-1 Valores de coeficiente C

| Ubicación | Distancia entre tambores (m) | | | | | |
|-----------------|------------------------------|-----|-----|------|------|-----|
| | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| C en superficie | 2,1 | 1,8 | 1,4 | 1,21 | 1,18 | 1,1 |
| C en interior | 3,8 | 3,2 | 2,6 | 2,2 | 1,9 | 1,8 |

A-2 Coeficiente de rozamiento de sustancias f

| Coeficientes de rozamiento de algunas sustancias | | |
|--|---------|---------|
| Materiales en contacto | μ_e | μ_d |
| Articulaciones humanas | 0,02 | 0,003 |
| Acero // Hielo | 0,03 | 0,02 |
| Acero // Teflón | 0,04 | 0,04 |
| Teflón // Teflón | 0,04 | 0,04 |
| Hielo // Hielo | 0,1 | 0,03 |
| Esquí (encerado) // Nieve (0°C) | 0,1 | 0,05 |
| Acero // Acero | 0,15 | 0,09 |
| Vidrio // Madera | 0,2 | 0,25 |
| Caucho // Cemento (húmedo) | 0,3 | 0,25 |
| Madera // Cuero | 0,5 | 0,4 |
| Acero // Latón | 0,5 | 0,4 |
| Madera // Madera | 0,7 | 0,4 |
| Madera // Piedra | 0,7 | 0,3 |
| Vidrio // Vidrio | 0,9 | 0,4 |
| Caucho // Cemento (seco) | 1 | 0,8 |
| Cobre // Hierro (fundido) | 1,1 | 0,3 |

A-3 Motor trifásico de 1200 rpm

| No. de Depósito | Descripción | | | | | | | | Precio Lista Unit. US \$ |
|---|--|---------------------|---|------|---|------------|---------------|---------|--------------------------|
| |  <p>Motor 6 polos Tipo 1LA7 132 S/M</p> | |  <p>Motor 6 polos Tipo 1LG4 250 M</p> | |  | | | | |
| <p>¡Su motor es muy valioso!</p> <p>Protéjalo únicamente con productos Siemens:</p> <ul style="list-style-type: none"> SIRIUS SINAMICS MICROMASTER | | | | | | | | | |
| Eficiencia IE1 | Tipo | Tamaño Constructivo | Potencia | | Eficiencia | F.Servicio | Corriente (A) | | |
| | | | HP | kW | % | FS | 220 VAC | 440 VAC | |
| VELOCIDAD 1.200 rpm (6 polos) | | | | | | | | | |
| 100160479 | 1LA7073-6YA60 | 80 | 0.5 | 0.37 | 64.3 | 1.05 | 2.2 | 1.1 | 195,00 |
| 100160484 | 1LA7080-6YA60 | 80 | 0.75 | 0.56 | 55.6 | 1.05 | 3.0 | 1.5 | 228,00 |
| 100160490 | 1LA7083-6YA60 | 80 | 1.0 | 0.74 | 67.5 | 1.15 | 4.2 | 2.1 | 297,00 |
| 100160496 | 1LA7096-6YB60 | 90 | 1.5 | 1.12 | 75.7 | 1.15 | 6.6 | 3.3 | 344,00 |
| 100160502 | 1LA7097-6YB60 | 90 | 2.0 | 1.5 | 78.5 | 1.15 | 7.8 | 3.9 | 363,00 |
| 100160512 | 1LA7112-6YB60 | 112 | 3.0 | 2.2 | 79.1 | 1.15 | 11.8 | 5.9 | 405,00 |
| 100160515 | 1LA7115-6YB60 | 112 | 4.0 | 3.0 | 83.5 | 1.15 | 15.0 | 7.5 | 523,00 |
| 100059905 | 1LA7132-6YB70 | 132 S/M | 5.0 | 3.73 | 83.5 | 1.15 | 16.4 | 8.2 | 736,00 |
| 100059900 | 1LA7133-6YB70 | 132 S/M | 7.5 | 5.6 | 85.2 | 1.15 | 26.0 | 13.0 | 841,00 |
| 100059901 | 1LA7136-6YB70 | 132 S/M | 10.0 | 7.5 | 86.0 | 1.05 | 33.0 | 16.5 | 967,00 |
| 100059906 | 1LA7164-6YB70 | 160 M/L | 15.0 | 11.2 | 89.0 | 1.15 | 47.4 | 23.7 | 1.446,00 |
| 100059907 | 1LA7168-6YB70 | 160 M/L | 20.0 | 14.9 | 89.5 | 1.10 | 66.0 | 33.0 | 1.767,00 |
| 100160444 | 1LA5186-6YB80 | 180 L | 25.0 | 18.7 | 90.9 | 1.05 | 67.5 | 33.8 | 2.587,00 |
| 100160698 | 1LA5206-6YB80 | 200 L | 30.0 | 22.4 | 91.7 | 1.05 | 79.0 | 39.5 | 3.319,00 |
| 100160700 | 1LA5208-6YB80 | 200 L | 40.0 | 29.6 | 92.2 | 1.05 | 106.0 | 53.0 | 3.763,00 |
| 100160702 | 1LA5223-6YB80 | 225 M | 50.0 | 37.3 | 92.1 | 1.15 | 124.0 | 62.0 | 4.417,00 |
| | Tipo | Tamaño Constructivo | Potencia | | Eficiencia | F.Servicio | Corriente (A) | | |
| | | | HP | kW | % | FS | 460 VAC | | |
| 100023103 | 1LG4253 - 6AA60 | 250 M | 60 | 44.5 | 92.8 | 1.0 | 73.0 | | 4.640,00 |
| 100023122 | 1LG4283 - 6AA60 | 280 M | 88 | 66.0 | 93.1 | 1.0 | 104.0 | | 6.900,00 |
| 100023172 | 1LG4310 - 6AA60 | 315 S | 120 | 90.0 | 93.7 | 1.0 | 140.0 | | 8.565,00 |

A-4 Reductores Sinfin

| No. de Depósito | Descripción | | | | | Precio Lista Unif. US \$ |
|----------------------------------|---|--------------------|--|-----------------------------------|-----------|-----------------------------|
| |  | |  | | | |
| | Reductor Sinfin - Serie S | | Reductor Sinfin - Helicoidal | | | |
| Tipo | Torque Nominal (T2) (Nm) | Referencia Flender | Índice de reducción (i) | Diámetro de salida eje hueco (mm) | | |
| Reductores Sinfin-Serie S | | | | | | |
| 100208946 | 2KJ1731-6CA00-OHK1-Z | 40 | SAZ18-71 | 10 | H20x100 | 477,00 |
| 100208947 | 2KJ1731-6CA00-OHJ1-Z | 41 | SAZ18-71 | 15 | H20x100 | 477,00 |
| 100208948 | 2KJ1731-6CA00-OHH1-Z | 41 | SAZ18-71 | 20 | H20x100 | 477,00 |
| 100208949 | 2KJ1731-6CA00-OHG1-Z | 41 | SAZ18-71 | 25 | H20x100 | 477,00 |
| 100208970 | 2KJ1731-6CA00-OHF1-Z | 41 | SAZ18-71 | 30 | H20x100 | 477,00 |
| 100208971 | 2KJ1731-6CA00-OHE1-Z | 43 | SAZ18-71 | 40 | H20x100 | 477,00 |
| 100208972 | 2KJ1731-6CA00-OHD1-Z | 44 | SAZ18-71 | 50 | H20x100 | 477,00 |
| 100208973 | 2KJ1732-5CA00-OHK1-Z | 72 | SAZ28-71 | 10 | H20 x 121 | 668,00 |
| 100208974 | 2KJ1732-5CA00-OHJ1-Z | 72 | SAZ28-71 | 15 | H20 x 121 | 668,00 |
| 100208975 | 2KJ1732-5CA00-OHH1-Z | 73 | SAZ28-71 | 20 | H20 x 121 | 668,00 |
| 100208976 | 2KJ1732-5CA00-OHG1-Z | 73 | SAZ28-71 | 25 | H20 x 121 | 668,00 |
| 100208977 | 2KJ1732-5CA00-OHF1-Z | 73 | SAZ28-71 | 30 | H20 x 121 | 668,00 |
| 100208978 | 2KJ1732-5CA00-OHE1-Z | 74 | SAZ28-71 | 40 | H20 x 121 | 668,00 |
| 100208979 | 2KJ1732-5CA00-OHD1-Z | 75 | SAZ28-71 | 50 | H20 x 121 | 668,00 |
| 100208980 | 2KJ1732-5DA00-OHK1-Z | 72 | SAZ28-80 | 10 | H20 x 121 | 693,00 |
| 100208981 | 2KJ1732-5DA00-OHJ1-Z | 72 | SAZ28-80 | 15 | H20 x 121 | 693,00 |
| 100208982 | 2KJ1732-5DA00-OHH1-Z | 73 | SAZ28-80 | 20 | H20 x 121 | 693,00 |
| 100208983 | 2KJ1732-5DA00-OHG1-Z | 73 | SAZ28-80 | 25 | H20 x 121 | 693,00 |
| 100208984 | 2KJ1732-5DA00-OHF1-Z | 73 | SAZ28-80 | 30 | H20 x 121 | 693,00 |

Reductores
mecánicos

A-5 Dimensiones de conversión longitudinal

Tabla 17-11

Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

| Sección de la banda | A | B | C | D | E |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cantidad a sumar | 1.3 | 1.8 | 2.9 | 3.3 | 4.5 |

A-6 Factor de corrección del ángulo de contacto K1

Tabla 17-13

Factor de corrección del ángulo de contacto K_1 para transmisiones de banda plana VV* y en V

| $\frac{D-d}{C}$ | θ , grados | VV | K_1 Plana en V |
|-----------------|-------------------|------|---------------------|
| 0.00 | 180 | 1.00 | 0.75 |
| 0.10 | 174.3 | 0.99 | 0.76 |
| 0.20 | 166.5 | 0.97 | 0.78 |
| 0.30 | 162.7 | 0.96 | 0.79 |
| 0.40 | 156.9 | 0.94 | 0.80 |
| 0.50 | 151.0 | 0.93 | 0.81 |
| 0.60 | 145.1 | 0.91 | 0.83 |
| 0.70 | 139.0 | 0.89 | 0.84 |
| 0.80 | 132.8 | 0.87 | 0.85 |
| 0.90 | 126.5 | 0.85 | 0.85 |
| 1.00 | 120.0 | 0.82 | 0.82 |
| 1.10 | 113.3 | 0.80 | 0.80 |
| 1.20 | 106.3 | 0.77 | 0.77 |
| 1.30 | 98.9 | 0.73 | 0.73 |
| 1.40 | 91.1 | 0.70 | 0.70 |
| 1.50 | 82.8 | 0.65 | 0.65 |

*Un ajuste de curva de la columna VV en términos de θ es
 $K_1 = 0.143543 + 0.007468\theta - 0.000015052\theta^2$
 en el intervalo de $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

A-7 Factor de corrección de longitud K2

Tabla 17-14

Factor de corrección de longitud de banda K_2^*

| Factor de longitud | Longitud nominal de la banda, pulg | | | | |
|--------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| | Bandas A | Bandas B | Bandas C | Bandas D | Bandas E |
| 0.85 | Hasta 35 | Hasta 46 | Hasta 75 | Hasta 128 | |
| 0.90 | 38-46 | 48-60 | 81-96 | 144-162 | Hasta 195 |
| 0.95 | 48-55 | 62-75 | 105-120 | 173-210 | 210-240 |
| 1.00 | 60-75 | 78-97 | 128-158 | 240 | 270-300 |
| 1.05 | 78-90 | 105-120 | 162-195 | 270-330 | 330-390 |
| 1.10 | 96-112 | 128-144 | 210-240 | 360-420 | 420-480 |
| 1.15 | 120 y mayor | 158-180 | 270-300 | 480 | 540-600 |
| 1.20 | | 195 y mayor | 330 y mayor | 540 y mayor | 660 |

*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

A-8 Potencia nominal H_{tab}

Tabla 17-12

Potencias nominales de bandas en V estándar

| Sección de la banda | Diámetro de paso de la polea, pulg | Velocidad de la banda, pie/min | | | | |
|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 4 000 | 5 000 |
| A | 2.6 | 0.47 | 0.62 | 0.53 | 0.15 | |
| | 3.0 | 0.61 | 0.81 | 0.68 | 0.20 | |
| | 3.4 | 0.81 | 1.31 | 1.57 | 1.53 | 1.12 |
| | 3.8 | 0.93 | 1.55 | 1.92 | 2.00 | 1.71 |
| | 4.2 | 1.09 | 1.74 | 2.20 | 2.35 | 2.17 |
| | 4.6 | 1.11 | 1.89 | 2.44 | 2.69 | 2.58 |
| | 5.0 y mayor | 1.17 | 2.03 | 2.64 | 2.96 | 2.89 |
| B | 4.2 | 1.07 | 1.58 | 1.68 | 1.26 | 0.22 |
| | 4.6 | 1.27 | 1.99 | 2.29 | 2.08 | 1.24 |
| | 5.0 | 1.44 | 2.33 | 2.80 | 2.76 | 2.10 |
| | 5.4 | 1.59 | 2.62 | 3.24 | 3.34 | 2.82 |
| | 5.8 | 1.72 | 2.87 | 3.61 | 3.85 | 3.45 |
| | 6.2 | 1.82 | 3.09 | 3.94 | 4.28 | 4.00 |
| | 6.6 | 1.92 | 3.29 | 4.23 | 4.67 | 4.48 |
| | 7.0 y mayor | 2.01 | 3.46 | 4.49 | 5.01 | 4.90 |
| C | 6.0 | 1.84 | 2.66 | 2.72 | 1.87 | |
| | 7.0 | 2.48 | 3.94 | 4.64 | 4.44 | 3.12 |
| | 8.0 | 2.96 | 4.90 | 6.09 | 6.36 | 5.52 |
| | 9.0 | 3.34 | 5.65 | 7.21 | 7.86 | 7.39 |
| | 10.0 | 3.64 | 6.25 | 8.11 | 9.06 | 8.89 |
| | 11.0 | 3.88 | 6.74 | 8.84 | 10.0 | 10.1 |
| | 12.0 y mayor | 4.09 | 7.15 | 9.46 | 10.9 | 11.1 |
| D | 10.0 | 4.14 | 6.13 | 6.55 | 5.09 | 1.35 |
| | 11.0 | 5.00 | 7.83 | 9.11 | 8.50 | 5.62 |
| | 12.0 | 5.71 | 9.26 | 11.2 | 11.4 | 9.18 |
| | 13.0 | 6.31 | 10.5 | 13.0 | 13.8 | 12.2 |
| | 14.0 | 6.82 | 11.5 | 14.6 | 15.8 | 14.8 |
| | 15.0 | 7.27 | 12.4 | 15.9 | 17.6 | 17.0 |
| | 16.0 | 7.66 | 13.2 | 17.1 | 19.2 | 19.0 |
| | 17.0 y mayor | 8.01 | 13.9 | 18.1 | 20.6 | 20.7 |
| E | 16.0 | 8.68 | 14.0 | 17.5 | 18.1 | 15.3 |
| | 18.0 | 9.92 | 16.7 | 21.2 | 23.0 | 21.5 |
| | 20.0 | 10.9 | 18.7 | 24.2 | 26.9 | 26.4 |
| | 22.0 | 11.7 | 20.3 | 26.6 | 30.2 | 30.5 |
| | 24.0 | 12.4 | 21.6 | 28.6 | 32.9 | 33.8 |
| | 26.0 | 13.0 | 22.8 | 30.3 | 35.1 | 36.7 |
| | 28.0 y mayor | 13.4 | 23.7 | 31.8 | 37.1 | 39.1 |

