

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CALLE PARA LA
SELECCIÓN DE OBJETOS CARACTERIZADOS POR SUS PROPIEDADES
FÍSICAS**

TESIS DE GRADO

**CRISTIAN EDUARDO LOPEZ LOPEZ
JOHANNA MARCELA PLATA MOSQUERA**

**DIRECTOR: ING. MIGUEL ANGEL REYES O.
CODIRECTOR: ING. RENE CARREÑO OLEJUA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
DECANATURA DE INGENIERIAS Y ADMINITRACION
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA
2007**

PAGINA DE ACEPTACION

PRESIDENTE DEL JURADO

PAGINA DE DEDICATORIA

A Dios, quien nos dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A nuestros padres, quienes nos brindaron su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su comprensión y paciente espera en el alcance de nuestras metas son evidencia de su gran amor.
El triunfo es de ustedes.
¡Los amamos!

PAGINA DE AGRADECIMIENTOS

A nuestros directores Ariel René Carreño y Miguel Ángel Reyes quienes con su apoyo y conocimientos permitieron llevar a cabo cada una de las etapas de este proyecto.

Al ingeniero Reynaldo Coronel, docente y laboratorista del SENA quien con su conocimiento empírico nos asesoró en la elaboración del diseño del módulo, asimismo contamos con su apoyo incondicional y el de sus estudiantes en el ensamble de la máquina.

Al grupo de técnicos de servicios generales de la Universidad, quienes nos prestaron incondicionalmente sus herramientas de trabajo y brindaron su apoyo en la elaboración de nuevas piezas y correcciones en el modelo físico del proyecto.

A quienes nunca dudaron de nosotros y estuvieron siempre en los momentos difíciles prestándonos su apoyo y cariño.

CONTENIDO

PAGINA DE ACEPTACION	2
PAGINA DE DEDICATORIA	3
PAGINA DE AGRADECIMIENTOS.....	4
CONTENIDO	5
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
JUSTIFICACION	15
OBJETIVOS	16
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
1. MARCO TEORICO	17
1.1. CALLES INDUSTRIALES DE PRODUCCIÓN.....	17
1.2. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO	18
1.3. TECNOLOGÍA APLICABLE	20
1.3.1. AUTOMATIZACION	20
1.3.2. AUTOMATIZACION INDUSTRIAL.....	20
1.3.2.1. PROCESOS CONTINUOS.....	21
1.3.2.2. PROCESOS DISCONTINUOS	21
1.3.3. SISTEMAS DE CONTROL.....	23
1.3.3.1. PROCESOS CONTINUOS.....	23
1.3.3.2. PROCESOS DISCONTINUOS	23
1.3.4. CONTROL SECUENCIAL DE UN PROCESO	26
1.4. COMPONENTES DEL PROCESO DE CONTROL.....	27
1.5. SENSORES	28
1.5.1. SENSORES FOTOELÉCTRICOS	28
1.5.2. SENSORES DE PROXIMIDAD	30
2. METODOLOGIA.....	34
2.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CALLE PARA LA SELECCIÓN DE OBJETOS.....	34
2.1.1. Metodología De Diseño	34
2.1.1.1. <i>Metodología de la construcción</i>	34
2.1.1.2. <i>Sistemas De Trabajo</i>	37
2.1.1.3. <i>Sistema de alimentación</i>	37

2.1.1.4.	Sistema de Transporte	41
2.1.1.5.	Sistema de Accionamiento	46
2.1.1.6.	Sistema de Detección (Área de Detección)	49
2.1.1.7.	Sistema de Controlador	52
2.1.1.8.	Matriz de Selección	54
2.1.2.	Costos de Construcción	59
3.	RESULTADOS	60
3.1.	Propuesta de Diseño Final	60
3.1.1.	Sistema de alimentación.	60
3.1.2.	Sistema de transporte.	60
3.1.3.	Sistema de accionamiento.	61
3.1.4.	Sistema de detección.	62
3.1.5.	Sistema de Control.	62
3.2.	Propuesta General para la Construcción	63
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	68
4.1.	Informe de Construcción metalmecánica y Resultado final	68
5.	AUTOMATIZACIÓN DEL MÓDULO BASADA EN PLC	94
5.1.	Descripción del Sistema	94
5.1.1.	Especificaciones funcionales	95
5.1.2.	Especificaciones tecnológicas	95
5.1.3	Especificaciones Operacionales	96
5.2.	Desarrollo del automatismo	97
5.2.1.	Esquema de conexiones	99
5.2.2.	Rutina de prueba	100
6.	CONCLUSIONES	101
7.	RECOMENDACIONES	102
8.	BIBLIOGRAFIA	104
	ANEXOS	106
	ANEXO A	107
	COMISIONING CALLE PARA LA SELECCIÓN DE OBJETOS	
	CARACTERIZADOS POR SUS PROPIEDADES FÍSICAS	107
	ANEXO B	131
	PLANOS CALLE DE SELECCIÓN DE OBJETOS	131
	ANEXO C	132
	MANUAL PLC S7 200 SIEMENS	132
	ANEXO D	133
	RUTINAS DE PRUEBA	133

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. COMPARACION ENTRE SISTEMAS DE CONTROL CONTINUO Y DISCONTINUO.....	22
TABLA 2. LISTA DE NECESIDADES Y DESEOS PARA EL DISEÑO DEL MODULO.....	35
TABLA 3. COSTOS DE DISEÑO.....	59
TABLA 4. INFORME DE CONSTRUCCION Y RESULTADO FINAL.....	68
TABLA 5. ELEMENTOS BASICOS EN LADDER.....	98
TABLA 6. ESQUEMA DE CONEXIONES.....	100

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAQUINA TLM PARA FARMACOS.....	17
FIGURA 2. ESTRUCTURA BASICA DE UN PLC MEDIANTE UNA REPRESENTACION EN DIAGRAMA DE BLOQUES.....	24
FIGURA 3. ESTRUCTURA INTERNA DE UN PLC.....	25
FIGURA 4. PLC EN REPRESENTACION COMPACTA.....	25
FIGURA 5. PLC EN REPRESENTACION MODULAR.....	25
FIGURA 6. ESTRUCTURA DE UN CONTROL SECUENCIAL.....	26
FIGURA 7. SENSORES ENTREGANDO EL ESTADO DE LA MAQUINA.....	28
FIGURA 8. DETECCION POR MEDIO DE UN RAYO.....	29
FIGURA 9. DETECCION REFLECTIVA.....	29
FIGURA 10. DETECCION DE PROXIMIDAD.....	30
FIGURA 11. GANANCIA EXCESIVA FOTOELECTRICA Y RANGO.....	30
FIGURA 12. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UN SENSOR INDUCTIVO DE PROXIMIDAD.....	31
FIGURA 13. CORRIENTE EDDY INDUCIDA.....	32
FIGURA 14. AMORTIGUACION DE LA OSCILACION DE SENSORES INDUCTIVO Y CAPACITIVO.....	33
FIGURA 15. COMPARTIMIENTO VERTICAL DESCENDENTE CON CILINDRO NEUMATICO.....	38
FIGURA 16. PLATAFORMA ELEVADIZA INDUSTRIAL.....	39
FIGURA 17. SISTEMA DE POLEAS PARA EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS DE UN SITIO A OTRO.....	40
FIGURA 18. BANDAS TRANSPORTADORAS DE ALIMENTACION.....	41
FIGURA 19. BANDA TRANSPORTADORA A GRANEL.....	41
FIGURA 20. EJEMPLO BANDA TRANSPORTADORA.....	42
FIGURA 21. EJEMPLO DE TRANSPORTE POR RODILLO.....	43
FIGURA 22. RODILLO.....	43
FIGURA 23. TRANSPORTE POR RODILLOS.....	44
FIGURA 24. TRANSPORTE POR RIELES O GUIAS.....	45
FIGURA 25. ROBOT CARTESIANO.....	46
FIGURA 26. ACTUADORES NEUMATICOS.....	47
FIGURA 27. ACTUIADORES HIDRAULICOS.....	48
FIGURA 28. CILINDRO ELECTRICO CON VASTAGO.....	48
FIGURA 29. WEBCAM.....	49
FIGURA 30. CAMARA DIGITAL.....	49
FIGURA 31. VIDEO CAMARA.....	50
FIGURA 32. CAMARA CCD.....	50
FIGURA 33. SENSOR OPTICO.....	51

FIGURA 34. SENSOR INDUCTIVO.....	51
FIGURA 35. SENSOR CAPACITIVO.....	51
FIGURA 36. MICROCONTROLADOR.....	52
FIGURA 37. PC.....	53
FIGURA 38. PLC.....	53
FIGURA 39. BANDA TRANSPORTADORA.....	61
FIGURA 40. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CALLE DE SELECCIÓN.....	63
FIGURA 41. CAJAS DE ALIMENTACION.....	64
FIGURA 42. CILINDRO NEUMATICO (ACTUADOR).....	64
FIGURA 43. TAMBORES DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	64
FIGURA 44. PLACA U PARA LA BANDA TRANSPORTADORA.....	64
FIGURA 45. PLACAS ESTRUCTURALES DE LA CALLE DE SELECCIÓN.....	65
FIGURA 46. PLACAS DE SUJECION DE LA CAMARA CCD.....	65
FIGURA 47. TORNILLOS DE SUJECION.....	66
FIGURA 48. COMPARTIMIENTO VERTICAL DE ALIMENTACION.....	66
FIGURA 49. BUJES DE SUJECION.....	66
FIGURA 50. PLACA ESTRUCTURAL.....	85
FIGURA 51. CAJA DE ALMACENAMIENTO.....	85
FIGURA 52. CILINDROS NEUMATICOS, SENSORES OPTICOS, TAMBOR, PLACA EN U Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	86
FIGURA 53. CILINDROS NEUMATICOS, SENSORES OPTICOS, TAMBOR, PLACA EN U, LAMINA SOPORTE CCD Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	86
FIGURA 54. CILINDROS NEUMATICOS, SENSORES OPTICOS, PLACA EN U, LAMINA DE SOPORTE, CAMARA CCD Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	87
FIGURA 55. PLACA EN U, LAMINA DE SOPORTE CAMARA CCD, TAMBOR Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	88
FIGURA 56. CILINDROS NEUMATICOS, SENSORES OPTICOS, TAMBOR, LAMINA DE SOPORTE CAMARA CCD Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	88
FIGURA 57. CILINDROS NEUMATICOS, SENSORES OPTICOS, TAMBOR, CABLEADO Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	89
FIGURA 58. CILINDROS NEUMATICOS, SENSORES OPTICOS, ISLA DE VLVULAS, LAMINA DE SOPORTE CAMARA CCD, CAMARA CCD, CAJAS DE ALMACENAMIENTO, CABLEADO ELECTRICO, CABLEADO NEUMATICO Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	89
FIGURA 59. CILINDROS NEUMATICOS, SENSORES OPTICOS, SENSOR OPTICO ANALOGO, SENSOR INDUCTIVO, LAMINA DE SOPORTE CAMARA CCD, CAMARA CCD, CAJAS DE ALMACENAMIENTO, CABLEADO ELECTRICO, TAMBOR Y PLACAS ESTRUCTURALES.....	90
FIGURA 60. CAJA DE ALMACENAMIENTO, PLACA ESTRUCTURAL, PLACA DE SOPORTE DE SENSORES OPTICOS EN L Y TORNILLOS DE SUJECION.....	90
FIGURA 61. VISTA GENERAL DEL MODULO SELECCIONADOR DE OBJETOS.....	91

FIGURA 62. TABLERO DE CONTROL, PLC, MANGUERA NEUMATICA Y CABLEADO ELECTRICO.....91
FIGURA 63. TABLERO DE CONTROL.....92
FIGURA 64. TABLERO DE CONTROL Y MODULO SELECCIONADOR DE OBJETOS.....92
FIGURA 65. TABLERO DE CONTROL Y MODULO SELECCIONADOR DE OBJETOS.....93
FIGURA 66. DESCRIPCION DEL SISTEMA.....94

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.....	107
ANEXO B.....	131
ANEXO C.....	132
ANEXO D.....	133

RESUMEN

Se diseñó y construyó un módulo para la selección de objetos bajo diferentes criterios de clasificación. De igual forma se utilizó la metodología de Pahl –Beitz-Feldhusen para su diseño. Se obtuvo el diseño óptimo en términos constructivos y de costos; buscando desde luego brindar una herramienta para la investigación a los estudiantes en procesos de orden logístico y a su vez brindarle la posibilidad de adaptar éste módulo con otros módulos, producto de futuras tesis de grado para simular una calle de producción industrial.

Asimismo, se generó una rutina de automatización basada en el PLC S7200 de Siemens, la cual separa seis objetos de acuerdo a los criterios de dimensión de altura (grande, mediano, pequeño) y material (metal y no metal).

Con esto en mente, la universidad estará a la orden de esta problemática y a su vez fomentará la búsqueda de nuevas tecnologías con el fin de mantener un desarrollo sostenible mediante la integración de otros campos o facultades en un proceso productivo, aplicable a la industria en sistemas de control de calidad, clasificación de productos, sistemas de transporte, entre otras.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día a causa del acelerado desarrollo que experimenta el mundo, los profesionales se enfrentan cada vez a más retos que le exigen el desarrollo de diferentes competencias en cuanto a procesos y metodologías de investigación frente a una industria exigente y globalizada. Está claro que para la obtención de excelentes resultados se debe partir de una buena técnica de investigación, motivo por el cual es importante que como estudiantes de Ingeniería Mecánica se desarrollen proyectos que refuercen las áreas de conocimiento técnico y se fomente el perfeccionamiento de técnicas de investigación en los estudiantes de la facultad.

El presente informe recopila el proceso llevado a cabo a lo largo del desarrollo del proyecto titulado:

Diseño, Construcción y puesta en marcha de una calle para la selección de Objetos, caracterizados por sus propiedades físicas.

El cual se encuentra inscrito en la línea de proyectos de semillero de investigación, y cuya finalidad es promover el desarrollo de técnicas de investigación tanto en los estudiantes, como en los profesores que se encuentran realizando estudios en áreas de conocimiento referentes a la Automatización y control de procesos industriales, Aseguramiento de la calidad, Procesos de producción, entre otras áreas afines a la temática y que hacen parte del proceso formativo de la Universidad.

Inicialmente se empleará una metodología de diseño y construcción para el módulo de selección, en la cual se tendrá en cuenta la implementación de sensórica, actuadores, y controladores. En segundo lugar, por medio de la utilización de un controlador PLC se desarrollará una rutina de programación que permita seleccionar piezas bajo dos criterios: dimensión de altura (grande, mediano y pequeño) y material. De esta forma el proyecto se dejará puesta a punto para el desarrollo de otras formas de automatización: por medio de una cámara CCD y PC, para una caracterización por color y más adelante introducir variables como masa, geometría, etc.

Con la creatividad de profesores y estudiantes en el diseño y desarrollo de diferentes algoritmos de programación en diversos lenguajes, se marca la diferencia entre éste y otros módulos ya existentes gracias a que se crean ambientes de programación y generación de software.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La automatización de procesos es un tema que actualmente ofrece ventajas y beneficios de orden económico, social y tecnológico, que solo son viables si al evaluarlos, estos beneficios son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema antes de ser implementado el automatismo.

Por este motivo los procesos de producción han cambiado de ser netamente manuales a sistemas automatizados en donde se han minimizado los tiempos de producción, selección y empaque de cada uno de los artículos por medio de las calles de producción. Sin embargo día tras día la tecnología ha estado en constante búsqueda de mejoras en las cadenas productivas con el fin de asegurar flexibilidad en el proceso, calidad y eficiencia en la planta, así como reducir los costos en mano de obra, racionalizar de la energía y la materia prima, y aumentar la seguridad en las instalaciones y la protección a los trabajadores.

Por lo anterior, es necesario que como estudiantes se adquieran las destrezas necesarias para proponer soluciones óptimas y eficientes frente a un proceso industrial, mediante el manejo de la tecnología para el mejoramiento de las cadenas productivas; por esta razón, en adelante se diseñará un módulo para la selección de objetos bajo diferentes criterios de clasificación aplicable a un proceso industrial de selección, de igual forma se utilizará una metodología para el diseño del mismo, buscando incursionar en esta temática para encontrar la solución óptima de acuerdo a los parámetros inicialmente planteados.

De esta forma el módulo de selección se dejará puesta a punto para otros proyectos de investigación, en donde se pueden tener en cuenta diferentes parámetros para la selección (colores, formas, etc.) mediante la implementación de otra clase de sensorica o de cámaras ya que el diseño estructural de la máquina es adaptable a cualquier otro proyecto; esto con el fin de generar equipos multidisciplinarios que integren otras áreas y facultades para obtener así un modelo de cadena de producción industrial, que esté a la orden de la problemática actual en la búsqueda de nuevas tecnologías.

JUSTIFICACION

- Promover la utilización de una metodología de diseño que permita llegar a una decisión final optima; resultado del análisis, comparación y selección de la mejor alternativa; ya que en la región no se tiene una cultura de metodologías de investigación, sino que por el contrario se acostumbra a diseñar basados en aportes empíricos en donde se da la solución más inmediata sin tener en cuenta todas las posibles alternativas aplicables al problema.
- En la facultad es necesario respaldar proyectos que involucren la construcción de equipos que simulen un proceso industrial real, y de esta forma hacer que los estudiantes utilicen metodologías para el diseño de los mismos en lugar de comprar equipos ya construidos a entes externos y extranjeros [9].
- Se busca fortalecer la unidad académica en el área de automatización industrial y control de procesos, mediante la creación de equipos que simulen procesos industriales y de esta forma brindarle al estudiante la posibilidad de diseñar, construir y controlar sistemas aplicables no solo a su actividad profesional sino que puedan integrar diferentes disciplinas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar, construir y poner en funcionamiento un módulo de selección de objetos mediante la implementación de un PLC en el laboratorio de automatización y control de procesos de la Facultad de Ingeniería Mecánica con el fin de que sea aplicable a procesos industriales de selección.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aplicar la metodología de diseño de Pahl – Beitz – Feldhusen para el proceso de construcción de una calle de selección de objetos.
- Construir el modulo de selección de acuerdo a los parámetros obtenidos como resultado de la metodología de diseño.
- Crear una rutina de programación en un PLC para la detección y selección de objetos de acuerdo a los siguientes criterios:
 - Altura de objeto (rango alto – medio – bajo)
 - Tipo de material (metálico – no metálico)
- Poner en funcionamiento la calle de selección de objetos bajo los criterios de selección derivados de sus características físicas básicas tales como tipo de material y dimensión de altura, de modo que ubique los objetos seleccionados en casillas de almacenamiento destinadas para cada caso.

1. MARCO TEORICO

1.1. CALLES INDUSTRIALES DE PRODUCCIÓN

Hoy en día las calles de producción son comúnmente empleadas en las industrias: farmacéutica, cosmética, alimenticia, confitería, comidas rápidas, lácteos y artículos tecnológicos en donde una producción en serie acelera el tiempo de producción, selección y empaque de cada uno de los artículos a ofrecer en el mercado. El hecho de que cualquier empresa cuente con un sistema automatizado para la manufactura y empaque de sus productos le brinda grandes ventajas competitivas en el mercado, debido a que minimiza los costos de mano de obra, aprovecha mejor la materia prima, y sobre todo reduce en gran medida los tiempos de producción.

Una de las empresas más reconocidas a nivel mundial en calles de producción y que cuenta con calles de selección para llevar a cabo los servicios que ofrece es SCHUBERT Packaging Solutions, ésta es una empresa alemana especialista en soluciones para el empaque de productos. Fue la responsable del desarrollo del primer robot empacador en 1984; hoy en día sus muchos años de experiencia en el campo de la ingeniería servo controlada hacen de la empresa un líder mundial en el campo de las máquinas empacadoras digitales.



Figura 1. Máquina TLM para fármacos. Tomado de <http://www.schubert.avenit.de/index.php?scriptlet=CMS/Page&id=2>

Las máquinas empacadoras son un ejemplo claro de calles de producción industriales, son tecnologías limpias, flexibles, rápidas y manejables, ofreciendo fácil acceso y simplicidad en su operación. En la industria de hoy en día el sistema de producción en serie juega el papel más importante en términos de rendimiento de la planta. [12]

Si se observa un poco el estado actual de este tipo de tecnología se puede ver que muchas empresas que la utilizan han implementado el sistema TLM (Top Loading Machine, Figura 1) inventado por Schubert [6], o en otros casos usan otro tipo de máquina pero básicamente su funcionamiento y mecanismo el es mismo: Un sistema de control que permita llevar a cabo una cadena de producción en serie; sin embargo, en el campo de la investigación para proponer nuevos módulos no sólo de producción sino de selección también, a pesar de estar en avance pocos proponen distribuciones diferentes; por este motivo la información suministrada es muy limitada. Con base en el muy reducido numero de investigaciones desarrolladas alrededor de este tipo de sistemas (líneas de producción), se puede deducir que este es un gran campo de acción para un posible desarrollo tecnológico-investigativo en el mejoramiento de este tipo de sistemas.

Dentro de las investigaciones encontradas se destaca (por ser del área tratada en esta tesis) una línea de producción, en la cual se hizo el arreglo correspondiente para separar dos objetos de diferente tamaño y ubicar cada uno de ellos en una banda transportadora destinada para cada caso [1 (US PATENT 4899865)].

El proceso se inicia en una banda transportadora, en donde se tienen dos placas de diferente tamaño, allí un sensor se encarga de realizar la detección bajo el criterio anteriormente mencionado, y un actuador electro-mecánico se encarga de tomar la placa seleccionada y ubicarla en otra banda transportadora para su posterior almacenamiento, la placa sobrante continúa su camino hasta llegar al sitio destinado a su almacenamiento en donde otro actuador se encargará de sacarla del proceso.

También se encontraron otras investigaciones, con sus respectivas patentes, pero estas no buscan la selección de objetos sino el mejoramiento de los procesos productivos utilizando sistemas de transporte, además ninguna conlleva a un proceso más real, por este motivo es importante que a la hora de realizar una investigación se adopte una metodología de diseño que permita la selección de la mejor alternativa en términos constructivos y de rendimiento [4, 7, 10]; así como es necesario documentar al investigador en el tema con el fin de dejar claros algunos conceptos.

A continuación se expondrá la metodología que se utilizará para el diseño del proyecto, se definirán algunos conceptos en cuanto a la automatización y en general se mostrará la teoría aplicable al mismo.

1.2. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO

Para el diseño del módulo de selección se utilizará la metodología propuesta por Pahl – Beitz – Feldhusen.

La escuela del profesor Pahl es de las más reconocidas en el campo de la metodología de la construcción de máquinas no solo en Alemania sino en el

mundo. Es la referencia por excelencia en las escuelas de ingeniería en Alemania. Solo por dar un ejemplo actualizado de la utilización de esta metodología, se encuentra el desarrollo de las partes del Air Bus 380 que se desarrollaron en Alemania en EADS Friedriechhafen y Hamburg. A continuación se referencia los autores de la metodología:

Dr. h.c. Dr.- Ing. E.h. Dr. – Ing. Gerhard Pahl

Professor Emerito de la Universidad Técnica de Darmstadt en áreas de Elementos de Máquina y Construcción. (Sus títulos son Dr. h.c. Doctor Honoris Causa (Reconocimiento Internacional), Dr.- Ing. E.h. Doctor Ingeniero Honorario (Honoris Causa Escuela Alemana), Dr. - Ing. Doctor Ingeniero (Estudios de Doctorado)) Dentro del Grupo de coautores y de este grupo de investigación en áreas de la construcción de máquinas se encuentran:

Dr. – Ing. E.h. Dr. – Ing. Wolfgang Beitz

Profesor en técnicas de la construcción. Universidad Técnica de Berlín

Dr. – Ing. Jörg Feldhausen

Profesor en Construcción de Máquinas de la RWTH Aachen

Dr. – Ing. Karl – H. Grote

Profesor en Técnicas de la construcción en la Universidad de Magdeburg

Naturalmente, el acercamiento a esta metodología fue bajo la recomendación de nuestro codirector de Tesis Dipl. – Ing. René Carreño quien nos oriento en la utilización de la misma.

Sobre esta metodología expuesta, se da principal importancia a la evaluación de las alternativas utilizando metodologías conocidas en el medio del diseño como “Brainstorm” o “Galerie method” en pasos primordiales de diseño como planeación del proyecto, principios de solución así como para la creación del modelo prototipo.

Pahl propone en su obra [9] una metodología para el diseño de cualquier sistema, la cual inicia con la creación de una lista de necesidades, y la identificación de sistemas que cumplen funciones importantes dentro del proyecto, en donde se plantean diversas alternativas de construcción y diseño aplicables al mismo bajo puntos de vista económicos y constructivos; éstas alternativas se evalúan en una matriz que arroja la solución óptima en términos constructivos, económicos, ergonómicos, y de seguridad del mismo.

Por último, esta metodología es una herramienta que combina de una forma muy interesante áreas de la ingeniería mecánica en lo concerniente al diseño y construcción y en áreas de la ingeniería industrial en temas como diseño de productos desde una mirada comercial.

1.3. TECNOLOGÍA APLICABLE

Para el desarrollo del automatismo del módulo de selección es importante conocer los conceptos aplicados a los sistemas de producción industrial, para poder utilizarlos de la manera adecuada según nuestros objetivos.

1.3.1. Automatización

La historia de la automatización es la historia del progreso de la humanidad y su importancia proviene del hecho de asumir las máquinas como la parte más dura del trabajo, la menos inteligente, y por lo tanto, la menos humana; como el esfuerzo, el desgaste físico y la repetición sin variaciones. Con la automatización el hombre se reserva para sí la actividad creadora y el empleo de la inteligencia.

Aunque la automatización industrial no es un fenómeno reciente, el proceso se ha visto acelerado por el advenimiento de la electrónica de los semiconductores y las nuevas teorías de control automático. Con los primeros computadores se inicia una nueva revolución industrial: el desarrollo de la **electrónica digital**.

La expansión de la informática y la aparición de los microprocesadores permiten la aplicación de la automatización a nuevas tareas e impulsan la creación de máquinas, tales como: los PLC (controladores lógicos programables), reguladores como los PID procesados digitalmente y los robots, entre otros.

