



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA

**Seminario de Graduación 2010, previo a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico**

TEMA:

"ESTUDIO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC
RECUPERADO, PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA
EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A."

AUTOR: Mario Giovanni Hilaño Chanatasi

TUTOR: Ing. Luis Escobar

Ambato – Ecuador

2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: "ESTUDIO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC RECUPERADO, PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.", del estudiante Mario Giovanni Hilaño Chanatasi, alumno de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por Consejo directivo.

Ambato, Agosto del 2011

EL TUTOR

.....

Ing. Luis Escobar

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación bajo el tema: "ESTUDIO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC RECUPERADO, PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.", así como de los contenidos, ideas, análisis, conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Ambato, Agosto del 2011

EL AUTOR

.....

Egd. Mario Hilaño

C.I. 180402958-3

DEDICATORIA

A MIS PADRES MARIO Y FANNY POR BRINDARME EL APOYO Y LA CONFIANZA EN TODOS LOS INSTANTES DE MI VIDA ESTUDIANTIL, POR HABER REALIZADO UN ESFUERZO TAN GRANDE PARA OFRECERME TODO PARA PODER SALIR ADELANTE EN MI CARRERA, Y A MIS HERMANOS LILI, VALE, ALEX Y JORGE POR SU APOYO INCONDICIONAL.

A DIOS POR SER LA LUZ ANTE CUALQUIER ADVERSIDAD DE LA VIDA Y POR BENDECIR A TODA MI FAMILIA.

A MI TÍO MILTON QUIEN HA SIDO COMO UN HERMANO PARA MI, SIEMPRE ACONSEJÁNDOME Y ALENTÁNDOME PARA SEGUIR ADELANTE.

MIS VERDADEROS AMIGOS QUIENES CON SUS CONSEJOS Y SU APOYO ME BRINDARON SABIDURÍA PARA TOMAR DECISIONES.

MARIO HILAÑO

AGRADECIMIENTO

*MI GRATITUD A LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO,
DE FORMA ESPECIAL A LA FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL Y MECÁNICA POR HABERME ABIERTO LAS
PUERTAS PARA PODER FORMARME COMO PROFESIONAL..*

*A TODOS LOS INGENIEROS DE LA FACULTAD YA QUE
TODOS SON FORMADORES DE PROFESIONALES Y DE
EXCELENTES SERES HUMANOS. GRACIAS POR SU
INVALUABLE SABIDURÍA.*

*DE IGUAL MANERA A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE
DE UNA U OTRA FORMA ME AYUDARON EN LA
ELABORACIÓN DE ESTE PROYECTO,*

MARIO HILAÑO

ÍNDICE

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1. TEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1. Contextualización	1
1.2.2. Análisis Crítico.....	2
1.2.3. Prognosis.....	2
1.2.4. Formulación del Problema.....	3
1.2.5. Interrogantes.....	3
1.2.6.1. Delimitación de contenido	3
1.2.6.2. Delimitación Espacial	4
1.2.6.3. Delimitación Temporal.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	8
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	8
2.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.4.1. Polímeros	8
2.4.2. Policloruro de Vinilo (PVC)	15
2.4.3. Extrusión.....	22
2.4.4. Sistemas Automáticos	33

2.4.4.1. Conceptos	35
2.4.4.2. Representación de los sistemas de control y diagramas de bloques.....	37
2.4.4.3. Sistemas de control en lazo abierto.....	38
2.4.4.4. Sistemas de control en lazo cerrado	40
2.4.4.5. Análisis de la respuesta de un sistema de regulación	42
2.4.4.6. Tipos de sistemas.....	43
2.4.4.7. Diagramas de Bloques	43
2.4.4.8. Combinación entre líneas de actuación.....	44
2.4.4.9. Conexión serie	45
2.4.4.10. Conexión paralelo.....	45
2.4.4.11. Conexión en anillo con realimentación directa	45
2.4.4.12. Transposición de ramificaciones y nudos	46
2.4.5. PLC (Programmable Logic Controller)	47
2.4.5.1. Definición.....	47
2.4.5.2. Características del PLC:.....	47
2.4.5.3. El concepto básico del PLC.....	48
2.4.5.4. Desarrollo del PLC.	49
2.4.5.5. Componentes	49
2.4.5.6. Tipos de PLC y especificaciones.....	50
2.4.5.7. Especificaciones.....	51
2.4.5.8. Aplicaciones	53
2.4.5.9. Métodos de programación.....	54
2.4.5.10. Direccionamiento de puntos de conexión en módulos de entrada y de salida.....	56
2.4.5.11. Relevadores externos e internos	58
2.4.5.12. Sistema numérico decimal	59
2.2.2.13. Sistema numérico binario	63
2.4.5.14. Sistema numérico octal	66
2.4.5.15. Sistema numérico hexadecimal.....	69
2.4.5.16. Códigos binarios.....	72
2.4.5.17. Código BCD8421 o BCD	72
2.4.6 Sensores	74

2.4.6.1. Interruptores Mecánicos (“Limits Switchs”).....	74
2.4.6.2. Sensores Inductivos	75
2.4.6.3. Sensores Capacitivos.....	76
2.4.6.4. Sensores ópticos de proximidad	77
2.4.6.5. ENCODERS (codificadores angulares de posición).....	78
2.4.7 Neumática	79
2.4.7.1. Aire comprimido.....	81
2.4.7.2. Nivel de la presión	83
2.4.7.3. Filtros de aire.....	83
2.4.7.4. Unidad de Mantenimiento.....	84
2.4.7.5. Válvulas de vías	86
2.4.7.6. Cilindros	88
2.5. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	93
2.6 HIPÓTESIS.....	93
2.7 SEÑALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	93

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE INVESTIGATIVO.....	95
3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.	95
3.2.1. Campo	96
3.2.2. Bibliográfica	96
3.2.3. Experimental.....	96
3.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN	96
3.3.1. Explicativo	96
3.3.2. Asociación de variables	97
3.3.3. Descriptivo	97
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	98
3.4.1. Variable independiente	98
3.4.2. Variable dependiente.....	99
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	100

3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	100
3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	100

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	102
4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	107
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	109

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	110
5.2 RECOMENDACIONES.....	112

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

|

6.1. DATOS INFORMATIVOS	113
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	114
6.3 JUSTIFICACIÓN	114
6.4. OBJETIVOS	115
6.5. FACTIBILIDAD	115
6.6. FUNDAMENTACIÓN.....	117
6.7. METODOLOGÍA.....	131
6.7.1. SIEMENS LOGO! 12/24 RC	133
6.7.2. Electroválvula Neumática impulsos (doble control) 5/2 VÍAS	133
6.7.3. Electroválvula Neumática 5/2 vías de control único.....	134
6.7.4. Switch-Pulsadores	134
6.7.5 Racores, T, manguera, silenciadores.	135
6.7.6 Sensor Fotoeléctrico.....	135
6.7.7 Relés.	136
6.7.8 Fuente de Poder.....	136
6.7.9 Unidad de mantenimiento.....	137

6.7.10 Gabinete	138
6.8. ADMINISTRACIÓN	138
6.8.1. Análisis de costos	138
6.8.2. Costos directos	138
6.8.3. Costos indirectos	139
6.8.4 Costo total del proyecto	140

MATERIALES DE REFERENCIA

1.- BIBLIOGRAFÍA

2.- ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

Figura 2.1. Esquema que muestra polímeros lineales y ramificados	09
Figura 2.2. Efecto de la temperatura en la estructura y en el comportamiento de los materiales termoplásticos	12
Figura 2.3. Efecto de la temperatura sobre el modulo de elasticidad en un polímero termoplástico amorfo. Nótese que T_g y T_m no están fijados.	13
Figura 2.4. Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo	23
Figura 2.5. Zonas de una extrusora y evolución de la presión a lo largo de las mismas.....	25
Figura 2.6. Disposición posible de los husillos en las extrusoras de doble husillo; giro contrario y giro en paralelo; diferentes grados de interpenetración de los tornillos.....	26
Figura 2.7. Tolva.....	27
Figura 2.8. Ejemplo de un tornillo de alimentación.....	27
Figura 2.9. Ejemplo de barril ventilado y tornillo que puede ser utilizado para procesar plástico hidróscopico como ABS, nylon, acrílico y otros. (Blow Molding Handbook).....	28
Figura 2.10. Tornillo de una extrusora	28
Figura 2.11. Plato rompedor.....	31
Figura 2.12. Plato rompedor.....	31
Figura 2.13. Diferentes tipos de productos obtenidos.....	32
Figura 2.14. Cabezal granulador.....	32
Figura 2.15. Diagrama de bloques.....	37
Figura 2.16. Representación las operaciones matemáticas de multiplicación y división.....	38
Figura 2.17. . Diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto.....	38