A-9 Factor de servicio sugerido K_s

Tabla 17-15

Factores de servicio sugeridos K_s para transmisiones de banda en V

| Maquinaria impulsada | Fuente de potencia | |
|----------------------|---|-----------------------------------|
| | Características del par de torsión normal | Par de torsión alto o no uniforme |
| Uniforme | 1.0 a 1.2 | 1.1 a 1.3 |
| Impacto ligero | 1.1 a 1.3 | 1.2 a 1.4 |
| Impacto medio | 1.2 a 1.4 | 1.4 a 1.6 |
| Impacto pesado | 1.3 a 1.5 | 1.5 a 1.8 |

A-10 Parámetros de bandas

Tabla 17-16

Algunos parámetros de bandas en V*

| Sección de la banda | K_b | K_c |
|---------------------|--------|-------|
| A | 220 | 0.561 |
| B | 576 | 0.965 |
| C | 1 600 | 1.716 |
| D | 5 680 | 3.498 |
| E | 10 850 | 5.041 |
| 3V | 230 | 0.425 |
| 5V | 1 098 | 1.217 |
| 8V | 4 830 | 3.288 |

*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

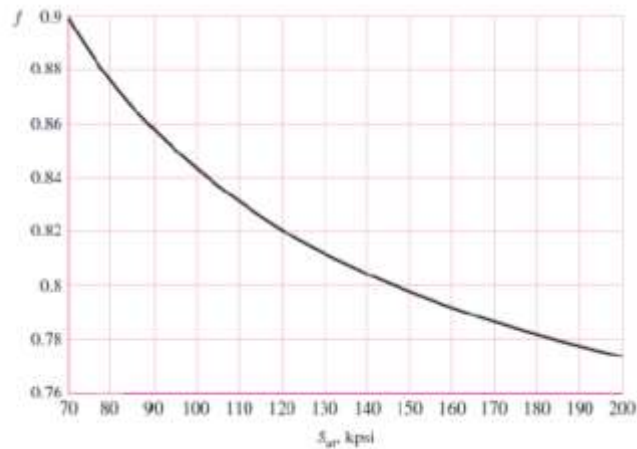
A-11 Propiedades físicas del acero AISI 1020

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|-------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| UNS núm. | SAE y/o AISI núm. | Procesamiento | Resistencia a la tensión, MPa (kpsi) | Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi) | Elongación en 2 pulg, % | Reducción en área, % | Dureza Brinell |
| G10060 | 1006 | HR | 300 (43) | 170 (24) | 30 | 55 | 86 |
| | | CD | 330 (48) | 280 (41) | 20 | 45 | 95 |
| G10100 | 1010 | HR | 320 (47) | 180 (26) | 28 | 50 | 95 |
| | | CD | 370 (53) | 300 (44) | 20 | 40 | 105 |
| G10150 | 1015 | HR | 340 (50) | 190 (27.5) | 28 | 50 | 101 |
| | | CD | 390 (56) | 320 (47) | 18 | 40 | 111 |
| G10180 | 1018 | HR | 400 (58) | 220 (32) | 25 | 50 | 116 |
| | | CD | 440 (64) | 370 (54) | 15 | 40 | 126 |
| G10200 | 1020 | HR | 380 (55) | 210 (30) | 25 | 50 | 111 |
| | | CD | 470 (68) | 390 (57) | 15 | 40 | 131 |
| G10300 | 1030 | HR | 470 (68) | 280 (37.5) | 20 | 42 | 137 |
| | | CD | 520 (76) | 440 (64) | 12 | 35 | 149 |
| G10350 | 1035 | HR | 500 (72) | 270 (39.5) | 18 | 40 | 143 |
| | | CD | 550 (80) | 460 (67) | 12 | 35 | 163 |
| G10400 | 1040 | HR | 520 (76) | 290 (42) | 18 | 40 | 149 |
| | | CD | 590 (85) | 490 (71) | 12 | 35 | 170 |

A-12 Fracción de resistencia a la fatiga

Figura 6-18

Fracción de resistencia a la fatiga, f , de S_u a los 10^7 ciclos para $S_e = S'_e = 0.5S_u$.



A-13 Parametros de condicion superficial

Tabla 6-2

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

| Acabado superficial | Factor a | | Exponente b |
|------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| | S_{UT} kpsi | S_{UT} MPa | |
| Esmerilado | 1.34 | 1.58 | -0.085 |
| Maquinado o laminado en frío | 2.70 | 4.51 | -0.265 |
| Laminado en caliente | 14.4 | 57.7 | -0.718 |
| Como sale de la forja | 39.9 | 272. | -0.995 |

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Harger (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

A-14 Factor de carga K_c

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

A-15 Factor de temperatura

Tabla 6-4

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.*
 (S_T = resistencia a la tensión a la temperatura de operación; S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$)

| Temperatura, °C | S_T/S_{RT} | Temperatura, °F | S_T/S_{RT} |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| 20 | 1.000 | 70 | 1.000 |
| 50 | 1.010 | 100 | 1.008 |
| 100 | 1.020 | 200 | 1.020 |
| 150 | 1.025 | 300 | 1.024 |
| 200 | 1.020 | 400 | 1.018 |
| 250 | 1.000 | 500 | 0.995 |
| 300 | 0.975 | 600 | 0.963 |
| 350 | 0.943 | 700 | 0.927 |
| 400 | 0.900 | 800 | 0.872 |
| 450 | 0.843 | 900 | 0.797 |
| 500 | 0.768 | 1 000 | 0.698 |
| 550 | 0.672 | 1 100 | 0.567 |
| 600 | 0.549 | | |

*Fuente de datos: figura 2-9.

A-16 Factor de confiabilidad K_e

Tabla 6-5

Factores de confiabilidad k_e correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

| Confiabilidad, % | Variación de transformación z_e | Factor de confiabilidad k_e |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 50 | 0 | 1.000 |
| 90 | 1.288 | 0.897 |
| 95 | 1.645 | 0.868 |
| 99 | 2.326 | 0.814 |
| 99.9 | 3.091 | 0.753 |
| 99.99 | 3.719 | 0.702 |
| 99.999 | 4.265 | 0.659 |
| 99.9999 | 4.753 | 0.620 |

A-17 Factor de seguridad estático

| RODAMIENTOS EN ROTACIÓN | |
|--|-----------------|
| Aplicaciones donde se de con seguridad un funcionamiento suave sin vibraciones | $S_0 = 0,5$ |
| Condiciones de trabajo medias, y situaciones normales de vibración | $S_0 = 1$ |
| cargas de choque acusadas | $S_0 = 1,5$ a 2 |
| Rigurosas exigencias de funcionamiento silencioso | $S_0 = 2$ |
| Fuente: Catalogo General SKF (Pág. 43) | |

A-18 Horas de Servicio

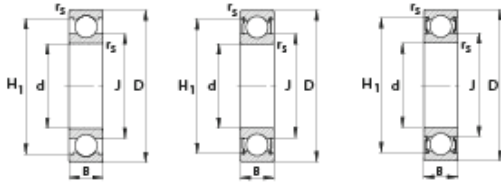
| Guía para los valores de la duración de L_{10h} para diferentes clases de máquinas | |
|---|-----------------------------|
| Clase de Máquina | L_{10h} Horas de Servicio |
| Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para limadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil | 40 000 a 50 000 |
| Fuente: Catalogo General SKF (Pág. 43) | |

A-19 Factor de probabilidad de fallo

| ▼ Factor a_1 | | | | | | |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Probabilidad de fallo % | 10 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Vida a fatiga | L_{10} | L_5 | L_4 | L_3 | L_2 | L_1 |
| Factor a_1 | 1 | 0,62 | 0,53 | 0,44 | 0,33 | 0,21 |

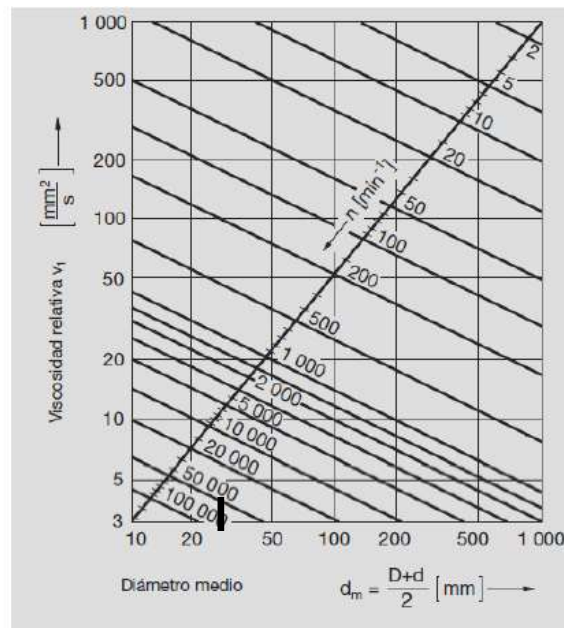
A-20 Rodamientos de bolas

Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera

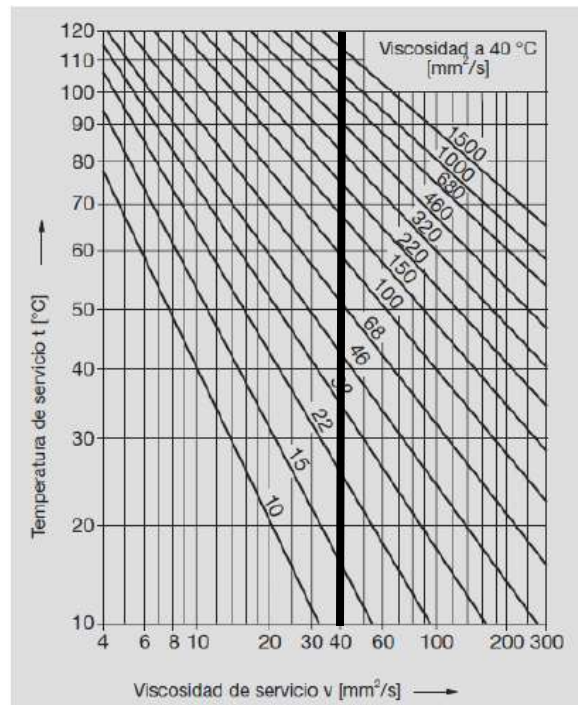


| Dimensiones | | | 2ZR | | | | 2RSR | | | Peso m kg | Capacidad de carga | | Velocidad límite n min^{-1} | Velocidad de referencia | Denominación abreviada Rodamiento FAG | Medidas auxiliares | | |
|-------------|----|----|-----------|------|-------|------|-----------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------|--|----------------------------|--|--------------------|--|--|
| d | D | B | r_{min} | H | H_1 | J | dyn. C | stat. C_0 | D_{min} mm | | D_{max} mm | r_{max} | | | | | | |
| 25 | 47 | 8 | 0,3 | 39,7 | 41,1 | 32,2 | 0,055 | 7,2 | 4,65 | 19000 | 14000 | 16005 | 27 | 45 | 0,3 | | | |
| 25 | 47 | 12 | 0,6 | 40,2 | 42,5 | 32 | 0,08 | 10 | 5,85 | 36000 | 17000 | 6005 | 28,2 | 43,8 | 0,6 | | | |
| 25 | 47 | 12 | 0,6 | 40,2 | 42,5 | 32 | 0,082 | 10 | 5,85 | 36000 | 17000 | S6005.W203B | 28,2 | 43,8 | 0,6 | | | |
| 25 | 47 | 12 | 0,6 | 40,2 | 42,5 | 32 | 0,083 | 10 | 5,85 | 15000 | 17000 | 6005.ZZR | 28,2 | 43,8 | 0,6 | | | |
| 25 | 47 | 12 | 0,6 | 40,2 | 42,5 | 32 | 0,084 | 10 | 5,85 | 10000 | | 6005.2RSR | 28,2 | 43,8 | 0,6 | | | |
| 25 | 47 | 12 | 0,6 | 40,2 | 42,5 | 32 | 0,083 | 10 | 5,85 | 10000 | | S6005.2RSR.W203B | 28,2 | 43,8 | 0,6 | | | |
| 25 | 52 | 15 | 1 | 43,6 | 45,4 | 33,5 | 0,128 | 14 | 7,8 | 17000 | 17000 | 6205 | 30,6 | 46,4 | 1 | | | |
| 25 | 52 | 15 | 1 | 43,6 | 45,4 | 33,5 | 0,128 | 14 | 7,8 | 17000 | 17000 | S6205.W203B | 30,6 | 46,4 | 1 | | | |
| 25 | 52 | 15 | 1 | 43,6 | 45,4 | 33,5 | 0,132 | 14 | 7,8 | 14000 | 17000 | 6205.ZZR | 30,6 | 46,4 | 1 | | | |
| 25 | 52 | 15 | 1 | 43,6 | 45,4 | 33,5 | 0,132 | 14 | 7,8 | 9000 | | 6205.2RSR | 30,6 | 46,4 | 1 | | | |
| 25 | 52 | 15 | 1 | 43,6 | 45,4 | 33,5 | 0,132 | 14 | 7,8 | 9000 | | S6205.2RSR.W203B | 30,6 | 46,4 | 1 | | | |
| 25 | 52 | 18 | 1 | 43,6 | 45,4 | 33,5 | 0,156 | 14 | 7,8 | 9000 | | 62205.2RSR | 30,6 | 46,4 | 1 | | | |
| 25 | 62 | 17 | 1,1 | 50,2 | 52,5 | 36,4 | 0,234 | 22,4 | 11,4 | 28000 | 15000 | 6305 | 32 | 55 | 1 | | | |
| 25 | 62 | 17 | 1,1 | 50,2 | 52,5 | 36,4 | 0,237 | 22,4 | 11,4 | 28000 | 15000 | S6305.W203B | 32 | 55 | 1 | | | |
| 25 | 62 | 17 | 1,1 | 50,2 | 52,5 | 36,4 | 0,24 | 22,4 | 11,4 | 11000 | 15000 | 6305.ZZR | 32 | 55 | 1 | | | |
| 25 | 62 | 17 | 1,1 | 50,2 | 52,5 | 36,4 | 0,242 | 22,4 | 11,4 | 7900 | | 6305.2RSR | 32 | 55 | 1 | | | |
| 25 | 62 | 17 | 1,1 | 50,2 | 52,5 | 36,4 | 0,245 | 22,4 | 11,4 | 7900 | | S6305.2RSR.W203B | 32 | 55 | 1 | | | |
| 25 | 62 | 24 | 1,1 | 50,2 | 52,5 | 36,4 | 0,272 | 22,4 | 11,4 | 7900 | | 62305.2RSR | 32 | 55 | 1 | | | |
| 25 | 80 | 21 | 1,5 | 63,1 | | 45,4 | 0,56 | 36 | 19,3 | 22000 | 14000 | 6405 | 36 | 60 | 1,5 | | | |