Cabe resaltar, que la automatización ofrece grandes ventajas en cuanto a la disminución de tiempos muertos y costos de producción en una empresa, asumiendo la homogeneidad y calidad de los productos, mediante el trabajo en forma continua y en serie; garantizando así la racionalización de los recursos y las materias primas, con el propósito de obtener como resultado final una industria más productiva y competitiva. [3]

1.3.2. Automatización industrial.

La automatización puede introducirse prácticamente en todas las tareas industriales, aplicándose particularmente a dos tipos de procesos: continuos y discontinuos. A continuación se explica en que consiste cada uno de estos procesos, resaltando que el aplicado en éste proyecto es un proceso discontinuo.

1.3.2.1. Procesos continuos

Los procesos continuos (lineales ó no) son aquellos donde se trabaja en forma continua o por “coladas”. Generalmente las variables son del tipo físico-químicas, y se miden y regulan en forma continua. Los equipos se diseñan para responder a variaciones de tipo analógico.

En los procesos continuos se busca que el valor de las variables del proceso se mantenga en un valor deseado fijo o variable en forma predeterminada. Los materiales que se manipulan son generalmente gases y líquidos, y se opera sobre el flujo de un producto.

Las variables a controlar son por lo regular: presión, temperatura, humedad, nivel, caudal y velocidad. Es el caso, por ejemplo, del control de temperatura de una maquina termo fijadora ó del control de flujo en una línea de vapor.

1.3.2.2. Procesos discontinuos

Son aquellos procesos donde se trabaja sobre piezas discretas e independientes pero que interactúan entre sí para la obtención de un producto terminado. Se les conoce también como “procesos de fabricación ó manufactura”.

Las variables a controlar son de tipo digital y responden a una secuencia, combinación o temporización determinada. Se trabaja individualmente sobre cada pieza o unidad del sistema, realizando tareas discretas basadas fundamentalmente en el control de posición o movimientos. En el caso, por ejemplo, del control de maquinas embotelladoras, estaciones de bombeo, ascensores, semáforos, etc. [3]

En la Tabla 1 se indican las características y diferencias más sobresalientes de los procesos continuos y discontinuos.

CARACTERISTICAS	PROCESOS CONTINUOS	PROCESOS DISCONTINUOS
Fuente primaria de información	Sensores análogos automáticos. Las entradas de origen humano (manuales), como puntos de consigna o de referencia, son fuente secundaria de información	Sensores digitales automáticos y manuales (ordenes discretas)
Consigna	Valor de las variables: fijo o variable en el tiempo	Lógica de variables discretas (binarias)
Técnica de control	Realimentación	Manipulación
Equipo de control	Reguladores (PID, etc.)	Controladores (PLA, PLC, etc.)
Modelaje	Matemático (ec. Diferenciales), diagramas de bloques, gráficos de flujo de señal, etc.	Diagramas funcionales, de etapas y transiciones, de escalera, ec. Booleanas, etc.
Cálculos	Orientados hacia el diseño de la estructura del sistema y del regulador	Orientados hacia el diseño de sistemas secuenciales y combinacionales, incluida la solución de automatismos lógicos
Naturaleza los equipos	Sistemas electromecánicos, neumáticos, hidráulicos y electrónicos	Sistemas electromagnéticos, neumáticos, hidráulicos y electrónicos
Elementos finales de control	Válvulas reguladoras de presión, moto válvulas, servomotores, etc.	Electro válvulas, contactores, relés, lámparas, etc.
Época de desarrollo formal	Electrónica análoga de semiconductores discretos, desde 1.960 hasta 1.975	Electrónica digital de microprocesadores, desde 1.972 hasta la fecha
Impacto socioeconómico	Modesto	Alto, ya que en las actividades de manufactura tradicionales se requieren más horas hombre comparado con el automatismo.

Tabla 1. COMPARACION ENTRE SISTEMAS DE CONTROL CONTINUO Y DISCONTINUO. Tomada de: Controladores lógicos programables. Jose Hernán Valencia G. Editorial UPB 1992 pag1-47

1.3.3. SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control de los procesos descritos son los siguientes:

1.3.3.1. PROCESOS CONTINUOS

En un control continuo al elemento controlador se le conoce como **regulador**, y casi toda la teoría de control automático gira alrededor del diseño del regulador apropiado para cada caso en particular.

Existen dos sistemas de control: *el clásico o convencional* y *el moderno*, donde se emplean el computador o el microprocesador en la realización de la tarea de control. [3]

1.3.3.2. PROCESOS DISCONTINUOS

En un proceso discontinuo como es el caso referente a esta tesis el control se puede realizar por medio de un PC o un PLC, por este motivo el proyecto está inicialmente propuesto para ser ejecutado con ambos sistemas de control, por medio de un PC y adquisición de imágenes para separar piezas bajo criterios de color y forma a cargo de dos estudiantes de la facultad de Ingeniería Electrónica, y por medio de un PLC para separar piezas de acuerdo a diferentes alturas y materiales a cargo de los dos estudiantes de Ingeniería Mecánica autores de esta tesis.

➤ ***Sistema de control por medio de un computador:***

Hoy en día la mayoría de las fábricas están equipadas con un sistema de control de procesos basado en el computador, el cual es crucial para la utilización y máximo aprovechamiento de los componentes de la industria.

La automatización de un proceso por computador o microprocesador proporciona alta velocidad de procesamiento de la información, gran capacidad de almacenamiento de la misma, posibilidad de establecer un dialogo directo hombre maquina por pantalla, teclado, etc., posibilidad de la toma automática de decisiones, de efectuar un control centralizado donde sea factible la supervisión general y el control del programa, racionalización en el consumo de materia prima y recursos, y optimización de la instalación.

En una aplicación concreta el control se lleva a cabo mediante un conjunto de programas y datos.

Los programas están compuestos por: tareas, rutinas y subrutinas.

➤ **Sistema de control por medio de un PLC**

Un autómata programable industrial o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales, trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. [5]

Dentro de las ventajas de la utilización de un PLC como sistema de control se encuentra el empleo de menos tiempo en la elaboración de proyectos debido a que:

- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso, al quedar reducido el tiempo cableado del tablero de contactos.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

La estructura básica de un controlador lógico programable se puede representar mediante el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 2.

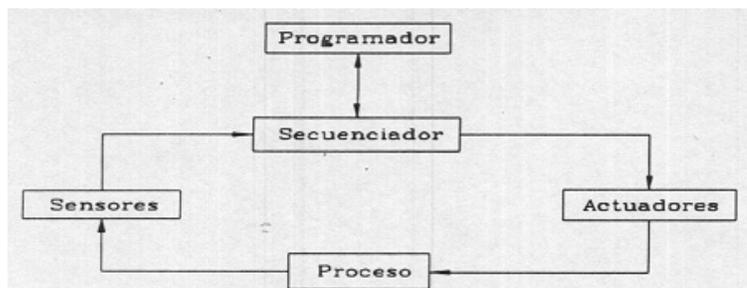


Figura 2. Estructura básica de un PLC mediante una representación en diagrama de bloques. Tomado de Controladores lógicos programables. Jose Hernán Valencia g. Editorial UPB 1992 pag1-47

La estructura interna de un controlador lógico programable (PLC) se ilustra en la Figura 3

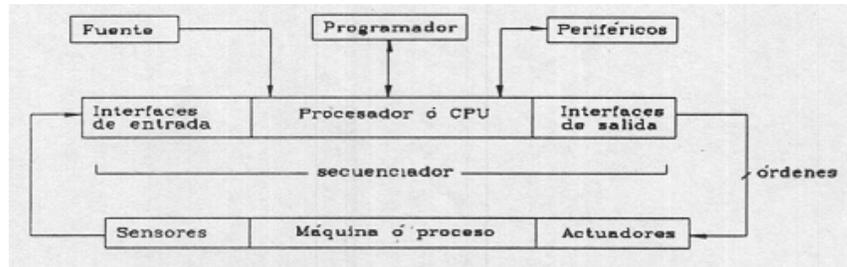


Figura 3. Estructura interna de un PLC. Tomado de: Controladores lógicos programables. Jose Hernán Valencia g. Editorial UPB 1992 pag1-47

Existen dos formas constructivas típicas para los controladores programables: compacta y modular.

La forma **compacta** (figura 4) se utiliza generalmente en automatismos lógicos con equipos pequeños y donde se tiene un número fijo de entradas y salidas (I/O).

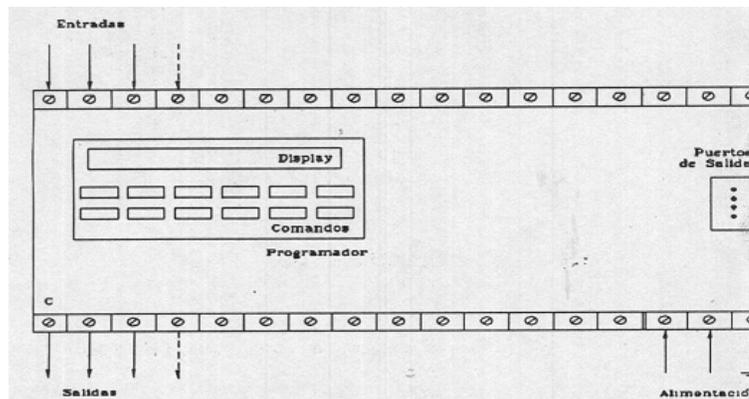
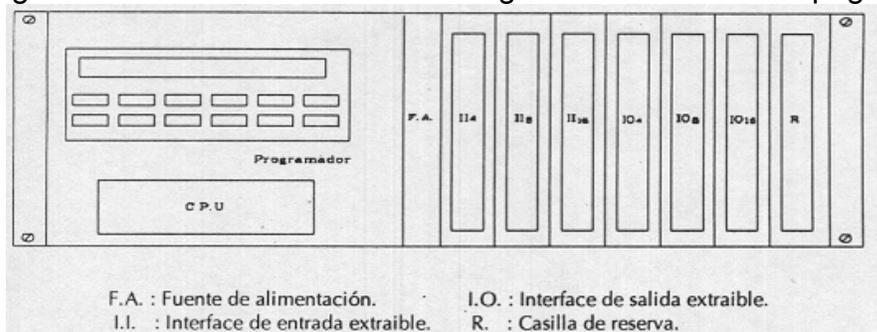


Figura 4. PLC en representación compacta. Tomado de: Controladores lógicos programables. Jose Hernán Valencia g. Editorial UPB 1992 pag1-47



F.A. : Fuente de alimentación. I.O. : Interface de salida extraíble.
 I.I. : Interface de entrada extraíble. R. : Casilla de reserva.

Figura 5. PLC en representación modular. Tomado de: Controladores lógicos programables. Jose Hernán Valencia g. Editorial UPB 1992 pag1-47

La forma **modular** (figura 5) se emplea más frecuentemente en aplicaciones industriales. Los módulos son desmontables y el sistema tiene la posibilidad de expandirse en entradas y salidas (I/O) tanto digitales como análogas, éste es el caso del PLC que se utilizó para este proyecto un PLC Siemens S7200 con un módulo adicional de entradas análogas EM 235 acoplado a él.

Se escogió este por su diseño compacto, simplicidad de manejo, amplio juego de operaciones, software de programación basado en Windows que ofrece la flexibilidad necesaria para desarrollar las tareas de automatización, y además porque la Universidad ya contaba con él en otras aplicaciones. Las especificaciones técnicas del S7200 se encuentran en el anexo C (manual del S7200).

1.3.4. CONTROL SECUENCIAL DE UN PROCESO

Para realizar la automatización de cualquier proceso es necesario conocer la estructura de un control secuencial automatizado como se muestra en la Figura 6.

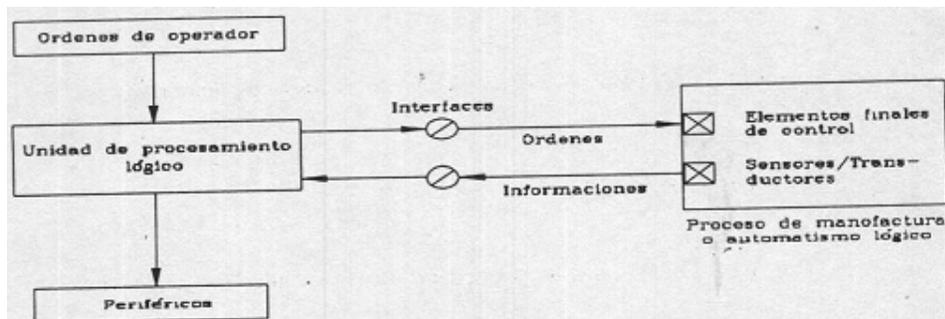


Figura 6. Estructura de un Control Secuencial. Tomado de: Controladores lógicos programables. Jose Hernán Valencia g. Editorial UPB 1992 pag1-47

El diseño de un sistema de control secuencial debe realizarse teniendo en cuenta una descripción correcta, descomponiendo el problema general en subproblemas y abordarlos uno tras otro.

El diseño del control secuencial se realiza por niveles:

- **Nivel 1: Especificaciones funcionales**

Consiste en describir el comportamiento de la parte de control frente a la parte operativa. Con ello el diseñador comprende claramente lo que ha de hacer el automatismo frente a las distintas situaciones que puedan presentarse. También incluye el aspecto de las seguridades de funcionamiento.

- **Nivel 2: Especificaciones tecnológicas**
 Consiste en determinar las condiciones de funcionamiento de los dispositivos y de los materiales. En este nivel debe considerarse: la naturaleza de los sensores y de los actuadores, las características y limitaciones de los mismos, las especificaciones técnicas de los dispositivos a escoger y las condiciones ambientales (temperatura, humedad, suministro de energía, etc.).

- **Nivel 3: Especificaciones operacionales**
 Consiste en determinar el comportamiento del automatismo a los largo de su existencia, considerando: ausencia de fallas destructoras para el controlador o el proceso, disponibilidad de los materiales, posibilidades de modificación (ante cambios en la parte operativa), facilidad de mantenimiento, comunicación hombre-maquina, etc.

- **Nivel 4: Desarrollo del automatismo**
 Se puede realizar mediante tratamiento matemático (ecuaciones) o gráficos (diagramas de estados, diagramas de tiempo, tablas de verdad, esquemas de contactos, logigramas, etc.). [3]

- **Nivel 5: Implementación del automatismo**
 Desarrollo de un prototipo efectuando verificaciones y pruebas a través de un simulador.

En el capítulo 5 del presente documento se aplica esta técnica para el diseño del control automático de la calle de selección.

1.4. COMPONENTES DEL PROCESO DE CONTROL

Un *sistema de ingeniería integrada* puede ser definido como una maquina responsable de ciertas salidas de producción, un control para ejecutar ciertos comandos, y sensores para determinar el estado de los procesos de producción. El controlador entrega ciertos comandos organizados en una secuencia específica diseñada para una operación particular. El controlador envía sus comandos en forma de señales, usualmente pulsos eléctricos. La maquina es equipada con varios dispositivos, como válvulas solenoide y motores paso a paso, que reciben las señales y responden de acuerdo a sus funciones. Los sensores entregan una clara descripción del funcionamiento de la maquina. Ellos registran cuentas detalladas de cada proceso en la operación de producción. (Figura 7).

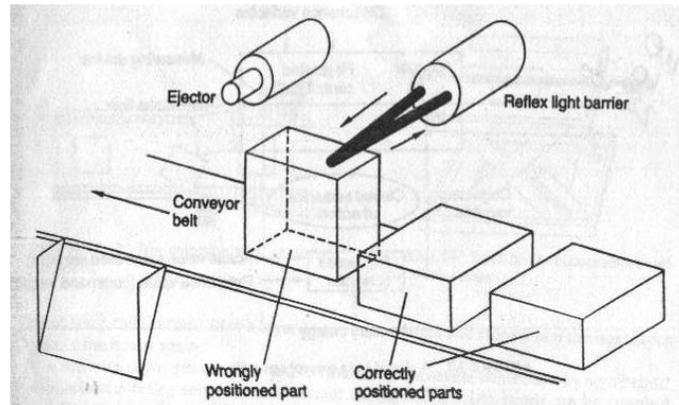


Figura 7. Sensores entregando el estado de la maquina. Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

Una vez un proceso es ejecutado exitosamente, de acuerdo a una secuencia específica de operación, el controlador puede enviar comandos adicionales para los siguientes procesos hasta que todos sean ejecutados. Esto completa un ciclo. Al final de cada ciclo un comando es enviado para iniciar uno nuevo hasta que la demanda de producción sea completada.

1.5. SENSORES

1.5.1. SENSORES FOTOELÉCTRICOS

Los controles fotoeléctricos usan luz para detectar la presencia o ausencia de un objeto. El sensor consiste de una fuente y un detector. La fuente es un diodo emisor de luz (LED) que emite un haz poderoso incluso en espectro de luz infrarroja o visible. El detector es típicamente un fotodiodo que censa la presencia o ausencia de luz. El amplificador de detección en todos los controles fotoeléctricos es diseñado para que responda a la luz emitida de la fuente; la luz ambiental, incluyendo la luz del sol, no afecta la operación. [11]

Hay tres modos de detección usado por los sensores fotoeléctricos:

1. Detección por medio de un rayo.
2. Detección reflectiva.
3. Detección de proximidad.

El método de *detección por medio de un rayo* requiere que la fuente y el detector estén posicionados frente a frente uno del otro y el rayo de luz es enviado directamente de la fuente al detector (Figura 8). Cuando un objeto pasa entre la fuente y el detector, el rayo es interrumpido, señalando la detección del objeto.

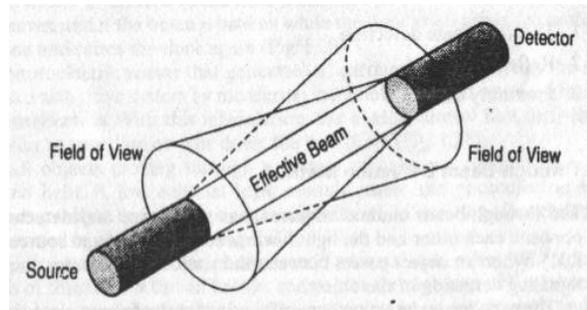


Figura 8. Detección por medio de un rayo. Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

El método de *detección reflectiva* requiere que la fuente y el detector estén instalados al mismo lado del objeto a ser detectado (Figura 9). El rayo de luz es transmitido desde la fuente a un retroreflector que devuelve la luz al detector. Cuando un objeto interrumpe un rayo reflejado, el objeto es detectado. [11]; Este tipo de sensores son los utilizados para detectar la presencia de piezas sobre la banda transportadora del modelo físico del proyecto.

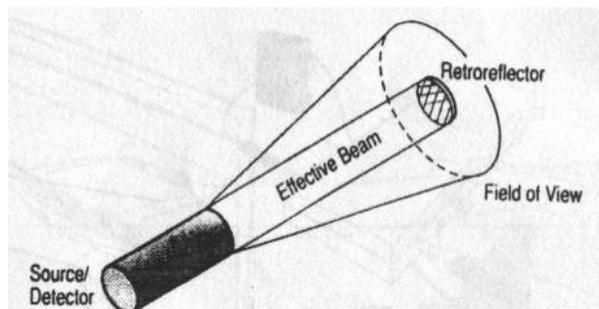


Figura 9. Detección reflectiva. Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

El método de *detección de proximidad* requiere que la fuente y el detector estén instalados en el mismo lado del objeto y ubicado en un punto al frente del sensor (Figura 10). Cuando un objeto pasa frente a la fuente y el detector, la luz desde la fuente es reflejada de la superficie del objeto al detector, y el objeto es detectado.

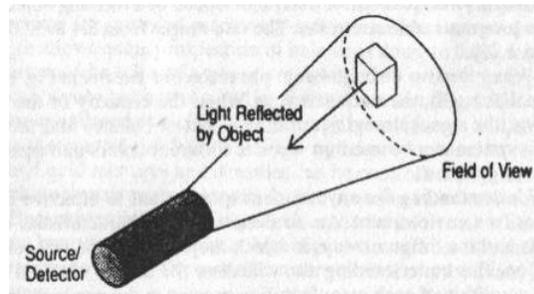


Figura 10. Detección de proximidad. Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

Cada tipo de sensor tiene un rango específico de operación. En general, los sensores de detección por medio de rayo ofrecen el mejor rango, seguidos de los reflectivos y los de proximidad.

El óptimo rango para los sensores de proximidad y reflectivos es más significativo que el máximo rango. El rango óptimo es el rango en el cual el sensor tiene la mayor potencia disponible para detectar objetos. (Figura 11). [11]

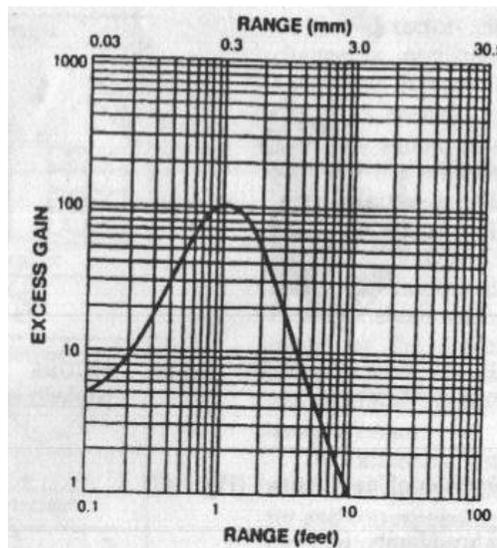


Figura 11. Ganancia excesiva fotoeléctrica y Rango. Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

1.5.2. SENSORES DE PROXIMIDAD

El sensado de proximidad es la técnica de detección de presencia o ausencia de un objeto con un sensor electrónico de no-contacto.

Los sensores inductivos de proximidad son usados en lugar de contactores de límites para el sensado de no-contacto de objetos metálicos. Los contactores capacitivos son usados sobre las mismas bases como sensores inductivos de proximidad; sin embargo, los sensores capacitivos pueden también detectar objetos no metálicos. Ambos sensores inductivos y capacitivos son contactores limitados con rangos superiores a 100 mm.

Un sensor inductivo de proximidad consiste de cuatro elementos básicos (Figura 12).

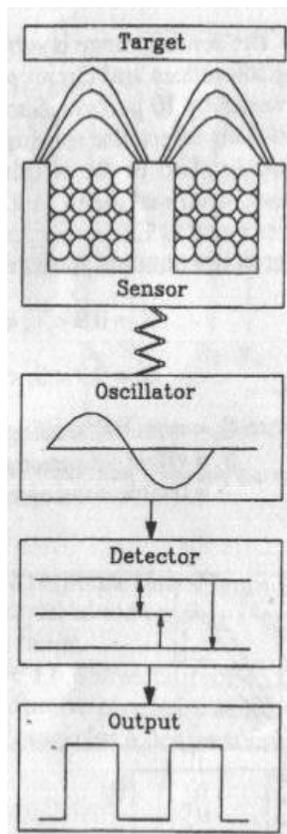


Figura 12. Principio de operación de un sensor inductivo de proximidad. Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

1. Bobina del sensor y núcleo de ferrita.
2. Circuito oscilador.
3. Circuito detector.
4. circuito de salida de estado sólido.

El circuito oscilador genera un campo de radio-frecuencia electromagnética que irradia desde el núcleo de ferrita a la bobina de ensamblaje. El campo está centrado alrededor del eje del núcleo de ferrita, y lo dirige a la cara del sensor.

Cuando un objetivo de metal se acerca y entra al campo, las corrientes *eddy* son inducidas dentro de las superficies del objetivo. Esto resulta en un efecto de carga, o “amortiguamiento”, que causa una reducción en la amplitud de la señal del oscilador (Figura 13). [11]

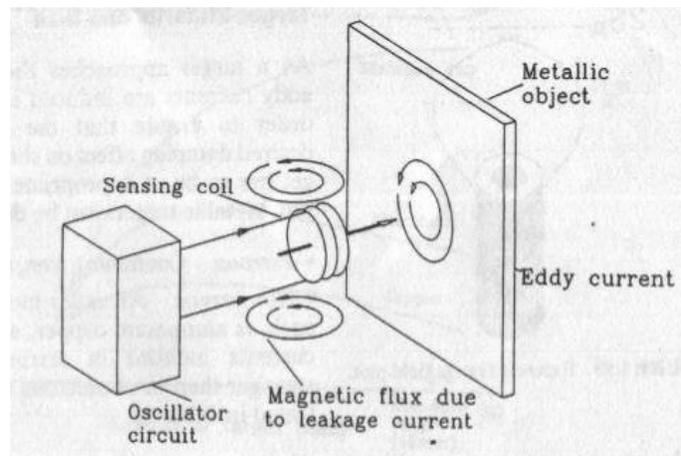


Figura 13. Corriente Eddy inducida. Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

Un sensor inductivo como el descrito, se utilizó para detectar objetos metálicos durante el proceso.

Un **sensor capacitivo de proximidad** opera muy parecido a un sensor inductivo de proximidad. Sin embargo, el principio de sensado es considerablemente diferente. El sensado capacitivo está basado sobre la capacitancia dieléctrica.

El sensor capacitivo de proximidad tiene los mismos cuatro elementos básicos como un sensor inductivo de proximidad:

1. Sensor (plato dieléctrico)
2. Circuito oscilador
3. Circuito detector
4. Circuito de salida de estado sólido

El circuito oscilador en un interruptor capacitivo opera como uno en un interruptor inductivo de proximidad. El circuito oscilador incluye capacitancia de retroalimentación desde el objetivo externo (plato) y el plato interno. En un interruptor capacitivo, el oscilador comienza oscilando cuando es detectada suficiente capacitancia de retroalimentación. En un interruptor inductivo de proximidad, la oscilación es amortiguada cuando el objetivo está presente (Figura 14).

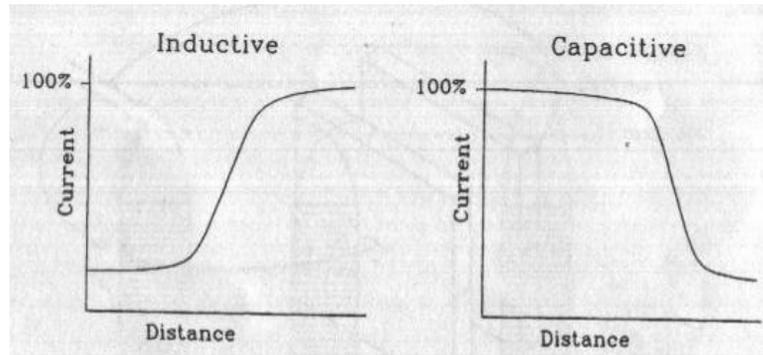


Figura 14. Amortiguación de la oscilación de sensores inductivo y capacitivo.
Tomado de: SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

Éste tipo de sensores se utilizaron como finales de carrera de cada uno de los cilindros acoplados a la máquina.