Figura 2.18. Esquema típico del diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto	39
Figura 2.19. Ejemplo de sistema en lazo abierto.....	40
Figura 2.20. Realimentación propiedad de un sistema en lazo cerrado...41	
Figura 2.21. Símbolo de comparadores.....	44
Figura 2.22. Distintas combinaciones de línea de actuación.....	44
Figura 2.23. Conexión en serie	45
Figura 2.24. Conexión en paralelo	45
Figura 2.25. Conexión en anillo con realimentación directa.....	45
Figura 2.26. Conexión en anillo con realimentación a través de un segundo elemento	46
Figura 2.27. Transposición de ramificaciones y nudos.....	46
Figura 2.28. El concepto básico del PLC: Una caja negra que interactúa con el exterior por medio de un grupo de entradas y salidas en diferente número.....	48
Figura 2.29. Muestra de programa representado en diagrama de escalera.....	55
Figura 2.30. Muestra de programación en lenguaje de alto nivel.....	55
Figura 2.31. Ejemplo de representación de una cantidad en sistema numérico decimal.....	62
Figura 2.32. Valor de las posiciones en el sistema numérico decimal.....	63
Figura 2.33. Ejemplo de representación de una cantidad en sistema numérico binario.....	65
Figura 2.34. Representación del valor de la posición en sistema numérico binario.....	65
Figura 2.35. Representación de una cantidad en sistema numérico octal.....	68

Figura 2.36. Representación del valor de las posiciones en el sistema numérico octal.....	68
Figura 2.37. Representación de una cantidad en sistema numérico hexadecimal.....	71
Figura 2.38. Representación del valor de las posiciones en el sistema numérico hexadecimal.....	71
Figura 2.39. Interruptor mecánico.....	75
Figura 2.40. Sensor Inductivo.....	75
Figura 2.41. Componentes del Sensor Inductivo.....	76
Figura 2.42. Sensor Capacitivo.....	76
Figura 2.43. Componentes del Sensor Capacitivo.....	77
Figura 2.44. Componentes del Sensor óptico.....	77
Figura 2.45. a) Componentes del Encoder. b) Encoder Óptico.....	79
Figura 2.46. Circuito básico.....	81
Figura 2.47. Partes del filtro de aire.....	84
Figura 2.48. Unidad de mantenimiento.....	85
Figura 2.49. Electroválvula 5/2 vías con una bobina.....	87
Figura 2.50. Mandos de cilindros por electroválvulas.....	88
Figura 2.51. Cilindros de simple efecto.....	89
Figura 2.52. Cilindro de doble vástago.....	89
Figura 2.53. Cilindro doble efecto.....	90
Figura 2.54. Cilindro doble efecto y doble vástago.....	90
Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso de extrusión de PVC recuperado.....	103
Figura 4.2. Gráfico de paros no planificados (tiempos muertos).....	105
Figura 4.3. Gráfico de producción.....	105
Figura 4.4. Gráfico de producción.....	107

Figura 6.1. SIEMENS LOGO! 12/24 RC.....	133
Figura 6.2. Electroválvula Neumática impulsos 5/2 VÍAS.....	134
Figura 6.3. Electroválvula Neumática 5/2 vías de control único.....	134
Figura 6.4. a. Switch b. Pulsador doble c. Pulsador tipo Hongo.....	135
Figura 6.5. a. Manguera para aire b. Racores c. T d. Silenciadores.....	135
Figura 6.6. Sensor Fotoeléctrico.....	136
Figura 6.7. Relé.....	136
Figura 6.8. Fuente de Poder.....	137
Figura 6.9. Unidad de mantenimiento.....	137
Figura 6.10. a. Gabinete b. Gabinete equipado con el sistema de control.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Rangos de temperatura de fusión y transición vítrea (°C) para polímeros termoplásticos y elastómeros seleccionado.....	15
Tabla 2.2. Un listado de unidades de repetición de 10 de los Materiales poliméricos más comunes.....	16
Tabla 2.3. Características fundamentales del autómeta programable PLC.....	48
Tabla 2.4. Ejemplo y especificaciones típicas del PLC.....	52
Tabla 2.5. Muestra de Programación en lista de instrucciones.....	54
Tabla 2.6. Ejemplos de direccionamiento en diferentes tipos de PLC.....	57
Tabla 2.7. Símbolos principales en la representación de tipo diagrama de escalera.....	58
Tabla 2.8. Símbolos utilizados para representar cantidades, utilizando el sistema numérico decimal.....	59

Tabla 2.9. Significado de los símbolos, individuales, del sistema numérico decimal	60
Tabla 2.10. Importancia de la posición asignada a cada símbolo.....	61
Tabla 2.11. Definición del valor de posición en el sistema numérico decimal.....	61
Tabla 2.12. Denominación clásica de las posiciones en el sistema numérico decimal.....	62
Tabla 2.13. Símbolos utilizados para representar cantidades en sistema numérico binario.....	63
Tabla 2.14. Significado de los símbolos individuales para representar cantidades en sistema numérico Binario.....	63
Tabla 2.15. Importancia de la posición para representar cantidades en sistema numérico binario	64
Tabla 2.16. Símbolos utilizados para representar cantidades en sistema numérico octal.....	65
Tabla 2.17. Significado de símbolos usados en el sistema numérico octal.....	66
Tabla 2.18. Importancia de la posición de los dígitos en el sistema numérico octal.....	67
Tabla 2.19. Símbolos individuales utilizados para representar cantidades en el sistema numérico hexadecimal.....	69
Tabla 2.20. Significado de los símbolos usados en el sistema numérico hexadecimal.....	69
Tabla 2.21. Importancia de la posición de los dígitos en el sistema hexadecimal.....	70
Tabla 2.22. Equivalencia entre código BCD y sistema decimal (conversión de 1 a 4 dígitos).....	73

Tabla 2.23. Equivalencia BCD a decimal, 1 a 4 dígitos, considerando unidades y decenas.....	73
Tabla 2.24. Equivalencia BCD a decimal, 1 a 4 dígitos, considerando unidades y decenas.....	74
Tabla 2.25. Fuerzas teóricas en cilindros de doble efecto.....	92
Tabla 4.1 Datos con el proceso manual.....	104
Tabla 4.2. Datos con el proceso automático.....	106
Tabla 6.1. Costos de materiales.....	139
Tabla 6.2. Costo total del proyecto.....	140

RESUMEN EJECUTIVO

Tema: “ESTUDIO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC RECUPERADO, PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”

Autor: Mario Hilaño

Tutor: Luis Escobar

Objetivo.- El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar un sistema que aporte al proceso de extrusión de PVC recuperado, para optimizar la producción en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A., lo que ayudará a reducir el inventario de PVC recuperado de colores.

Métodos- Para reducir el inventario de PVC recuperado eliminando paros de máquina (tiempos muertos), se ha construido un sistema electro neumático automático para cortar recuperado PVC en el proceso de extrusión, el mismo que está realizado con actuadores neumáticos, electroválvulas, sensores y además se ha incorporado un Modulo Lógico programable LOGO, con estos equipos el sistema funcione automáticamente.

Conclusión.- Con la construcción de un sistema electro neumático automático para cortar PVC recuperado, se ha llegado a optimizar la producción, eliminando los paros de máquina no programados (tiempos muertos), con lo que ese tiempo se convierte en producción de cada turno de trabajo.

Recomendación.- Antes de seleccionar un equipo para fines de automatización, como puede ser PLC, LOGO, sensores, contactores, relés, etc., hay que tener conocimiento claro de que se desea controlar, y con qué sensores se lo realiza, para no cometer errores al momento de las compras, ya que en el mercado tenemos controladores y sensores con diferentes características para diferentes usos y condiciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA

"Estudio del proceso de extrusión de PVC recuperado, para optimizar la producción en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A."

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contextualización

Por lo general los extrusores para PVC funcionan con sistemas automáticos de abastecimiento de PVC en polvo, por soplado, absorción o directamente de las mezcladoras a la tolva del extrusor, y para formar el granulado a la salida del extrusor se lo realiza por un cabezal granulador impulsado por un motor.

Actualmente en el país, hay diferentes empresas que se dedican a la elaboración de PVC, para diferentes fines, como es el calzado, tubería, o un sinnúmero de productos que pueden ser moldeados por este polímero termoplástico.

En la ciudad de Ambato existen empresas que se dedican a la producción de PVC, en las que su producción está apoyada de sistemas automáticos, ya que estos son de gran ayuda para optimizar la producción en serie, reducir los tiempo de paros de máquina dejando de lado los procesos manuales, para optar por procesos actualizados acordes a la tecnología actual.

El proceso de extrusión de PVC recuperado no es algo muy frecuente, pero se lo está realizando en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. con

un fin, para dar un solo color al recuperado ya que por tener diferentes colores no se lo puede utilizar directamente con material virgen ya que varía su color primario, el PVC recuperado por ser un material que ya ha sido utilizado por el proceso de inyección y que ha sido sometido a temperaturas de plastificación, no se lo puede extruir a la temperatura normal que un material recién mezclado ya que se puede quemar, por este motivo no se puede extruir con un cabezal granulador. Este proceso tiene como objetivo colorar el recuperado, hacer que el colorante se pegue uniformemente, el cual se está extrayendo del extrusor en forma de pequeños troncos, los que son cortados manualmente de la punta del extrusor, para luego pasar al proceso de molienda.