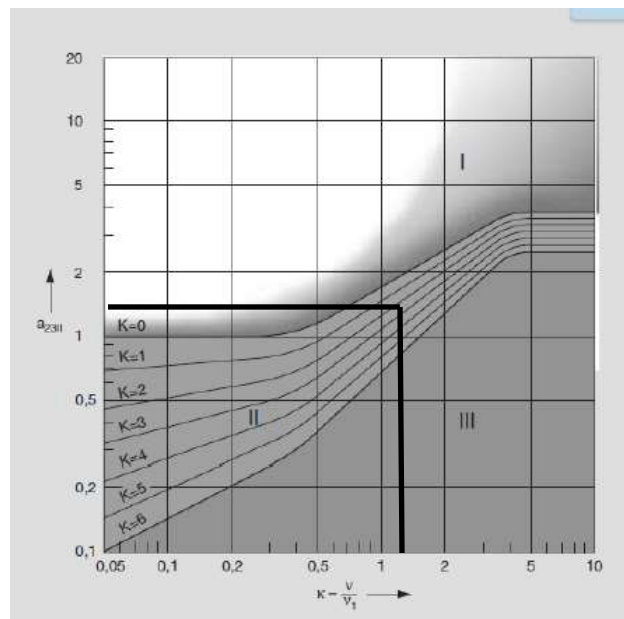
A-21 Viscosidad cinemática relativa V1



A-22 Viscosidad cinemática de servicio V



A-23 Viscosidad cinemática de servicio a₂₃



A-24 Propiedades físicas del Acero Inoxidable 304

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales.* Fuente: J. Dost, "Solid Metals", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe), *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32-49-32-52.

| Número | Material | Condición | Resistencia (a la tensión) | | | | | Resistencia a la deformación, exponente m | Resistencia a la fractura σ_f |
|--------|----------------------|-----------|------------------------------|----------------------------|---|---------------------------------------|-------|---|--------------------------------------|
| | | | Fluencia S_y MPa (kpsi) | Última S_u MPa (kpsi) | A la fractura, σ_f MPa (kpsi) | Coefficiente σ_y MPa (kpsi) | | | |
| 1018 | Acero | Recocido | 220 (32.0) | 341 (49.5) | 628 (91.1) [†] | 620 (90.0) | 0.25 | 1.05 | |
| 1144 | Acero | Recocido | 358 (52.0) | 646 (93.7) | 898 (130) [†] | 992 (144) | 0.14 | 0.49 | |
| 1212 | Acero | HR | 193 (28.0) | 424 (61.5) | 729 (105) [†] | 758 (110) | 0.24 | 0.85 | |
| 1045 | Acero | TyR 600F | 1 520 (220) | 1 580 (230) | 2 380 (345) | 1 880 (273) [†] | 0.041 | 0.81 | |
| 4142 | Acero | TyR 600F | 1 720 (250) | 1 930 (280) | 2 340 (340) | 1 760 (255) [†] | 0.048 | 0.43 | |
| 303 | Acero inoxidable | Recocido | 241 (35.0) | 601 (87.3) | 1 520 (221) [†] | 1 410 (205) | 0.51 | 1.16 | |
| 304 | Acero inoxidable | Recocido | 276 (40.0) | 568 (82.4) | 1 600 (233) [†] | 1 270 (185) | 0.45 | 1.67 | |
| 2011 | Aleación de aluminio | T6 | 169 (24.5) | 324 (47.0) | 325 (47.2) [†] | 620 (90) | 0.28 | 0.10 | |
| 2024 | Aleación de aluminio | T4 | 296 (43.0) | 446 (64.8) | 533 (77.3) [†] | 689 (100) | 0.15 | 0.18 | |
| 7075 | Aleación de aluminio | T6 | 542 (78.6) | 593 (86.0) | 706 (102) [†] | 882 (128) | 0.13 | 0.18 | |

*Los valores se basan en datos de ensayos y se considera que pueden alcanzar niveles superiores de cargas de deformación por fractura hasta en 100%.
[†]Valores típicos.

PROPIEDADES GENERALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

| Tipo | Resistencia a la corrosión | Dureza | Magnéticos | Endurecibles por tratamiento térmico (Temple) | Soldabilidad |
|---------------|----------------------------|------------|------------|---|--------------|
| Martensíticos | Baja | Alta | SI | SI | Pobre |
| Ferríticos | Buena | Media baja | SI | NO | Limitada |
| Austeníticos | Excelente | Alta* | NO** | NO | Excelente |

A-25 Cilindro de simple efecto

P1A

Cilindro

Clave de pedido

| | | | | | | |
|------------|-----------|------------|----------|----------|----------|-------------|
| P1A | -S | 016 | M | S | - | 0025 |
|------------|-----------|------------|----------|----------|----------|-------------|

Ø del cilindro, mm

| |
|-----|
| Ø10 |
| Ø12 |
| Ø16 |
| Ø20 |
| Ø25 |

Tipo de cilindro / Función

| | | |
|----------|--|--|
| M | | De doble efecto, amortiguación regulable Ø16 - Ø25 No para materiales de sellado tipo F y L |
| D | | De doble efecto, amortiguación fija, Ø10 - Ø25 |
| F | | De doble efecto, amortiguación regulable, vástago pasante, Ø16 - Ø25 No para materiales de sellado tipo F |
| K | | De doble efecto, amortiguación fija, vástago pasante, Ø10 - Ø25 |
| B | | De simple efecto, amortiguación fija, muelle para cámara negativa, Ø10 - Ø25 |
| T | | De simple efecto, amortiguación fija, muelle para cámara positiva, Ø16 - Ø25 |

Camara en mm

P. ej. 0025 = 25 mm
Para cámaras estándar y longitudes estándar, consultar la tabla que sigue.

Material de las juntas

| | |
|----------|--|
| S | Estándar -20 °C a +80 °C Embolo magnético |
| F | Alta temperatura Ø de 12, 16, 20 y 25 mm -10 °C a +150 °C Embolo no magnético |
| V | Juntas externas de caucho fluorado -20 °C a +80 °C Embolo magnético |

Longitud estándar

| Ref. de pedido | Cilindro diám. mm | ● Longitud estándar (mm) | | | | | | | | | | ■ Cámara según pedido | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--------------------------|----|----|-----|----|----|-----|-----|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| | | 10 | 15 | 20 | 25* | 30 | 40 | 50* | 80* | 100* | 125* | 160* | 200* | 250* | 320* | 400* | 500* | | | | |
| De doble efecto con amortiguación: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1A-SØ1ØD | 10 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ12D | 12 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ16D | 16 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ2ØD | 20 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ25D | 25 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| De doble efecto, con amortiguación regulable: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1A-SØ16M | 16 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ2ØM | 20 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ25M | 25 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| Simple efecto, muelle para la cámara - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1A-SØ1ØSS | 10 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ12SS | 12 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ16SS | 16 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ2ØSS | 20 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ25SS | 25 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| Simple efecto, muelle para la cámara + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P1A-SØ16TS | 16 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ2ØTS | 20 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| P1A-SØ25TS | 25 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |

* Cámaras estándar en mm según ISO 4383

** Cámara máxima 1.000 mm



A-26 Fuerza de los cilindros de simple efecto

Fuerza de los cilindros simple efecto

Las fuerzas indicadas de los cilindros son teóricas y deben reducirse según las condiciones de trabajo.

| Denominación del cilindro | Fuerza teórica del cilindro a 6 bar | | | | Denominación del cilindro | Fuerza teórica del cilindro a 6 bar | | | |
|--|-------------------------------------|--------|-------------------|--------|--|-------------------------------------|--------|-------------------|--------|
| | | | Muelle de retorno | | | | | Muelle de retorno | |
| | N máx. | N mín. | N máx. | N mín. | | N máx. | N mín. | N máx. | N mín. |
| Simple efecto, muelle para la carrera - | | | | | Simple efecto, muelle para la carrera + | | | | |
| P1A-S010SS-0010 | 38 | 36 | 10 | 8,5 | P1A-S016TS-0010 | 85 | 84 | 22,3 | 20,2 |
| P1A-S010SS-0015 | 38 | 36 | 10 | 7,8 | P1A-S016TS-0015 | 86 | 84 | 22,3 | 19 |
| P1A-S010SS-0025 | 39 | 36 | 10 | 6,6 | P1A-S016TS-0025 | 88 | 84 | 22,3 | 17 |
| P1A-S010SS-0040 | 38 | 34 | 13 | 9 | P1A-S016TS-0040 | 90 | 84 | 22,3 | 14 |
| P1A-S010SS-0050 | 39 | 34 | 13 | 8 | P1A-S016TS-0050 | 91 | 84 | 22,3 | 12 |
| P1A-S010SS-0080 | 39 | 34 | 12 | 7 | | | | | |
| | | | | | P1A-S020TS-0010 | 132 | 130 | 30 | 28 |
| P1A-S012SS-0010 | 53 | 51 | 16 | 14,4 | P1A-S020TS-0015 | 133 | 130 | 30 | 27 |
| P1A-S012SS-0015 | 53 | 51 | 16 | 13,6 | P1A-S020TS-0025 | 135 | 130 | 30 | 25 |
| P1A-S012SS-0025 | 55 | 51 | 16 | 12 | P1A-S020TS-0040 | 138 | 130 | 30 | 22 |
| P1A-S012SS-0040 | 52 | 48 | 19 | 13,4 | P1A-S020TS-0050 | 140 | 130 | 30 | 20 |
| P1A-S012SS-0050 | 53 | 48 | 19 | 12 | P1A-S020TS-0080 | 139 | 108 | 31 | 17 |
| P1A-S012SS-0080 | 55 | 48 | 21,4 | 12 | | | | | |
| | | | | | P1A-S025TS-0010 | 205 | 203 | 38,5 | 36 |
| P1A-S016SS-0010 | 102 | 99 | 22,3 | 20,2 | P1A-S025TS-0015 | 207 | 203 | 38,5 | 34,7 |
| P1A-S016SS-0015 | 103 | 99 | 22,3 | 19 | P1A-S025TS-0025 | 210 | 203 | 38,5 | 32 |
| P1A-S016SS-0025 | 105 | 99 | 22,3 | 17 | P1A-S025TS-0040 | 214 | 203 | 38,5 | 28,5 |
| P1A-S016SS-0040 | 106 | 95 | 22,3 | 14 | P1A-S025TS-0050 | 217 | 203 | 38,5 | 26 |
| P1A-S016SS-0050 | 108 | 95 | 22,3 | 12 | P1A-S025TS-0080 | 223 | 206 | 36 | 21 |
| P1A-S016SS-0080 | 107 | 95 | 22,5 | 12 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| P1A-S020SS-0010 | 163 | 161 | 30 | 28 | | | | | |
| P1A-S020SS-0015 | 164 | 161 | 30 | 27 | | | | | |
| P1A-S020SS-0025 | 167 | 161 | 30 | 25 | | | | | |
| P1A-S020SS-0040 | 166 | 159 | 30 | 22 | | | | | |
| P1A-S020SS-0050 | 168 | 159 | 30 | 20 | | | | | |
| P1A-S020SS-0080 | 170 | 161 | 29,4 | 18 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| P1A-S025SS-0010 | 256 | 253 | 44,3 | 41,4 | | | | | |
| P1A-S025SS-0015 | 258 | 253 | 44,3 | 40 | | | | | |
| P1A-S025SS-0025 | 262 | 253 | 44,3 | 37 | | | | | |
| P1A-S025SS-0040 | 261 | 250 | 44,3 | 32 | | | | | |
| P1A-S025SS-0050 | 264 | 250 | 44,3 | 30 | | | | | |
| P1A-S025SS-0080 | 264 | 251 | 44,4 | 30 | | | | | |