2. METODOLOGIA

2.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CALLE PARA LA SELECCIÓN DE OBJETOS

2.1.1. Metodología De Diseño

2.1.1.1. *Metodología de la construcción*

Para la propuesta de diseño del módulo no solo es necesario el pronóstico de la mejor alternativa sino por el contrario se trata de fomentar una técnica para la obtención de la óptima en términos constructivos, económicos, ergonómicos, y de seguridad del mismo.

El desarrollo de la metodología se llevó a cabo mediante la aplicación de la técnica metodológica propuesta por Pahl, Beitz, Feldhusen [9], iniciando con la creación de una lista de necesidades, identificación de sistemas que cumplen funciones importantes dentro del proyecto en donde se plantean diversas alternativas de construcción y diseño del módulo aplicables al mismo bajo puntos de vista económicos y constructivos; éstas alternativas se evalúan en una matriz que arroja la solución óptima.

Con el fin de mostrar cada una de las etapas del desarrollo que tuvo el proyecto hasta su propuesta final, en esta sección se parte de la justificación de la propuesta de diseño y la optimización de maquinaria.

Se inicia con una lista de necesidades y requerimientos que se clasifican con un orden de prioridad alta (ω_1), media (ω_2) y alternativos (ω_3), que son aplicables al módulo bajo las condiciones de diseño.

La tabla 2 muestra un formato desarrollado en la Universidad de Darmstad en el cual se muestran las diferentes opciones para cumplir con los requerimientos a la hora de iniciar un proceso de diseño y construcción.

Nº	REQUERIMIENTO	ω_1	ω_2	ω_3
1	Una manos que tome los objetos			X
2	A manera de riel con diferentes rutas		X	
3	Que tenga sonido		X	
4	En la selección, un ciclo para cada criterio	X		
5	Un ciclo para todos los criterios	X		
6	El control lo ejecuta un microcontrolador		X	
7	El control lo ejecuta un PLC S7200	X		
8	Selección electrónica (solenoides)		X	
9	Selección neumática (cilindros e islas de válvulas)	X		
10	Actuadores neumáticos	X		
11	Actuadores mecánicos		X	
12	Dimensiones (bajo, medio, alto)	X		
13	Transporte a través de una banda	X		
14	Utilizar engranajes para la transmisión de potencia		X	
15	Utilizar correas para la transmisión de potencia		X	
16	Servomotores		X	
17	Motor paso a paso		X	
18	Motor normal de CA o CC	X		
19	Materiales: - Acrílico - Aluminio - Acero - Cartón - Madera			X
			X	
		X		
				X
			X	
20	Características de objetos a separar: – Peso - Altura - Largo - Ancho - Colores (7 colores)		X	
		X		
			X	
			X	

Nº	REQUERIMIENTO	ω_1	ω_2	ω_3
			X	
21	Estructura: - Ángulos de acero - Ángulos de aluminio - Perfiles industriales - Láminas		X	
				X
		X		
		X		
22	Sensores: - Magnéticos - Inductivos - Capacitivos		X	
			X	
			X	
23	Cámara: - Webcam - CCD - Cámara de video		X	
		X		
				X
24	Almacenamiento de objetos seleccionados: - Cajas - Perfilera - Bandejas - Torres de almacenamiento			X
			X	
		X		
			X	
25	Alimentación de piezas: - Manual - Neumática - Hidráulica - Electrónica			X
		X		
			X	
				X
26	Alimentación del sistema: - Hidráulica - Neumática - Eléctrica		X	
		X		
		X		
27	Seguridad: utilizando una carcasa de acrílico			X
28	Guías para transporte		X	
29	Transporte por rodillos		X	
30	Conexiones (mangueras, cables) aisladas	X		

Tabla 2: Lista de necesidades para el diseño del Módulo. Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis.

2.1.1.2. Sistemas De Trabajo

De la Tabla 2 se observa la existencia de diversas posibilidades para la construcción de la máquina, y a su vez unas tienen un orden de prioridad más alto que otras, por eso si se quiere obtener un resultado final óptimo, se hace necesario dividir el sistema global en subsistemas de modo que se pueda hacer énfasis en cada una de las partes estructurales más importantes que darán lugar al sistema de selección en general. Estos sistemas se tendrán en cuenta a continuación:

2.1.1.3. Sistema de alimentación

Dado que el objetivo del módulo es la selección de piezas bajo diversos criterios, es apenas lógico pensar de qué forma se incorporarán las piezas al proceso de selección. Una vez se ha identificado la necesidad de un sistema de alimentación para la máquina se procede a formular todas las posibilidades estructuralmente viables para su diseño, a continuación se mostrarán algunas de las alternativas posibles para la implementación de este tipo de sistema.

Inicialmente se puede pensar en un compartimiento vertical que contenga las piezas y en un cilindro neumático ubicado a nivel con la primera de modo que al recibir una señal, la empuje incorporándola al sistema, una vez ésta sea ingresada la siguiente caerá por efecto de la fuerza gravitacional para ser impulsada de nuevo por el cilindro; si no se desea un compartimiento vertical descendente puede implementarse ascendente ubicando cada una de las piezas en una plataforma vertical que se eleve y ubique las piezas en un lugar determinado para que sean ingresadas al sistema.

Otra posibilidad podría ser por medio de un cable sujeto a dos poleas que tenga adaptado un gancho de sujeción para asegurar las piezas desde un lugar de almacenamiento hasta el inicio del sistema.

Si se tiene en cuenta una alimentación horizontal sería conveniente considerar una banda transportadora que deslice los objetos en su parte final y los incorpore al sistema.

Por lo tanto de acuerdo a lo anterior cada una de las posibilidades se enunciarán en adelante de la siguiente forma:

SA1: Compartimiento vertical descendente con cilindro neumático.

El compartimiento vertical descendente (Figura 15) estaría compuesto por una caja de almacenamiento vertical en donde estarán contenidas las piezas, se construiría de acrílico de modo que permita visualizar el contenido en su interior, y de esta forma facilitar las labores de almacenamiento, así como ofrecer a los

estudiantes un módulo didáctico. Por otra parte tendría instalado un cilindro neumático a nivel de la primera pieza de modo que éste la empuje e incorpore al proceso, una vez es ingresada la primera pieza al proceso, la siguiente caerá por efecto de la gravedad para ser incorporada también; cabe resaltar, que la neumática es una alternativa limpia, segura y de alta velocidad de respuesta lo que le da viabilidad a la propuesta. El diseño deberá ser adaptado de acuerdo al modelo estructural y la distribución de cada uno de los sistemas en el ensamblaje de la máquina. Es una opción económica y versátil.

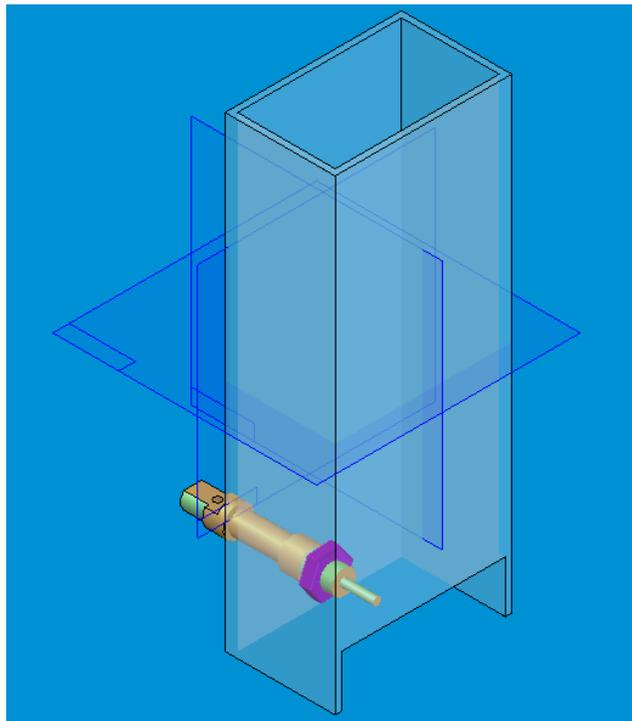


Figura 15. Compartimiento vertical descendente con cilindro neumático. Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis.

SA2: Compartimiento vertical ascendente con plataforma elevadiza.

El compartimiento vertical ascendente con plataforma elevadiza (Figura 16) se construiría con rieles de desplazamiento verticales que permitan el movimiento de la placa a través de toda su longitud, adicionalmente a esto se debe implementar un mecanismo de accionamiento de la plataforma de modo que permita controlar el ingreso de las piezas al sistema y a su vez haga parte del proceso en general. El material de los rieles podría ser acero inoxidable o aluminio y la plataforma de madera, acrílica o metálica teniendo en cuenta que los materiales se escogerían de acuerdo a las características de los objetos a transportar. Ésta es una opción

segura sin embargo implica el diseño de un mecanismo de accionamiento adicional.

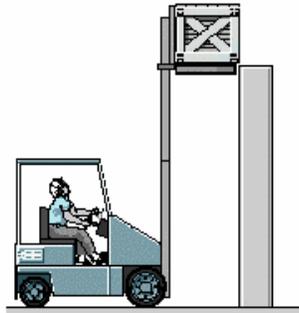


Figura 16. Plataforma elevadora industrial. Tomado de Elementos de Máquinas, Hamrock, Jacobson, Schmid. Ed. Mc Graw Hill, México, 1999.

SA3: Poleas con gancho de sujeción.

Si se utilizara un sistema de poleas con gancho de sujeción (Figura 17) para incorporar las piezas al proceso se debe tener en cuenta que las poleas deben ubicarse a un nivel por encima del lugar de almacenamiento así como del nivel del mecanismo de transporte, por ello debe ser un mecanismo con dos grados de libertad, uno que le permita rotar y otro que le permita subir y bajar. Igualmente se debe considerar un mecanismo de accionamiento de las poleas que permita tener control sobre el cable y precisión a la hora de depositar las piezas en el sistema de selección, adicionalmente las piezas deben tener un diseño que facilite la sujeción. Cabe resaltar que este mecanismo debe ser lo suficientemente confiable para que no deje caer las piezas durante su recorrido desde la toma en el almacenamiento hasta su destino en la máquina puesto que si se aplica este ejemplo a una empresa industrial en dado caso que llegase a ocurrir este tipo de accidentes, se vería altamente afectada la calidad de los productos y la seguridad de los operarios. Pese a lo anterior, si se cuenta con un buen plan de mantenimiento preventivo, este tipo de accidentes pueden evitarse mediante el control del estado físico de las partes componentes de mecanismo.



Figura 17. Sistema de poleas para el transporte de productos de un sitio a otro. Tomado de Elementos de Máquinas, Hamrock, Jacobson, Schmid. Ed. Mc Graw Hill, México, 1999.

SA4: Banda transportadora.

Una banda transportadora (Figura 18 y 19) que deslice los objetos al final sobre el sistema de transporte permite tener control sobre la velocidad con la que se incorporará un producto al sistema, además que es un mecanismo simple, sin embargo se debe considerar un sistema de potencia para darle encendido a la banda e iniciar su movimiento, un control de la cantidad de piezas que se van a ingresar en el proceso, así como un sistema que permita alimentar esta banda, por lo tanto podría existir un sobrediseño para el sistema, dado que además de la banda transportadora se debe incluir otro sistema de alimentación adicional. Pese a lo anterior la banda transportadora es un diseño simple que permite versatilidad a la hora de poner en funcionamiento el sistema en lugares donde debido a la distribución física de la planta, el sitio de almacenamiento de los productos esté distante de la ubicación de la máquina; algunos ejemplos de este tipo de distribución aplican para algunas termoeléctricas que utilizan como combustible el carbón, el cual se encuentra almacenado en pilones a la intemperie, y es recogido y transportado por medio de una banda hasta la caldera para llevar a cabo la combustión; las empresas procesadoras de alimentos como purinas, acumulan los ingredientes secos en tolvas de almacenamiento las cuales alimentan una banda transportadora que se encarga de llevar el producto hasta la planta para iniciar el proceso.



Figura 18. Bandas transportadoras de alimentación. Tomado de www.sweetmfg.com/bandatransportadora.pdf



Figura 19. Banda transportadora a granel. Tomado de <http://www.bandas.com.mx/transportadores.htm>

2.1.1.4. Sistema de Transporte

Debido a que la máquina será una calle de selección de objetos, es necesario que el mecanismo de transporte permita el desplazamiento a lo largo de toda la longitud del proceso, por este motivo se observa que la tabla 2 muestra distintas posibilidades para el sistema de transporte de las piezas a seleccionar. A continuación se enuncian las diferentes alternativas:

ST1: Transporte a través de una banda transportadora.

Éste tipo de mecanismo de transporte (Figura 20) es muy utilizado hoy en día en plantas industriales, empresas de alimentos, aeropuertos, y demás sistemas que

necesiten llevar a cabo procesos en serie, debido a que es una alternativa sencilla y rápida. El transporte por medio de un sistema de banda transportadora consta de dos rodillos separados entre sí la distancia que se quiera transportar el producto y dependiendo de esta magnitud tendría instalado un mecanismo tensor de la correa que actuará como banda. Cabe resaltar que, debido al constante movimiento de la banda ésta presenta la tendencia a deformarse en su longitud, motivo por el cual se requiere una revisión periódica por si es necesario tensionarla de nuevo, por consiguiente, debido a que es el sistema encargado de realizar el recorrido, cuando se requieran labores de mantenimiento se tendría la necesidad de parar la producción lo que se traduce en pérdidas de dinero para la compañía, sin embargo con un buen plan de mantenimiento se puede evitar este tipo de inconvenientes, además que la simplicidad del diseño y los altos rendimientos que ofrece, hacen de ésta una opción económica y eficiente. [13]

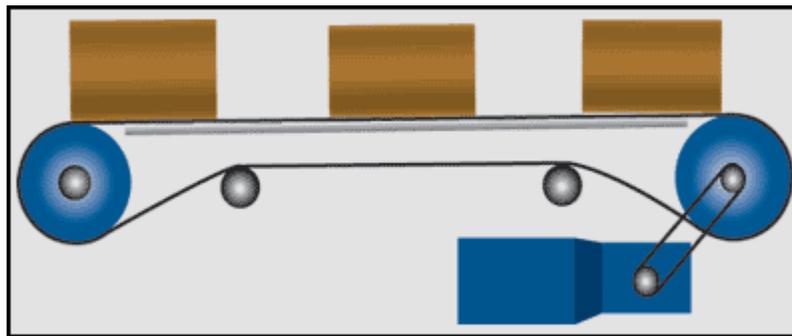


Figura 20. Ejemplo banda transportadora. Tomado de http://www.elprado.co.cr/sob_pla.html

ST2: Transporte a través de rodillos.

Para este sistema se tienen dos posibilidades para su construcción, la primera consiste en una banda que corre por debajo de los rodillos (Figura 21) dándole tracción a los mismos. Su principal ventaja es la posibilidad de lograr diferentes niveles de acumulación en los materiales a ser transportados. Ajustando la presión que realiza la banda contra los rodillos se puede lograr desde sistemas con muy poca posibilidad de acumular hasta sistemas donde los materiales pueden ser frenados muy fácilmente. Es útil para cargas medianas o pequeñas transportadas en cajas, bandejas o tarimas

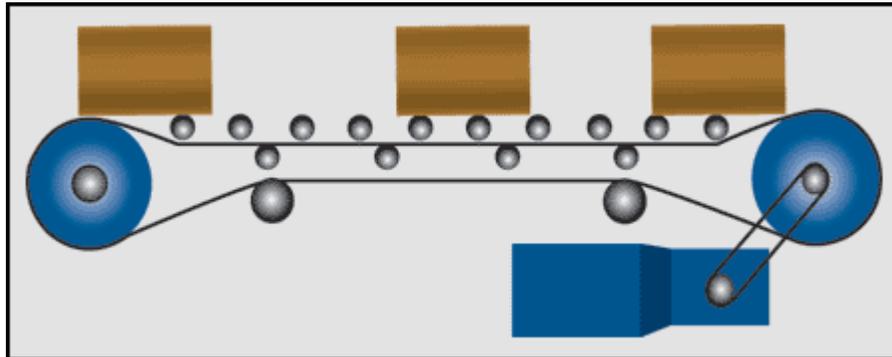


Figura 21. Ejemplo de transporte por rodillos. Tomado de http://www.elprado.co.cr/rod_viv.html

La carga que se debe mover a lo largo del mecanismo de transporte determina el tipo de rodillo a utilizar. Se define la longitud y material del rodillo así como el tipo de rodamiento que éste debe llevar. Es importante también considerar el ambiente dentro del cual el transportador será utilizado ya que ambientes muy húmedos o corrosivos exigen materiales y rodamientos especiales en el sistema. [14]



Figura 22. Rodillos. Tomada de http://www.elprado.co.cr/sel_rod.html

La segunda opción es no instalar la banda debajo de los rodillos sino que el movimiento se produzca por la inercia (Figura 22 y 23) al ingresar las piezas con una velocidad inicial, de modo que sean impulsadas hasta el final del proceso; sin embargo, puede ocurrir que debido a la separación entre los rodillos el producto esté expuesto a saltos que afecten su calidad, además la separación debe diseñarse muy bien para evitar que los productos caigan entre los rodillos. Lo anterior implica la instalación de una gran cantidad de rodillos sobre dos rieles paralelos a lo largo del recorrido. Éste tipo de sistema evita el mecanismo de accionamiento del sistema de transporte, sin embargo no puede ser controlada la velocidad de los productos en el proceso, y existiría poca precisión en el momento de hacer la detección y selección del producto, lo que hace un poco más tedioso el control del proceso, adicionalmente a esto, en caso de que se llegara a presentar excesiva vibración o saltos constantes en los productos que van sobre los rodillos puede verse fuertemente afectada su calidad.



Figura 23. Transporte por rodillos. Tomado de <http://www.bandas.com.mx/transportadores.htm>

ST3: Transporte mediante rieles o guías.

Si se tiene un riel o un par de guías paralelas entre sí (Figura 24) como mecanismo de transporte se puede garantizar estabilidad en la plataforma móvil durante su desplazamiento a lo largo del recorrido, además que las curvas no serían problema alguno porque los rieles permiten tener la opción de realizar maniobras como altibajos, curvas, y cruces durante su recorrido; sumado a esto, se puede mantener un control en la velocidad y en el desplazamiento de la plataforma móvil lo que significa que se pueden controlar directamente los productos a seleccionar, debido a que se encontrarán ubicados sobre esta plataforma. Sin embargo si se tiene un proceso industrial en serie cuyo objetivo sea disminuir el tiempo de trabajo y aumentar la producción, un sistema de rieles no sería rentable, dado que se necesitaría una plataforma móvil para cada producto, es decir, un gran número de plataformas móviles para llevar a cabo el proceso en serie, o en el peor de los casos que se llegase a contar sólo con una, se tendría que esperar a que termine el proceso completo con la primera pieza para poder regresarla al inicio e introducir el siguiente producto al sistema, es decir no permite un flujo continuo de los productos. Con base en lo anteriormente mencionado, sería poco eficiente para una empresa en términos de su producción un sistema de transporte como éste, porque se estaría limitando su rendimiento, al desaprovechar el tiempo de espera entre pieza y pieza. Sumado a esto, los materiales de los rieles y la plataforma móvil son costosos dado que, deben ser resistentes a la corrosión, a la fatiga, y al desgaste.

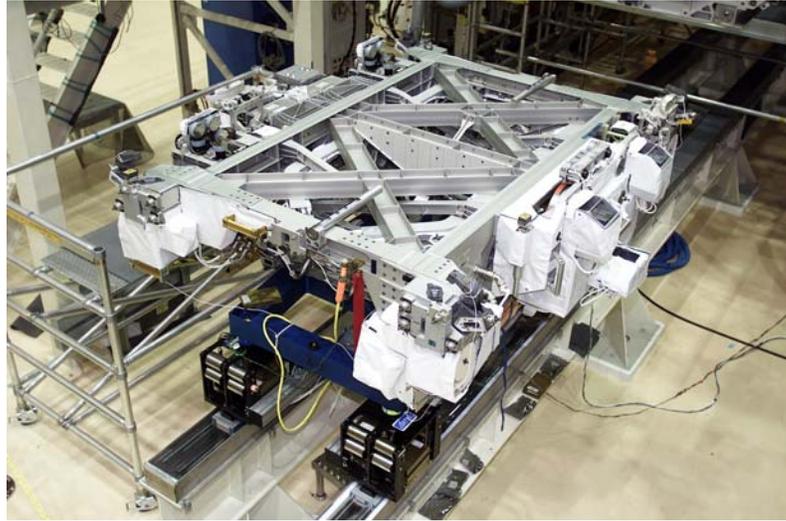


Figura 24. Transporte por rieles o guías. Tomado de <http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-110/hires/jsc2001e18949.jpg>.

ST4: Brazo mecánico (robot cartesiano) que tome las piezas y las transporte hasta su sitio de almacenamiento (Figura 25).

Ésta opción le aporta complejidad a la máquina; sin embargo, es una alternativa aplicable cuando se pretende unir varios procesos en una cadena de producción industrial, por ejemplo, si se quiere automatizar una empresa de ensamble de partes mecánicas con el fin de reducir tiempos de trabajo y aumentar su producción, se debe considerar la existencia de una calle de producción conformada por diferentes módulos cada uno de los cuales cumple una función específica en el proceso; uno que seleccione las piezas y a su vez éstas sean transportadas al siguiente en donde se llevará a cabo el ensamble, y por último se empaquen. Para unir cada parte del proceso puede utilizarse este tipo de robots cartesianos, de modo que tome las piezas una vez han sido seleccionadas o ensambladas y las incorpore a la siguiente fase del proceso; por lo tanto, éste es un claro ejemplo de los proyectos que pueden desarrollarse en paralelo a la calle de selección con el objetivo de obtener un módulo industrial didáctico.



Figura 25. Robot cartesiano. Tomado de <http://imagenes.acambiode.com/img-bbdd/foto%20antropomorfo.jpg>.

2.1.1.5. Sistema de Accionamiento

Para la ubicación, separación y alimentación de las piezas es necesario que un elemento ya sea neumático, mecánico, eléctrico, etc. conocido como actuador sea el encargado de incorporar los objetos a seleccionar en el sistema de transporte y los seleccionados en su respectiva ubicación. Dentro de las muchas opciones existentes a continuación se enuncian los más aptos para el presente proyecto:

SAC1: Actuadores neumáticos

Estos actuadores (Figura 26) utilizan el aire comprimido para su funcionamiento suministrado por un compresor, lo cual hace que sea un sistema limpio, seguro y económico. Los actuadores neumáticos también son conocidos como cilindros neumáticos cuya principal función es transformar la energía del aire comprimido en movimiento lineal de vaivén o movimiento de giro con la adición de un motor. Dentro de la amplia gama de estos actuadores se encuentran cilindros de simple efecto (tienen un sola entrada de aire), de doble efecto (con dos entradas de aire)

y algunos especiales como el tándem (usa dos cilindros de doble efecto) y de multiposicional (utiliza dos o mas cilindros de doble efecto). Usualmente estos cilindros están constituidos por un émbolo que al recibir la energía del aire comprimido desplaza el vástago hacia afuera; el otro tipo de cilindro es de membrana, en este tipo de actuadores se reemplaza el émbolo por una membrana elástica que se deforma debido a la fuerza ejercida por el aire [15].



Figura 26. Actuadores neumáticos. Tomado de <http://www.lekuona.com/imagenes/neumatica.jpg>.

SAC2: Actuadores hidráulicos.

Los actuadores hidráulicos (Figura 27) utilizan la energía proporcionada por los líquidos para producir movimiento, aprovechando la propiedad que estos tienen de transmitir presión a lo largo de todo el fluido de manera uniforme cuando se comprimen, esta energía es suministrada por un motor hidráulico. Los tipos de Actuadores hidráulicos son los mismos existentes en la neumática (excepto los de membrana) y su uso es el mismo, con la diferencia que soportan más carga y transmiten más potencia debido a que los líquidos son menos compresibles que el aire, propiedad que le aporta resistencia al sistema. Como desventaja tienen que usan aceite para compresión lo que lo hace un sistema poco limpio cuando se presentan fugas.



Figura 27. Actuadores hidráulicos. Tomado de <http://www.pinilla.com/producto/images/hidraulica/grupohidraulica01.gif>.

SAC3: Actuadores eléctricos.

Los actuadores eléctricos (Figura 28) utilizan la energía eléctrica como fuente de poder, por consiguiente, su estructura es más simple que la de un actuador neumático o hidráulico. Como usan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no tiene restricciones en lo que corresponde a la distancia entre la fuente de poder y el actuador. Los actuadores eléctricos más usados son: pistón eléctrico (el cual se utiliza para accionar objetos que no necesitan mucha fuerza) y de alambres musculares que se contraen al recibir electricidad.



Figura 28. Cilindro eléctrico con vástago. Tomado de <http://www.festo.com/descargas>.

2.1.1.6. Sistema de Detección (Área de Detección)

Para la selección de las piezas, y el accionamiento de los actuadores es necesaria la utilización de sensorica y diferentes dispositivos ópticos como cámaras. En el mercado nacional e internacional existen muchas opciones disponibles, pero teniendo en cuenta la necesidad y utilización de la maquina producto de esta tesis, se enuncian las opciones mas acertadas para la misma.

SD1: Cámaras

En el mercado nacional e internacional existen un gran numero de opciones de cámaras entra las que tenemos, video cámaras, cámaras digitales, webcams y cámaras CCD.

Las *cámaras web (webcam)* (Figura 29) son la opción más económica, pero no es la más eficiente. Y aunque no ocupe espacios grandes su capacidad, velocidad y calidad de toma de graficas es muy reducida.



Figura 29. Web cam. Tomado de <http://www.ordenadores-y-portatiles.com/images/webcam.jpg>.

Las *cámaras digitales* (Figura 30) son eficientes por su gran calidad de imagen; pero por su baja velocidad en la toma de fotos y los materiales con que son hechas las hacen muy delicadas para un proceso industrial.



Figura 30. Cámara digital. Tomado de http://www.letsgodigital.org/images/artikelen/36/olympus_fe170_zoom.jpg.