1.2.2. Análisis Crítico

A nivel empresarial el obtener un puesto reconocido está en base a que tan competitivos son, este ambiente impulsa a que se desarrollen acciones para mejorar sus procesos de producción con sistemas actualizados, optimizar el recurso humano y material, lo que ayuda a mejorar el producto elaborado y el servicio brindado. Pero no siempre se está tomando tanta atención ante estos requerimientos, actualmente el utilizar sistemas automáticos contribuye a la mejora del proceso, optimizar la producción, y el recurso humano, reducir el índice de paros de máquina lo que con sistemas manuales no se puede dar constantemente, ante este problema se ve la necesidad de implantar mejoras en los procesos, lo que ayudará para optimizar el proceso productivo en Plasticaucho Industrial S.A. ya que el compromiso del mejoramiento continuo impulsa a que la empresa apoye el desarrollo de cada proceso para continuar siendo competitivos.

1.2.3. Prognosis

Identificado el problema de producción en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. los efectos negativos que se podrían dar al no solucionar lo que se está viviendo sería: interrumpir la producción en serie por paros

de máquina planificados y no planificados, los que generan pérdidas económicas, inflación de inventarios de PVC recuperado por no poder consumir acorde a las expectativas, saturación del almacén, esto genera desorden lo cual es un punto negativo ante el orden y limpieza que es una de las políticas vigentes en la empresa.

1.2.4. Formulación del Problema.

¿Qué sistema aportará al proceso de extrusión de PVC recuperado, para optimizar la producción en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.?

1.2.5. Interrogantes

Preguntas directrices

- a. ¿Cómo influye el aumento del inventario de PVC recuperado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.?
- b. ¿Cuáles son los paros de máquina no programados (tiempos muertos)?
- c. ¿Cómo se excluirá los paros de máquina no programados (tiempos muertos), del proceso de extrusión de PVC recuperado?

1.2.6. Delimitación del objeto de investigación

1.2.6.1. Delimitación de contenido

El contenido científico está delimitado en las materias de:

- Control Industrial
- Neumática
- Diseño Mecánico

1.2.6.2. Delimitación Espacial

La investigación se realizará en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. y la Universidad técnica de Ambato de la provincia de Tungurahua, de ser necesaria la investigación se realizara en otras universidades de la provincia o fuera de ella.

1.2.6.3. Delimitación Temporal

El estudio se relazará en cuatro meses, de Abril a Julio 2011.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto nace del interés de resolver un problema presentado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. el cuál es la baja producción, a través del cual el estudiante tiene la oportunidad de llevar a la práctica los conocimientos aprendidos en la Universidad, con el interés especial de aportar con el desarrollo de la empresa mejorando su proceso de producción, y a su vez para realizar el proyecto necesario para terminar la carrera de Ingeniería Mecánica.

El mejoramiento continuo que viene realizando la empresa, ha dado la oportunidad de mejorar el proceso de extrusión de PVC recuperado, con lo que se optimizará la producción en este proceso, lo que significará el mejoramiento económico al poder consumir el PVC recuperado con el que cuenta la empresa, con esto aumentaría espacio físico en el área, el que puede ser utilizado para algún fin pendiente. Ya que la empresa está apoyando continuamente para el mejoramiento de sus procesos productivos especialmente con la implantación de algún sistema automático es factible realizar el proyecto, y para el cual se cuenta con fuentes bibliográficas adecuadas.

1.4. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.4.1. Objetivo General

- Establecer un sistema que aporte al proceso de extrusión de PVC recuperado para optimizar la producción en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Reducir el inventario de PVC recuperado de colores.
- Identificar los paros de máquina no programados (tiempos muertos).
- Eliminar paros de máquina no programados (tiempos muertos).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El reproceso del PVC es una de las prioridades de la empresa Plasticaucho Industrial S.A. ya que se cuenta con las máquinas para transformar el recuperado.

La variedad de productos y la gama de colores en los mismos, es el motivo por el que no todo el PVC recuperado puede ser utilizado directamente con material virgen ya que se da una variación en el color del PVC.

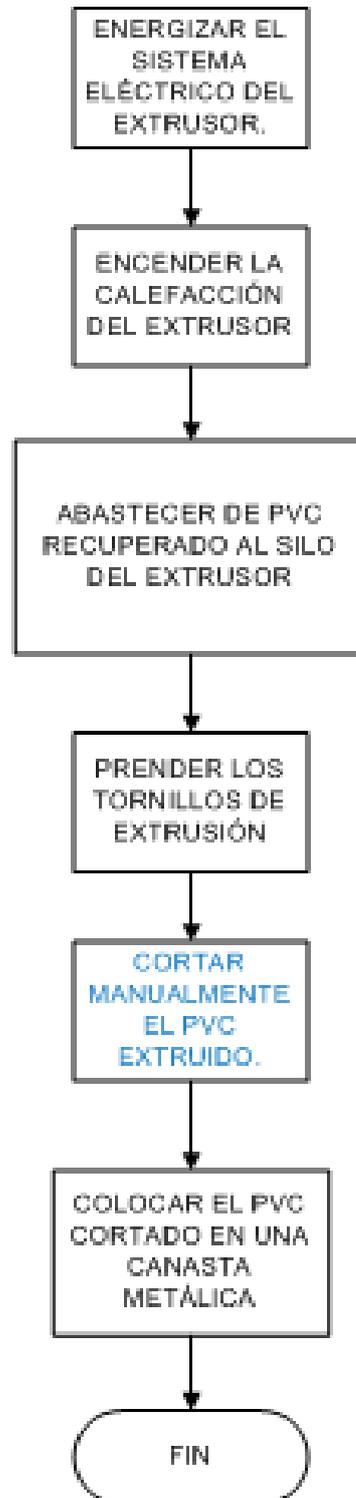
Por ello se ha implantado el proceso de extrusión del PVC recuperado de colores, con el objetivo que el PVC recuperado sea pigmentarlo a uno solo.

El crecimiento de la empresa tanto en maquinaria como en producción es el motivo por lo que el inventario de PVC recuperado ha crecido, lo que conlleva a ver opciones para automatizar el proceso ya que el corte de recuperado PVC se lo realiza manualmente.

Esto afecta directamente a la producción ya que un sistema manual siempre conlleva pérdidas, lo que se reduce con sistemas automáticos.

Diagrama de flujo del proceso de extrusión de PVC recuperado.

A continuación tenemos el diagrama de flujo del proceso de extrusión de PVC recuperado, como se está desarrollando actualmente.



2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El presente proyecto de investigación filosóficamente se ubica en un paradigma crítico positivista, crítico por el hecho de poder observar problemas, todo lo que está afectando al medio real en donde se desarrolla el estudio, para de un punto de vista positivo aportar para dar soluciones científicas encaminadas al cumplimiento de los objetivos, los que describen con claridad las metas y recursos para el cumplimiento proyecto.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

NORMA DIN ISO 1219

Esta norma contiene los símbolos gráficos y reglas numéricas y alfanuméricas para identificar los componentes neumáticos e hidráulicos, el uso de las normas internacionales facilita el estudio y mantenimiento de las instalaciones para no tener confusiones. (Anexo 1)

NORMA IEC 60617

Esta norma especifica la forma de preparar la documentación electrotécnica, los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos, diseñar los esquemas y montar los cuadros o equipos eléctricos. (Anexo 2)

2.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.4.1. Polímeros

El sufijo mero significa una “unidad”. En este contexto el término mero se refiere a un grupo unitario de átomos o moléculas que define un arreglo característico para un polímero. Un polímero es un material constituido al combinar varios meros o unidades. Los polímeros son materiales que consisten en moléculas gigantes o macromoléculas en cadena con pesos moleculares promedio de 10000 o más de 1000000 g/mol y que se forman al unir muchos meros o unidades mediante enlace químico. Se

define el peso molecular como la suma de las masas atómicas en cada molécula. La mayoría de los polímeros, sólidos o líquidos, son orgánicos basados en el carbono; sin embargo, también pueden ser inorgánicos (por ejemplo, siliconas basadas en una red de Si-O).

La polimerización es el proceso mediante el cual pequeñas moléculas de una sola unidad (conocida como monómeros) o de unas cuantas unidades (oligómeros) se unen químicamente para crear moléculas gigantes.¹

Clasificación de los Polímeros

Los polímeros se clasifican de varias formas distintas: según la síntesis de sus moléculas, según su estructura molecular o de acuerdo con la familia química a la que pertenecen. Una manera de clasificar a los polímeros es establecer si se trata de un **polímero lineal** o de un **polímero ramificado** (figura 2.1.). Un polímero lineal de cadenas moleculares en forma de espagueti. En un polímero ramificado hay cadenas primarias de polímero y cadenas más pequeñas secundarias (ramales) que nacen de las principales. Observe que, aun cuando decimos “lineales”, en realidad las cadenas no tienen forma de líneas recta.