A-27 Consumo de aire de los cilindros de simple efecto

Datos generales

| Cilindro, designación | Cilindro | | Vástago | | rosca | Masa total | | Con- sumo de aire | Rosca de conexión |
|---|----------|-----------------|---------|-----------------|----------|---------------------------|--|-------------------------|----------------------|
| | diá. | área | diá. | área | | con 0 mm de carrera | suplemento por cada 10 mm de carrera | | |
| | mm | cm ² | mm | cm ² | | kg | kg | litros | |
| De doble efecto con amortiguación | | | | | | | | | |
| P1A-S010D | 10 | 0,78 | 4 | 0,13 | M4 | 0,04 | 0,003 | 0,0100 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S012D | 12 | 1,13 | 6 | 0,28 | M6 | 0,07 | 0,004 | 0,0139 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S016D | 16 | 2,01 | 6 | 0,28 | M6 | 0,09 | 0,005 | 0,0262 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S020D | 20 | 3,14 | 8 | 0,50 | M8 | 0,18 | 0,007 | 0,0405 ¹⁾ | G1/8 |
| P1A-S025D | 25 | 4,91 | 10 | 0,78 | M10x1,25 | 0,25 | 0,011 | 0,0633 ¹⁾ | G1/8 |
| De doble efecto, con amortiguación regulable | | | | | | | | | |
| P1A-S016M | 16 | 2,01 | 6 | 0,28 | M6 | 0,09 | 0,005 | 0,0262 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S020M | 20 | 3,14 | 8 | 0,50 | M8 | 0,18 | 0,007 | 0,0405 ¹⁾ | G1/8 |
| P1A-S025M | 25 | 4,91 | 10 | 0,78 | M10x1,25 | 0,25 | 0,011 | 0,0633 ¹⁾ | G1/8 |
| Simple efecto, muelle para la carrera - | | | | | | | | | |
| P1A-S010SS | 10 | 0,78 | 4 | 0,13 | M4 | 0,04 | 0,003 | 0,0055 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S012SS | 12 | 1,13 | 6 | 0,28 | M6 | 0,08 | 0,004 | 0,0079 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S016SS | 16 | 2,01 | 6 | 0,28 | M6 | 0,10 | 0,005 | 0,0141 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S020SS | 20 | 3,14 | 8 | 0,50 | M8 | 0,18 | 0,007 | 0,0220 ¹⁾ | G1/8 |
| P1A-S025SS | 25 | 4,91 | 10 | 0,78 | M10x1,25 | 0,26 | 0,011 | 0,0344 ¹⁾ | G1/8 |
| Simple efecto, muelle para la carrera + | | | | | | | | | |
| P1A-S016TS | 16 | 2,01 | 6 | 0,28 | M6 | 0,10 | 0,005 | 0,0141 ¹⁾ | M5 |
| P1A-S020TS | 20 | 3,14 | 8 | 0,50 | M8 | 0,18 | 0,007 | 0,0220 ¹⁾ | G1/8 |
| P1A-S025TS | 25 | 4,91 | 10 | 0,78 | M10x1,25 | 0,26 | 0,011 | 0,0344 ¹⁾ | G1/8 |

1) Consumo de aire libre por 10 mm de carrera para doble emboleda a 6 bares

A-28 Electroválvulas 6102

VALVES

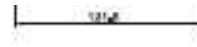
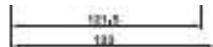


SV series SOLENOID VALVE

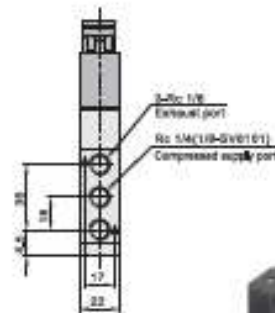
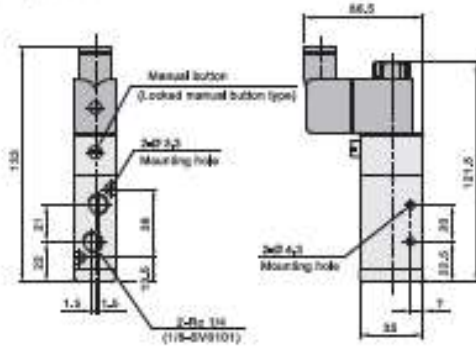
Products: SOLENOID VALVE
Voltage: DC12V, DC24V, AC110V, AC220V



| Model | Port Size Rc (PT) | No. of Coil | No. of Position | Orifice mm ² (Cv) | Pressure Range Kg/cm ² (Kpa) |
|---------|-------------------|--|------------------------|------------------------------|---|
| SV-5101 | 1/8" | Single (Piston returned) | 5 Ports 2 Positions | 12 (0.67) | 1~7 (100-700) |
| SV-6101 | 1/8" | | | 14 (0.78) | |
| SV-6102 | 1/4" | Single (Spring returned) | | 14 (0.78) | |
| SV-8102 | 1/4" | | | 25 (1.4) | |
| SV-8103 | 3/8" | | | 25 (1.4) | |
| SV-9104 | 1/2" | | | 50 (2.78) | |
| SV-5201 | 1/8" | Double | 5 Ports 2 Positions | 12 (0.67) | 1~7 (100-700) |
| SV-6201 | 1/8" | | | 14 (0.78) | |
| SV-6202 | 1/4" | | | 14 (0.78) | |
| SV-8202 | 1/4" | | | 25 (1.4) | |
| SV-8203 | 3/8" | | | 25 (1.4) | |
| SV-9204 | 1/2" | | | 50 (2.78) | |
| SV-5231 | 1/8" | Double N.O.: Normal Open N.C.: Normal Close N.F.: Normal Free | 5 Ports 3 Positions | 12 (0.67) | 1~7 (100-700) |
| SV-6231 | 1/8" | | | 14 (0.78) | |
| SV-6232 | 1/4" | | | 14 (0.78) | |
| SV-8232 | 1/4" | | | 25 (1.4) | |
| SV-8233 | 3/8" | | | 25 (1.4) | |
| SV-9234 | 1/2" | | | 50 (2.78) | |



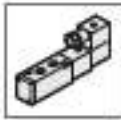
SV - 6102 series Single coil 5 Ports 2 positions



SV - 6202 series Double coil 5 Ports 3 positions



A-29 Manifold



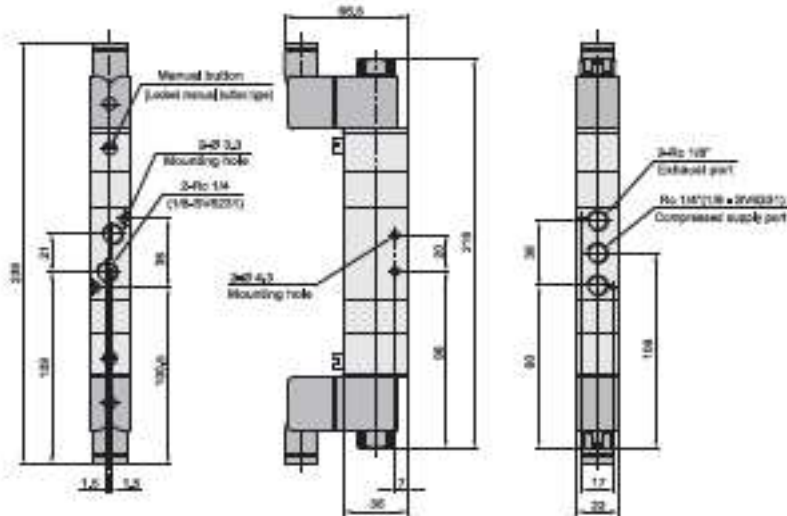
SV SERIES SOLENOID VALVE - SV 600

External Dimensionse

CHELIC PNEUMATIC

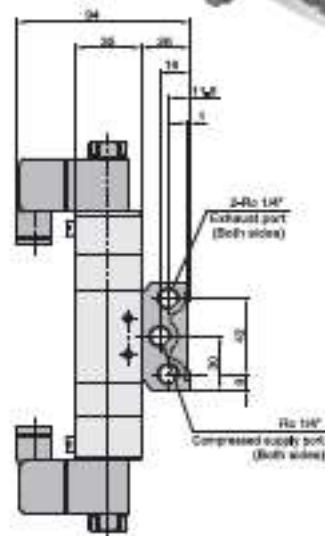
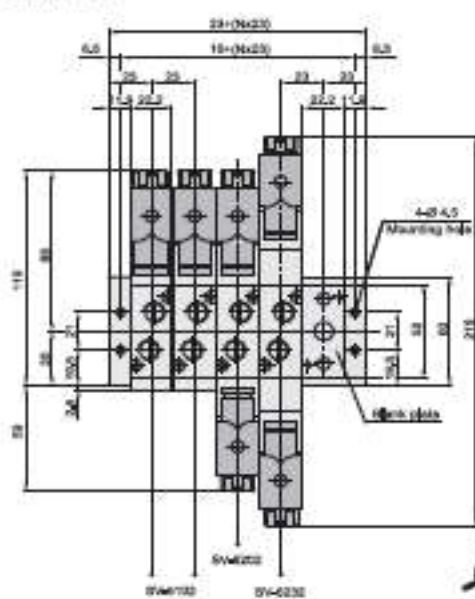
SV-6232 - □ series

Double coil
5 Ports 3 positions



SV 600 series

Manifold Dimensions



Note : The blank plate is for spare purpose , being temporarily mounted with lead-resistant rubber piece -

A-30 Unidad de mantenimiento

AIR UNITS



FR.L COMBINATION
Products :FR.L COMBINATION

DOWNLOAD 2D 3D PDF

| Model | Equipment Model | | Port Size Rc (PT) | Flow Rate L/min(ANR) | Pressure Range Kg/cm ² (KPa) | Remarks | |
|---------|------------------|------------|-------------------|----------------------|---|------------------|---|
| | Filter Regulator | Lubricator | | | | | |
| NFC-100 | -M5 | NFR-100 | NL-100 | M5 | 130 | 0.5~8.5 (50~850) | -H : Manual drain cock -H-F1 : Manual drain cock (With fitting) -S : Semi-Auto drainer -S-F2 : Semi-Auto drainer (With fitting) -A : Auto drainer |
| | -01 | | | 1/8" | 150 | | |
| NFC-200 | -01 | NFR-200 | NL-200 | 1/8" | 700 | | |
| | -02 | | | 1/4" | 750 | | |
| NFC-300 | -02 | NFR-300 | NL-300 | 1/4" | 1300 | | |
| | -03 | | | 3/8" | 1500 | | |
| NFC-400 | -02 | NFR-400 | NL-400 | 1/4" | 2700 | | |
| | -03 | | | 3/8" | 2700 | | |
| | -04 | | | 1/2" | 3000 | | |
| NFC-450 | -04 | NFR-450 | NL-450 | 1/2" | 5000 | | |
| | -06 | | | 3/4" | 5000 | | |
| NFC-500 | -06 | NFR-500 | NL-500 | 3/4" | 8000 | | |
| | -10 | | | 1" | 9000 | | |

NFC-100~200 type - Bowl and Drain cock type - ④

| Bowl type | PC (short bowl) | Bowl guard (short bowl) | PC (long bowl) | Bowl guard (long bowl) | Metal (long bowl) |
|-----------------|--|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Drain cock type | Manual drain cock Differential pressure | Manual drain cock Differential pressure | Manual drain cock Auto drain | Manual drain cock Auto drain | Manual drain cock Auto drain |
| Model | -H -A | -BG | -LG-H -LG-A | -LGG-H -LGG-A | -LMG-H -LMG-A |
| NFC-100 | (standard) | — | — | — | — |
| NFC-200 | (standard) | (option) | (option) | (option) | (option) |

NFC-100~200 type - With plug connector-F1 - ⑤

| | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| NFC-100/200 | — | (option) | — | (option) | (option) | (option) | (option) | (option) | (option) |
| Explanation | None/1 Connector outside | None/1 Connector outside | Quick connector | Quick connector | Quick connector | Quick connector | Quick connector | Quick connector | Quick connector |

REGULATOR
NL LUBRICATOR
M OILING MOUNTING BRACKET
DM LARGESIZE - 1/2" NPT
BR PRESSURE REGULATOR
RG/ARB MDW/AD AC/BC/CC FULL COMBINATION



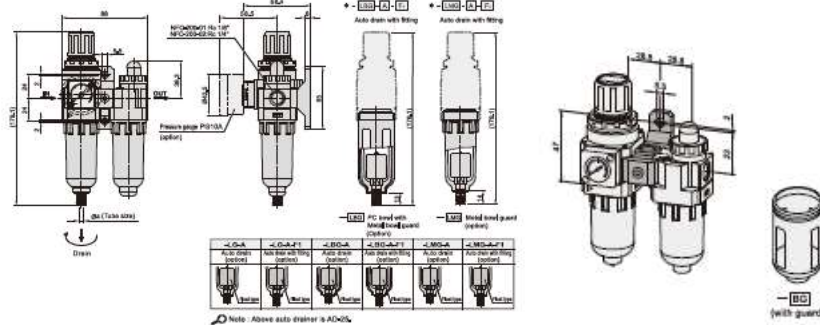
AIR LINE SERVICE UNIT - FR.L COMBINATION UNIT SERIES

External dimensions

CHELIC PNEUMATIC

NFC - 200 - TA - H Suitable for air gun operating

NFC-200 - LG - A - F1 Long bowl



Anexo B (Elementos de Construcción del Sistema de Posicionamiento).