Las *video cámaras* (Figura 31), son de gran utilidad, pero su estructura es muy delicada y a su vez la dimensiones con que vienen no es muy propicia para el espacio reducido en la que sería ubicada, además sus costos son altos.



Figura 31. Video cámara. Tomado de http://www.tecnoblog.cl/wp-content/imagenes/panasonic_nvgs500.jpg.

Cámara CCD (Figura 32), eficiente, alta velocidad de toma de fotos y de respuesta, gran calidad de imagen (incluso con zoom), con estructura fuerte e ideal para trabajo en industria.



Figura 32. Cámara CCD. Tomado de <http://www.deremate.com.ar/user/images/1575/15759686.jpg>.

SD2: Sensores

Sensores ópticos: (Figura 33) Este tipo de sensores son muy usados para la detección de objetos, ya que en su estado inicial emiten un rayo infrarrojo el cual es reflejado por un espejo, por consiguiente cuando la señal es interrumpida por el paso de un objeto y el sensor no recibe el reflejo, éste envía una señal que indica la presencia del obstáculo.



Figura 33. Sensor óptico. Tomado de <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/images/tacometro-pce-155-Sensor.jpg>.

Sensores inductivos: (Figura 34) Estos sensores sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento, como para detectar la presencia de objetos metálicos.



Figura 34. Sensor inductivo. Tomado de <http://www.aea.com.ar/automatizacion/productos/detpospr/images/Namur.gif>.

Sensores capacitivos: (Figura 35) Están compuestos básicamente por un condensador con el cual se puede variar parámetros como área efectiva, distancia entre placas y permisividad del dieléctrico. Dentro de su rango de aplicación sirven para la detección de niveles, sensado de humedad y detección de posición.



Figura 35. Sensor Capacitivo. Tomado de http://www.asksistemas.com.br/imagens/sensor_capacitivo.jpg.

2.1.1.7. Sistema de Controlador

Para la elaboración de la automatización del modulo de selección es necesaria la utilización de un controlador que reciba, ordene y realice las acciones necesarias para lograr con éxito el objetivo de la selección de objetos, dentro de los controladores más usados en este tipo de procesos encontramos:

SC1: Microcontrolador.

Es un circuito integrado o chip (figura 36) que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de Entrada/Salida en un mismo circuito. Su dificultad radica en que su programación es limitada, es decir, solo realiza la función para la cual fue hecho y no se puede modificar.

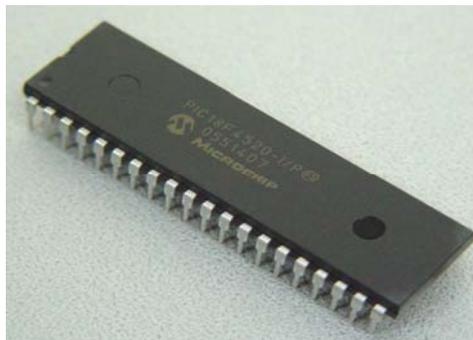


Figura 36. Microcontrolador. Tomado de <http://www.msebilbao.com/tienda/images/24PIC18F4520IP.jpg>.

SC2: Computador (PC) (Figura 37).

Tiene todas las ventajas de seguridad, accesibilidad y versatilidad ya que se puede utilizar diferentes lenguajes de programación, simular lo que se desee hacer para luego ser conectado al modulo, su único inconveniente es el tamaño y espacio que ocupan estos equipos.



Figura 37. PC. Tomado de <http://www.iesca.com.ve/images/nuevosproductos/computadora.jpg>.

SC3: Controlador Lógico Programable (PLC) (Figura 38).

Este tipo de controlador tienen la ventaja de que su programación es muy sencilla de realizar, tiene entradas y salidas directas a actuadores y sensores así como conexiones a PC y microcontroladores, también permite rediseñar y modificar su programación, el espacio que ocupa es mas reducido comparado con el de un PC y es muy utilizado en la automatización industrial actualmente.



Figura 38. PLC. Tomado de <http://digilander.libero.it/mikimoni/immagini/plc11.jpg>.

2.1.1.8. Matriz de Selección

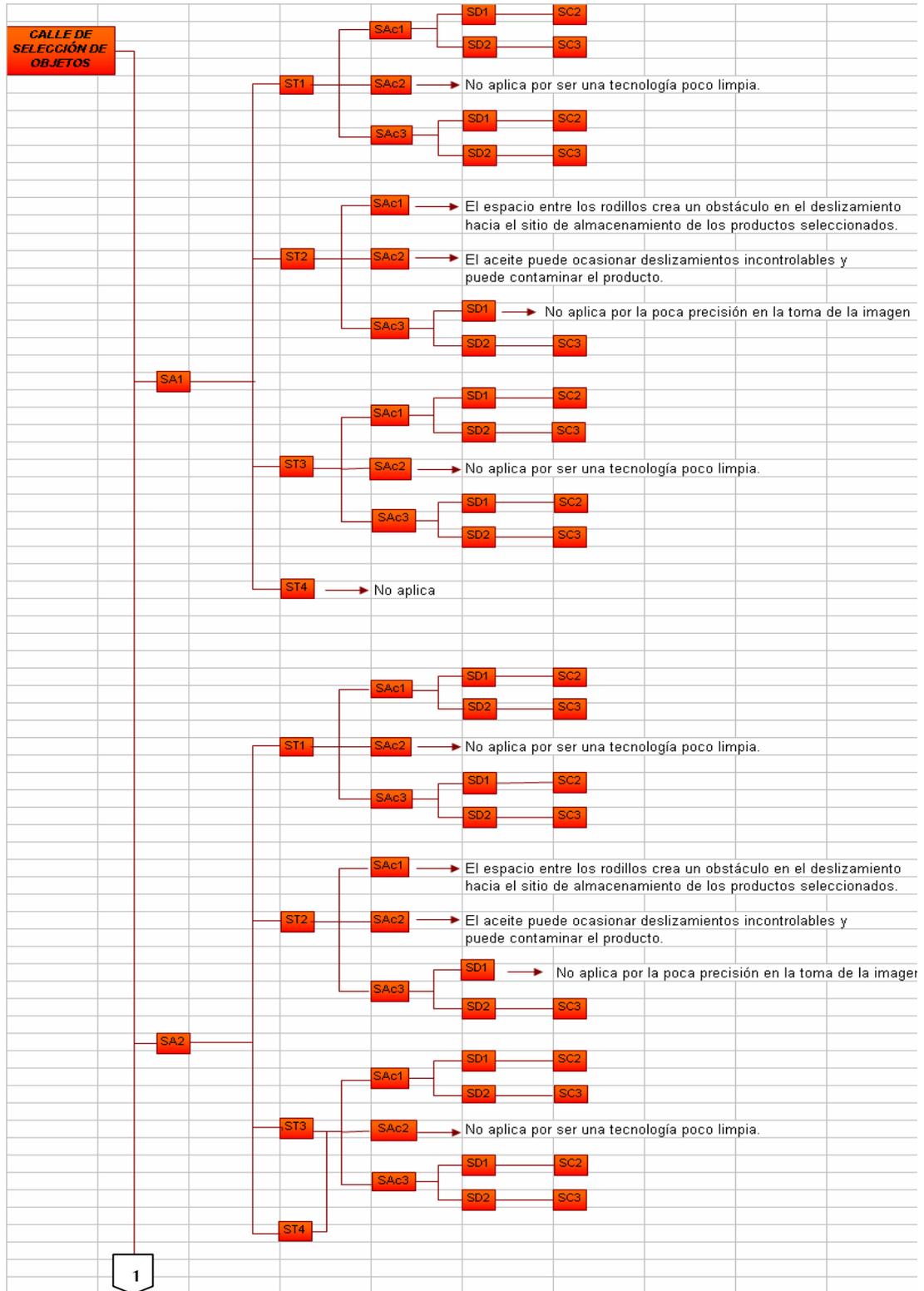
En esta sección se construye una matriz de selección en donde se ingresan cada una de las posibilidades descritas anteriormente para los sistemas y de esta forma se relacionan entre sí para evaluar un sistema en general óptimo en términos constructivos, de costos, de seguridad, etc.

De esta forma una vez realizado el proceso de selección del tipo de sistema en general se procederá a escoger los más viables y a evaluar sus costos de construcción, con el fin de llegar a un modelo de calle de selección aplicable a las necesidades inicialmente planteadas.

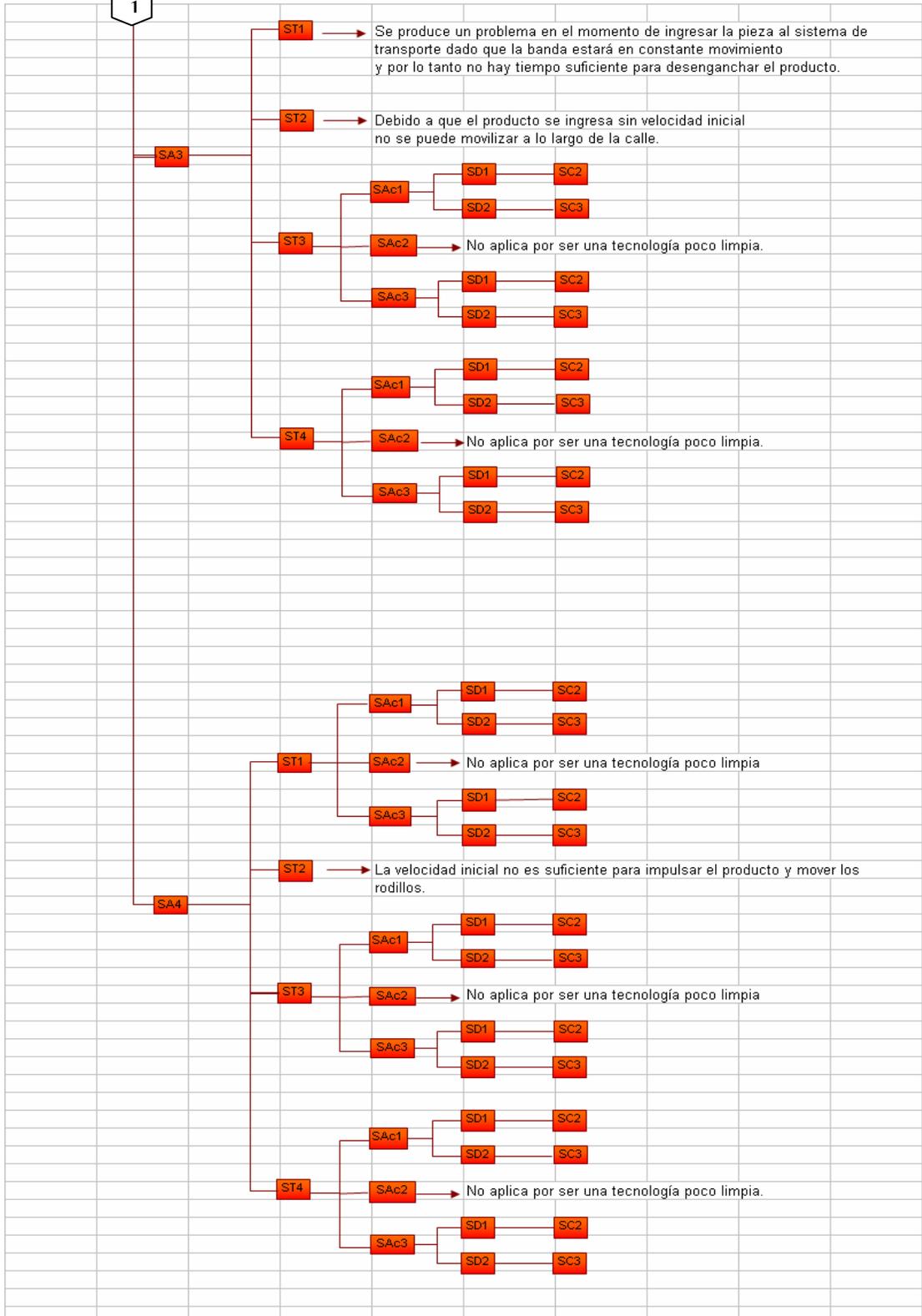
Sistemas de Trabajo

SA1	ST1	SAC1	SD1	SC1
SA2	ST2	SAC2	SD2	SC2
SA3	ST3	SAC3	0	SC3
SA4	ST4	0	0	0

Según la matriz de selección anterior compuesta por los sistemas de trabajo, se pueden realizar las siguientes combinaciones (Matriz elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis)



1



- SA1, ST1, SAc1, SD1, SC2
- SA1, ST1, SAc1, SD2, SC3
- SA1, ST1, SAc3, SD1, SC2
- SA1, ST1, SAc3, SD2, SC3
- SA1, ST2, SAc3, SD2, SC3
- SA1, ST3, SAc1, SD1, SC2
- SA1, ST3, SAc1, SD2, SC3
- SA1, ST3, SAc3, SD1, SC2
- SA1, ST3, SAc3, SD2, SC3
- SA3, ST3, SAc1, SD1, SC2
- SA3, ST3, SAc1, SD2, SC3
- SA3, ST3, SAc3, SD1, SC2
- SA3, ST3, SAc3, SD2, SC3
- SA3, ST4, SAc1, SD1, SC2
- SA3, ST4, SAc1, SD2, SC3
- SA3, ST4, SAc3, SD1, SC2
- SA3, ST4, SAc3, SD2, SC3
- SA2, ST1, SAc1, SD1, SC2
- SA2, ST1, SAc1, SD2, SC3
- SA2, ST1, SAc3, SD1, SC2
- SA2, ST1, SAc3, SD2, SC3
- SA2, ST2, SAc3, SD2, SC3
- SA2, ST3, SAc1, SD1, SC2
- SA2, ST3, SAc1, SD2, SC3
- SA2, ST3, SAc3, SD1, SC2
- SA2, ST3, SAc3, SD2, SC3
- SA2, ST4, SAc1, SD1, SC2
- SA2, ST4, SAc1, SD2, SC3
- SA2, ST4, SAc3, SD1, SC2
- SA2, ST4, SAc3, SD2, SC3
- SA4, ST1, SAc1, SD1, SC2
- SA4, ST1, SAc1, SD2, SC3
- SA4, ST1, SAc3, SD1, SC2
- SA4, ST1, SAc3, SD2, SC3
- SA4, ST3, SAc1, SD1, SC2
- SA4, ST3, SAc1, SD2, SC3
- SA4, ST3, SAc3, SD1, SC2
- SA4, ST3, SAc3, SD2, SC3
- SA4, ST4, SAc1, SD1, SC2
- SA4, ST4, SAc1, SD2, SC3
- SA4, ST4, SAc3, SD1, SC2
- SA4, ST4, SAc3, SD2, SC3

La lectura de las mismas se realiza de la misma forma como el siguiente ejemplo:

SA1, ST1, SAc1, SD1, SC2: Los sistemas constituyentes de esta calle de selección serían un compartimiento vertical descendente como sistema alimentador de una banda transportadora que realiza la labor de sistema de transporte, con un sistema de accionamiento neumático, detección por medio de una cámara y el control por medio de un PC.

Y así sucesivamente con cada una de las combinaciones, partiendo de la descripción de las alternativas para los sistemas de trabajo anteriormente mencionados.

Cabe resaltar que, el objetivo del proyecto es construir una calle de selección de objetos bajo diferentes criterios por medio de la implementación de un PLC, debido a que son dispositivos de fácil manejo con un lenguaje de programación

sencillo, que permite versatilidad en el control de los procesos y es el mas apto para las aplicaciones industriales; por lo tanto el rango de combinaciones posibles se reducen únicamente a las que utilizan un PLC como sistema de control. De la misma forma, de acuerdo a la descripción de las alternativas de los sistemas en 2.1.1.2 hay alternativas que serían mucho más costosas que otras, por ejemplo un sistema de alimentación por poleas o por banda transportadora requieren de un mecanismo adicional, igualmente presentan desventajas constructivas y le aportan complejidad al sistema como se resaltó anteriormente; por otra parte el robot cartesiano se implementará como un proyecto adicional paralelo al de la calle de selección entonces ésta alternativa no debe considerarse como sistema, puesto que no está dentro de los objetivos inicialmente planteados para este proyecto. De acuerdo a lo anterior las combinaciones posibles se reducen a:

- Opción 1: SA1, ST1, SAc1, SD2, SC3
- Opción 2: SA1, ST1, SAc3, SD2, SC3
- Opción 3: SA1, ST2, SAc3, SD2, SC3
- Opción 4: SA1, ST3, SAc1, SD2, SC3
- Opción 5: SA1, ST3, SAc3, SD2, SC3
- Opción 6: SA2, ST1, SAc1, SD2, SC3
- Opción 7: SA2, ST1, SAc3, SD2, SC3
- Opción 8: SA2, ST2, SAc3, SD2, SC3
- Opción 9: SA2, ST3, SAc1, SD2, SC3
- Opción 10: SA2, ST3, SAc3, SD2, SC3

2.1.2. Costos de Construcción

Los costos de cada uno de los sistemas a la hora del ensamblaje de las diferentes alternativas están graficadas en la tabla 3, cada opción tiene un color distinto ubicado como un punto según el costo de cada sistema que la compone.

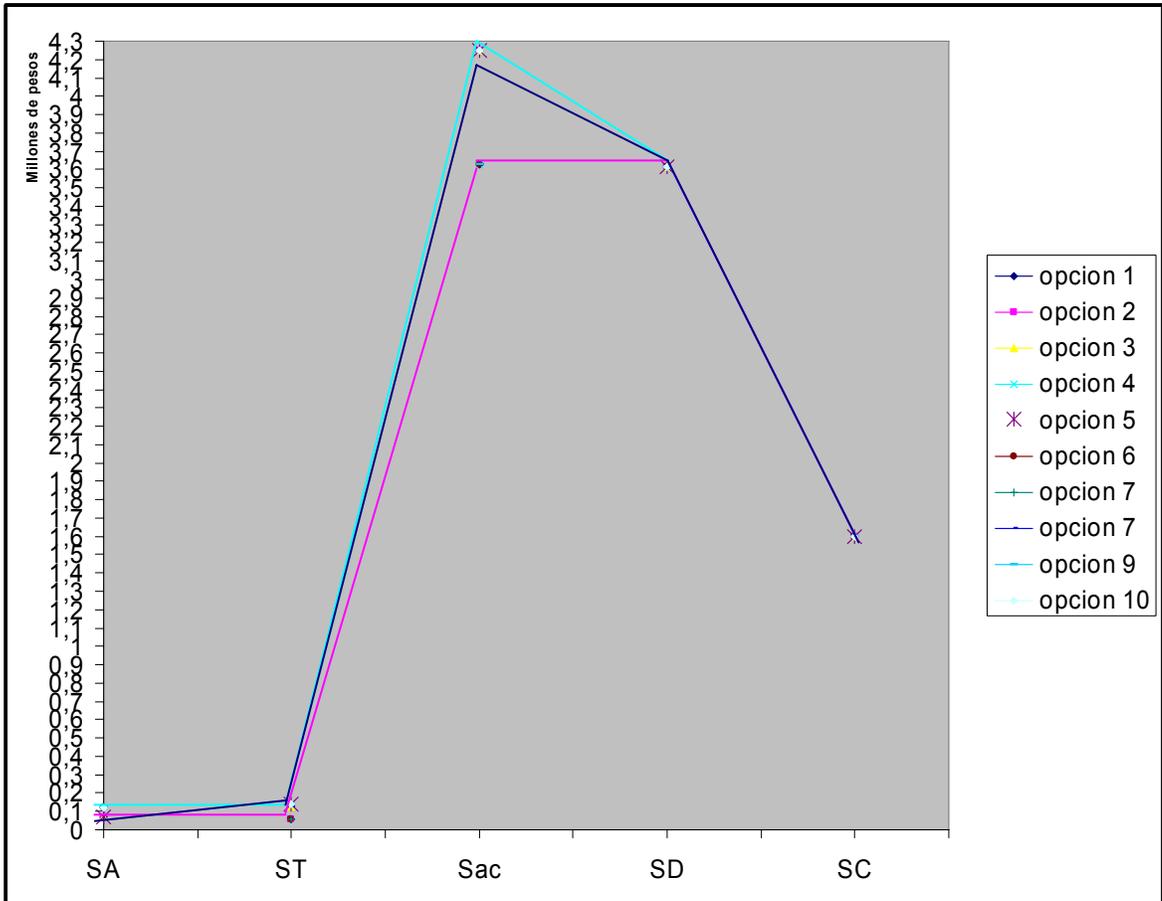


Tabla 3. Costos de construcción. (Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis)

Como se puede observar en la tabla 3, la opción elegida no es ni la más costosa, ni la más económica; su valor está en la media con respecto a las demás, sin embargo, buscando la simplicidad de la máquina la opción más viable es la Opción 1.

3. RESULTADOS

3.1. *Propuesta de Diseño Final*

Después de evaluar las alternativas que económicamente y a nivel constructivo se adaptan mejor a las necesidades, el sistema general elegido para la calle de selección es la Opción 1: SA1, ST1, SAc1, SD2, SC3, que corresponde a las siguientes características:

3.1.1. *Sistema de alimentación.*

El sistema de alimentación escogido fue el SA1 correspondiente al *compartimiento vertical descendente*, acoplado con un cilindro neumático que se encarga de empujar las piezas e incorporarlas al sistema de transporte. El material más apto para el compartimiento es acrílico, debido a que no estará sometido a ningún esfuerzo externo ni interno y a su vez permite la visibilidad de las piezas contenidas en su interior.

Éste sistema es el más conveniente dado que el compartimiento vertical, utiliza la fuerza gravitacional ahorrando así costos en sistemas de accionamiento adicionales que tendrían que implementarse con las otras alternativas.

3.1.2. *Sistema de transporte.*

El sistema de transporte escogido es el ST1, *transporte a través de una banda transportadora.*

Las bandas transportadoras constituyen sistemas mecanizados para transporte de materiales. En su forma más elemental, consisten en una banda que recibe su tracción mediante rodillos especiales los cuales a su vez son conducidos por motorreductores. La banda es fabricada, según su aplicación, con materiales y dimensiones diferentes y sirve directa o indirectamente para transportar los materiales. Según la superficie que sirve de soporte y la función específica a realizar por la banda dentro de todo el conjunto, pueden armarse diferentes sistemas:

- Bandas sobre planchas
- Bandas sobre rodillos
- Rodillo vivo

La distribución más apta es la banda sobre plancha. Consiste en una plancha o lámina soportada entre dos perfiles que conforman la estructura de transporte. La banda se desliza sobre la lámina soportando y transportando directamente los materiales. El

transportador de banda sobre lámina es una buena alternativa para el transporte de grandes mezclas de pequeños productos que no necesariamente van empacados. Resulta a su vez una alternativa más económica que la banda sobre rodillos, pues éstos se, sustituyen por una simple lámina que sirve de soporte para la banda. Normalmente se utiliza este sistema en tramos relativamente cortos y con cargas de liviano a mediano peso debido a la excesiva fricción que pueda generarse entre la banda y la lámina

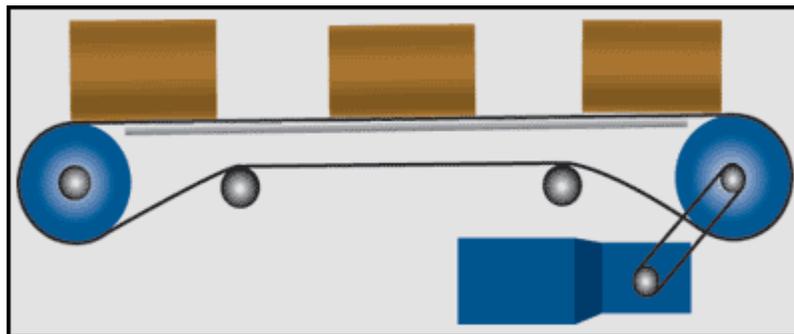


Figura 39. Banda transportadora. Tomado de:
http://www.elprado.co.cr/sob_pla.html

3.1.3. Sistema de accionamiento.

El sistema de accionamiento más apto para este proyecto es el SAc1, *Accionamiento Neumático*, debido a que la neumática presenta alta velocidad de respuesta (desde los milisegundos), a su vez es una tecnología limpia, con un amplio rango de dimensiones en sus accesorios (mangueras, racores, actuadores, compresores, etc.) que la hacen adaptable a cualquier requerimiento, y estéticamente es la de mejor presentación lo que la hacen utilizable en fines académicos.

Presenta ventajas frente a los otros sistemas debido a que el aire es de fácil operación y abunda en la tierra, no posee propiedades explosivas, puede trabajar a velocidades altas, es una energía limpia y puede realizar cambios instantáneos de sentido. [15].

El accionamiento del sistema se lleva a cabo por medio de actuadores neumáticos, que una vez han sido accionados (salida del vástago) empujan la pieza seleccionada hacia el sitio de almacenamiento destinado a cada criterio de selección.

Para el control de la salida de los cilindros debe instalarse una isla de válvulas encargada de habilitar el paso de aire hacia los cilindros, ésta

consta de 16 electro válvulas, cada una conectada a la entrada o salida del aire de los cilindros de doble efecto.

La isla de válvulas recibe la señal emitida por el PLC por medio de unas tarjetas digitales que transforman en pulsos eléctricos las señales digitales provenientes del mismo.

Se escogió esta opción debido a que todo el sistema debe ser automatizado, asimismo en cuestiones de diseño se busca implementar sistemas lo menos complicado posible y con ello facilitar las labores de mantenimiento, a su vez los cilindros neumáticos ofrecen una velocidad de respuesta rápida (en rangos de milisegundos) lo que hace al módulo apto para aplicaciones industriales en sistemas de producción en serie.

3.1.4. Sistema de detección.

Para la detección se utilizarán SD2, *Sensores*. Inicialmente se identifican los diferentes criterios de selección, para escoger los diferentes tipos de sensores en el mercado aptos para cada caso de acuerdo a la variable a seleccionar. Sobre cada uno de los cilindros se debe ubicar un sensor magnético que es el encargado de detectar la posición del émbolo del cilindro, y devolverlo una vez se ha seleccionado la pieza. Justo antes de cada uno de los cilindros se sitúa un sensor óptico para la detección de la presencia o ausencia de piezas durante el recorrido a largo de la banda, éste sensor será el encargado de controlar la salida de cada uno de los actuadores, además al inicio del sistema de transporte se dispone un sensor óptico análogo para la detección de la dimensión de altura y uno inductivo para la detección del tipo de material (metálico y no metálico).