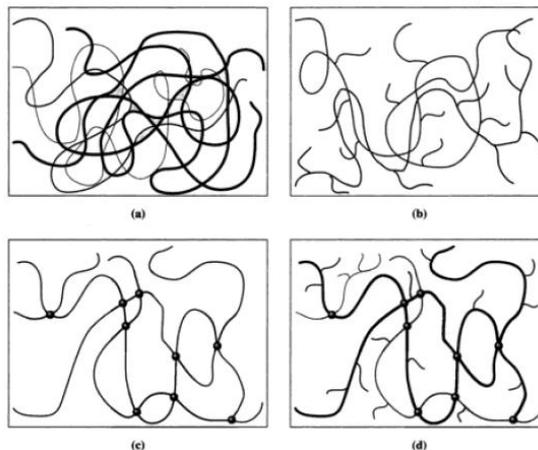


Figura 2.1. Esquema que muestra polímeros lineales y ramificados.¹
Fuente: Donald R. Askeland - CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES - 4^{ta} Edición 2004-MÉXICO

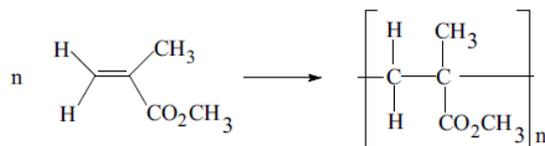
¹ Donald R. Askeland - CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES - 4^{ta} Edición 2004-MÉXICO

Nótese que la ramificación puede ocurrir en cualquier tipo de polímero (por ejemplo, termoplástico, termoestable y elastómero). (a) Polímero lineal no ramificado: obsérvese que las cadenas no forman líneas rectas y no están conectados. Se muestran diferentes cadenas poliméricas mediante diferentes tonos y diseños para mostrar claramente que cada una de las cadenas no está conectada con otra. (b) polímero lineal ramificado: las cadenas no están conectadas; sin embargo, tienen ramificaciones. (c) polímero termoestable sin ramificación: las cadenas están conectadas entre sí mediante enlace covalentes, pero no tienen ramificaciones. Los puntos de unión resaltan mediante círculos rellenos. (d) polímero termoestable que tiene ramificación y cadenas interconectadas mediante enlaces covalentes. Las distintas cadenas y ramificaciones aparecen en diferentes tonos para distinguirlas con mayor claridad. Los sitios donde las cadenas están realmente enlazadas aparecen con círculos rellenos.¹

También pueden clasificarse según su composición:

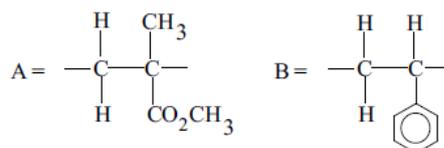
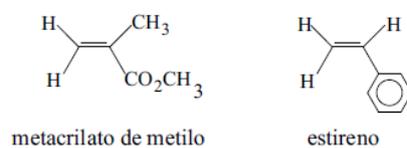
Homopolímeros: formados por una única unidad repetitiva.

Ej: polimetacrilato de metilo



Copolímeros: formados por más de una unidad repetitiva.

Ej: 2 monómeros:



Unidades repetitivas:

Estas unidades repetitivas pueden distribuirse de distintas maneras a lo largo de la cadena del polímero. Por ejemplo:

- al azar AABBBABABABBBAAABBBABBABABAB
- en forma alternada ABABABABABABABABAB
- en bloque AAAABBBAAAABBBAAAABBB²

Una mejor manera de describir los polímeros es en función de su comportamiento mecánico y térmico.¹

Los termoplásticos están formados de largas cadenas producidas al unir los monómeros; comúnmente se comportan de una manera plástica y dúctil. Las cadenas pueden o no estar ramificadas. Las cadenas individuales están entrelazadas. Entre los átomos de cadenas diferentes existen enlaces de van der Waals relativamente débiles. En los termoplásticos las cadenas se pueden desenlazar mediante la aplicación de un esfuerzo a la tensión. Los termoplásticos pueden ser amorfos o cristalinos. Al calentarse se ablandan y se funden. Se procesan en ciertas formas calentándose a temperaturas elevadas. Los termoplásticos se pueden reciclar fácilmente.¹

Los polímeros termoestables, están constituidos por largas cadenas (lineales o ramificadas), de moléculas que están fuertemente unidas por enlaces cruzados (entrelazados) para formar estructuras de redes tridimensionales. Los polímeros de red o termoestables se parece a un manojo de hilos que están tejidos entre sí en varios sitios y no enmarañados. Los termoestables por lo general son más resistentes, aunque más frágiles que los termoplásticos. Los termoestables no se funden al calentarse, sino que empiezan a desintegrarse. No son fáciles de reprocesar después que las reacciones de enlaces cruzados han tenido lugar y, por tanto, su reciclaje es difícil.¹

² <http://www.detextiles.com/files/ESTRUCTURA%20DE%20LOS%20POLIMEROS.pdf>

Elastómeros estos se conocen como hules. Tienen una deformación elástica >200%. Es posible que se trate de termoplásticos o de termoestables ligeramente entrelazados. Las cadenas poliméricas tienen forma de moléculas en espiral que se pueden estirar de manera reversible al aplicárselas una fuerza.

Los **elastómeros termoplásticos** son un grupo especial de polímeros; tienen la facilidad de procesamiento de los termoplásticos y el comportamiento elástico de los elastómeros.¹

Efecto de la temperatura sobre los termoplásticos

Las propiedades de los termoplásticos cambian en función de la temperatura. Es necesario saber la forma en que ocurren estos cambios, ya que pueden ayudarnos a a) diseñar mejores componentes y b) guiar el tipo de técnicas de procesamiento que deben utilizarse. Se pueden observar varias temperaturas y estructuras críticas, las cuales se resumen en las figuras 2.2 y 2.3.



Figura 2.2. Efecto de la temperatura en la estructura y en el comportamiento de los materiales termoplásticos.¹

Fuente: Donald R. Askeland - CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES - 4^{ta} Edición 2004-MÉXICO

Una vez que hayan enfriado por debajo de la temperatura de fusión, los materiales termoplásticos pueden ser amorfos o cristalinos (figura 2.). Con mayor frecuencia, los termoplásticos de ingeniería están formados por regiones amorfas y cristalinas. La cristalinidad en los materiales termoplásticos puede introducirse por temperaturas (enfriamiento lento) o mediante la aplicación de esfuerzos que desenmarañen cadenas. De manera similar al endurecimiento por dispersión de los materiales metálicos, la formación de regiones cristalinas en una matriz que, por lo demás, es amorfa ayuda a incrementar la resistencia de los termoplásticos. En los materiales termoplásticos comunes, las uniones dentro de las cadenas es covalente, pero las largas cadenas en espiral están “unidas” entre sí por débiles enlaces van der Waals y enmarañamiento. Cuando al termoplástico se le aplica un esfuerzo a la tensión, se puede superar la débil unión entre las cadenas, permitiendo que éstas giren y se deslicen una en relación con la otra. La facilidad con que dichas cadenas pueden deslizarse depende a la vez de la temperatura y de la estructura del polímero. ¹

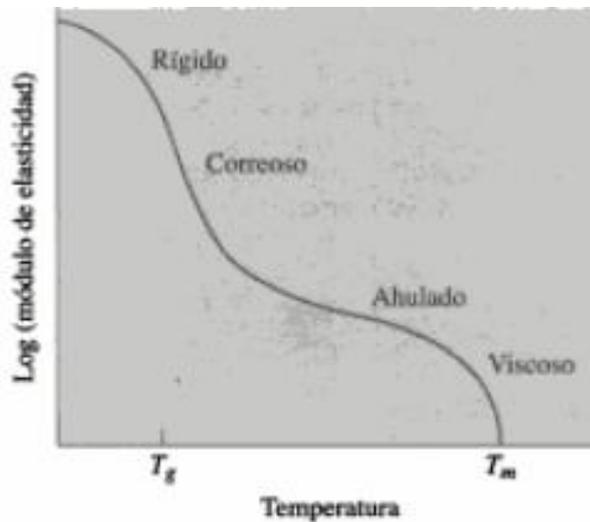


Figura 2.3. Efecto de la temperatura sobre el modulo de elasticidad en un polímero termoplástico amorfo. Nótese que T_g y T_m no están fijos. ¹

Fuente: Donald R. Askeland - CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES - 4^{ta} Edición 2004-MÉXICO

Temperatura de degradación

A temperaturas muy altas pueden destruirse los enlaces covalentes entre átomos dentro de la cadena lineal y el polímero puede quemarse o carbonizarse. En los polímeros termoplásticos, la descomposición se presenta en el estado líquido; en los termoestables, en el estado sólido. Esta temperatura T_d (que no aparecen la figura 3.) es la **temperatura de degradación** o de descomposición. Cuando los plásticos se queman, generan humo lo cual es peligroso. Algunos materiales agregados a los termoplásticos como, por ejemplo, la piedra caliza, el talco, la alúmina, etc. actúan como estabilizantes térmicos, es decir, del calor. Absorben el calor protegiendo la matriz polimérica. A fin de retardar la ignición de los polímeros, se agregan aditivos retardantes del fuego, como por ejemplo alúmina hidratada, materiales compuestos de antimonio o de halógenos (por ejemplo, Mg Br, P Cl₅). Algunos aditivos son retardantes del fuego al excluir el oxígeno pero generan gases dañinos y no son apropiados para ciertas aplicaciones.