B-1 Ángulos Tipo “C”



B-2 Plancha o Lámina



B-3 Ángulos Tipo “L” (30x30x3) mm



B-4 Palatina de Acero Inoxidable 304



B-5 Sujetador de Naylon



B-6 Banda Plástica Tipo Oruga



B-7 Chumacera de Pared



B-8 Perno templador



B-9 Eje Motriz



B-10 Eje Conducido



B-11 Poleas



B-12 Bandas en V



B-13 Reductor de Velocidad



B-14 Cilindro Neumático



B-15 Electroválvulas y manifold



B-16 Unidad de Mantenimiento



B-17 Mangueras



B-18 PLC RENU FL010



B-19 Sensor Fotoeléctrico



B-21 Variador de Frecuencia

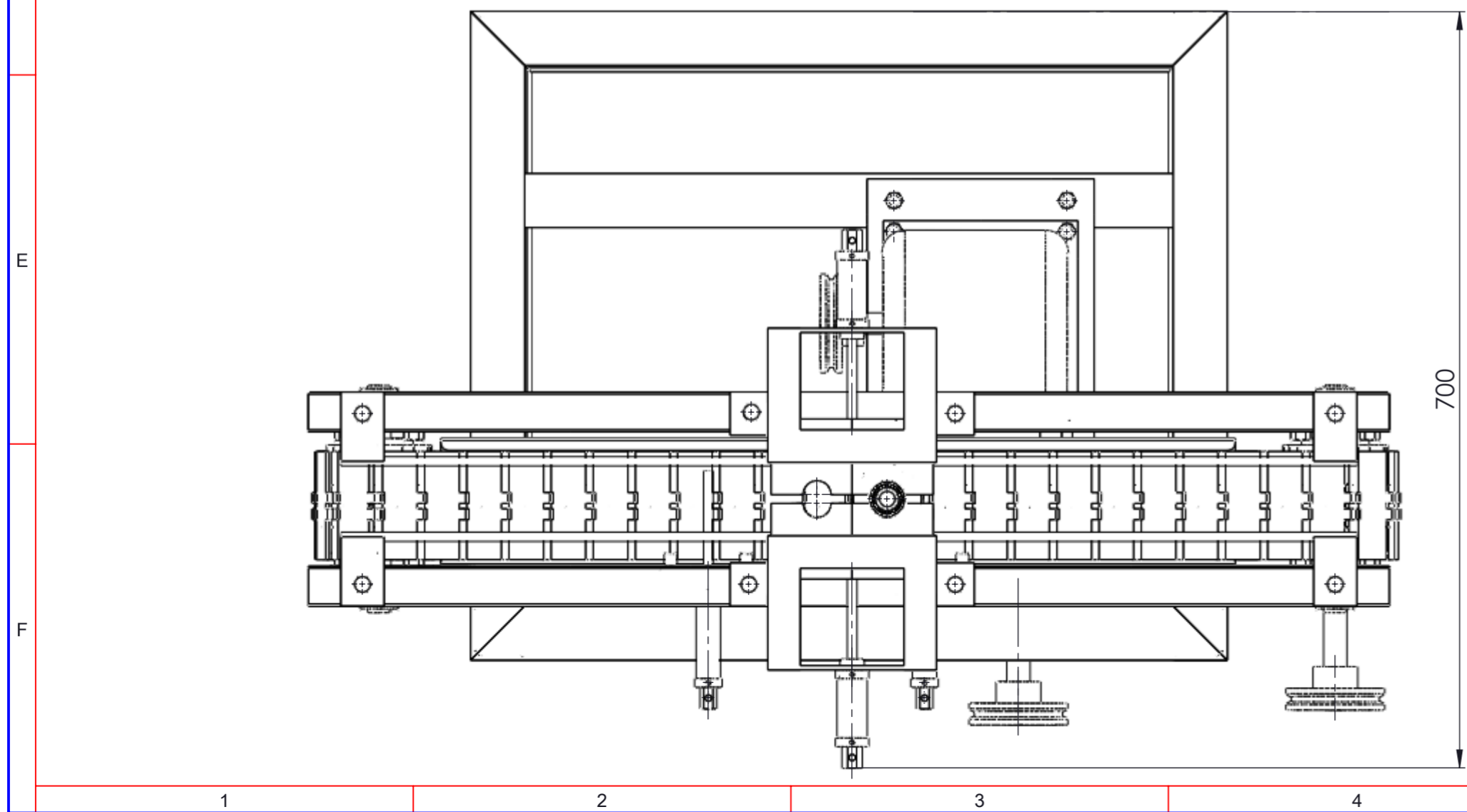
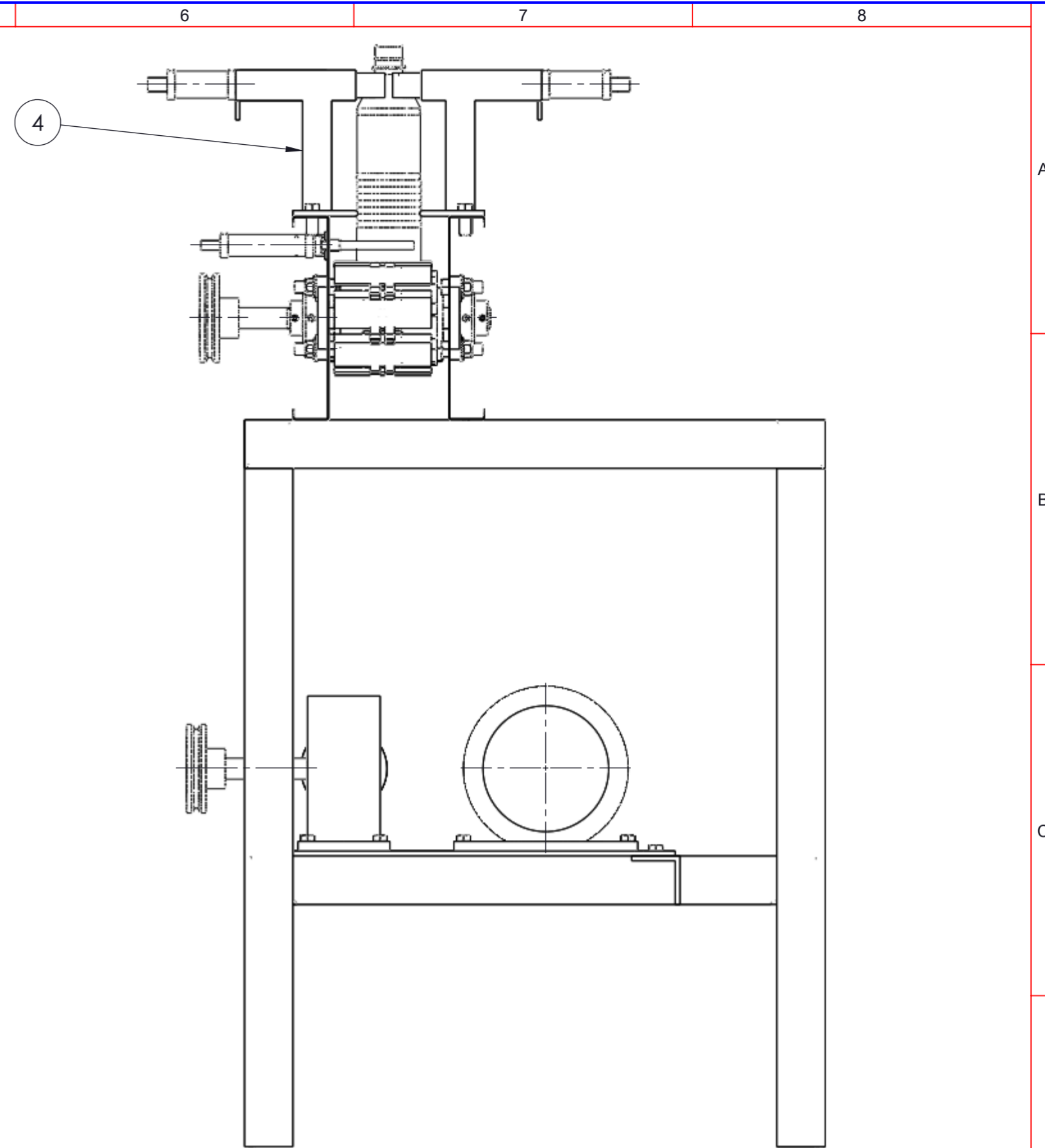
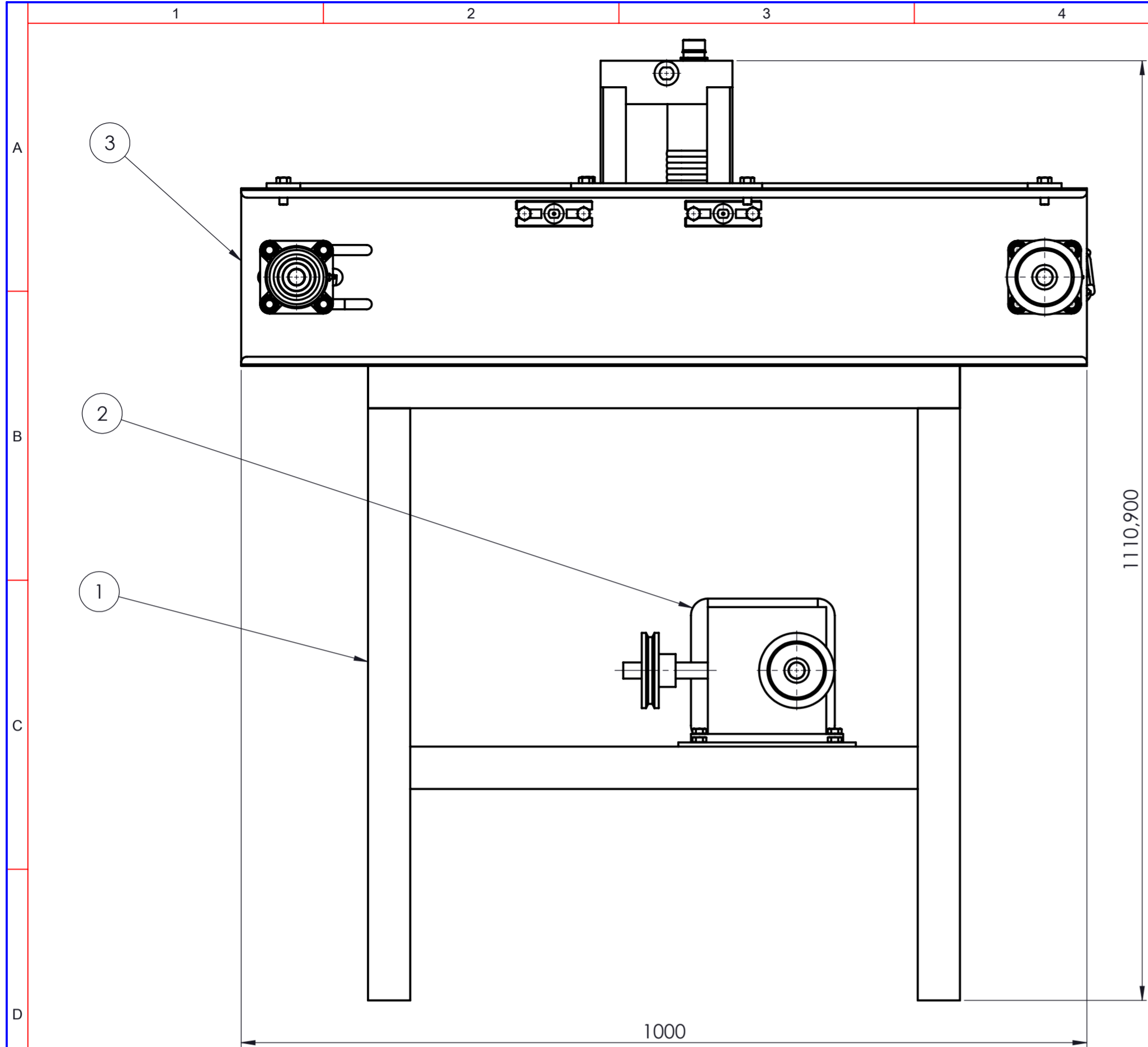


B-22 Motor Trifásico de 1 HP 1200 rpm



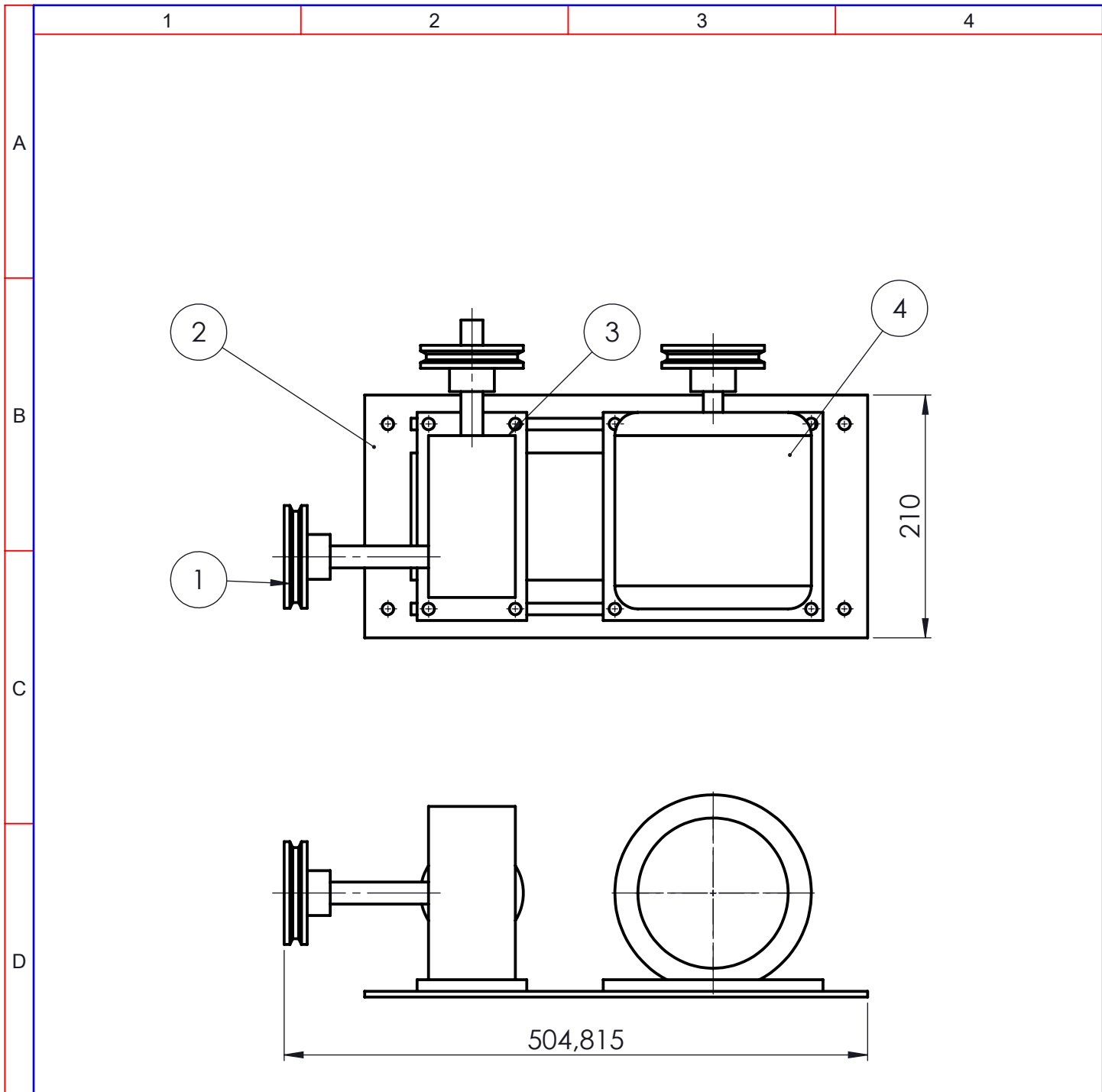
B-23 Construcción final del sistema de posicionamiento





| 1 | SISTEMA DE SUJECIÓN | ASTM A36 | VARIOS | 04 | Producto terminado | 3,86 | |
|--------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------------------------|---------|---------------|
| 1 | BANDA TRANSPORTADORA | | VARIOS | 03 | Producto terminado | 11,52 | |
| 1 | TRANSMISIÓN DE POTENCIA | | AISI 1020 | 02 | Producto terminado | 27,81 | |
| 1 | ESTRUCTURA | ASTM A36 | Acero estructural | 01 | | 26,71 | Adquirida |
| No. de Pieza | Denominación | No. de Dibujo/Norma | Material | No. Orden | No. Modelo/Semiproducto | Peso Kg | Observaciones |

| | | | | | | | |
|--|--|----------------------|---------------|--|--|--|---------|
| | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | | | |
| | | ±0,1 | 71,9 Kg | Acero AISI 1020 - Acero Inoxidable 304 | | | |
| | | Fecha | Nombre | Denominación: | | | Escala: |
| | | Dibujó: 17/04/15 | Cálderón R. | MÁQUINA POSICIONADORA | | | 1:5 |
| | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | | | |
| | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | | | |
| | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 01 de 14 | | | |
| | | | | (Sustitución) | | | |



| No. de Orden | No. de Pieza | Denominación | No. de Dibujo/Norma | Observaciones |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------|
| 3 | 3 | Polea 3,5 in | DIN 2211 | Adquirida |
| 3 | 3 | Base motor | ASTM A36 | |
| 3 | 3 | Reductor | BA 7303 | Adquirida |
| 3 | 3 | Motor | IEC/EN 60034-2-1:2007 | Adquirida |

| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|------------------|---------------|-----------------------------|--|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | ±0,1 | 27,87 Kg | Varios | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | TRANSMISIÓN DE POTENCIA | |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | Escala: | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | 1:5 | |
| | | | | UTA | | Número del dibujo: 02 de 14 | |
| | | | | Ing. Mecánica | | (Sustitución) | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | | |

1

2

3

4

A

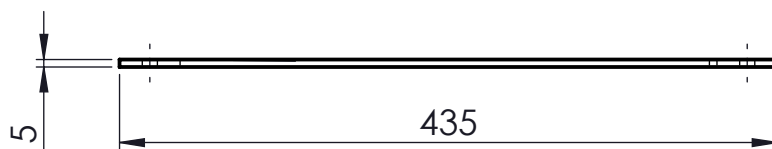
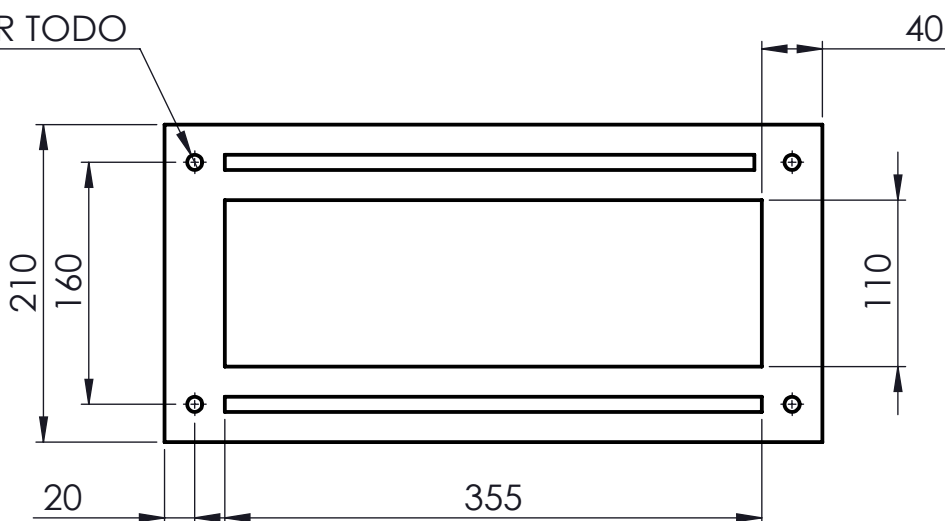
B

C

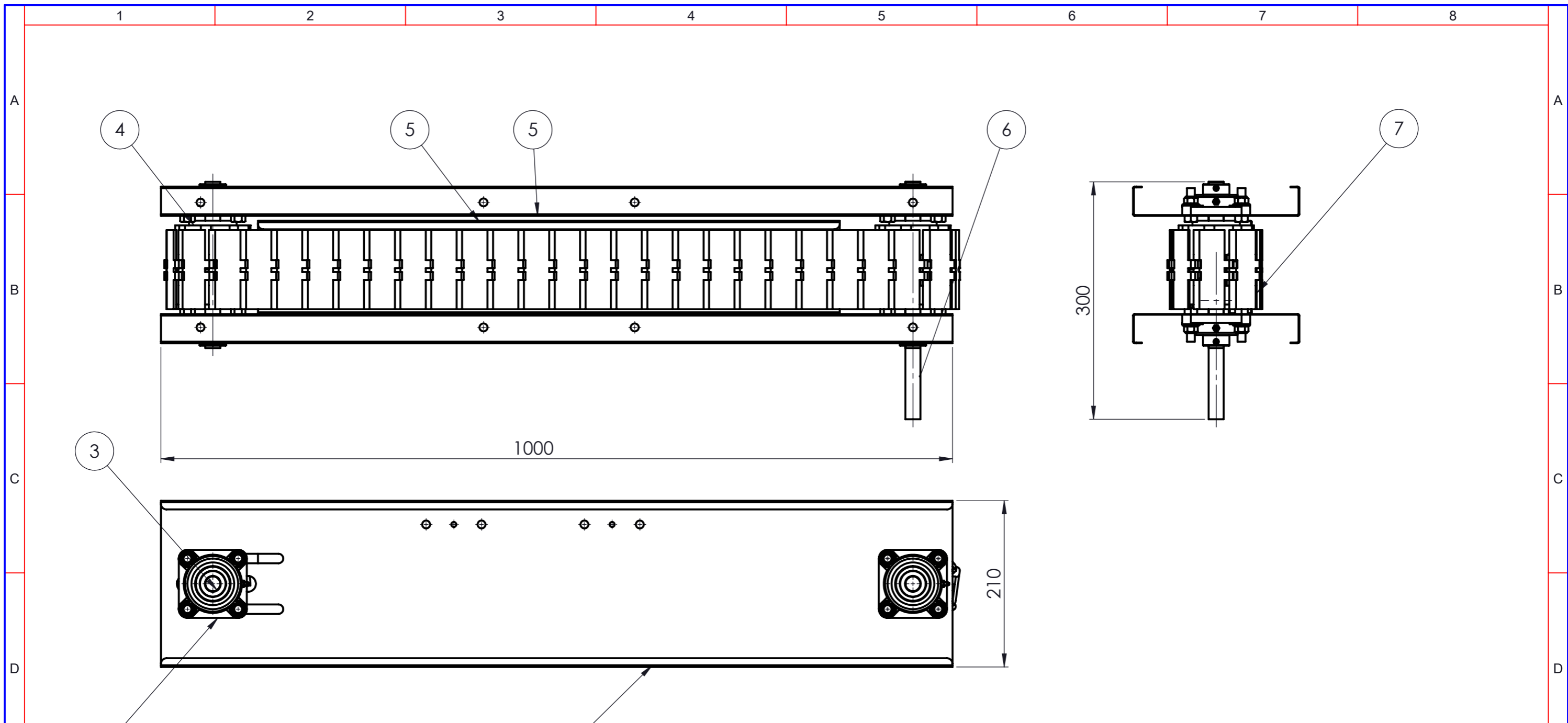
D

E

Ø 10 POR TODO

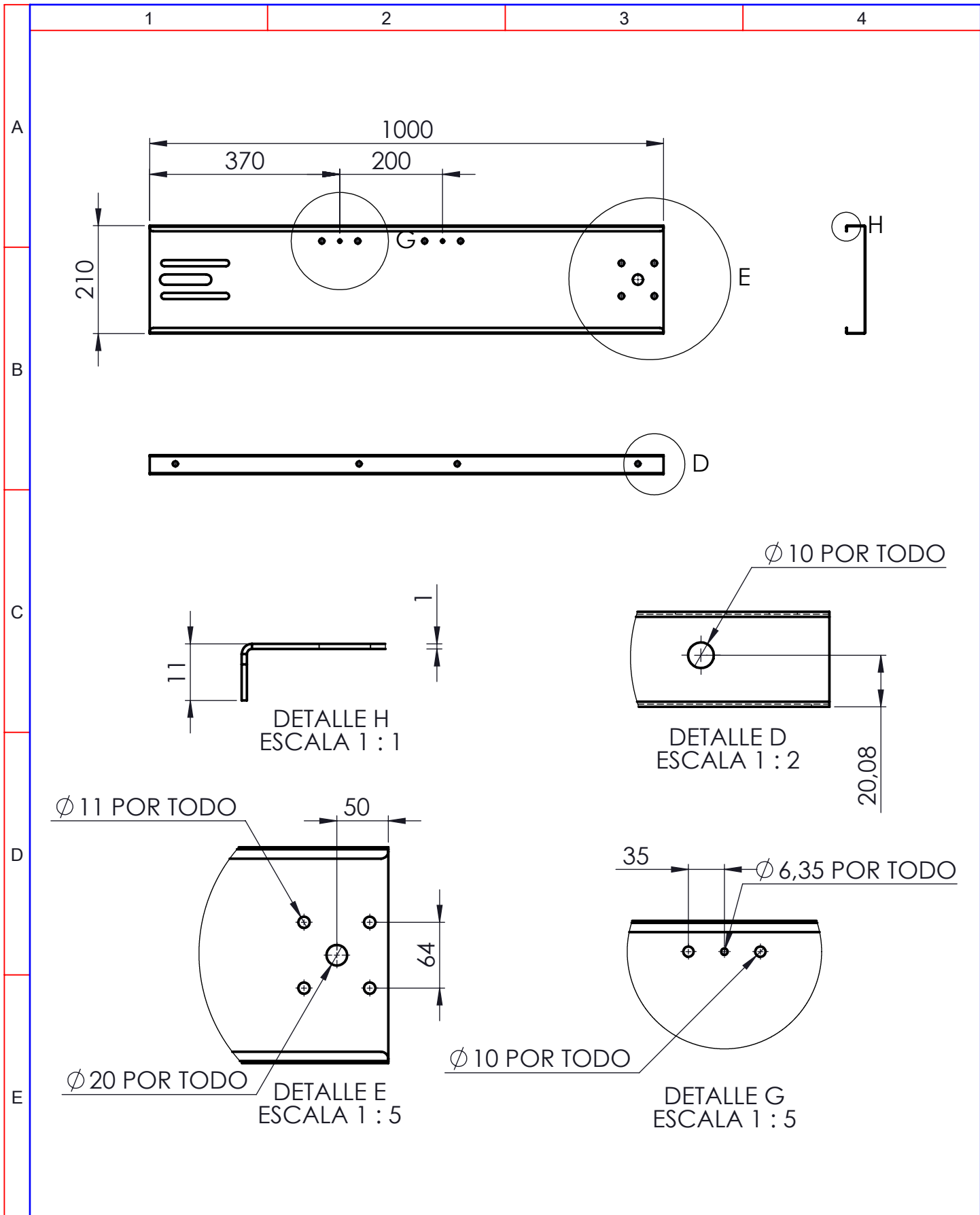


| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | ±0,1 | 1,77 Kg | Acero ASTM A36 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | BASE MOTOR | 1:5 |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 03 de 14 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |



| 40 | PERNO M10 | | AISI 304 | 08 | | 0,8 | Adquirida |
|--------------|------------------|---------------------|-----------|-----------|----------------------------|------------|---------------|
| 1 | BANDA TIPO ORUGA | | ABS | 07 | Producto terminado | 1,81 | |
| 1 | EJE MOTRIZ | | AISI 1020 | 06 | Producto terminado | 0,67 | |
| 1 | PLANCHA O LÁMINA | | AISI 304 | 05 | Producto terminado | 1,44 | |
| 2 | RODILLOS | | DURALON | 04 | Producto terminado | 0,73 | |
| 1 | EJE CONDUCCION | | AISI 1020 | 03 | Producto terminado | 0,47 | |
| 4 | CHUMACERA | | | 02 | | 0,11 | Adquirida |
| 2 | SOPORTE DE BANDA | | AISI 304 | 01 | Producto terminado | 2,34 | |
| No. de Pieza | Denominación | No. de Dibujo/Norma | Material | No. Orden | No. de modelo/semiproducto | Peso Kg/pz | Observaciones |

| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
|---------|--------------|-------|--------|------------------|---------------|-----------------------------|--|
| | | | | ±0,1 | 11,52 Kg | Varios | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | BANDA TRANSPORTADORA | |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | Escala: | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | 1:5 | |
| | | | | UTA | | Número del dibujo: 04 de 14 | |
| | | | | Ing. Mecánica | | (Sustitución) | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | | |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | ±0,1 | 2,34 Kg | Acero AISI 304 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | SOPORTE DE BANDA | 1:10 |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 05 de 14 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |

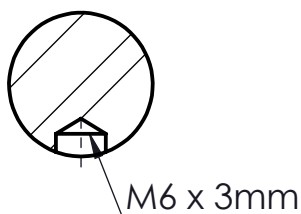
1

2

3

4

A



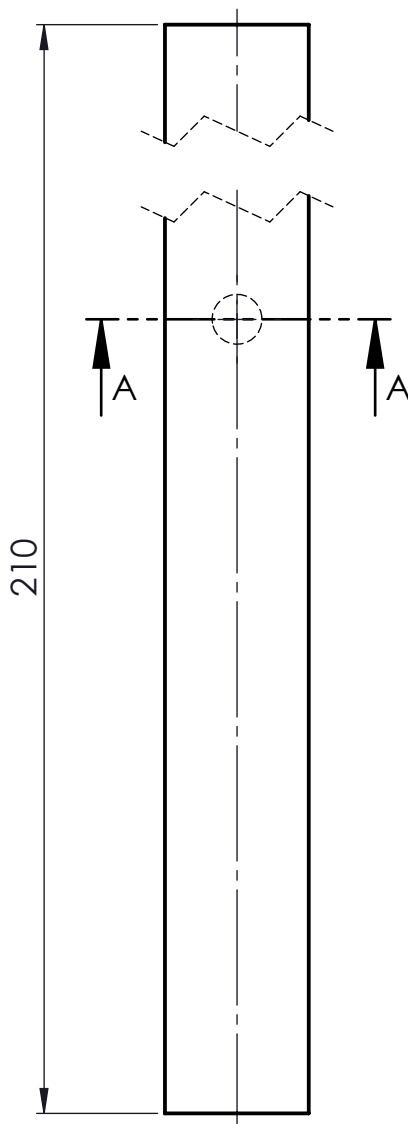
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