Para la detección de la presencia o ausencia el sensor más adecuado es el óptico ya que éste emite una luz infrarroja que se refleja, por lo tanto al paso de una pieza se interrumpe esta señal y la detección es inmediata, asimismo para la detección del material el sensor inductivo es el apto puesto que tiene una frecuencia de conmutación de 300 Hz lo que se traduce en una rápida velocidad de respuesta.

3.1.5. Sistema de Control.

Se implementará un *PLC*, opción SC3, para el control de todo el sistema. El PLC es un sistema que utiliza un lenguaje de programación sencillo y es muy utilizado actualmente en la industria; éste módulo se deja puesta a punto para programación con PC

3.2. Propuesta General para la Construcción

La propuesta es construir un módulo en un material que sea resistente ante cualquier tipo de amenaza en términos constructivos y de resistencia a la corrosión y a los posibles impactos ocasionados por errores en la manipulación o movilización de la máquina, de la misma forma que el diseño estructural sea simple y a su vez adaptable a otros módulos que a futuro se pretendan unir para simular una calle de producción industrial.

De acuerdo a lo anterior el material más apto para la parte estructural de la máquina deberá ser una lámina de acero al carbón, de espesor suficiente que aporte robustez a la estructura, asimismo deberá tener la forma adecuada para facilitar la instalación de la sensórica, una distribución y espaciamiento adecuado que le brinde flexibilidad al proceso y permita ubicar cada uno de los sistemas anteriormente seleccionados, garantizando así la seguridad y estabilidad del sistema durante todo el proceso.

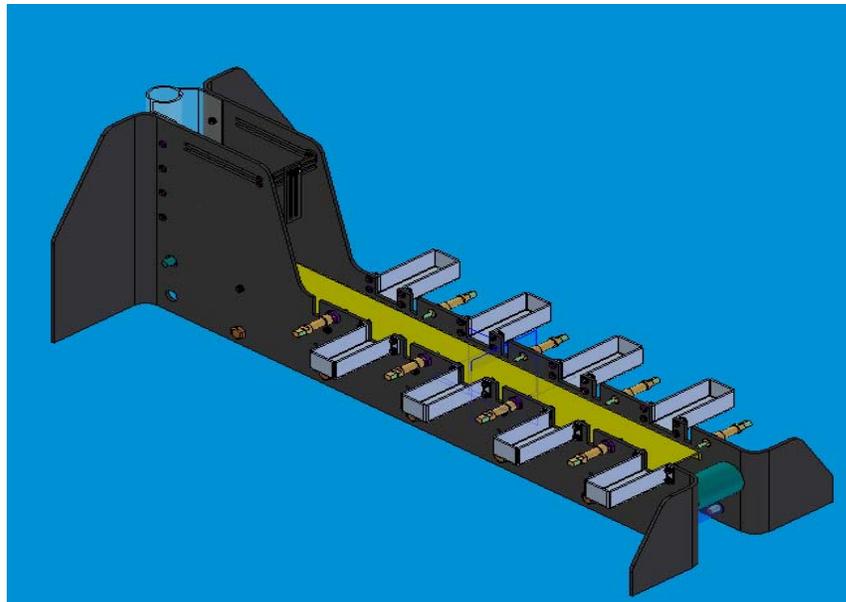


Figura 40. Propuesta de diseño de la calle de selección. (Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis)

Como se observa en la figura 40 este modelo permite una fácil instalación de los accesorios lo que se traduce en simplicidad a la hora de realizar las tareas de mantenimiento; además por la distribución de cada uno de los sistemas a lo largo del proceso se facilita realizar el seguimiento de manera didáctica de la selección de los objetos.

De las figuras 41 a 49 se muestran las partes estructurales de la máquina (Elaborados por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis):

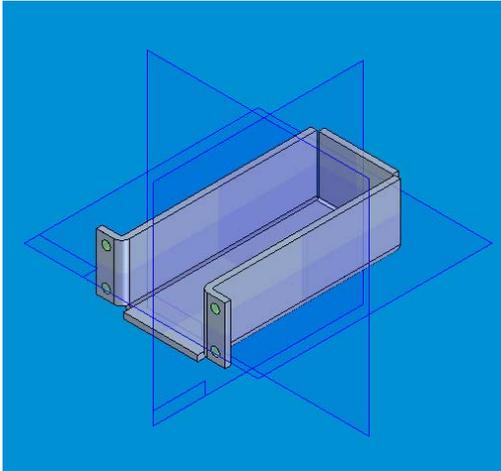


Figura 41. Cajas de almacenamiento

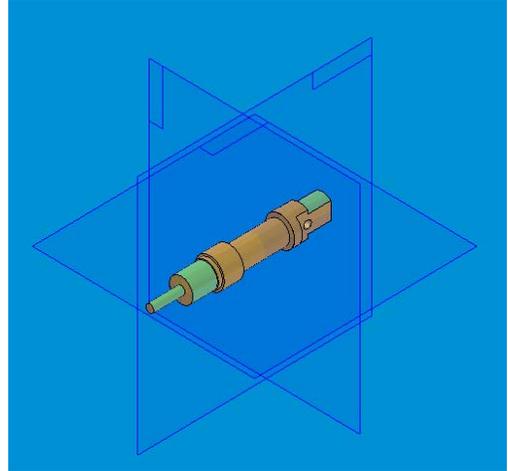


Figura 42. Cilindro neumático (actuador)

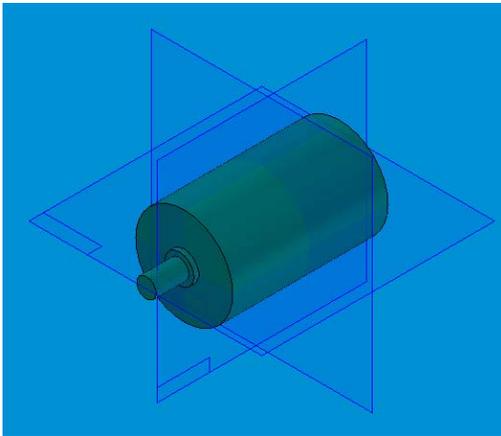


Figura 43. Tambores de la banda

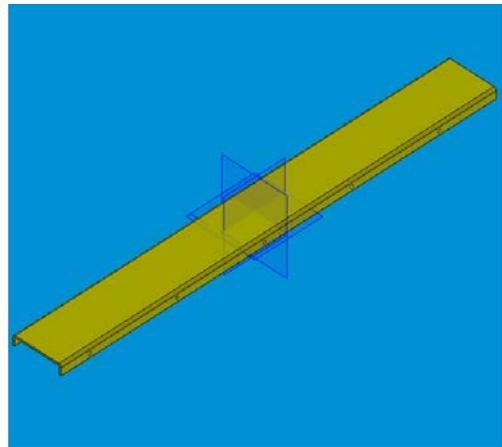


Figura 44. Placa U para la banda transportadora

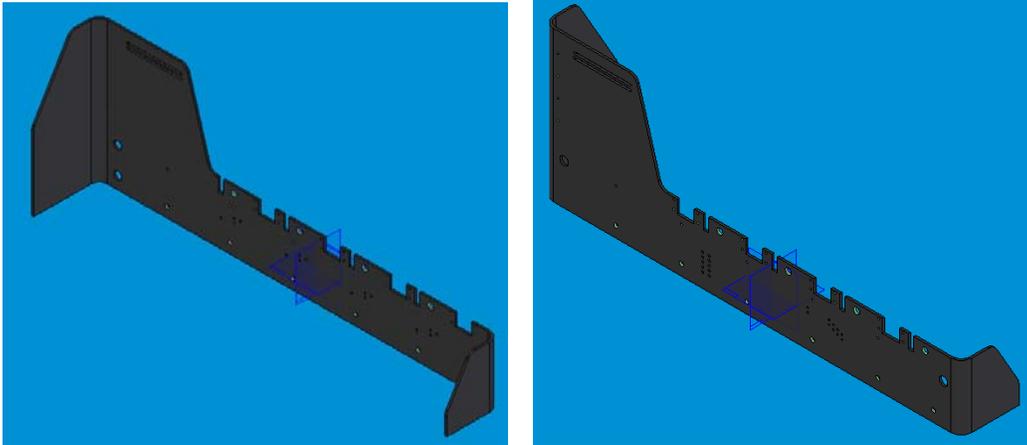


Figura 45. Placas estructurales de la calle de selección

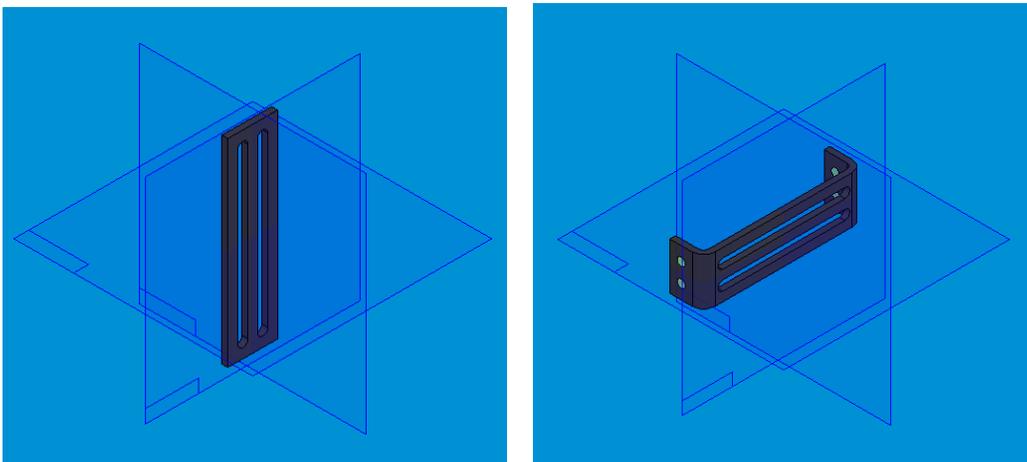


Figura 46. Placas de sujeción de la cámara CCD

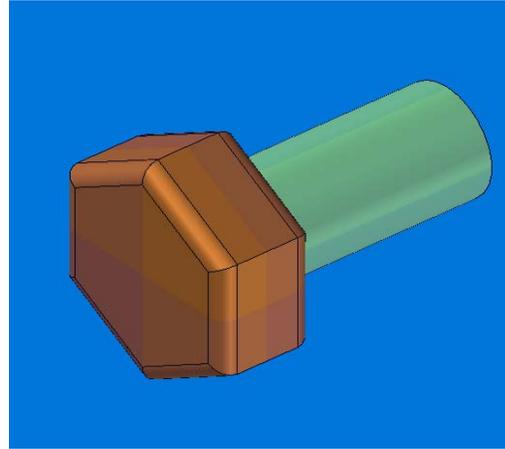
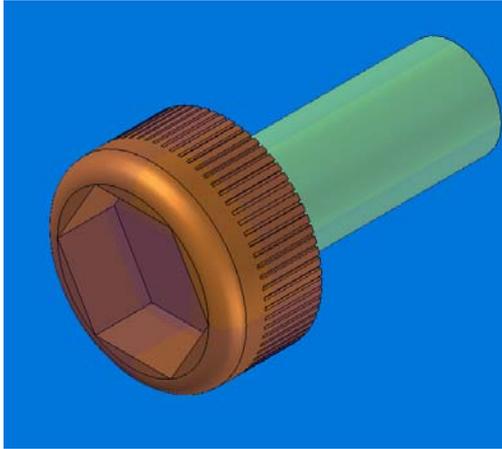


Figura 47. Tornillos de sujeción

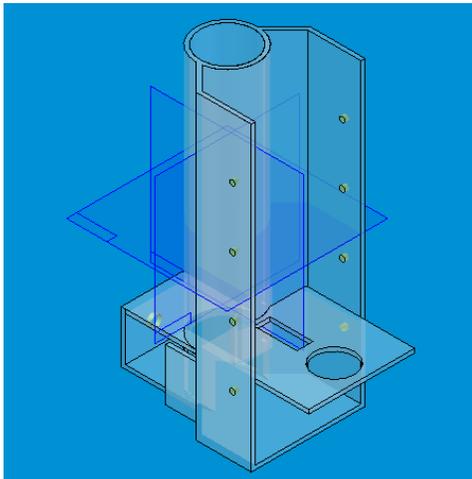


Figura 48. Compartimiento vertical de alimentación

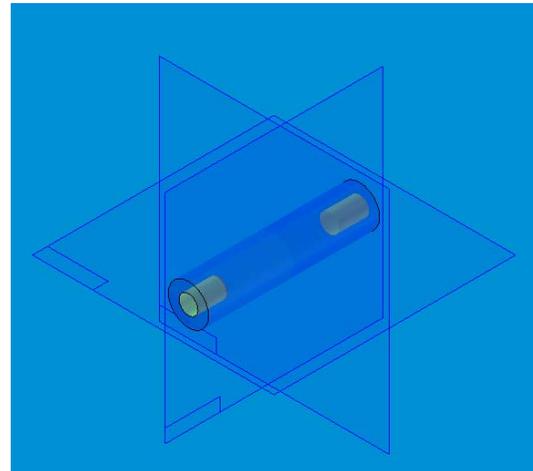


Figura 49. Cilindros de sujeción

La caja de alimentación figura 48 tendrá un diseño que además de incorporar los productos al proceso de selección, sirva de lugar de almacenamiento de los mismos, de igual forma se controlará la salida de cada una de las piezas por medio de un cilindro neumático que tendrá instalado un aditamento en su vástago que permita tener control en la salida de cada una de las piezas.

Los cilindros ubicados en el compartimiento de alimentación y en las placas estructurales de la máquina, para ingresar las piezas al sistema y a las cajas de almacenamiento respectivamente; tendrán instalado un sensor inductivo (magnético) sobre ellos, que se encargará de detectar la posición del vástago del cilindro y de esta forma se mantendrá un control en la salida de los mismos.

A lo largo de todo el recorrido de la calle e incluso en el compartimiento de alimentación se ubicarán sensores ópticos reflectivos con el fin de que detecten la presencia de piezas en el sistema de alimentación y el paso de las mismas a lo largo de la banda transportadora, de esta forma se enviará la orden al PLC para habilitar el paso de aire al cilindro respectivo y accionar al sistema para separar y almacenar la pieza.

Una vez se incorpora la pieza a la banda transportadora se instalarán un par de sensores (uno inductivo y uno óptico análogo) encargados de realizar la detección y selección de las piezas de acuerdo a los parámetros dados en la programación, en este caso cuando detectan si el objeto es metálico o no metálico, o los tres parámetros de altura distintos, envían la señal al PLC para continuar con el proceso de accionamiento de los sensores ópticos reflectivos y los actuadores que las separarán más adelante. La banda transportadora se encargará de llevar los productos a lo largo de toda la calle de selección hasta el sitio destinado a su almacenamiento en donde un actuador (cilindro neumático) figura 42 se encargará de sacarlas de la trayectoria para empujarlas hacia las cajas de almacenamiento (figura 41) ubicadas en frente de cada cilindro.

La figura 46 muestra las placas de sujeción de una cámara CCD que se implementara en el proceso, en un proyecto paralelo de selección bajo los parámetros de colores y formas, mediante el tratamiento de imágenes a través de un PC.

Los cilindros de sujeción y la placa donde reposará la banda (figuras 44 y 49) son los elementos de unión de las dos placas estructurales de la maquina.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Informe de Construcción metalmeccánica y Resultado final

De acuerdo a la propuesta de construcción anteriormente mencionada resultado de la metodología aplicada, a continuación se enuncian los materiales, dimensiones y características de cada una de las partes a acoplar del módulo:

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
Placa estructural	2	<p>Acero al carbón AISI 1020 ¼".</p> <p>El peso total del conjunto es de aproximadamente 75 Kg. El material seleccionado debe tener un valor de resistencia mayor al esfuerzo al cual estará sometida la estructura, debido a que los elementos acoplados no ejercerán esfuerzos significativos el cálculo del valor del esfuerzo es de</p> <p>$F = \text{Peso} * \text{Gravedad}$ $F = 75\text{Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$ $F = 735.75 \text{ N}$</p> <p>$A = \text{Long lám.} * \text{Esp.}$ $A = 1.11 \text{ m} * 6.35 \text{ E-3}$ $A = 7.0485 \text{ E-3 m}^2$</p>	Ver el plano del anexo B	<p>El plano Lámina 1 y 2 muestra las dimensiones de la plantilla de la placa, sin embargo, cabe resaltar, que se debe realizar un doblez en cada extremo de la misma con el fin de garantizar la estabilidad de la máquina.</p> <p>- Los agujeros distribuidos por toda el</p>

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
		<p> $\sigma = F/A$ $\sigma = 735.75N / 7.0485$ $E-3 \text{ m}^2$ $\sigma = 104.383 \text{ KPa}$. </p> <p> En el apéndice A según Hamrock [16] se encuentra que los aceros superan este límite; por lo que cualquier acero sería adaptable a esta aplicación; sin embargo se escogió el acero AISI 1020 cuya resistencia a la fluencia es de 295 MPa, por su economía y disponibilidad comercial, y el espesor de ¼ “ para aportarle robustez a la máquina y de esta forma evitar los movimientos vibracionales indeseados en la estructura por el movimiento constante de los cilindros neumáticos. </p>		<p> área de la placa se diseñaron para instalar los actuadores, los sensores, distribuir el cableado, las mangueras, y ubicar los elementos de unión entre las partes a acoplar. </p>

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
Placa en U para el deslizamiento de la banda	1	<p>Acero al carbón AISI 1020 3/16"</p> <p>El espesor es menor con respecto al de la estructura porque la placa en U sólo servirá de soporte a la banda y según los cálculos en un momento crítico en el que todas las piezas a transportar sean metálicas con las mismas características el valor del esfuerzo debido a la flexión de la lámina sería el siguiente: Si se transportan 7 piezas fabricadas con acero AISI 1020 cuya densidad es de 7850 Kg/m^3 [16], de 3 cm de diámetro y 3 cm de alto si fuesen todas grandes, el esfuerzo se define por:</p> <p>Con la densidad y el volumen de las</p>	Ver el plano del anexo B	<ul style="list-style-type: none"> - Le da soporte al sistema de transporte según el mecanismo mostrado en la figura 39 del mecanismo banda transportadora. - Sirve como unión de la estructura lateral.

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
		<p>piezas se calcula el Peso total = 1.162 Kg es decir 11.4 N</p> <p>La placa tiene de ancho 0.085 m y de espesor 4.76 E -3 m</p> <p>El área transversal de la placa es A = ancho * espesor A = 0.085 *4.76 E-3 A = 4.046 E-4 m²</p> <p>El momento de inercia se define así: I = bh³/12 I = 0.085 * (2.38E- 3)³/12 I = 9.55 E-11</p> <p>El momento flector es producido por la carga ubicada en el centro de la placa: M = F * d M = 11.4N * 0.0425m M = 0.4845 Nm</p> <p>$\sigma = M * C / I$ <math>\sigma = (0.4845 * 2.38E- 3)/9.55 E-11</math> $\sigma = 120.74 \text{ MPa.}$</p> <p>Una lámina de acero AISI 1020 tiene una resistencia a la fluencia de 295 MPa [16] por lo tanto el factor de seguridad se define como: Ns = 295 /120.74 Ns = 2.44</p>		

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
Tambor banda	2	<p>Acero al carbón AISI 1020</p> <p>Es un acero comercial, de bajo costo y su alto grado de resistencia a la fluencia (295 MPa)[16], lo hacen apto para transmitir el movimiento a la banda.</p> <p>Se realizó el cálculo en el momento crítico que se describió anteriormente con la placa en U, en ese caso el torque a transmitir sería de:</p> <p>El diámetro del tambor es de 5 cm</p> $T = F \cdot r$ $T = 11.4 \text{ N} \cdot 0.025 \text{ m}$ $T = 0.285 \text{ Nm}$ <p>Por lo anterior el esfuerzo por cortante producido por la torsión sería de:</p> $\tau = T \cdot C / J$ $J = \pi R^4 / 2$ $J = \pi (5E-3)^4 / 2$ $J = 9.817 \text{ E} - 10$	Ver el plano del anexo B	<ul style="list-style-type: none"> - Está maquinado según las especificaciones mostradas en el plano Tambor 1 y 2. - Para minimizar la fricción entre la placa estructural que sostiene el tambor y el eje del mismo, se adaptaron bujes de teflón en los agujeros de la placa. - Se incrementó la fricción entre el tambor de impulso y la banda con el fin de evitar deslizamientos durante el

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
		$\tau = 0.285 * 5 \text{ E-}3 / 9.817 \text{ E-}10$ $\tau = 1.45 \text{ MPa}$ Una lámina de acero AISI 1020 tiene una resistencia a la fluencia de 295 MPa lo cual supera en gran medida el esfuerzo de diseño. $N_s = 295 / 1.45$ $N_s = 203.44$		movimiento , y de esta forma evitar cambios de velocidad que pudiesen afectar el desempeño del sistema.
Cilindros de sujeción	5	Hierro. Es más económico que el acero, y su desventaja de baja resistencia a la corrosión puede corregirse con pinturas anticorrosivos.	Ver el plano del anexo B	<ul style="list-style-type: none"> - Se encargan de mantener las dos placas estructurales equidistantes durante toda su longitud
Caja de almacenamiento	8	Acero inoxidable 2mm de espesor. El acero inoxidable se escogió para evitar deterioro en el sitio de almacenamiento de las piezas y el espesor por facilidad en los dobleces,	Ver el plano del anexo B. Se diseñaron para que almacenaran máximo tres piezas cilíndricas de 3 cm de radio.	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenan las piezas seleccionadas bajo los diferentes criterios. - Inicialmente se propuso que fueran del mismo espesor de la estructura

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
		además que estéticamente por ser un módulo didáctico se diseñó un contraste en los colores del mismo.		del modulo, sin embargo, por sus dimensiones y dobleces de radios muy pequeños fue imposible de realizar el proceso de doblado; por este motivo se utilizó una lámina con un espesor apto para los dobleces requeridos.
Láminas de soporte cámara CCD	2	Acero al carbón AISI 1020 ¼" Por pertenecer a la estructura en general se diseñó del mismo material y espesor.	Ver el plano del anexo B Sus ranuras están diseñadas para permitir el movimiento de la cámara en las tres dimensiones (arriba-abajo, izquierda-derecha,	- Sostienen la cámara CCD para llevar a cabo el proyecto paralelo que se encarga de realizar la selección de colores y formas

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
			adelante-atrás) y así facilitar la toma de la imagen.	mediante la adquisición y tratamiento de imágenes.
Caja de alimentación	1	Acrílico de 5mm de espesor. Presenta buena resistencia a la corrosión, se puede manipular fácilmente para realizar dobleces, cortes, además no estará sometido a esfuerzos adicionales al peso de las piezas.	Ver el plano del anexo B Su diseño permite contener hasta 6 piezas, sujetar los sensores óptico e inductivo que realizan la selección y el cilindro neumático encargado de empujar las piezas al sistema de transporte.	- Su función es alimentar el modulo con las piezas a seleccionar y sostener los sensores de clasificación.
Tornillos de sujeción	58	Tipo Bristol	Ver el plano del anexo B De 3/16" de diámetro y 1/4" de largo para sujetar las cajas de almacenamiento	- Son los elementos de unión de las partes acopladas.

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
			y la placa en U, y de ½" Para sujetar las placas de la cámara y la caja de alimentación.	
Cilindros neumáticos	9	<p>DSNU-P-A 12 Marca FESTO</p> <p>Acero de aleación fina y aleación de aluminio. Se escogió esta referencia porque ofrece una carrera de 80mm que se adapta al montaje que tiene 85mm de ancho, además por tener anillos y discos elásticos a ambos lados del émbolo ofrece amortiguación durante su accionamiento. Además sus dimensiones exteriores lo hacen adaptable al modelo físico.</p>	<p>Para consultar las especificaciones ver anexo A.</p> <p>Características generales: Es un cilindro de doble efecto con detección de posiciones. Diámetro del émbolo = 12mm Carrera= 80mm Con rosca exterior para facilitar su instalación. Diámetro exterior = 13.3mm Presión de trabajo= hasta 10 Bar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se encargan de empujar las piezas hacia las cajas de almacenamiento destinadas a cada criterio.
Isla de válvulas electro-neumática	1	CPV-SC-MP-VI	<p>Ver anexo A.</p> <p>Consta de 16</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Habilita o impide la salida de

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
			electroválvulas. Tensión nominal = 24Vdc	aire hacia los cilindros, controlando de esta forma el accionamiento de los mismos.
Sensor inductivo	1	SIEN-M30NB-PS-K-L Envía una señal (pulso) cuando detecta un metal.	Ver anexo A. Distancia de detección = 15mm Frecuencia de conmutación= 300 Hz	Es el encargado de seleccionar las piezas según el criterio de material (metálico-no metálico). Su modo de funcionamiento se explicó en el marco teórico.
Sensores magnéticos	9	SMEO-4-K-LED-230 Envía un pulso cuando el vástago del cilindro está accionado	Ver anexo A Frecuencia de conmutación= 500 HZ Tiempo de conmutación= 2ms Tensión nominal= 12V	Detectan la posición del vástago del cilindro. Su modo de funcionamiento se explicó en el marco teórico.