La exposición a otras formas de productos químicos o de energías por ejemplo, oxígeno, radiación ultravioleta y ataques por bacterias también hace que el polímero se degrade o se **envejezca** lentamente, incluso a bajas temperaturas. El negro de carbono (hasta ~3%) es uno de los aditivos comúnmente usados para ayudar a mejorar la resistencia de los plásticos contra la degradación por rayos ultravioleta. ¹

Polímeros líquidos

Los materiales termoplásticos, por lo común, no se funden a una temperatura precisa. En vez de ello, existe, por lo general, un rango de temperaturas en el cual ocurre la fusión. Los rangos de fusión aproximados de los polímeros comunes aparecen en la tabla 2.1. A o por encima de la temperatura de fusión T_m , la unión entre las cadenas en espiral y entrelazadas es débil. Si se aplica una fuerza, las cadenas se deslizan una sobre otra y el polímero fluye sin virtualmente ninguna deformación elástica. ¹

Tabla 2.1. Rangos de temperatura de fusión y transición vítrea (°C) para polímeros termoplásticos y elastómeros seleccionados. ¹

Fuente: Donald R. Askeland - CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES - 4^{ta} Edición 2004-MÉXICO

Polímeros	Temperatura de fusión	Temperatura de transición vítrea (T_g)	Temperatura de procesamiento
Polímeros por adición			
Poliétileno de baja densidad (LD)	98–115	–90 a –25	149–232
Poliétileno de alta densidad (HD)	130–137	–110	177–260
Cloruro de polivinilo	175–212	87	
Polipropileno	160–180	–25 a –20	190–288
Poliestireno	240	85–125	
Poliacrilonitrilo	320	107	
Politetrafluoroetileno (teflón)	327		
Policlorotrifluoroetileno	220		
Polimetilmetacrilato (acrílico)		90–105	
Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	110–125	100	177–260
Polímeros por condensación			
Acetal	181	–85	
Nylon 6,6	243–260	49	260–327
Acetato de celulosa	230		
Policarbonato	230	149	271–300
Poliéster	255	75	
Poliétileno tereftalato (PET)	212–265	66–80	227–349
Elastómeros			
Silicona		–123	
Polibutadieno	120	–90	
Policloropreno	80	–50	
Polisopreno	30	–73	

2.4.2. Policloruro de Vinilo (PVC)

El Policloruro de vinilo (PVC) es un material sintético organoclorado y un miembro importante de la amplia familia de los polímeros termoplásticos. Las materias primas básicas son petróleo o gas natural (43%), del cual se extrae el etileno y la sal común de mesa (57%) de la cual se extrae el cloro. Por un proceso de síntesis entre ambas sustancias se logra el cloruro de vinilo, el que por polimerización irreversible da el policloruro de vinilo; en ninguna condición el polímero libera nuevamente el cloruro de vinilo.³

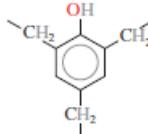
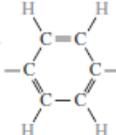
Por ser un polímero termoplástico por acción de la temperatura cambia su estado, de sólido a líquido para luego volver a sólido, según su composición esta dentro de los homopolímeros ya que está formado a partir de un solo monómero (unidad repetitiva).

³ <http://www.aapvc.org.ar/admin/archivosNoticias/73triptico-n%C2%B014.pdf>

Tabla 2.2. Un listado de unidades de repetición de 10 de los Materiales poliméricos más comunes.

Fuente: William D. Callister, Jr – Materials Science and Engineering – 7^{ma} Edición 2007-USA.⁴

Table 14.3 A Listing of Repeat Units for 10 of the More Common Polymeric Materials

Polymer	Repeat Unit
 Polyethylene (PE)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
 Poly(vinyl chloride) (PVC)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$
 Polytetrafluoroethylene (PTFE)	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$
 Polypropylene (PP)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$
 Polystyrene (PS)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
 Poly(methyl methacrylate) (PMMA)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$
 Phenol-formaldehyde (Bakelite)	
 Poly(hexamethylene adipamide) (nylon 6,6)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \\ -\text{N}-\text{C}-\text{N}-\text{C}-\text{N}-\text{C}-\text{N}-\text{C}- \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
 Poly(ethylene terephthalate) (PET, a polyester)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \\ -\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}- \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
 Polycarbonate (PC)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \\ -\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}-\text{O}-\text{C}- \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$
^b The  symbol in the backbone chain denotes an aromatic ring as 	

A este polímero termoplástico es necesario añadirle aditivos, plastificantes, elastificantes, cargas y otros polímeros para que adquiera las propiedades que permitan su utilización en las diversas aplicaciones.

⁴ William D. Callister, Jr – Materials Science and Engineering – 7^{ma} Edición 2007-USA.

Así, puede ser flexible o rígido; transparente, translúcido o completamente opaco; frágil o tenaz; compacto o espumado.

El PVC rígido no lleva aditivos plastificantes. El flexible o plastificado, sí los lleva.⁵

Características:

Su capacidad para admitir todo tipo de aditivos permite que pueda adquirir propiedades muy distintas y teniendo en cuenta su precio relativamente bajo le hace ser un material muy apreciado y utilizado para fabricar multitud de productos.

Ignífugo (con altas temperaturas los átomos de cloro son liberados, inhibiendo la combustión).

Resistente a la intemperie, no tóxico, impermeable y no quebradizo.

Buenas propiedades de aislamiento.

Fácil de manipular, se puede cortar, taladrar, clavar, enroscar, perforar, pegar.

Resistente a los agentes químicos y corrosivos.⁵

Compuestos plastificados “flexibles”

Los compuestos plastificados o blandos tienen incorporados distintos tipos de plastificantes, cuyas cantidades pueden ser variables de acuerdo a la dureza o flexibilidad deseada. Los artículos más comunes que encontramos producidos con este tipo de compuesto son los siguientes:³

- Aislación de hilos y filamentos metálicos.
- Aislación o vaina de cables.
- Mangueras para jardines.
- Mangueras de uso industrial.
- Perfiles y burletes para muebles, refrigeradores y automotores.
- Suelas, refuerzos y plantillas de calzado de uso general deportivo.
- Suelas de calzado de seguridad industrial.

⁵ <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseanzas-tecnicas/materiales-ii/contenidos/PLASTICOS.pdf>

- Sandalias y botas integrales.
- Guantes.
- Telas, lonas y cuerinas.
- Tubos para la dosificación de sangre y suero.
- Bolsas para sangre y hemoderivados.
- Productos médicos descartables.
- Filmes para embalar alimentos (vegetales, lácteos, fiambres y carnes).
- Filmes para cortinas de baño y manteles.
- Pisos, alfombras y revestimientos.
- Juguetes

Aditivos

En los compuestos plastificados, tiene vital importancia las características y cantidad del plastificante empleado ya que conferirá propiedades específicas al artículo final.

Los componentes requeridos pueden ser los siguientes: ³

- Plastificantes, entre los más usados mencionaremos: DOP; DIOP; DINP; DIDP; DOA.
- Estabilizantes siempre necesarios porque permiten el procesamiento del polímero y lo protegen térmicamente, prolongando a su vez su vida útil.
- Coestabilizantes como el aceite de soja epoxidado, que también tiene acción plastificante y agentes quelantes.
- Cargas. A base de carbonato de calcio producto de la molienda de piedra caliza, creta, calcita. Una variante es carbonato de calcio precipitado, de partículas más finas.
- Pigmentos, colorantes, antioxidantes, filtros UV, agentes espumantes, etc.

Preparación de los compuestos plastificados.

La composición más sencilla de los compuestos flexibles está constituida por policloruro de vinilo de alta capacidad de absorción de plastificante, plastificante específico y estabilizantes. Esta fórmula genérica correspondería a un compuesto cristal para filmes o tubuladuras.

Una descripción de fórmula similar con el agregado de cargas y pigmentos correspondería a un compuesto opaco para una vaina de cables, una manguera de jardín o una suela de calzado deportivo.

La preparación de los compuestos plastificados se realiza en **turbomezcladoras**, tendiendo a obtener mezclas homogenizadas lo más secas posibles. La dificultad se presenta en compuestos con altos contenidos de plastificantes.

Al contrario de los compuestos rígidos, aquellos que contienen plastificantes, en general se granulan por **extrusión** para facilitar su proceso hacia el artículo final.³

Procesos para la fabricación de artículos plastificados.