B

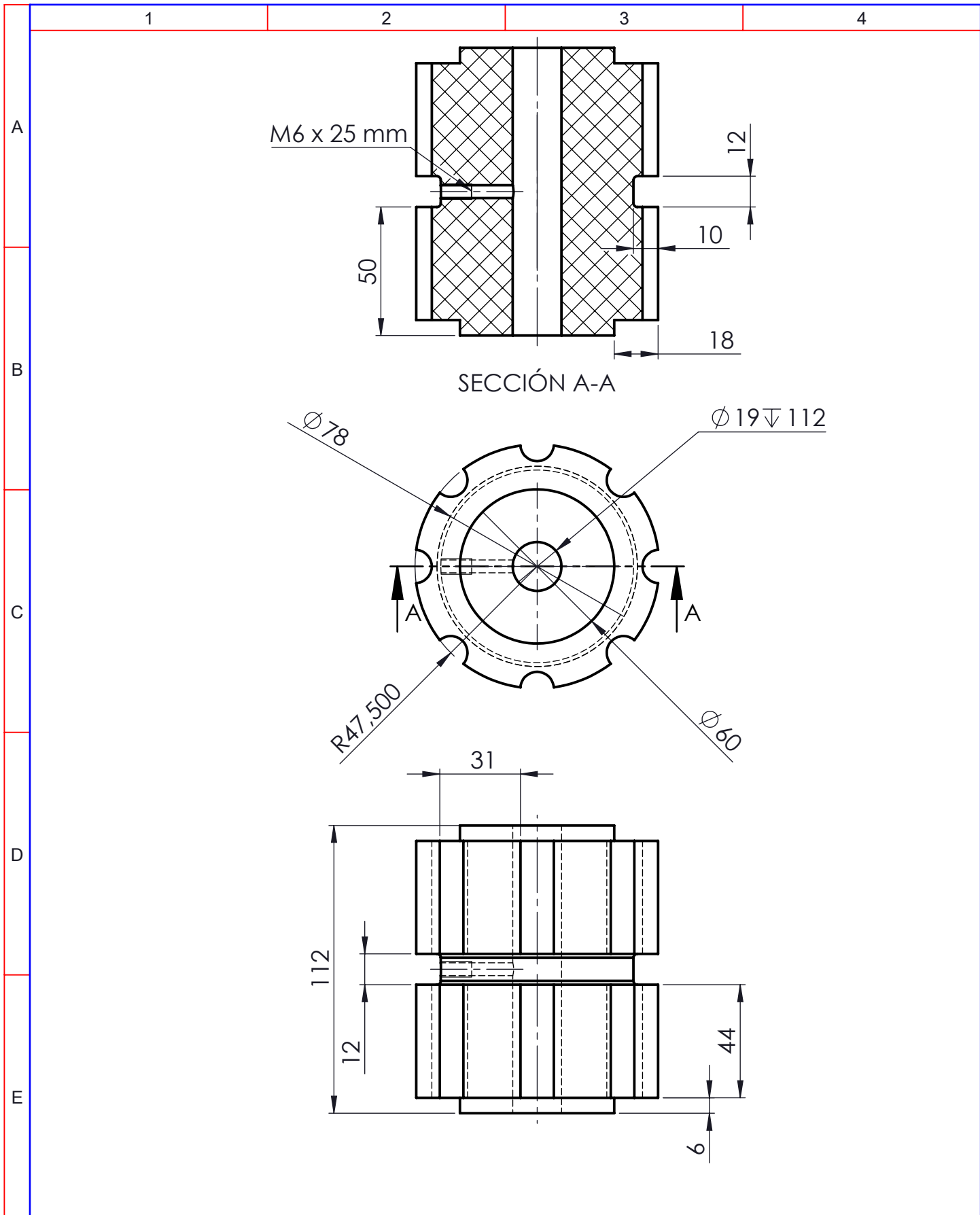
C

D

E



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|----------------------|----------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | ±0,1 | 0,47 Kg | Acero AISI 1020 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | EJE CONDUCIDO | |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: | 06 de 14 |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |
| | | | | | | Escala: 1:1 | |
| | | | | | | | |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | $\pm 0,1$ | 0,73 Kg | DURALON | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | RODILLO | 1:2 |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 07 de 14 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |

1

2

3

4

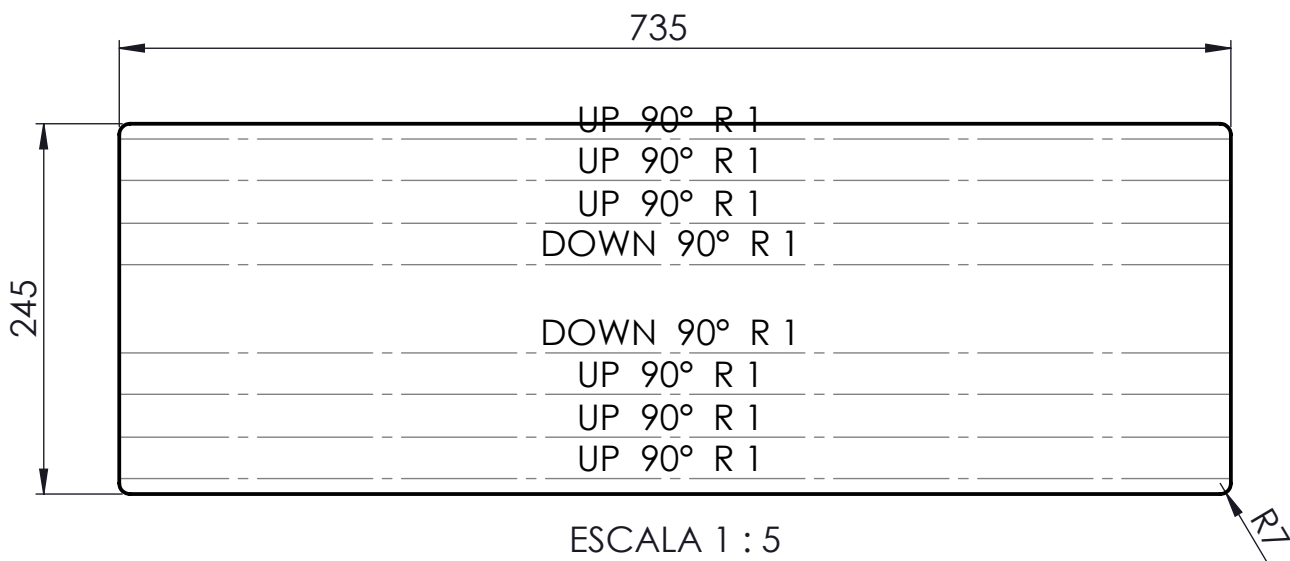
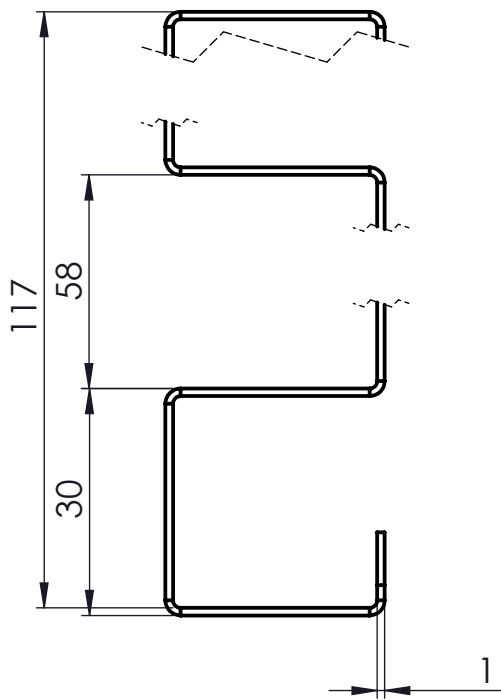
A

B

C

D

E



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | ±0,1 | 1,44 Kg | Acero AISI 304 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | PLANCHA O LÁMINA | 1:1 |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 08 de 14 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |

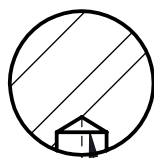
1

2

3

4

A

SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

M6 x 3mm

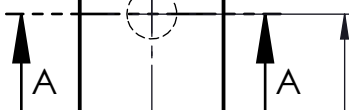
B

C

D

E

300



105

 $\varnothing 19$

Tolerancia

(Peso)

Materiales:

 $\pm 0,1$

0,67 Kg

Acero AISI 1020

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dibujó: 17/04/15

Calderón R.

Revisó: 17/04/15

Ing. Pérez C.

Aprobó: 17/04/15

Ing. Pérez C.

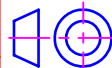
EJE MOTRIZ

1:1

UTA
Ing. Mecánica

Número del dibujo: 09 de 14

(Sustitución)



Edición

Modificación

Fecha

Nombre

1

2

3

4

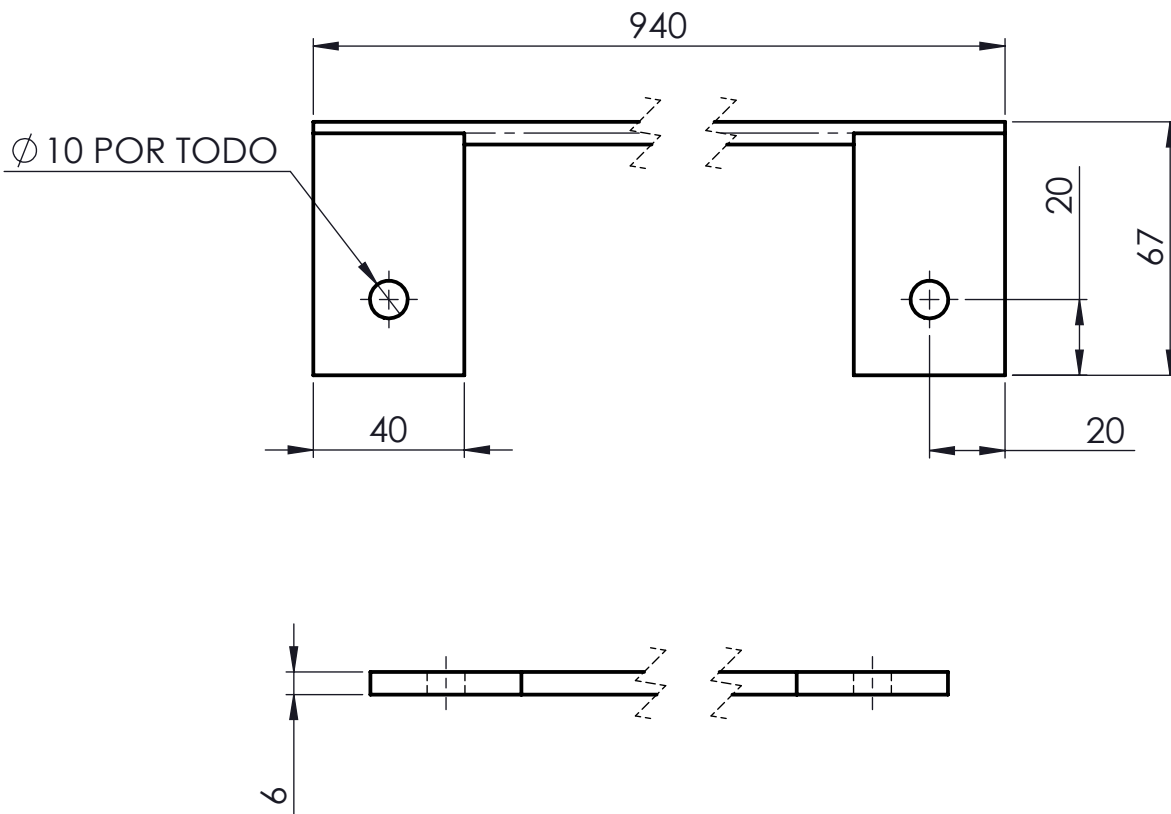
A

B

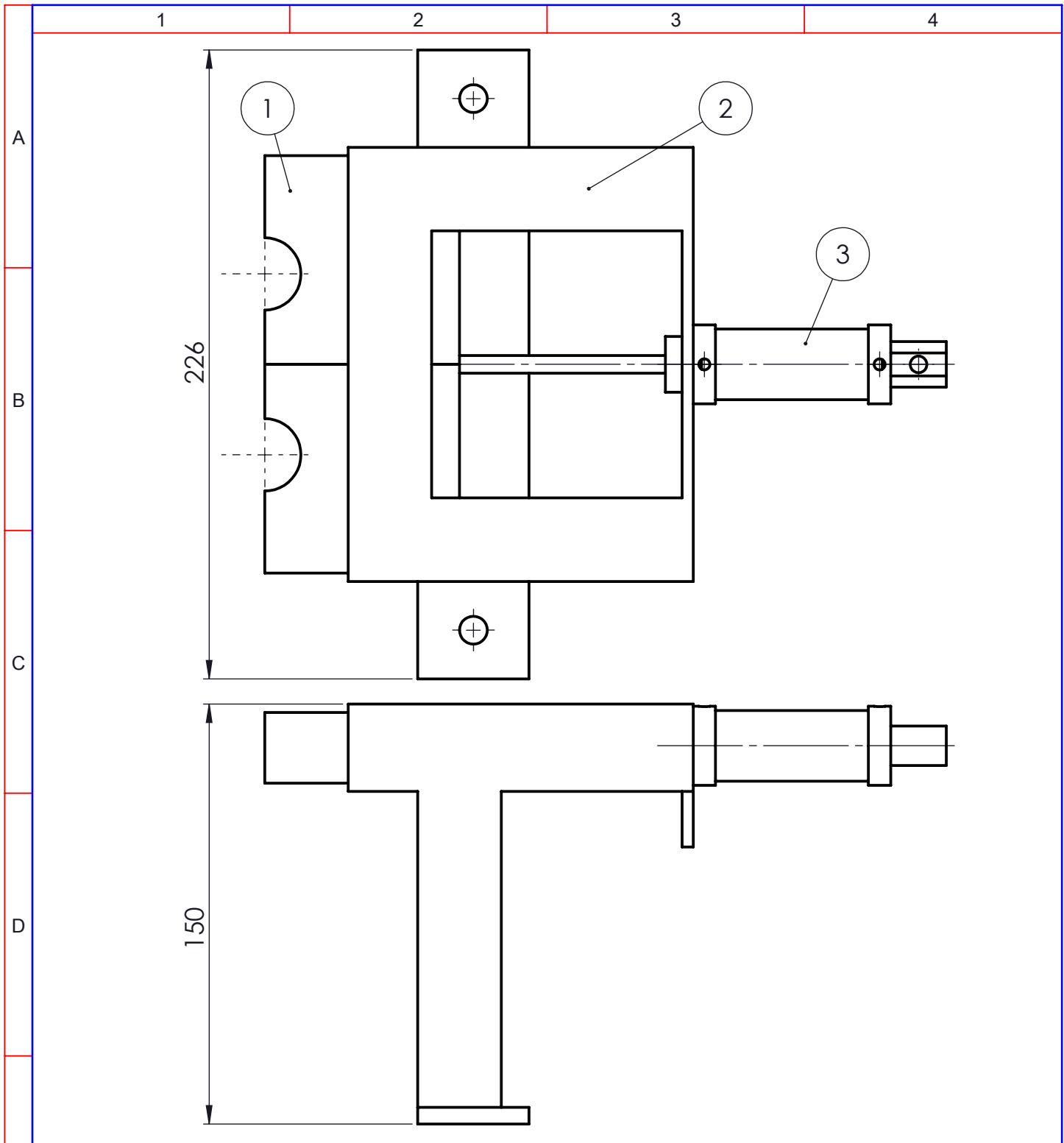
C

D

E



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|--|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | ±0,1 | 0,44 Kg | Acero AISI 304 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | GUÍA | |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 10 de 14 | |
| | | | | | | (Sustitución) | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | Escala: 1:2 | |
| | | | | | | | |