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
Gancho de sujeción de los sensores capacitivos	9	-----	Ver anexo A	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento de fijación de los sensores capacitivos al cuerpo de los cilindros neumáticos.
Sensor óptico análogo	1	<p>SOEG-RTD-Q20</p> <p>Se escogió este sensor porque permite sensar diferentes rangos de alturas debido a que cada valor de la salida análoga está asociado a una distancia determinada.</p>	<p>Ver anexo A</p> <p>Distancia de trabajo= de 20 a 80mm</p> <p>Señal de salida= análoga</p> <p>Voltaje de operación= de 15 a 30 VDC</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Su función es seleccionar las piezas por el criterio de altura, emitiendo 3 rangos de voltaje distintos de acuerdo a la dimensión de altura de la pieza. Su modo de funcionamiento se explicó en el marco teórico

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
Sensores ópticos digitales	8	<p>SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L</p> <p>Se escogió este sensor porque envía una señal de forma inmediata cuando su luz es interrumpida.</p>	<p>Ver anexo A</p> <p>Distancia de trabajo= 2500 mm</p> <p>Máxima distancia = 3000mm</p> <p>Voltaje de operación= de 10 a 30 VDC</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Detecta el paso de la pieza a lo largo del sistema de transporte, y de esta forma, enviar una señal para la posterior activación del cilindro destina a cada criterio de selección. Su modo de funcionamiento se explicó en el marco teórico
Banda transportadora	1	<p>Banda de seguridad.</p> <p>Poliéster con algodón entretejido; se escogió por su alta resistencia y desempeño en aplicaciones como los cinturones de</p>	<p>La distancia entre centros es de 888.2 mm, por lo tanto la longitud de la banda se define como:</p> <p>$L = 2d_c + \text{perim. Tambor}$</p> <p>$L = 2(88.82) + (2\pi * 2.5)$</p> <p>$L = 193.35 \text{ cm}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Forma parte del mecanismo de transporte y permite desplazar las piezas a lo largo del modulo. - La longitud real

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
		seguridad en los automóviles, y arneses. La banda lleva una velocidad de 7,48 cm /seg. que permite llevar un seguimiento visual de todo el proceso.	2.25 m de largo X 0.05 m de ancho X 0.002 m de espesor	instalada es mayor que la de diseño debido a que hubo que pasar la banda por debajo de los cables de los sensores.
PLC	1	SIEMENS S7 200 CPU 226 Por su diseño compacto, simplicidad de manejo, amplio juego de operaciones, software de programación basado en Windows que ofrece la flexibilidad necesaria para desarrollar las tareas de automatización, y además porque la Universidad ya contaba con él en otras aplicaciones.	Ver anexo C	- Es el dispositivo de control del sistema. Para su programación se utilizará el software Step 7 suministrado por SIEMENS. Su funcionamiento está explicado en el marco teórico.

Pieza	Cant.	Materiales	Dimensiones y características	Observaciones
Motor DC	1	<p>WM26 RIBUTTORI A VITE SENZA FINE Carcaza de aluminio y disco de bronce.</p> <p>La banda se desplaza a una velocidad de 7.48 cm / seg, por lo tanto la velocidad angular del tambor es:</p> $V = w * r$ $w = 7.48 / 2.5$ $w = 2.99 \text{ rad / seg}$ $w = 28.57 \text{ rpm}$ <p>La potencia requerida en el punto crítico descrito para la placa en U y el tambor</p> $P = T * w$ $P = 0.285 \text{ Nm} * 2.99$ $P = 0.852 \text{ W}$ <p>Si el motor transmite 1650 rpm la relación de reducción total es de</p> $r = 1650/28.57$ $r = 57.75 \text{ en donde se incluye el 50 del motorreductor del motor y la del variador que disminuye de una frecuencia de 60 Hz hasta 19 Hz.}$	<p>Ver anexo A</p> <p>Motor DC 0.3 HP. 60 Hz 1650 rpm</p> <p>Su potencia es mayor que la requerida por el sistema puesto que los motores encontrados en el mercado por sus características físicas no se adaptaban al modelo, además éste fue el único de su tipo que tenía disponibilidad comercial.</p>	<p>- Le transmite potencia al tambor mediante un acople flexible tipo araña, para dar movimiento al sistema de transporte del modulo.</p>

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
Tablero de control	1	<ul style="list-style-type: none"> - Un bracker totalizador. - Un bracker para el encendido del PLC - Un contactor. - Un variador de frecuencia Siemens Micromaster 440. - Fuente de 24 Vdc Siemens SITOP Power 2. - El PLC Siemens S7200 - Dos tarjetas de adquisición de datos Velleman P8056-1. - Relés - Borneras - Perilla de encendido - Pulsadores inicio y detención del proceso. - Parado de emergencia. - Luz de advertencia (roja) - Luz de encendido (verde) - Luz de inicialización (azul) 	Ver anexo B	Está compuesto por todos los dispositivos que integran el sistema de control y el PLC.

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
Compresor de aire	1	NEUHAUS AAC – WE2	Tensión nominal = 120V 60Hz Pot= 1500 W Cabeza= 8Bar 3430 RPM 25 L 2HP	- Alimenta el modulo con aire comprimido para accionar el sistema neumático.
Manguera neumática	20 mts	PUN-E-6x0.8 de 8 bar.	6mm de diámetro x 0.8 mm de espesor	- Transporta el aire comprimido desde la isla de válvulas hasta los cilindros neumáticos .
Cableado eléctrico	---	---	El código de colores es el siguiente: Blanco: señal. Rojo: 24 Vdc Amarillo: 12 Vac Negro y verde: tierra.	Transporta las señales y los pulsos eléctricos.

Elementos adicionales: inicialmente se pretendía construir el modulo como se describió anteriormente, sin embargo, a medida que se fueron acoplando las partes se presentaron inconvenientes tales como:

- Para sujetar los sensores ópticos fue necesario acoplar una lámina adicional en forma de L como se muestra en la fotografía 60 que facilitara y garantizara la estabilidad del sensor.

<i>Pieza</i>	<i>Cant.</i>	<i>Materiales</i>	<i>Dimensiones y características</i>	<i>Observaciones</i>
				<ul style="list-style-type: none"> - Los sensores de selección ubicados en la caja de alimentación inicialmente estaban dispuestos uno al lado del otro, pero en el momento de hacer las pruebas de detección se presentaron problemas en la estabilidad de la señal porque la pieza quedaba en la mitad de cada sensor, por lo cual hubo que hacer una modificación en el diseño y de esta forma ubicar uno delante del otro, para que la pieza quedara justo debajo de cada uno y de esta forma estabilizar la señal. - Para acoplar el motor al modulo fue necesario construir un soporte adicional que levantara un poco la carcasa del motor para poder acoplar directamente su eje con el del tambor, además para evitar movimientos indeseados del motor que afectaran la transmisión de potencia hacia el eje o en el peor de los casos que las vibraciones ocasionadas por el motor causaran fracturas en los ejes del tambor y del motor. - Inicialmente se dispuso una banda de 5mm de espesor para el sistema de transporte, pero en el momento de instalarla se presentaron problemas con el radio de curvatura, ya que este no era lo suficientemente pequeño para que encajara con el tambor. Por este motivo hubo que hacer un cambio en la correa por una de menos espesor; sin embargo las dimensiones de la estructura siguieron siendo las mismas, por lo tanto para compensar el espacio entre la nueva banda y el borde de las cajas de almacenamiento se instalo una lamina de madera que sirviera como plantilla para la banda transportadora. - Se tuvo la necesidad de acoplar un cilindro en el sitio de la selección debido a que el sensor análogo está diseñado para adquirir los datos en un sistema estático, por lo tanto se presentaron errores en el momento de adquirirlos mientras la pieza estaba en movimiento, para ello se instalo éste cilindro con el fin de detener la pieza durante tres segundos para asegurar una lectura estable, cabe resaltar que esto le baja rendimiento y eficiencia al modelo puesto que los tiempos de parada se traducen en pérdidas económicas en una aplicación industrial, por este motivo se recomienda realizar un cambio de sensor.

Tabla 4. Informe de construcción y resultado final. (Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis)



Figura 50. Placa estructural



Figura 51. Caja de almacenamiento



Figura 52. Cilindros neumáticos, sensores ópticos, tambor, placa en u y placas estructurales

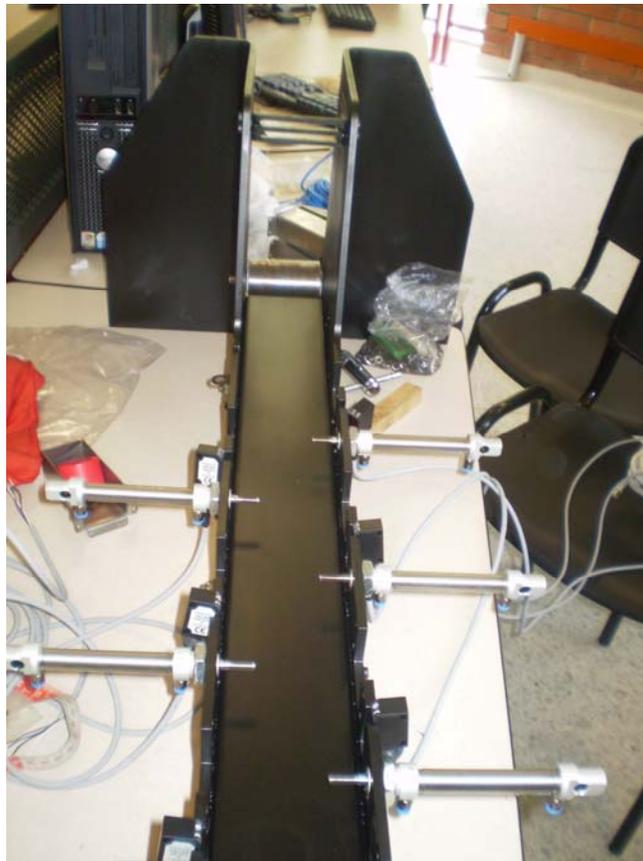


Figura 53. Cilindros neumáticos, sensores ópticos, tambor, placa en u, lamina de soporte cámara CCD y placas estructurales

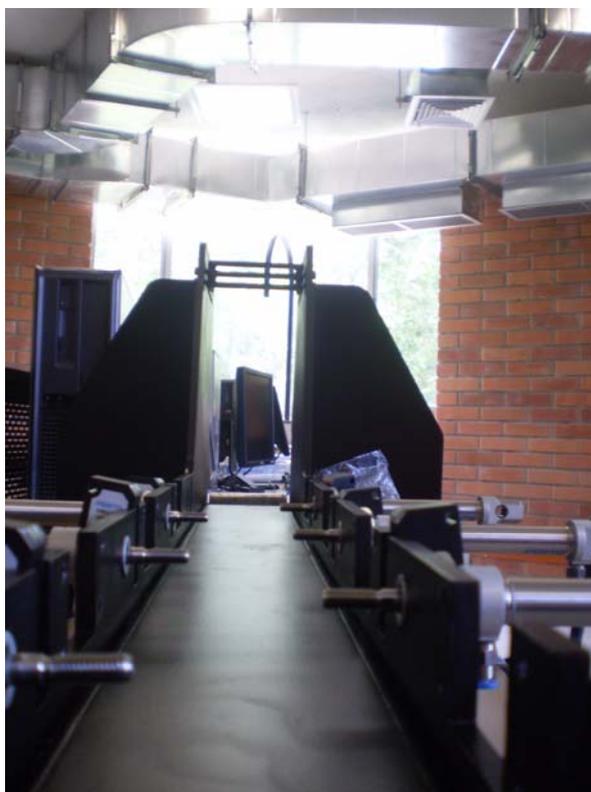


Figura 54. Cilindros neumáticos, sensores ópticos, placa en u, lamina de soporte cámara CCD y placas estructurales



Figura 55. Placa en u, lamina de soporte cámara CCD, tambor y placas estructurales



Figura 56. Cilindros neumáticos, sensores ópticos, tambor, lamina de soporte cámara CCD y placas estructurales



Figura 57. Cilindros neumáticos, sensores ópticos, tambor, cableado y placas estructurales.



Figura 58. Cilindros neumáticos, sensores ópticos, isla de válvulas, lamina de soporte cámara CCD, cámara CCD, cajas de almacenamiento, cableado eléctrico, cableado neumático y placas estructurales



Figura 59. Cilindros neumáticos, sensores ópticos, sensor óptico análogo, sensor inductivo, lamina de soporte cámara CCD, cámara CCD, cajas de almacenamiento, cableado eléctrico, tambor y placas estructurales.



Figura 60. Caja de almacenamiento, placa estructural, placa de soporte de sensores ópticos en L y tornillos de sujeción.



Figura 61. Vista general del Módulo seleccionador de piezas

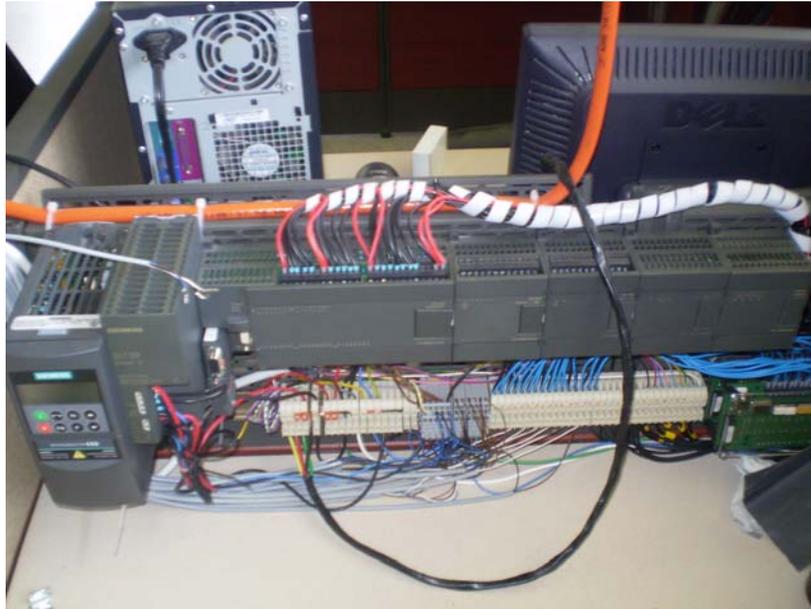


Figura 62. Tablero de control, PLC, manguera neumática y cableado eléctrico

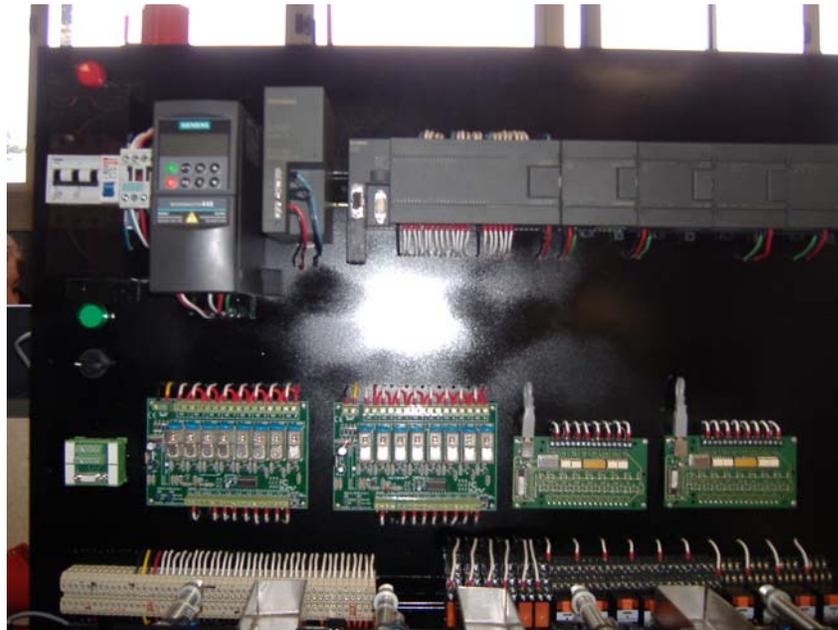


Figura 63. Tablero de control.



Figura 64. Tablero de control y modulo seleccionador de objetos

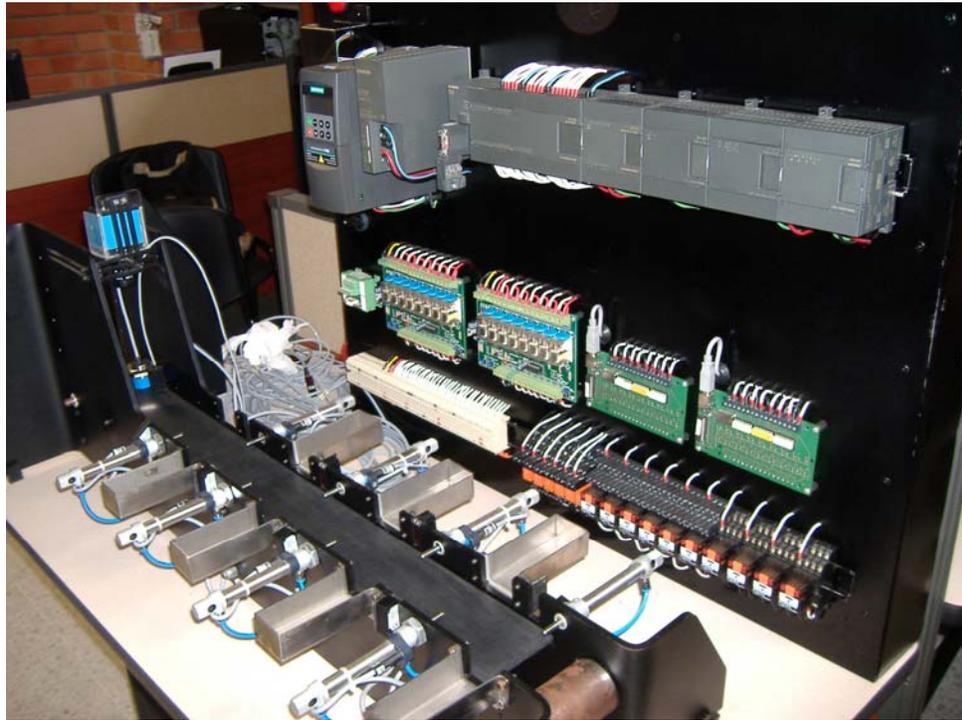


Figura 65. Tablero de control y modulo seleccionador de objetos

Las figuras 50 – 65 fueron Tomadas por Cristian Edo. López L. y Johanna M. Plata, autores de esta tesis.

5. AUTOMATIZACIÓN DEL MÓDULO BASADA EN PLC

5.1. Descripción del Sistema

El módulo construido fue automatizado para que seleccionara y separara seis tipos de piezas, resultantes de la combinación de los cinco criterios a tener en cuenta propuestos en los objetivos de esta tesis: pequeños metálicos, pequeños no metálicos, medianos metálicos, medianos no metálicos, grandes metálicos y grandes no metálicos.

Para desarrollar la automatización, cada uno de los sensores se ubicó en determinado sitio a lo largo del módulo con el fin de captar las señales correspondientes durante el proceso y de esta forma poder enviarlas al PLC, como se muestra en la figura 67

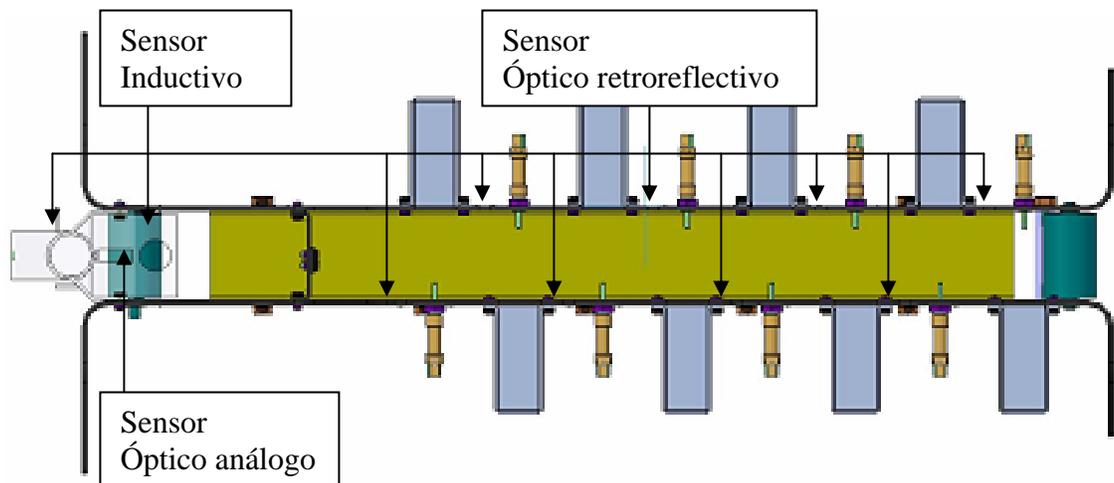


Figura 67. Descripción del sistema. (Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis)

Las siguientes variables harán referencia a cada uno de los elementos de detección y accionamiento (sensores y actuadores):

Actuadores neumáticos (cilindros) Y_x : En adelante se designarán con Y_x , numerados de 0 a 8 de la siguiente forma: Y_0 , empuja la pieza hacia la banda; Y_1 a Y_8 empujan la pieza seleccionada hacia cada una de las cajas de almacenamiento ubicadas en frente de los cilindros, el subíndice hace referencia a la numeración de la caja correspondiente.

Sensores magnéticos S_x : Corresponden a los finales de carrera ubicados sobre cada uno de los cilindros con el fin de detectar la posición (accionada) de

los mismos. Se referencian con S_x , en donde el subíndice hace referencia a la numeración del cilindro asociado al sensor.

Sensores ópticos reflectivos R_x : Se designarán con R_x , están ubicados antes de los cilindros, con el fin de detectar el paso de las piezas y de esta forma enviar la señal para el posterior accionamiento de los actuadores.

5.1.1. Especificaciones funcionales

En la primera etapa del proceso se ingresarán las piezas a seleccionar al sistema, y se realizará la detección y selección por medio del sensor óptico análogo (alturas), y el inductivo (metales), en la segunda etapa del proceso una vez realizada la selección, la pieza será transportada por medio de la banda hacia la caja de almacenamiento inicialmente destinada para dicho criterio, en donde el paso de la pieza activará el sensor óptico reflectivo R_x , que se encargará de enviar la señal al PLC para posteriormente activar la electroválvula que controla la salida del actuador Y_x , y de esta forma se empuja la pieza hacia su sitio de almacenamiento; una vez almacenada la pieza el final de carrera S_x detectará la posición del cilindro y enviará la orden para regresarlo a su posición inicial y continuar con el proceso de nuevo, hasta seleccionar todas las piezas introducidas.

Cabe resaltar que el proceso anteriormente descrito es una de las diversas rutinas de prueba que pueden ser implementadas de acuerdo a los requerimientos del programador, es decir, durante una práctica de laboratorio, el docente está en capacidad y en libertad de dar la instrucción al estudiante de cambiar la secuencia por ejemplo, que las piezas ingresen al sistema con determinada frecuencia (Temporización), que el ingreso de las piezas al sistema se active con el paso de la anterior por determinado sensor, que seleccione cierta cantidad de piezas al tiempo, etc. Reiterando que éste tipo de rutinas se desarrollarían en ambientes de programación en laboratorio.

Para cumplir con los alcances de esta tesis, en adelante se hará referencia a la rutina inicialmente descrita para ilustrar el procedimiento a seguir, el cual se adapta a cualquier diseño de un sistema de control secuencial.

5.1.2. Especificaciones tecnológicas

Las especificaciones técnicas, características y limitaciones de los dispositivos, la naturaleza y condiciones de funcionamiento de los sensores y actuadores implementados se enuncian en el anexo A Commissioning, y en el marco teórico del presente documento.

5.1.3 Especificaciones Operacionales

- **Descripción de la secuencia**
 - a. El sistema se encuentra en estado inicial, todos los cilindros del Y_0 al Y_8 están retraídos.
 - b. El sensor R_0 se activa cuando detecta pieza en la base del compartimiento de alimentación, por lo tanto éste sensor y el final de carrera S_0 que inicialmente debe estar inactivo (dado que el cilindro está retraído) envían la señal para activar la electroválvula de Y_0 para que salga el cilindro e incorpore la pieza a la banda transportadora.
 - c. Durante el lapso que tarda el cilindro en incorporar la pieza a la banda, el sensor óptico análogo y el inductivo realizan la selección, enviando la señal al PLC para determinar el número x de la caja en la cual será almacenada la pieza.
 - d. Una vez en la banda la pieza es transportada a lo largo de la calle en donde el sensor R_x determinado se activará con el paso de la pieza.
 - e. La señal de R_x activará un temporizador T_1 con retardo a la conexión para dar inicio al accionamiento de la electroválvula de Y_x .
 - f. S_x detecta que Y_x ha llegado a su final de carrera con lo cual empieza a retraerse concluido el trabajo de empujar la pieza hacia la caja de almacenamiento.
 - g. Y_0 comienza a retraerse una vez el temporizador T_0 (asociado a la retracción del cilindro) haya culminado su tiempo de retardo a la conexión, de modo que las piezas son ingresadas al sistema cada 5 segundos.
 - h. Una vez retraído Y_0 el sistema está a punto para iniciar un nuevo ciclo.

Para controlar el almacenaje de las piezas en las cajas, se puede asociar cada una de las cajas a un contador de aumento – decremento, de modo que una vez se seleccione la caja destinada a la pieza actual en el sistema, se incrementen en

1 hasta el contador de la caja x-1, y así cuando la detecte un cero se active el cilindro. Asimismo, a medida que van pasando las piezas por el frente de cada R_x , ésta señal vaya decrementando en 1 el contador asociado (C_x), con el fin de preparar el ciclo siguiente, y así sucesivamente.

Para una pieza que se almacene en la caja 4, y una en la caja 3 el esquema es el siguiente:

	1	2	3	4	5	6
Caja 4	1	1	1	0	0	0
Caja 3	2	2	1	0	0	0

De esta forma con el paso de la primera pieza los contadores se decrementarán en 1, preparando el paso de la siguiente:

	1	2	3	4	5	6
	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0

Y así sucesivamente durante todo el proceso hasta que no haya más piezas que seleccionar.

Como se mencionó anteriormente, ésta es sólo una de las posibles rutinas aplicables al modelo; es en ambientes de programación en laboratorios donde los estudiantes estarán en capacidad de ofrecer otro tipo de rutinas que den solución a problemas de predicción y detección de fallas, paradas indeseadas, temporización. etc.

5.2. Desarrollo del automatismo

El software de automatización que utiliza el PLC S 7200 es STEP 7, siendo este el software que utiliza todos los sistemas SIMATIC.

El software brinda la posibilidad de realizar la programación en lenguaje tipo LADDER, también denominado lenguaje de contactos, este lenguaje de programación gráfico es muy utilizado en autómatas programables debido a que esta basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con conocimiento básicos de eléctrica es muy fácil de adaptarse a al programación de este tipo.

Dentro de los elementos básicos de la programación LADDER (Tabla 5) se encuentra los siguientes símbolos:

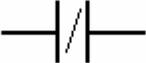
Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina RESET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.
	Bobina JUMP	Permite saltarse instrucciones del programa e ir directamente a la etiqueta que se desee. Sirve para realizar subprogramas.