En la obtención de artículos de PVC a partir de compuestos plastificados, los procesos de fabricación tienen mayoritariamente su origen en sistemas de extrusión. Para producciones importantes de filmes y láminas también se recurre a calandras.³

Cables

La aislación de conductores y cables es una de las principales aplicaciones de PVC plastificado, cuya formulación aditivada específicamente mantiene las características intrínsecas del polímero como no propagante de la llama.³

El cabezal contiene una boquilla por la cual pasa el conductor, en un ángulo de 90° con respecto a la extrusora. Si el ángulo es de 45° se logra una mejor distribución de los sistemas de enfriamiento, tiraje y bobinado.

Perfiles y burletes

Las posibilidades de las diferentes formas geométricas que se pueden obtener en perfiles y burletes flexibles dependen del diseño de las matrices. A la salida del sistema de extrusión el material se enfría por inmersión o “spray” con agua.³

Tubos

Los tubos flexibles de múltiples usos incluyen entre otros las mangueras de riego bicolor y los reforzados con mallas de rayón o nylon que se logran por sistemas de coextrusión.

Los tubos transparentes de uso médico se obtienen por extrusión de compuestos de PVC con aditivos permitidos por las Farmacopeas Internacionales.³

Filmes

Los filmes plastificados de amplio uso para envolver alimentos frescos y cocidos se obtienen por extrusión soplada (hasta 100 micrones) con compuestos de PVC aditivados. Filmes de mayores espesores se emplean para la fabricación de juguetes inflables, cortinas para baños, manteles, indumentaria, tapicería para muebles y automotores, etc. Este tipo de producciones en general se apoyan en filmes obtenidos con sistemas de calandrado, los que algunos casos se laminan con otros de diferentes colores, se soportan con textiles, se gofran, o se imprimen.³

Calzado

Con inyectoras y moldes adecuados se obtienen suelas unitarias, calzados de seguridad y deportivos, sandalias, botas, etc. Empleando

compuestos de PVC de distinta dureza y características de acuerdo a los requerimientos del usuario.³

Plastisoles

Los plastisoles de PVC, generalmente conocidos como pastas, son dispersiones estables de partículas de polímeros en plastificantes. Para su proceso se agregan aditivos similares a los empleados en los compuestos plastificados. Las formulaciones para la obtención de los artículos que se pueden obtener con los plastisoles son el resultado de mucha experiencia.³

Telas compactas y espumadas

Por esparcido del plastisol sobre soportes especiales y recuperables luego de la gelificación de la pasta en hornos especiales se obtiene el conocido “cuero sintético” para tapicería, bolsos y equipajes, ropas deportivas y moda en general. En la mayoría de los casos este tipo de telas sintéticas incluyen un textil adecuado para darle mayor resistencia o mejor “tacto”, como en las destinadas a la confección de moda en general.³

Recubrimiento de papeles decorativos

Se realiza el esparcido del plastisol, de muy bajo espesor, sobre el papel impreso y se gelifica en hornos.³

“Dipping”

Proceso por el cual se sumerge una preforma en el plastisol, se gelifica y se obtiene el artículo (ej. guantes) recuperándose el molde.³

Moldeo rotacional

Se emplean moldes huecos cerrados que pueden abrirse en dos partes y rotan en dos ejes mientras el plastisol gelifica en un horno a 190°C. Se obtienen por este sistema pelotas y juguetes.³

2.4.3. Extrusión

En una definición amplia el proceso de extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida. Además de los plásticos, muchos otros materiales se procesan mediante extrusión, como los metales, cerámicas o alimentos, obteniéndose productos muy variados como son marcos de ventanas de aluminio o PVC, tuberías, pastas alimenticias, etc.

Desde el punto de vista de los plásticos, la extrusión es claramente uno de los procesos más importantes de transformación.

El proceso de extrusión de plásticos se lleva a cabo en máquinas denominadas extrusoras o extrusores.⁶

En la extrusión de polímeros, las materias primas en forma de partículas, gránulos o polvo termoplástico se colocan en una tolva y se alimentan al barril o cañón del extrusor. Este barril contiene un tornillo que mezcla las partículas y las transporta por el barril. La fricción interna debida a la acción mecánica del tornillo, junto con los calentadores que rodean al barril del extrusor, hacen calentar las pastillas y las licúan. Además, la acción del tornillo hace aumentar la presión en el barril.⁷

Para el caso más corriente de la extrusión de un polímero inicialmente sólido que funde en el proceso, la extrusora, y en concreto una de husillo único, puede realizar seis funciones principales:⁶

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión
- Fusión o plastificación del material
- Transporte o bombeo y presurización del fundido
- Mezclado
- Desgasificado

⁶ <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

⁷ <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/ME58A/1/.../15402>

- Conformado

Debe tenerse en cuenta que no todas las funciones anteriores tienen lugar necesariamente durante la operación de todas y cada una de las extrusoras. Por ejemplo, el desgasificado o venteo únicamente se produce en las máquinas preparadas para ello. Por otra parte, el conformado no tiene porque ser definitivo; en muchas ocasiones el producto obtenido adquiere su forma final en un proceso secundario puesto que las extrusoras se emplean con frecuencia para mezclar los componentes de formulaciones que se procesarán posteriormente mediante otras técnicas o bien para obtener preformas que serán procesadas mediante soplado o termoconformado.⁶

De acuerdo con las misiones que debe cumplir, una extrusora debe disponer de un sistema de alimentación del material, un sistema de fusión-plastificación del mismo, el sistema de bombeo y presurización, que habitualmente generará también un efecto de mezclado y finalmente, el dispositivo para dar lugar al conformado del material fundido. La figura 2.4 muestra, como ejemplo, una representación esquemática de una extrusora típica de husillo único.⁶

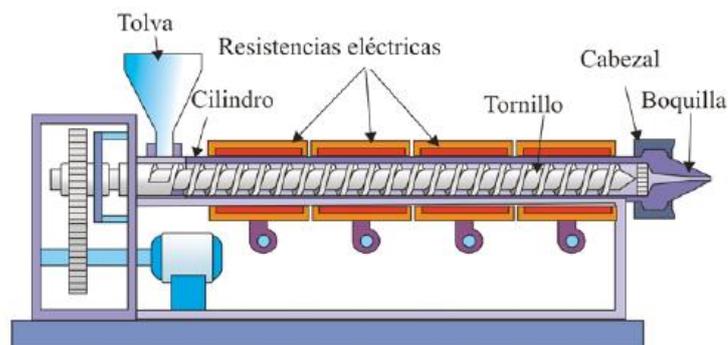


Figura 2.4. Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo.⁶

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

Como puede apreciarse el sistema de alimentación más habitual es una tolva, en la que el material a procesar se alimenta en forma de polvo o granza.

El dispositivo de fusión-plastificación, bombeo y mezclado está constituido por un tornillo de Arquímedes que gira en el interior de un cilindro calentado, generalmente mediante resistencias eléctricas. En la parte del cilindro más alejada de la tolva de alimentación se acopla un cabezal cuya boquilla de salida tiene el diseño adecuado para que tenga lugar el conformado del producto. La parte esencial de la máquina es el sistema cilindro-tornillo que, como consecuencia del giro, compacta el alimento sólido, da lugar a la fusión del material y lo transporta hacia la boquilla de conformado, produciendo al mismo tiempo la presurización y el mezclado del material.

Todas las extrusoras se consideran divididas en tres zonas que se pueden apreciar en la figura 2.5, junto con la evolución de la presión a lo largo de la extrusora. La zona de alimentación es la más cercana a la tolva, en la cual la profundidad del canal del tornillo es máxima. Tiene como objetivo principal compactar el alimento en una forma sólida densa y transportarlo hacia la siguiente zona a una velocidad adecuada. La zona de transición o compresión es la zona intermedia en la cual la profundidad del canal disminuye de modo más o menos gradual. Conforme el material sólido va compactándose en esta zona el aire que pudiera quedar atrapado escapa del material vía la tolva de alimentación. En la zona de transición, además, tiene lugar la fusión del material. La zona de dosificado se sitúa al final, en la parte más cercana a la boquilla y tiene una profundidad de canal muy pequeña y constante. En esta zona el material fundido es homogeneizado y presurizado para forzarlo a atravesar a presión la boquilla de conformado.

Hay que tener presente que esta asignación de funciones a cada una de las zonas de la extrusora no es estricta; por ejemplo, el transporte, presurización y homogeneización se producen a lo largo de todo la extrusora.