| No. de Orden | No. de Pieza | Denominación | No. de Dibujo/Norma | Observaciones |
|--------------|--------------|----------------------|---------------------|---------------|
| 1 | 2 | Sujetador de botella | | |
| 2 | 2 | Base sujetador | AISI 304 | |
| 3 | 4 | Pistón neumático | BA 7303 | Adquirida |
| 4 | 2 | Base cilindro | AISI 304 | |

| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | ±0,1 | 2,21 Kg | Varios | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | Sistema de Sujeción | 1:5 |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 11 de 14 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |

1

2

3

4

A

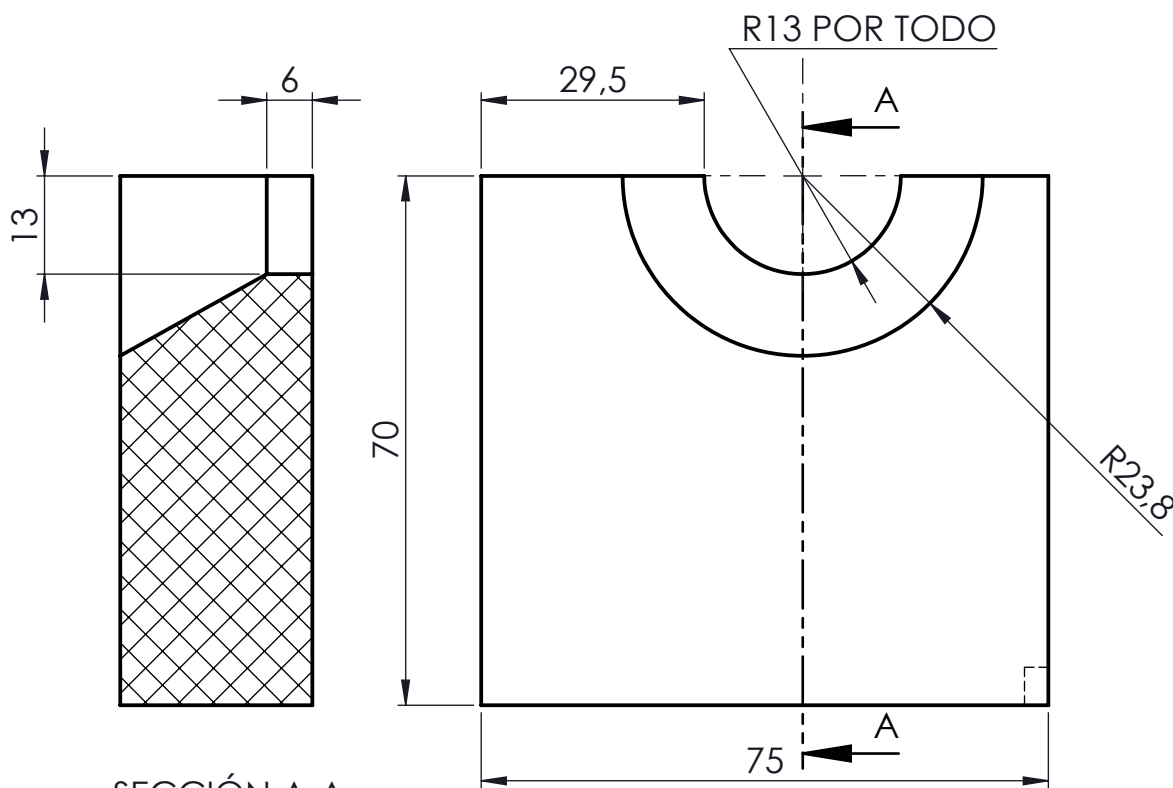
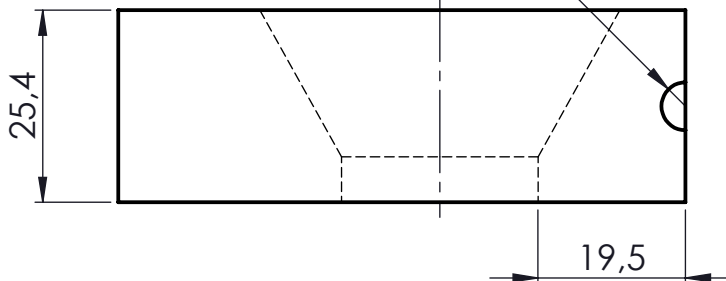
B

C

D

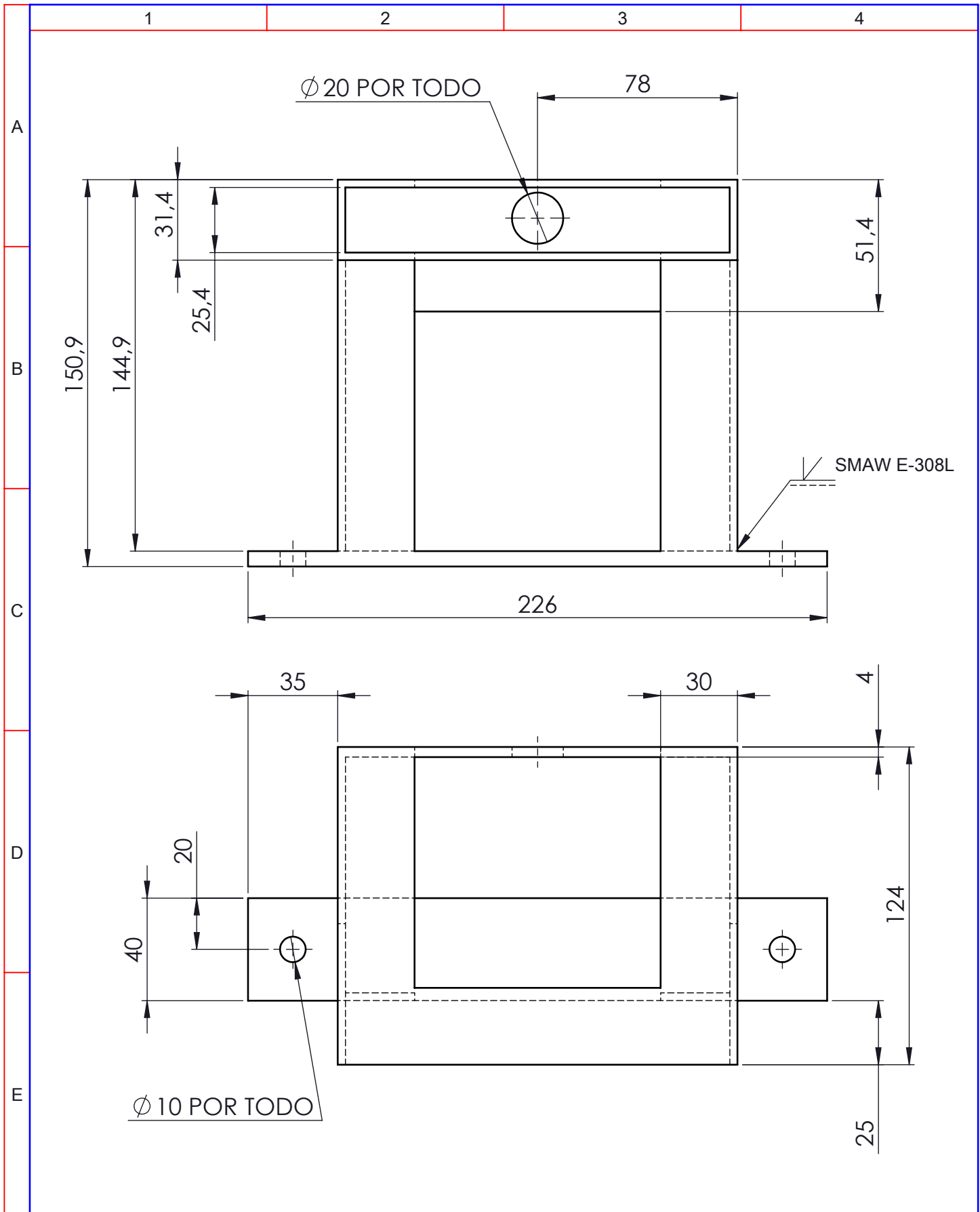
E

R3,2 ∇ 5

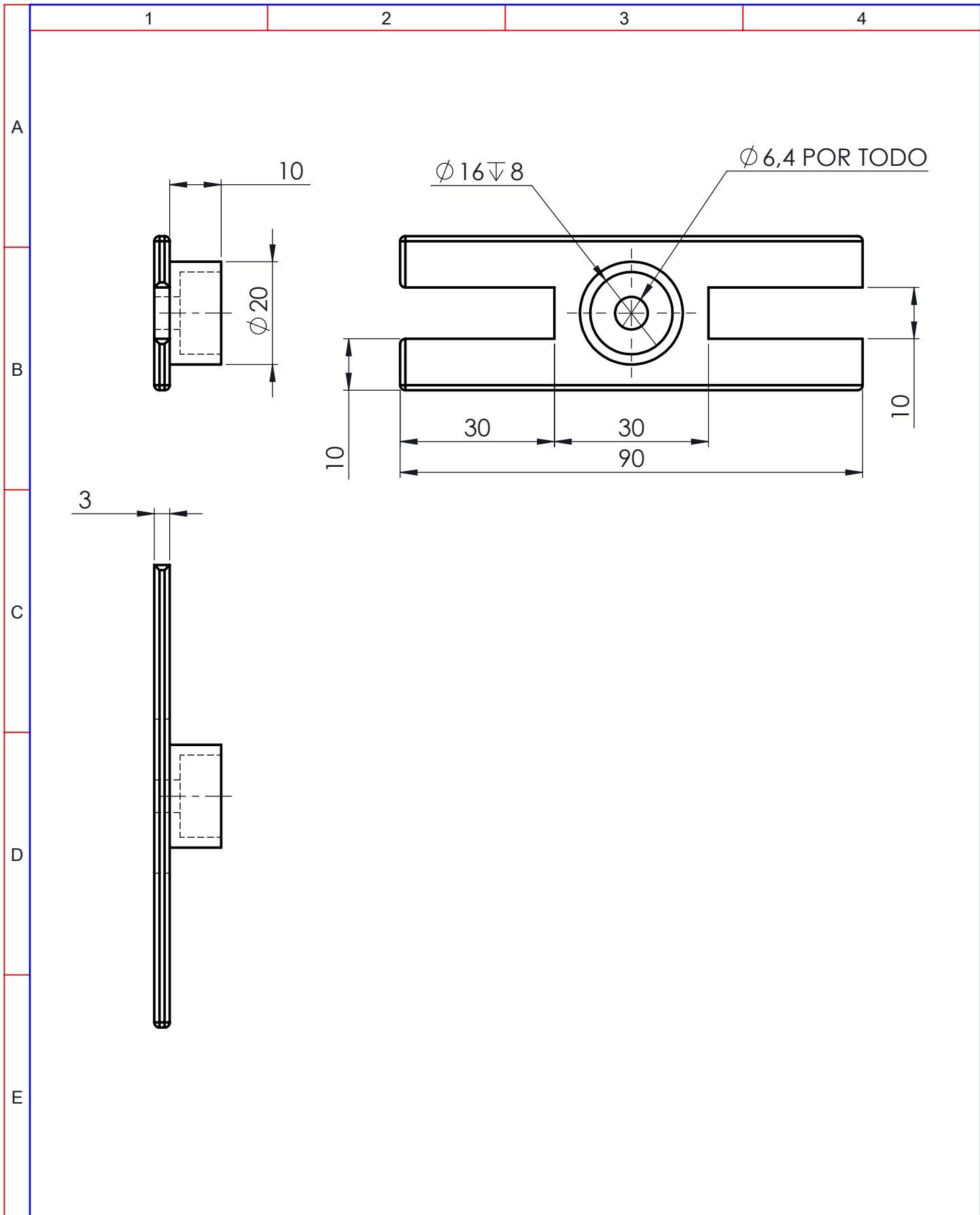


SECCIÓN A-A

| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | $\pm 0,1$ | 0,28 Kg | NAILON 101 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | SUJETADOR BOTELLA | 1:1 |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 12 de 14 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|---------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | |
| | | | | $\pm 0,1$ | 1,58 Kg | Acero AISI 304 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | BASE SUJETADOR | 1:2 |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 13 de 14 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |



| | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|---------------|-----------------------------|--|----------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: | | |
| | | | | ±0,1 | 0,06 Kg | Acero AISI 304 | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | | |
| | | | | Dibujó: 17/04/15 | Calderón R. | BASE CILINDRO | | |
| | | | | Revisó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | | |
| | | | | Aprobó: 17/04/15 | Ing. Pérez C. | | | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 14 de 14 | | |
| | | | | | | (Sustitución) | | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | | | Escala: 1:1 |
| | | | | | | | | |