Tabla 5. Elementos básicos en Ladder. (Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis)

5.2.1. Esquema de conexiones

Símbolo	Circuito	Descripción
S ₀	I 1.1	Final de carrera Y ₀ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₁	I 1.0	Final de carrera Y ₁ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₂	I 0.7	Final de carrera Y ₂ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₃	I 0.6	Final de carrera Y ₃ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₄	I 0.5	Final de carrera Y ₄ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₅	I 0.4	Final de carrera Y ₅ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₆	I 0.3	Final de carrera Y ₆ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₇	I 0.2	Final de carrera Y ₇ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
S ₈	I 0.1	Final de carrera Y ₈ , Determina que el cilindro se haya en su posición final.
R ₀	I 2.2	Sensor óptico reflectivo, Detecta la presencia de una pieza al inicio del sistema.
R ₁	I 2.1	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
R ₂	I 2.0	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
R ₃	I 1.7	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
R ₄	I 1.6	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
R ₅	I 1.5	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
R ₆	I 1.4	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
R ₇	I 1.3	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
R ₈	I 1.2	Sensor óptico reflectivo, Detecta el paso de la pieza a lo largo de la calle de selección.
Y ₀	Q 1.7	Electroválvula, activa al cilindro Y ₀ .
Y ₁	Q 1.6	Electroválvula, activa al cilindro Y ₁ .
Y ₂	Q 1.5	Electroválvula, activa al cilindro Y ₂ .

Símbolo	Circuito	Descripción
Y ₃	Q 1.4	Electroválvula, activa al cilindro Y ₃ .
Y ₄	Q 1.3	Electroválvula, activa al cilindro Y ₄ .
Y ₅	Q 1.2	Electroválvula, activa al cilindro Y ₅ .
Y ₆	Q 1.1	Electroválvula, activa al cilindro Y ₆ .
Y ₇	Q 1.0	Electroválvula, activa al cilindro Y ₇ .
Y ₈	Q 0.7	Electroválvula, activa al cilindro Y ₈ .
START	I 2.3	Pulsador de marcha
STOP	I 2.4	Pulsador de parada
LUZ	Q0.0	Luz de encendido
SI	I 0.0	Sensor inductivo 1= metal, 0= no metal
SA	AIW2	Sensor análogo

Tabla 6. Esquema de conexiones. (Elaborada por: Cristian Edo. López y Johanna M. Plata autores de esta tesis)

5.2.2. Rutina de prueba

Se adjunta a este documento en formato de Step 7 como un archivo ejecutable en el pc en el anexo D.

La rutina de prueba se hizo utilizando piezas cilíndricas de 3 cm de diámetro con tres alturas diferentes: 3.1cm, 2.6cm, y 2.1cm.

6. CONCLUSIONES

- Se aplicó la metodología de diseño de Pahl – Beitz – Feldhusen, con el fin de escoger la mejor opción para la propuesta de construcción del modelo en términos de costos y viabilidad en cuanto a la simplicidad de la máquina (ver capítulo 2).
- Se construyó la calle de selección de objetos con base en la propuesta resultante de la metodología de diseño utilizada, como se muestra en el capítulo 4.
- Se desarrolló una rutina de prueba que separa objetos de acuerdo a tres alturas distintas y material metálico y no metálico (ver capítulo 5), y se realizaron las pruebas correspondientes sobre el modelo físico, las cuales se muestran en el anexo D.
- La eficiencia del sistema de selección es de 85% debido a que las piezas pueden voltearse en el momento del sensado de la altura, provocando de esta forma una lectura incorrecta del sensor y por consiguiente presentar errores en su almacenamiento.
- Se seleccionó un motor de 0.3 Hp cuya potencia de operación es mayor que la requerida por el sistema, debido a que los motores encontrados en el mercado por sus dimensiones no eran adaptables al modelo.
- La detención de las piezas para el sensado de su altura no es eficiente en un proceso industrial, puesto que ese tiempo de sensado se traduce en pérdidas económicas.
- El prototipo realizado puede ser complementado con otros procesos sin necesidad de cambiar el sistema de control, puesto que el PLC utilizado tiene la ventaja de poder extender su capacidad mediante la instalación de módulos adicionales según sea la necesidad.

7. RECOMENDACIONES

- Debido a que el módulo es didáctico, puede adaptarse a cualquier otro tipo de aplicación en sistemas de selección, por lo tanto se recomienda que los docentes encargados de esta área generen ambientes de programación en laboratorio, donde los estudiantes tengan la posibilidad de generar rutinas de automatización para la predicción, detección y control de fallas durante el proceso, tales como problemas en los tiempos de respuesta de los actuadores, espacios muertos en donde se trabe la pieza por algún motivo y no continúe con el ciclo, fallas en la etapa de separación, entre otras.
- Construir y acoplar otros módulos de producción o manufactura adicionales que ensamblen alguna parte mecánica en la pieza, o empaquen algunos de los productos seleccionados, de modo que se complemente el proyecto y pueda simularse una calle de producción completa.
- En cuanto al modelo físico se recomienda consultar todas las especificaciones de funcionamiento descritas en el commissioning anexo a este documento con el fin de evitar deterioro en los dispositivos acoplados y mal funcionamiento del automatismo. De igual forma, se recomienda seguir los procedimientos de encendido de la máquina en donde se incluye la purga del tanque de aire del compresor para evitar paso de agua a lo largo de las mangueras de aire.
- Si se quisiera evitar el tiempo de parada para el sensado con el fin de mejorar el modelo, se recomienda cambiar el sensor análogo por otro sensor que facilite la toma de los datos con la pieza en movimiento.
- Se recomienda que en el momento de poner en marcha el motor el variador de frecuencia esté en 19 Hz o más, puesto que el punto óptimo de operación del motor está entre 30 y 60 Hz, por lo tanto al trabajar con frecuencias muy bajas puede recalentarse.
- Durante las pruebas se recomienda utilizar las piezas entregadas con el modelo, u otras piezas de las mismas características físicas para que no se vea afectado el buen funcionamiento del automatismo, puesto que piezas de otras dimensiones pueden trabarse en el compartimiento de alimentación. Sin embargo si se requiere hacer modificaciones en las alturas a seleccionar deben recalcularse las constantes ingresadas en la rutina de automatización para asegurar su buen funcionamiento.

- En caso de acoplar otros dispositivos o incluso otros prototipos al existente puede utilizarse el mismo PLC adicionándole tantos módulos de ampliación como se necesiten en caso de que no sean suficientes las entradas y salidas disponibles.
- Se recomienda hacer un seguimiento visual al proceso en funcionamiento por si ocurre algún tipo de falla como por ejemplo que los cilindros permanezcan accionados y no se retraigan, debido a que las tarjetas de adquisición de datos en algunas ocasiones presentan inconvenientes; que las piezas se volteen por algún movimiento indeseado de la máquina, que alguno de los sensores reflectivos este siendo accionado por cualquier elemento contaminante en el sistema.
- Se recomienda que si en algún momento es necesario pulsar el parado de emergencia, se ubique la perilla de encendido y los brakers en OFF antes de desactivar el pulsador y poner en marcha de nuevo el proceso, puesto que pueden presentarse picos de corriente que dañen los dispositivos electrónicos, por este motivo se debe reiniciar el proceso una vez se ha interrumpido el suministro de corriente eléctrica.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] BERN KEIL, Reinach. Production line arrangement with selectable transport paths. 1990.
- [2] Carreño R. *Implementación de un Laboratorio de Automatización y Control de Procesos para la Facultad de Ingeniería Mecánica*. Plan de desarrollo Facultad de Ingeniería Mecánica UPB 2005
- [3] Controladores lógicos programables. Jose Hernán Valencia g. Editorial UPB 1992 pag1-47.
- [4] CURTIS S., Tarlton. Combining conveyor with product patch switching arrangement.
- [5] EI PLC.
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>
- [6] IPS International packing systems
<http://www.ips-packaging.com/branchen.php?id=1>
- [7] MARK C. GRAVER, Cedarbrook. Product path splitting and merging conveyor system. 2003.
- [8] Neumática e Hidráulica: conceptos básicos y simbología destinada a técnicos, estudiantes y operarios del sector industrial.
<http://www.sapiensman.com/neumatica/index.htm#introduccion>
- [9] Pahl – Beitz – Feldhusen – Grote.: *Konstruktionslehre, Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung*. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York 2004.
- [10] PETER HAEBIG, Manheim; DIETER HAUCK, Eberbach; TORSTEN IHRIG, Moshbach. Automatic Production Path finder. 2005
- [11] SOLOMAN, Sabrie. Sensors Handbook. New York: McGraw Hill. 1999

[12] TLM SCHUBERT Packaging Solutions
<http://www.schubert.avenit.de/index.php?scriptlet=CMS/Page&id=2>

[13] Sistemas de seguridad sobre bandas transportadoras
<http://www.scif.com/safety/safetymeeting/Article.asp?ArticleID=163>

[14] Sistema de rodillo vivo http://www.elprado.co.cr/rod_viv.html

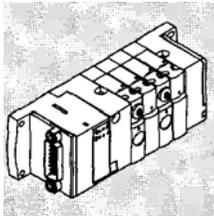
[15] Majumdar, S.R. Sistemas Neumáticos: principios y Mantenimiento. México: McGraw Hill, 1997

[16] Hamrock, Jacobson, Schmid. Elementos de máquinas, México: McGraw Hill. 2000

ANEXOS

ANEXO A
COMISSIONING CALLE PARA LA SELECCIÓN DE OBJETOS
CARACTERIZADOS POR SUS PROPIEDADES FÍSICAS

ISLA DE VALVULAS CPV-MP-VI MARCA FESTO



Precaución

Los componentes del Terminal de válvulas contienen elementos sensibles a descargas electrostáticas. Estos componentes pueden dañarse si se tocan las superficies de contacto de los conectores y si no se observan las normas para el manejo de componentes sensibles a las descargas electrostáticas.

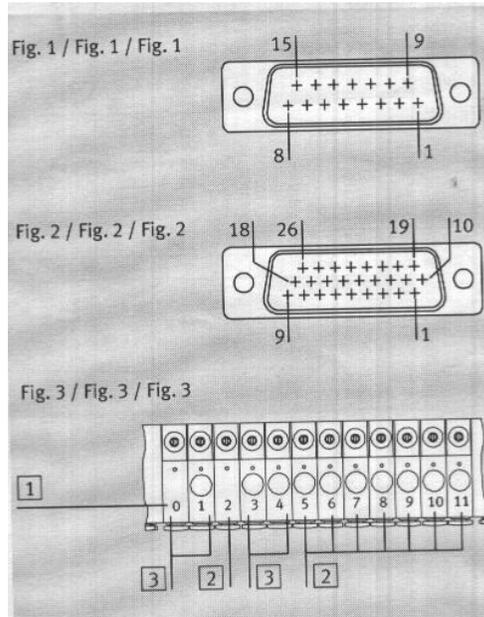
Los cables de señal largo reducen la inmunidad a interferencias. No sobrepasar la longitud máxima permitida de 10 m en los cables de señales.

Atención

El montaje y puesta a punto solo debe ser realizado por personal cualificado. Desconecte la alimentación de corriente y de presión del aire antes de operaciones de instalación y mantenimiento.

Nota

El CPV-SC ha sido diseñado exclusivamente para controlar actuadores neumáticos. Aquí deben observarse los valores máximos indicados en la sección "Especificaciones Técnicas".



Atención

Utilizar solamente fuentes de alimentación que garanticen un aislamiento fiable de las tensiones de funcionamiento según IEC 742/EN 60742/VDE 0551 con una resistencia de aislamiento de por lo menos 4 kV (PELV, tensión extra baja protegida, PELV, véase el símbolo adyacente).

Se permiten fuentes de alimentación conmutadas, si se garantizan un aislamiento fiable según EN 60950/ VDE 0805.

Nota

Poner a punto el Terminal de válvulas solo cuando se halle completamente montado y cableado.

1 Conexión multipin

Con la conexión multipin las bobinas imanantes de válvula (en lo sucesivo nombradas como bobinas) se dirigen de forma central. Cada bobina tiene asignado un pin de la clavija multipin. Cada posición de válvula tiene como máximo una bobina. Por ello, las válvulas d doble bobina requieren dos posiciones de válvula.

1.1 Clavija multipin Sub-D

Las numeraciones de pin de la clavija multipin Sub-D en la Terminal mirando hacia la clavija se muestran en las siguientes figuras:

- Figura 1: Clavija Sub-D de 15 pines
- Figura 2 : clavija Sub-D de 26 pines (alta densidad)

Recomendaciones:

Usar cable con zócalo de la gama Festo para conectar el termina de válvula CPV-SC.

1.2 Asignación de pines

La siguiente tabla muestra las asignaciones de pines de las conexiones multipin Sub-D.

Para las conexiones multipin Sub-D son válidos:

- en terminales con máximo de 12 posiciones de válvula: 15 pines Sub-D
- en terminales con 16 posiciones de válvula: Sub-D de 26 pines, alta densidad.

Pin	Dir. 1)	Color Del Hilo 2) 3)	Asignación (bobina en posición de Válvula)	
			Sub-D 15 pines 4)	Sub-D 26 pines 5)
1	0	WH	0	0
2	1	BN	1	1
3	2	GN	2	2
4	3	YE	3	3
5	4	GY	4	4
6	5	PK	5	5
7	6	BU	6	6
8	7	RD	7	7
9	8	BK	8	8
10	9	VT	9	9
11	10	GY PK	10	10
12	11	RD BU	11	11
13	12	WH GN	No asignado	12
14	13	BN GN	com 6) 8)	13
15	14	WH YE	com 6) 8)	14
16	15	YE BN		15
17;18		-----		No asignado
19;20		-----		com 7) 8)
21;22		-----		com 7) 8)
23		WH GY		com 7) 8)
24		GY BN		com 7) 8)
25		WH PK		com 7) 8)
26		PK BN		com 7) 8)

1) Dir. = dirección
2) El color del hilo se aplica a los cables del tipo: KMP6-15P-12-... y KMP6-26P-16-...

- 3) Designación de los códigos de color según DIN/IEC 757
- 4) Cable opcional de Festo: tipo KMP6-15P-12-...
- 5) Cable opcional de Festo: tipo KMP6-26P-16-...
- 6) Los pins 14 y 15 están puenteados en la tarjeta de circuito impreso
- 7) Pins 19 ... 26 están puenteados en la tarjeta de circuito impreso
- 8) Conectar 0 V con señales de control a positivo, 24 V con señales de control a negativo; no se permite mezclar polaridad de señales.

2 Control del Terminal de válvulas

Utilice un método de control uniforme. Preferiblemente, todas las señales de control deberían ser de conmutación positiva (PNP), o bien de conmutación negativa (NPN). No está permitido mezclar ambos tipos de señales.

2.1 Asignación de direcciones de las válvulas

La figura 3 muestra a manera de ejemplo la asignación de direcciones de la Terminal de válvulas CPV-SC con 12 posiciones de válvula (vista frontal).

- El recuento empieza de izquierda a derecha
- La asignación de direcciones es enteramente ascendente [1] (número de la bobina imanante y de la posición de la válvula)
- Una posición de válvula siempre ocupa una dirección, incluso si esta ocupada por una placa ciega o una placa de separación.
- Las válvulas monoestables [2] ocupan una posición de válvula cada una
- La válvula de impulsos se compone de 2 placas de válvula [4] y con ellos ocupa también dos posiciones de válvula, para ello son válidas:
- La placa de válvula con bobina 121 (válvula de pilotaje) está marcada con j 12 y se halla a la izquierda de la válvula de trabajo
- La placa de válvula con bobina 14 (válvula de trabajo) está marcada con J

3 Especificaciones técnicas

Typ: CPV-SC-MP-VI	
Dimensiones	Véase el manual de la parte neumática
Número de posiciones de válvulas	4, 8, 12 Ó 16
Tensión de control: – Valor nominal (protegido contra polaridad incorrecta) – Tolerancia	24 V DC ± 10 % (21,6 ... 26,4 V DC)
Consumo por posición de válvula	1 W con 24 V DC
Clase de protección según DIN 40050	IP20 (completamente montado) IP40 (con montaje mural en superficie de montaje plana)
Temperatura ambiente	0 ... + 40 °C
Temperatura de almacenamiento	- 20 ... + 40 °C
Materiales	Véase el manual de la parte neumática
Compatibilidad electromagnética – Emisión de interferencias – Inmunidad a interferencias ²⁾	Verificado según EN 61000-6-4 (industria) ¹⁾ Verificado según EN 61000-6-2 (industria)
¹⁾ El terminal de válvulas CPV-SC está previsto para uso industrial. ²⁾ La longitud máxima permitida del cable es de 10 m.	

MOTOR DC WM26 RIDUTTORI A VITE SENZA FINE WORMGEARBOXES

1 Caratteristiche tecniche

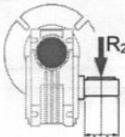
- Carcaza de aluminio de un solo bloque
- Eje fuerte de acero con chaveta
- Rueda en bronce B14
- Lubricación permanente

Lubrificación

La caja de engranaje tiene una lubricación de larga vida y por la tanto es libre de mantenimiento.

Cargas de salida radial

En la siguiente tabla están las cargas radiales aceptadas para un eje de salida extendido.



n_2 [min ⁻¹]	280	187	140	93	70	47	35	28	23	18	14
R_2 [N]	390	400	490	580	610	610	610	610	610	610	610

2 Designación

Tipo Type	Rapporto Ratio	Versione Version	PAM	Flangia entrata Input flange
WM 26	10	U	P56	B14
	5-10-15-20 30-40-50-60	U FCS FCD	P56	B14

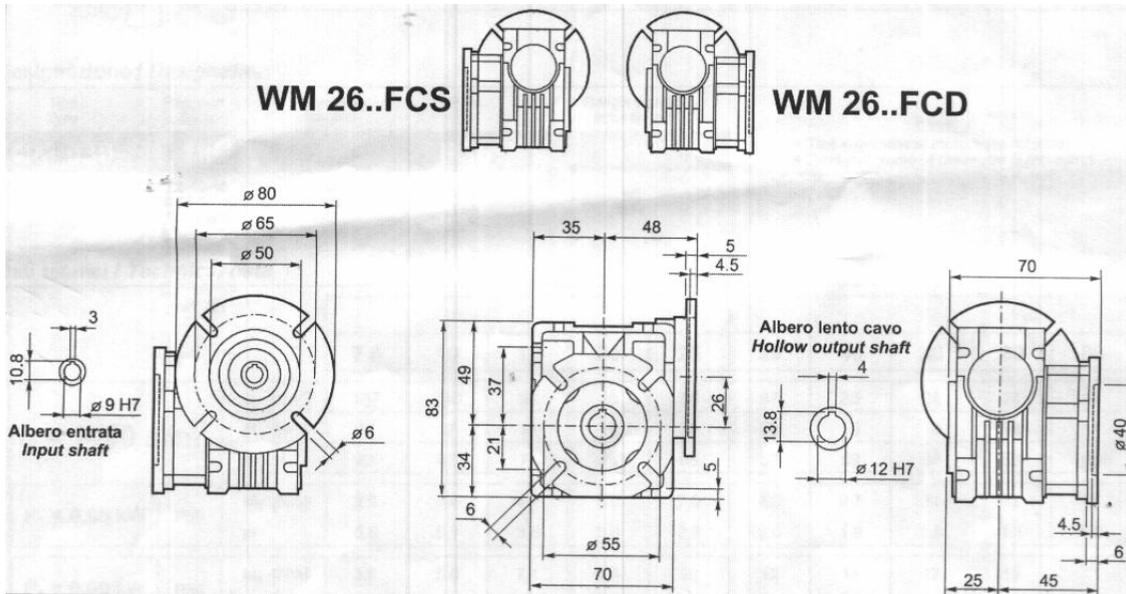
+ Tipo e grandezza motore (se richiesto)
+ Type and frame of the motor (if requested)

3 Datos técnicos

		i								
		5	10	15	20	30	40	50	60	
$n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}$	n_2 [min ⁻¹]	280	140	93	70	47	35	28	23	
	M_n [Nm]	9	10	10	10	11	11	10	9	
	RD %	85	81	76	72	63	58	53	50 *	
$P_1 = 0.06 \text{ kW}$	P56	M_2 [Nm]	1.7	3.3	4.7	5.9	7.7	9.5	10	9.0
		sf	5.2	3.0	2.1	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0
$P_1 = 0.09 \text{ kW}$	P56	M_2 [Nm]	2.6	5.0	7.0	8.8	11	11	10	9.0
		sf	3.4	2.0	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
Dati della coppia vite-corona Worm wheel data	Z1	4	3	2	2	1	1	1	1	
	Mx	1.85	1.2	1.2	0.9	1.2	0.9	0.75	0.6	
	B	26° 16'	12° 41'	8° 32'	6° 25'	4° 17'	3° 13'	2° 58'	2° 9'	

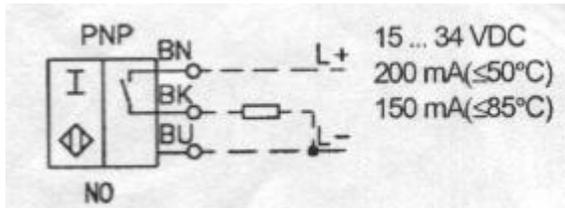
Nota: las áreas marcadas indican la posible conexión de motores expuestos, pero recuerde mirar que el torque M_2 no exceda el valor nominal M_n de la caja de engranaje.

4 Dimensiones



SENSOR INDUCTIVO SIEN-M30NB-PS-K-L FESTO

1 Conexiones



2 Datos técnicos

Typ Type	SIEN-M30NB-PS-K-L	Type Tipo	
Teile Nr. Part no.	150442	Referencia Tipo	
Nennschaltabstand Nominal switching distance	15 mm	Distance de detection Zona muerta nominal entre	
Schaltfrequenz Switching frequency	300 Hz	Frecuence de commutation Frecuencia de conmutaciones	
Umgebungstemperatur Ambient temperature	-25 °C - +85 °C	Temperature ambiante Temperaturas ambiente	
Schutzart Degree of protection	IP 67	Degre de protection Proteccion	
Gehäusewerkstoff Housing material	Messing vernickelt nickelplated brass	laiton nickelé latón niquelado	Materiaux Materiales
Einbauart Installation	nicht bündig not flush	non noyé no rasante	Mode de fixation Montaje
max. Anzugsmoment Tightening torque	50 Nm	Couple de serrage max. Momento max. de arranque	

Cilindros normalizados DSNU/DSN, ISO 6432

FESTO

Cuadro general de productos

Función	Ejecución	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Carrera variable ¹⁾ [mm]	Vástago						
					Doble	Prolongado	Rosca exterior			Rosca interior	
					S2	K8	K2	K6	K5	K3	
Doble efecto	Tipo básico con detección de posiciones										
		DSNU	8, 10	10, 25, 40, 50,	1 ... 100						
			12, 16	80, 100, 125,	1 ... 200	■	■	■	■	■	■
			20	160, 200, 250,	1 ... 320						
			25	300, 320, 400,	1 ... 500						
			500								
Ejecución	Amortiguación		Detección de posiciones	Unidad de bloqueo	Juntas termo-resistentes	Baja velocidad	Baja fricción	Protección contra corrosión	→ Página		
	Fija	Regulablea partir de $\varnothing 16$ PPV ²⁾	A	KP	S6	S10	S11	R3			
	P										
Tipo básico con detección de posiciones											
DSNU									13		

Función



- \varnothing - Diámetro
8 ... 25 mm

- | - Carrera
1 ... 500 mm

Variante

CT-free

Otras variantes
→ 17



Tipo básico

Conexión lateral del aire MQ



Conexión axial del aire MA

Con elemento de fijación directa MH

Datos técnicos generales						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Conexión neumática	M5	M5	M5	M5	G1/8	G1/8
Rosca del vástago	M4	M4	M6	M6	M8	M10x1,25
Construcción	Émbolo					
	Vástago					
	Camisa del cilindro					
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados					
	- Amortiguación neumática regulable en ambos lados					
Carrera de amortiguación (PPV) [mm]	-		9	12	15	17
Detección de posiciones	Mediante detectores de proximidad					
Tipo de fijación	Montaje directo (sólo variante MH)					
	Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta					

Condiciones de funcionamiento						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Ruido	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar					
Presión de funcionamiento [bar]	Tipo básico	1,5 ... 10 ¹⁾			1 ... 10	
	S10	-	-	1,5 ... 10	1 ... 10	
	S11	-	-	0,45 ... 10	0,3 ... 10	

1) DSNU-12-...-PPV (amortiguación regulable en ambos lados): 2 ... 10 bar

Condiciones del entorno						
Cilindro normalizado	Tipo básico	CT	S6	S10	S11	R3
Temperatura ambiente ¹⁾ [°C]	-20 ... +80		0 ... +150	+5 ... +80		-20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾	2		2	2	2	3

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores

2) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070

Métila para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

Clase de resistencia a la corrosión 3 según norma de Festo 940 070

Métila para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes o detergentes, con superficies funcionales

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Fuerza teórica con 6 bar en avance	30	47	68	121	189	295
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	23	40	51	104	158	247
Energía de impacto en las posiciones finales	0,03	0,05	0,07	0,15	0,20	0,30

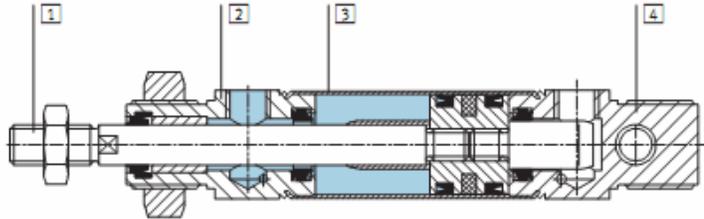
Velocidad [mm/s]						
Diámetro del émbolo	16		20		25	
Velocidad con movimiento sin frones, posición horizontal, sin carga, con 6 bar	S10	10 ... 100				
Velocidad mínima en avance	S11	2,7	5,3		<1 ¹⁾	
Velocidad mínima en retroceso	S11	3,2	4,7		<1 ¹⁾	

1) No se efectuaron medidas con velocidades inferiores a 1 mm/s

Pesos [g]						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Peso con carrera de 0 mm	34,6	37,3	75	89,9	186,8	238
Peso adicional por 10 mm de carrera	2,4	2,7	4	4,6	7,2	11