Las extrusoras actuales pueden operar entre 10 y 500 rpm y según su tamaño, pueden proporcionar caudales de 2000 kg/h de material. ⁶

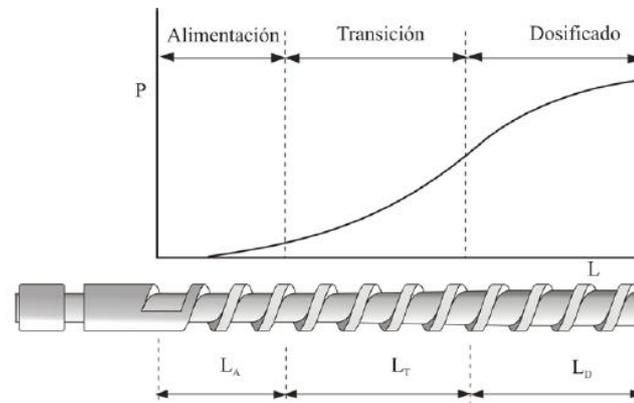


Figura 2.5. Zonas de una extrusora y evolución de la presión a lo largo de las mismas. ⁶

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

Existen otros tipos de extrusoras como son las extrusoras **multitornillo** que, como su nombre indica, poseen más de un tornillo. Entre éstas las más importantes son las de dos tornillos, dentro de las cuales existe gran variedad dependiendo de si los tornillos tienen giro contrario (lo más corriente ya que generan mayor fuerza de cizalla) o paralelo, y del grado de interpenetración entre los mismos. En la figura 2.6 se muestran algunas variantes posibles. Las extrusoras de dos tornillos presentan posibilidades que a menudo superan en gran medida a las de un solo tornillo. Entre las ventajas que presentan se incluye una buena capacidad de mezclado y desgasificación, y un buen control del tiempo de residencia y de su distribución. Algunas desventajas de estas extrusoras son su precio, superior al de las de tornillo único y el hecho de que sus prestaciones son difíciles de predecir. ⁶

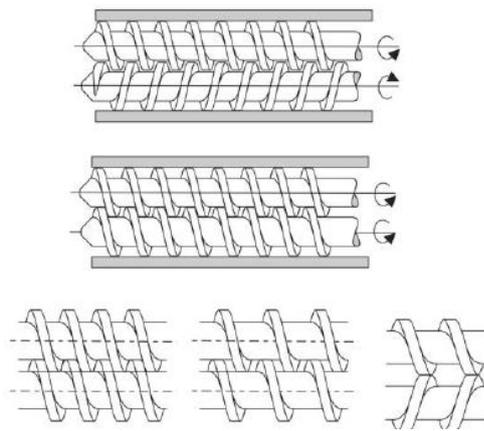


Figura 2.6. Disposición posible de los husillos en las extrusoras de doble husillo; giro contrario y giro en paralelo; diferentes grados de interpenetración de los tornillos. ⁶

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

2.4.3.1 Partes de un extrusor

Tolva

La tolva es el componente del extrusor de diseño más simple, aunque no por eso de menor importancia. El material debe ser el suficiente para que se tenga una alimentación constante al sistema y este se mantenga trabajando de manera ininterrumpida.

Como elemento de seguridad se coloca, por lo regular, una trampa magnética en la parte inferior, la cual evita que partículas metálicas que estén mezcladas con el material entren al sistema, pudiendo dañar el tornillo o el barril. ⁸

Las entradas de materiales a la extrusora en la base de la tolva tienen que ser muy bien refrigeradas por agua, a efecto que dichos materiales no se apelmacen y dejen siempre el pasaje del material libre y a su vez impidan que el material y/o gases muy calientes retrocedan por la presión interna dentro del cilindro.

⁸ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo3.pdf

Esto es muy importante, y hay que revisar estas partes con mucha asiduidad ya que es la base de un buen funcionamiento.⁹



Figura 2.7. Tolva.⁹

Fuente: <http://www.megaplastic.com/archivos/reciclado-plasticos-espanol.pdf>

En ocasiones para asegurar el flujo constante del material se usan dispositivos de vibración, agitadores e incluso tornillos del tipo del que se muestra en la figura 2.8.

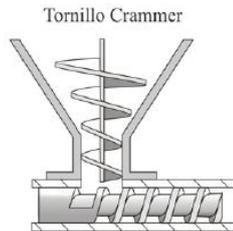


Figura 2.8. Ejemplo de un tornillo de alimentación.⁶

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

Barril de extrusión (cilindro)

El barril básicamente es un cilindro hueco de gran espesor, para que pueda soportar las presiones generadas en su interior por el husillo y el plástico. Se encarga de transmitir el calor de las resistencias al polímero, que en este caso es polietileno.

El barril debe tener una ranura para la alimentación de material o en ciertas ocasiones se le puede agregar una pieza que se acopla al barril y

⁹ <http://www.megaplastic.com/archivos/reciclado-plasticos-espanol.pdf>

sirve como entrada de material; en algunos casos se le agrega una ranura de ventilación (ver Figura 2.9), la cual permite el escape de vapores que se generan cuando se procesan plásticos hidrocópicos, es decir, que contienen agua, aunque en la actualidad es más utilizado un sistema externo de secado, lo cual resulta más factible. ⁸

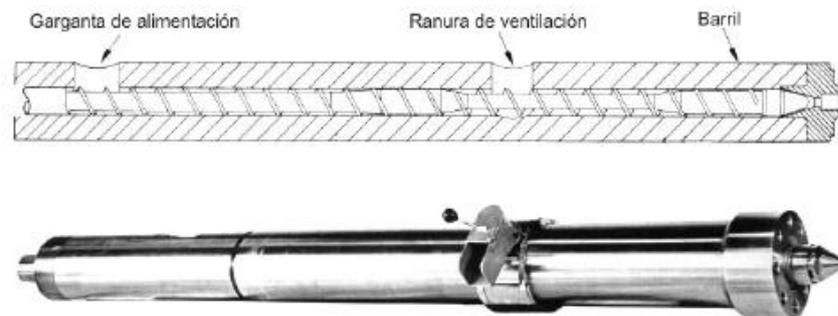


Figura 2.9. Ejemplo de barril ventilado y tornillo que puede ser utilizados para procesar plástico hidrocópico como ABS, nylon, acrílico y otros. (Blow Molding Handbook). ⁸

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo3.pdf

El Tornillo de Extrusión

El tornillo o husillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal (figura 2.10). El tornillo es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes en el diseño del tornillo son su longitud (L), diámetro (D), el ángulo del filete (θ) y el paso de rosca (w). ⁶

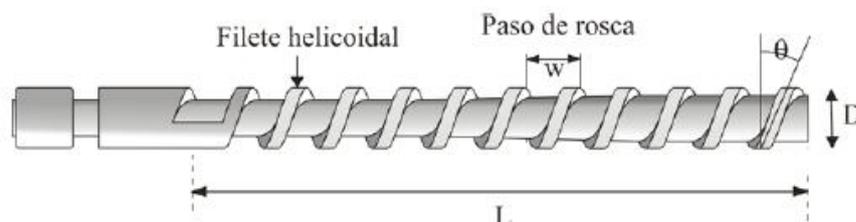


Figura 2.10. Tornillo de una extrusora. ⁶

Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

El material se va presurizando a medida que avanza por el tornillo, comenzando con presión atmosférica en la tolva y aumentando hasta la salida por la boquilla. La sección de paso del tornillo no es constante, sino que es mayor en la zona de alimentación (mayor profundidad de canal).

Normalmente el tornillo no viene acompañado de ningún sistema de calentamiento o enfriamiento, aunque en algunos casos se emplean tornillos huecos por los que se hace circular un fluido refrigerante o calefactor.

Los materiales termoplásticos que se usan en el proceso de extrusión difieren notablemente entre sí. La elasticidad, calor específico, coeficiente de fricción, temperatura de fusión, viscosidad del fundido, etc., cubren un amplio rango de valores, y puesto que todas estas propiedades tienen su importancia en el momento de diseñar el tornillo, es lógico que sea necesario utilizar diferentes tipos de tornillos para trabajar adecuadamente cada material. En la práctica es muy raro que un tornillo determinado sea adecuado para trabajar con materiales muy diversos; de hecho, cada tornillo se diseña o elige para trabajar con una determinada combinación boquilla/material.⁶

Sistema de calentamiento

Hay dos fuentes de calor en el barril para poder llevar el plástico a una temperatura deseada. Primero está el calor que se transmite por medio del barril y que por lo regular es generado por resistencias eléctricas, el otro es generado mediante la fricción causada por el tornillo y el material.

Durante los primeros ciclos de la máquina, la mayor cantidad de calor proviene de las resistencias; una vez que ya se está corriendo el ciclo de forma constante, la fricción del tornillo genera una buena parte del calor,

aunque las resistencias se deben mantener funcionando para tener un control preciso de la temperatura en el proceso.

Las resistencias eléctricas tienen forma de banda y se colocan alrededor del barril. Existen diferentes tipos de resistencias, entre las más comunes están la de núcleo de silicatos, núcleo cerámico y núcleo de fundición de aluminio. Su nombre lo reciben por el aislamiento que utilizan, siendo las de núcleo cerámico las que tienen un mejor funcionamiento.