Materiales

Vista en sección

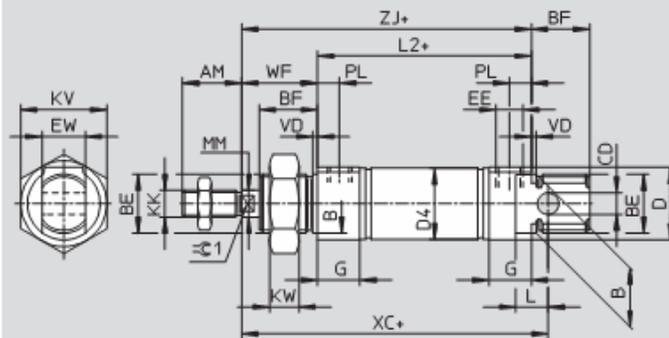


Cilindro normalizado	Tipo básico	R3	CT	S6	S10	S11
1 Vástago	Acero de aleación fina, inoxidable					
2 Culata anterior	Aleación de aluminio					
3 Camisa del cilindro	Acero de aleación fina, inoxidable					
4 Culata posterior	Aleación de aluminio					
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico			Caucho fluorado		

Dimensiones

Datos CAD disponibles en www.festo.com/es/engineering

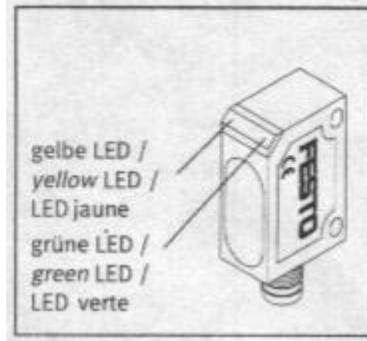
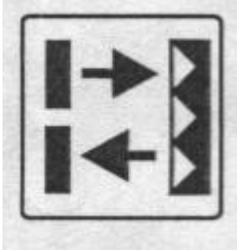
Tipo básico



\varnothing [mm]	AM	B \varnothing h9	BE	BF	CD \varnothing E10	D \varnothing	D4 \varnothing	EE	EW	G	KK	KV
8	12	12	M12x1,25	12	4	15	9,3	M5	8	10	M4	19
10							11,3					
12							13,3					
16	16	16	M16x1,5	17	6	20	17,3	G $\frac{1}{8}$	16	16	M6	24
20	20	22	M22x1,5	20	8	27	21,3					
25	22		M22x1,5	22		27	26,5	M8	32			

\varnothing [mm]	KW	L	L2	MM \varnothing	PL	TD	VD	WF	XC ± 1	ZJ	≤ 1
8	6	6	46	4	6	18	2	16	64	62	-
10			50	6		23				72	
16	8	9	56	8	8,2	31	24	95	92	78	5
20			68	7							
25	11	12	69,5	10	28	104	97,2	9			

SENSOR OPTICO RETRO-REFLECTIVO SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L FESTO



1 Datos ópticos (typ.)

Distancia de trabajo:	2500mm
Máxima distancia:	3000mm
Referencia de material:	reflector Ø 80mm
Luz usada:	roja 660nm, pulsada
Punto de luz:	75x75mm en 1,5m
Ambiente de luz:	En 60947-5-2

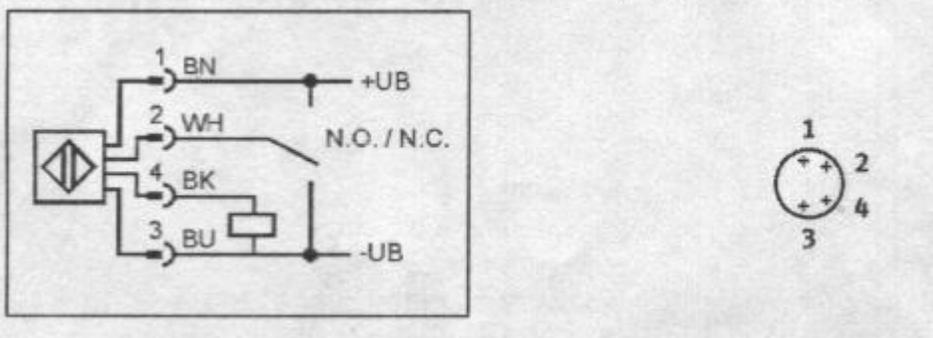
2 Datos eléctricos (typ.)

Voltaje de operación:	10...30 VDC
Consumo de potencia (sin carga) ≤ 25 mA a 24 VDC	
Función de salida N.O./N.C.	N.O.: -UB o abierto N.C.: +UB
Corriente de salida (máx.):	100 mA
Protección a la inversión de polaridad:	si
A prueba de corto circuito:	si
Frecuencia de Switching (a ppp 1:1):	1000Hz
Indicador de función reversible:	LED verde
Indicador de recepción de luz:	Led amarillo

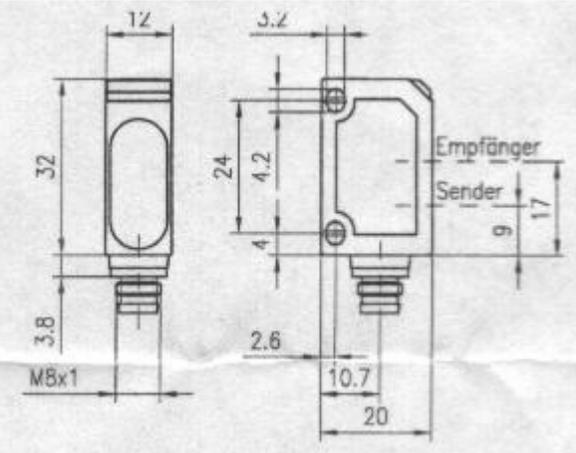
3 Datos mecánicos

Material de cubierta:	ABS
Resistencia a vibración y choque:	EN 60947-5-2
Protección estándar:	IP67
Rango de temperatura ambiente:	-20...+60 °C
Rango temperatura almacenamiento:	-20...+80 °C
Conexión:	M8x1, 4 pin
Peso:	aprox. 10g

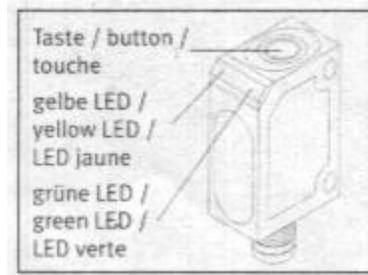
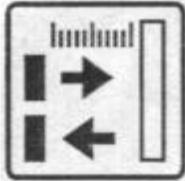
4 Conexiones



5 Dimensiones



SENSOR DE OPTICO DE DISTANCIA ANALOGO SOEG-RTD-Q20 FESTO



1 Datos ópticos (typ.)

Distancia de trabajo:	20...80MM
Ajuste de sensibilidad:	ensayando
Referencia de material:	Kodak blanco, 90%, 100x100mm
Luz usada:	roja 660nm

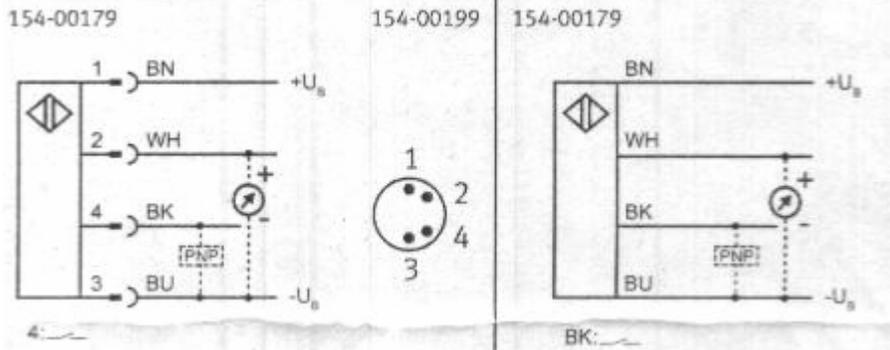
2 Datos eléctricos (typ.)

Voltaje de operación:	15...30 VDC
Batería de protección reversible:	si
Consumo de potencia (sin carga)	≤ 30 mA a 24 VDC
Señal de salida:	análoga o digital
Corriente de salida:	100 mA
A prueba de corto circuito:	si
Frecuencia de Switching (a ppp 1:1):	1000Hz
Salida análoga:	0...10 V /máx. 3 mA
Cambio frecuencia análoga de salida:	200 hz
Indicador de estabilidad:	LED verde
Indicador de recepción de luz:	Led amarillo

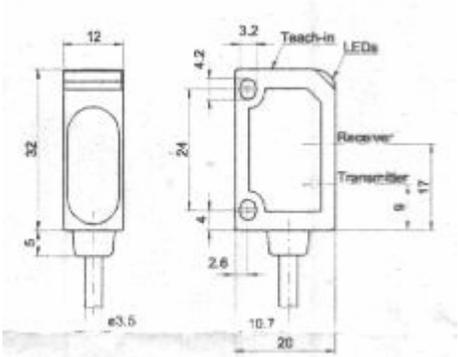
3 Datos mecánicos

Material de cubierta:	ABS
Resistencia a vibración y choque:	EN 60947-5-2
Protección estándar:	IP67
Rango de temperatura ambiente:	-20...+60 °C
Rango temperatura almacenamiento:	-20...+80 °C
Cable:	PUR 4x0.14 mm ²
Conexión:	M8x1, 4 pin
Peso:	aprox.10g
Peso (cable):	aprox. 40g

4 Conexiones



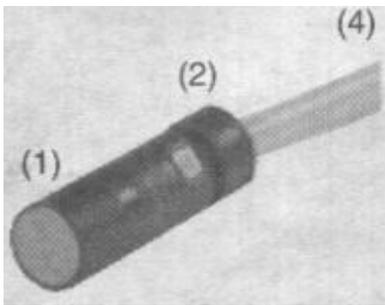
5 Dimensiones



SENSOR MAGNETICO SMEO-4-K-LED-230 FESTO



1 Componentes operativos y conexiones



- (1) zona de montaje
- (2) Parte asimétrica
- (3) Conexión para zócalo con cable (NA)
- (4) Cable

2 Funcionamiento y aplicaciones

No utilizar el interruptor SMEO-4-...-230 para el accionamiento de submodulos de entrada a 230 V a.c (115 V a.c.) de controles lógicos programables PLC. La capacidad de entrada del PLC provoca una potencia demasiado elevada para el interruptor.

Aplicaciones del interruptor SMEO-4-...:

SMEO-4..-	SMEO-4U-...	CRSMEO-4-...
Consulta de posiciones de cilindros de los tipos ESNU-... y DSNU-...	Consulta bilateral de posiciones de final de carrera en cilindros de carrera corta de los tipos ESNU-... y DSNU-...	Consulta de posiciones del vástago en cilindros utilizados en la industria de la alimentación o en zonas de medios agresivos

Cuadro1

El contacto interno tipo Reed cierra un circuito eléctrico y es activado magnéticamente.

3 Condiciones para la utilización del producto

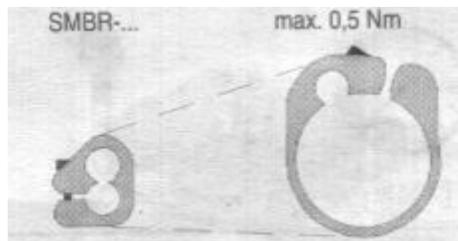
Indicaciones generales para el uso correcto y seguro del producto:

- Respetar los valores límite para presiones, fuerzas, momentos, velocidad de masas, temperaturas.
- Considerar las condiciones del medio ambiente imperantes en el lugar de la aplicación.
- Respetar las prescripciones establecidas por las asociaciones profesionales, por la autoridad de inspección técnica o por las normas nacionales respectivas vigentes.
- Retirar todos los elementos previstos para el transporte, tales como cera protectora, laminas, tapas y cartones.
- No se admiten modificaciones del producto sin autorización.

4 Montaje

Montaje mecánico

- Utilizar el juego de piezas de sujeción, incluidas en la lista de accesorios. Para efectuar el montaje sobre el cilindro deberá desatornillarse completamente el cilindro aprisionador.



- Tener en cuenta que el kit de fijación se mantiene por fricción con el cilindro. Este kit de sujeción puede desplazarse si hay fuerzas de tracción en el SMEO-4-...
- Montar el interruptor SMEO-4-... de la siguiente manera:

SMEO-4-...	SMEO-4U-...	CRSMEO-4 ...
<ul style="list-style-type: none"> - Con todo el juego de sujeción completo - Fijándolo únicamente en la zona de montaje (marcada con una superficie acanalada) - En versiones con conector: <ul style="list-style-type: none"> Con zócalo montado y cable (Par de apriete de la contratuerca: 0,3 Nm) - De modo desplazable sobre el cilindro - Evitando la cercanía de objetos ferromagnéticos (exceptuando el cilindro que se consultará) (véase cuadro 4) 		
<p>Montar con la parte asimétrica (2) hacia arriba. (Para evitar un contacto con la superficie del cilindro).</p>	<p>Seleccionando el ángulo en relación con la camisa del cilindro (giro de aprox. 90° con punto de conmutación fijo)</p>	<p>Montar con la parte asimétrica (2) hacia arriba. (Para evitar un contacto con la superficie del cilindro).</p>

Cuadro 2

Evitar tender cables de corriente eléctrica en la cercanía del interruptor SMEO-4-
...

Evitar siempre	Evitar en la medida de lo posible
Cable tendido diagonal o verticalmente en relación con el eje longitudinal del SMEO-4(U)-...	Cable tendido paralelamente en relación con el eje longitudinal del SMEO-4(U)-...
Cable tendido paralelamente en relación con el cable de conexión	Cable tendido diagonal o verticalmente en relación con el cable de conexión

Cuadro 3

De este modo se evitan operaciones falsas de conmutación. En caso de existir campos magnéticos que interfieren en el funcionamiento del interruptor (por ejemplo al soldar):

- Proteger el interruptor SMEO-4-... utilizando un apantallamiento ferrítico (p.ej., chapa de transformador).
El apantallamiento no debe efectuarse cerca del SMEO-4-...

En caso de una disposición en paralelo de cilindro con émbolo:

- Ubicar los interruptores SMEO-4-... lo más separados posible entre sí. De este modo se minimiza el peligro de interferencia causada por otros imanes.
- Controlar las distancias entre los cilindros, dependiendo de la variante de montaje:
Distancias mínimas que deberán observarse:

Distancias mínimas X [mm]		nominal del cilindro ϕ						
		8	10	12	16	20	25	
Canti- dad de cilin- dros dispues- tos en paralelo	Vari- ante ①	=2	38	31	33	39	43	32
		>2	49	41	45	53	58	49
	Vari- ante ②	=2	42	45	46	52	55	56
		>2	47	54	50	57	60	58

Cuadro 4.

Montaje eléctrico

Interruptor SMEO-4-... con cable bifilar:

- Utilizar este interruptor únicamente bajo carga. En caso contrario se producirá un cortocircuito.

Funcionamiento con tensión continua:

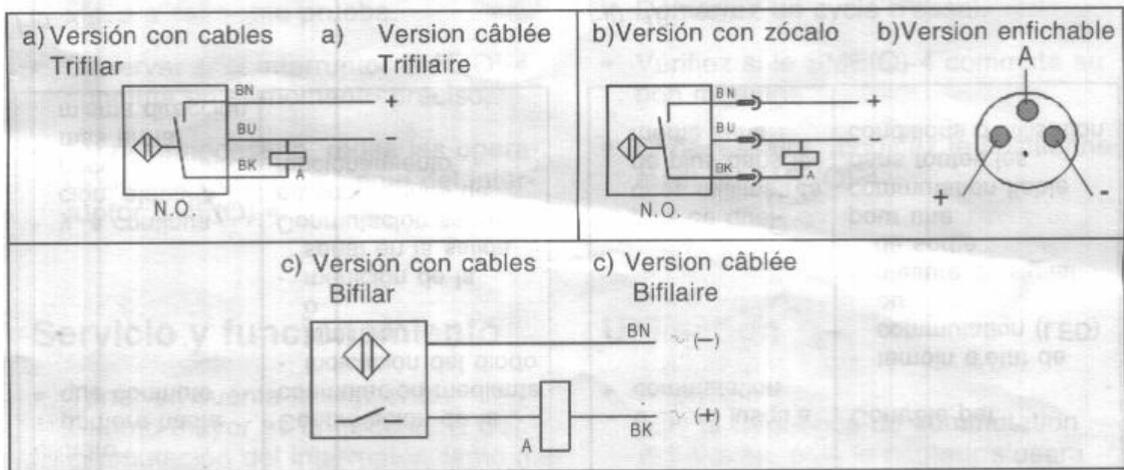
- Controlar la conexión correcta de los polos del interruptor.
En caso contrario no funcionara el diodo luminoso.

En caso de elevados picos inductivos o capacitivos:

- Utilizar un circuito de protección externo. En caso contrario disminuye la seguridad operativa.

Para una separación eléctrica segura de la tensión de servicio:

- Utilizar un transformador de separación según IEC/DIN EN 60204-1 con una capacidad de aislamiento de por lo menos 4 kV. Pueden utilizarse fuentes de alimentación conmutadas según IEC/DIN EN 60204-1.
- Conectar los cables del interruptor SMEO-4-.... Según los esquemas a), b) o c).



Cuadro 5

- Comprobar si el cable no está:
 - o Aprisionado
 - o Doblado
 - o Tenso
 Consulte la ficha técnica para comprobar los radios mínimos admisibles.

5 Puesta a punto

- Conectar el interruptor SMEO-4-... a la corriente eléctrica.
- Posicionar el émbolo del cilindro en el lugar que debería ser consultado por el interruptor SMEO-4.
- Desplazar el interruptor SEMO-4-... de la siguiente manera:

Acción	Efecto
Desplazamiento a lo largo del eje longitudinal del cilindro - primero hasta que conmute	Confirmación de la conmutación mediante - indicación del diodo luminoso o - medición de la señal en la salida
- y, a continuación, algunos pocos milímetros más en la misma dirección	Conmutación segura en condiciones de funcionamiento

Cuadro 6

- Ajustar el tornillo de fijación aplicando como máximo 0,5 Nm.
- Lleve a cabo una prueba.
- Observar si el interruptor SMEO-4 conmuta en el momento preciso.
- En caso necesario, repita las operaciones de posicionamiento del interruptor SMEO-4.

6 Servicio y funcionamiento

- Tener en cuenta lo siguiente: cuanto mayor es la frecuencia de conmutación del interruptor, tanto menor será su duración.
- Asegurarse que no hay fuerzas de tensión en el cable de conexión del SMEO-4.

7 Ficha técnica

Datos generales: SMEO-4-...

Construcción	Contacto tipo Reed, de accionamiento magnético.
Pos. Montaje	Sobre la camisa del cilindro
Fijación	Con conjunto de piezas de fijación
Tipo de protección	IP 67 (según DIN VDE 470, estando montado correctamente el zócalo y el cable)
Materiales	SMBR: POM, latón, St

(Conjunto de Piezas de Sujeción)	CRSMBR: PP, St CRSMB; St
Radio mínimo admisible del cable	13 mm (estático)

Datos específicos del producto

Tipo	SMEO-4-...							CRSMEO-4-...
	K-LED-230	..U-K-LED-230	..U-K-LED-24	..U-S-LED-24B	K-LED-24B	S-LED-24B	..K-LED-24	
Nº de artículo	15 709	150 011	36 198	151 526	164 595	150 849	161 775	
Forma del cuerpo	Recto			Acodado 2x (en forma de U)		Recto		
Tensión de funcionamiento	AC/DC 12...230* V			AC/DC 12...27 V		AC/DC 12...30 V		
Caída de tensión en el detector de proximidad	máx 4 V			Ninguna				
Corriente de conmutación	max. 500 mA (carga óhmica; en relación con la capacidad de conmutación y la tensión máxima admisible)							
Clasificación de uso	a 230 V AC			a 230 V DC				
carga óhmica (AC12/DC12)	0,04 A**			0,04 A**				
carga induct. (AC14/DC13)	0,024 A**			0,04 A**				
Capacidad máx. conmutación	10 W (carga óhmica)							
Frecuencia máx. de conmutación	500 Hz			800 Hz				
Tiempo máx. de conmutación	2 ms			0,5 ms				
Temperaturas mín. y máx.	- 20...+ 60 °C							
Cumplimiento CE - regulación de baja tensión	de acuerdo con 73/23/CEE							
Materiales	POM, PC, PVC	PC, PA, PET, PVC, TPE-O	PC, PA, PET, PVC, TPE-O	PC, PA, PET, Latón (Cromado)	PC, PP, PVC	PC, PP, Latón (Cromado)	PC, PP, TPE-O	
*) Con la tensión nominal **) Con la corriente nominal								

8 Eliminación de fallos

Problema	Posible causa	Solución
El (CR)SMEO-4(U)-... reacciona demasiado pronto/demasiado tarde	Interferencias (campos de interferencia). Distancias demasiado cortas entre cilindros dispuestos paralelamente	Apantallar el interruptor SMEO-4(U)-...; Aumentar las distancias entre los cilindros.
El (CR)SMEO-4(U)-... no reacciona	Rotura de un cable Falta tensión de conmutación	Sustituir la unidad SMEO-4(U)-...K, conectar la unidad SMEO-4(U)-...S a un zócalo con cable nuevo. Controlar la alimentación

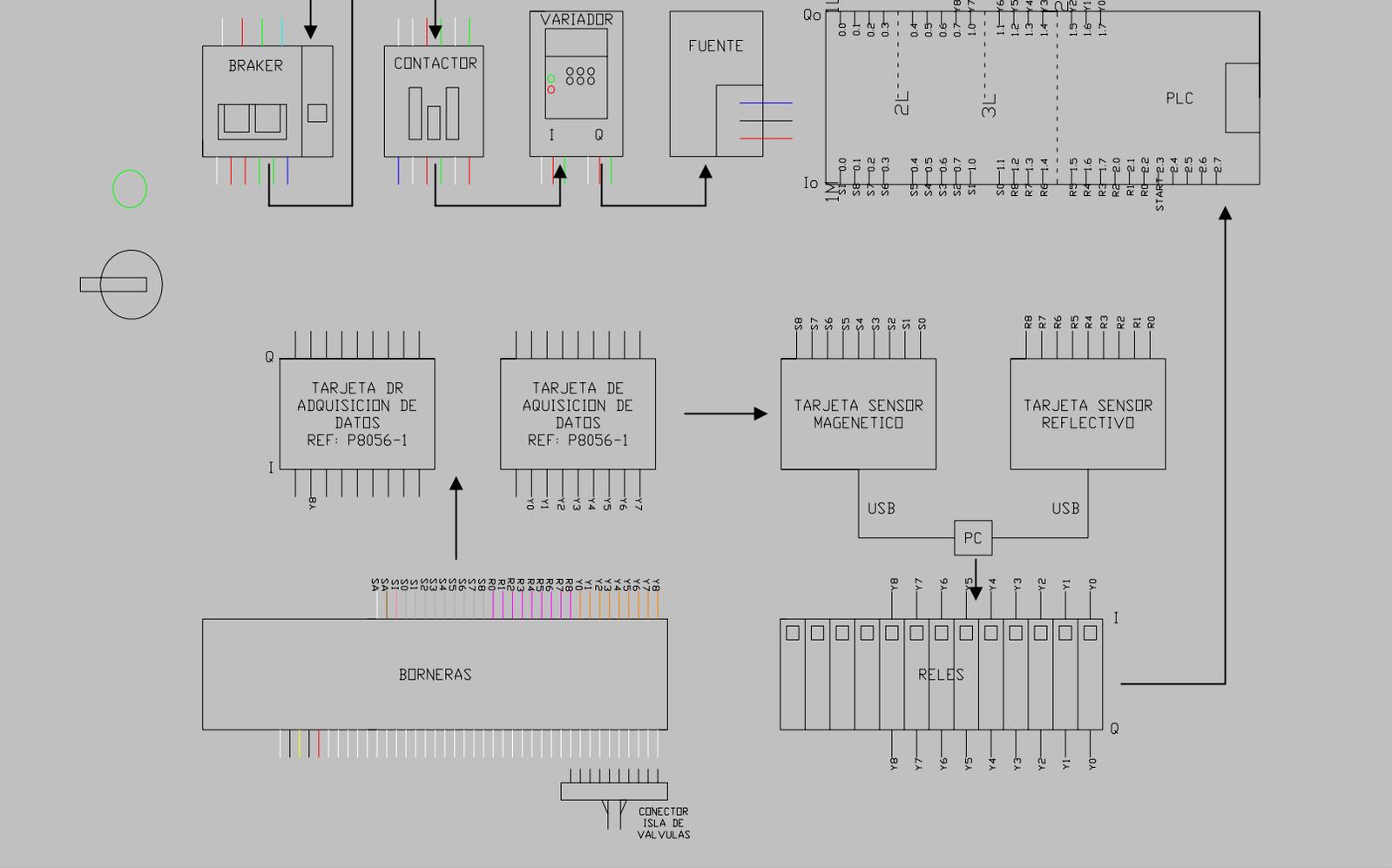
PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DEL MODULO

1. Encender el Bracker totalizador empotrado en la pared del laboratorio.
2. Encender el compresor, purgarlo y dejarlo llegar a la presión de operación deseada.
3. Colocar el bracker en ON,
4. Colocar la perilla del panel de control en ON.
5. Encender el variador de frecuencia del motor (oprimiendo el botón verde).
6. Ejecutar el programa desde el PC
7. Oprimir el botón de Start.

PROCEDIMIENTO DE APAGADO DEL MODULO

1. Oprimir el botón de Stop.
2. Detener el programa desde el PC.
3. Apagar el variador de frecuencia del motor (oprimiendo el botón rojo).
4. Colocar la perilla del panel de control en OFF.
5. Colocar el bracker en OFF.
6. Apagar el compresor y dejarlo ventear el aire que contiene.
7. Colocar el bracker totalizador en OFF.

PLANO DEL PANEL DE CONTROL



ANEXO B
PLANOS CALLE DE SELECCIÓN DE OBJETOS

Los planos pertenecientes a cada una de las partes estructurales de la maquina se adjunta en el CD, en la carpeta Anexo B.

ANEXO C
MANUAL PLC S7 200 SIEMENS

El manual perteneciente al PLC S7 200 de Siemens se adjunta en el CD, en la carpeta Anexo C

ANEXO D RUTINAS DE PRUEBA

Las rutinas de prueba realizada a la máquina se adjuntan en el CD, en la carpeta Anexo D.