El control de estas resistencias se realiza por medio de termopares, los cuales están hechos de un material sensible a la temperatura, son colocados en el interior del barril para tener una medición real de la temperatura en el metal. Los termopares son conectados a sistemas de medición de temperatura conocido como pirómetros, este sistema tiene como función monitorear la temperatura y realizar diferentes acciones, ya sea para aumentar o reducir el calor generado por la resistencia.⁸

Plato Rompedor Y Filtros

El plato rompedor se encuentra al final del cilindro. Se trata de un disco delgado de metal con agujeros, como se muestra en la figura 2.11. El propósito del plato es servir de soporte a un paquete de filtros cuyo fin principal es atrapar los contaminantes para que no salgan con el producto extruido. Los filtros además mejoran el mezclado y homogenizan el fundido. Los filtros van apilados delante del plato rompedor, primero se sitúan los de malla más ancha, reduciéndose el tamaño de malla progresivamente. Detrás se sitúa un último filtro también de malla ancha y finalmente el plato rompedor que soporta los filtros.

Conforme se ensucian las mallas es necesario sustituirlas para evitar una caída de presión excesiva y que disminuya la producción. Por ello, el diseño del plato debe ser tal que pueda ser reemplazado con facilidad.⁶

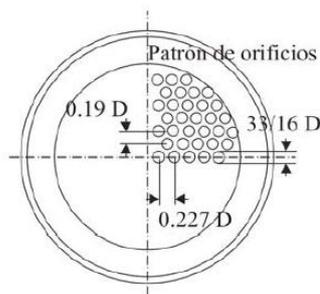


Figura 2.11. Plato rompedor.⁶
Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

Cabezal y Boquilla

El cabezal es la pieza situada al final del cilindro, que se encuentra sujetando la boquilla y por lo general manteniendo el plato rompedor. Generalmente va atornillado al cilindro. El perfil interno del cabezal debe facilitar lo más posible el flujo del material hacia la boquilla. La figura 2.12 muestra un sistema cabezal-boquilla de forma anular. En la figura el material fluye del cilindro a la boquilla a través del torpedo, situado en el cabezal. La sección transversal de los soportes del torpedo se diseña para proporcionar el flujo de material a velocidad constante.⁶

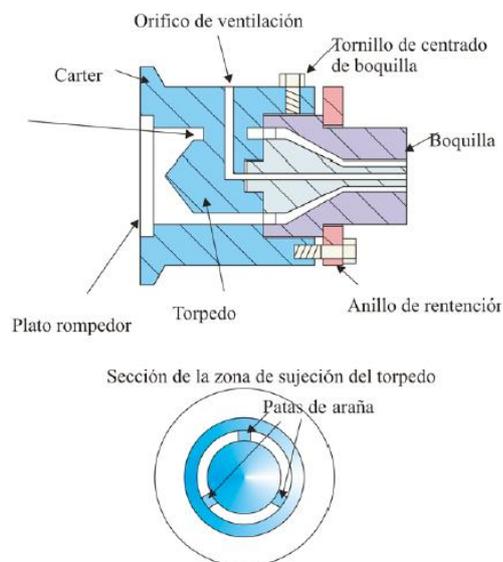
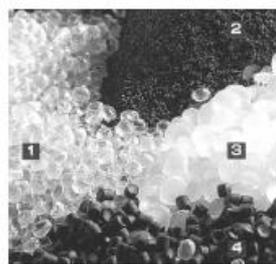


Figura 2.12. Plato rompedor.⁶
Fuente: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

Cabezal de corte

Estos cabezales son los que generarán el producto final, o sea, los pellets (perlas) de material recuperado.

Hoy en día hay cabezales de “corte en cabeza” que no requieren la batea de enfriamiento y obtienen un corte parejo, a diferencia del tipo “garlopa” o “engranaje cortante”, permitiendo trabajar en un circuito casi cerrado que por chorro de aire, seca el material y lo impulsa a una tolva embolsadora. Con los cabezales de corte en cabeza bajo agua, pasa lo mismo, uno se ahorra de exponer el material al baño de agua y al corte imperfecto del cortador tipo garlopa. Los baños de agua no son malos, se deben controlar y deben tener un tiraje correcto y un ordenador de fideos para que entren parejos en la boca de la pelletizadora tipo garlopa que tiene una cuchilla fija y dos o tres giratorias.⁹



Diferentes tipos de productos obtenidos:

1. Pellets circulares hechos con cabezal bajo agua
2. Microgránulos (hechos bajo agua)
3. Lentejas de material recuperado
4. Pellets de fideos hechos con cabezal de corte tipo garlopa.

Figura 2.13. Diferentes tipos de productos obtenidos.⁹

Fuente: <http://www.megaplastic.com/archivos/reciclado-plasticos-espanol.pdf>



Figura 2.14. Cabezal granulador.

Fuente: http://www.bausano.it/pdf/bausano_serie_granulazione_09.pdf extrusor catalogo¹⁰

¹⁰ http://www.bausano.it/pdf/bausano_serie_granulazione_09.pdf extrusor catalogo

2.4.4. Sistemas Automáticos

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.¹¹

El objetivo de la automatización es:

- Aumento de la productividad y precisión de la maquinaria.
- Simplificar su nivelación y aumentar la eficiencia del operador.
- Reducir la mano de obra y la pérdida por tiempo de inactividad en las comprobaciones de nivel.
- Ahorrar material con mayor precisión.¹²

Actualmente, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo.

Para explicar el fundamento de un sistema de control se puede utilizar como ejemplo un tirador de arco. El tirador mira a la diana, apunta y dispara. Si el punto de impacto resulta bajo, en el próximo intento levantará más el arco; si la flecha va alta, en la siguiente tirada bajará algo más el arco; y así sucesivamente, hasta que consiga la diana. El tirador sería el elemento de mando (da las órdenes de subir o bajar el brazo) y su brazo el elemento actuador.

En el ejemplo expuesto se observa que el objetivo se asegura mediante el método de prueba y error. Lógicamente los sistemas de control, al ser

¹¹http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

¹² http://www.al-top.com/web/PDF_files/Sistemas_control.pdf

realizados por ordenadores o por otros medios analógicos, son más rápidos que en el caso del tirador.

Se puede mejorar el modelo sustituyendo el tirador por un soldado con un arma láser, que está continuamente disparando. El soldado es el elemento de mando en el sistema, y la mano con la que se sostiene el arma el elemento actuador.

En automática se sustituye la presencia del ser humano por un mecanismo, circuito eléctrico, circuito electrónico o, más modernamente por un ordenador. El sistema de control será, en este caso automático.

Un ejemplo sencillo de sistema automático lo constituye el control de temperatura de una habitación por medio de un termostato, en el que se programa una temperatura de referencia que se considera idónea. Si en un instante determinado la temperatura del recinto es inferior a la deseada, se producirá calor, lo que incrementará la temperatura hasta el valor programado, momento en que la calefacción se desconecta de manera automática.¹¹

Necesidad y aplicaciones de los sistemas automáticos de control

En la actualidad los sistemas automáticos juegan un gran papel en muchos campos, mejorando nuestra calidad de vida:

En los procesos industriales:

- Aumentando las cantidades y mejorando la calidad del producto, gracias a la producción en serie y a las cadenas de montaje.
- Reduciendo los costes de producción.
- Fabricando artículos que no se pueden obtener por otros medios.
- En los hogares: Mejorando la calidad de vida. Podríamos citar desde una lavadora hasta un control inteligente de edificios.
- Para los avances científicos: Un claro ejemplo lo constituyen las misiones espaciales.

- Para los avances tecnológicos: por ejemplo en automoción es de todos conocidos los limpiaparabrisas inteligentes, etc.

Como se puede observar las aplicaciones son innumerables. De esta manera surge toda una teoría, La Regulación Automática, dedicada al estudio de los sistemas automáticos de control. ¹¹

2.4.4.1. Conceptos

Variables del sistema: son todas las magnitudes, sometidas a vigilancia y control, que definen el comportamiento de un sistema (velocidad, temperatura, posición, etc.).

Entrada: es la excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, con el fin de provocar una respuesta.

Salida: es la respuesta que proporciona el sistema de control.

Sistema: es un conjunto de elementos interrelacionados capaces de realizar una operación dada o de satisfacer una función deseada.

Entrada de mando: señal externa al sistema que condiciona su funcionamiento. Señal de referencia: es una señal de entrada conocida que nos sirve para calibrar al sistema.

Señal activa: también denominada señal de error. Representa la diferencia entre la señal de entrada y la realimentada.

Unidad de control: gobierna la salida en función de una señal de activación.

Unidad de realimentación: está formada por uno o varios elementos que captan la variable de salida, la acondicionan y trasladan a la unidad de comparación.

Actuador: es un elemento que recibe una orden desde el regulador o controlador y la adapta a un nivel adecuado según la variable de salida necesaria para accionar el elemento final de control, planta o proceso.

Transductor: transforma una magnitud física en otra que es capaz de interpretar el sistema.

Amplificador: nos proporciona un nivel de señal procedente de la realimentación, entrada, comparador, etc., adecuada al elemento sobre el que actúa.

De acuerdo con su naturaleza los sistemas de control pueden ser:

Sistemas naturales: por ejemplo la transpiración o control de la temperatura del cuerpo humano. La entrada del sistema es la temperatura habitual de la piel, y la salida, su temperatura actual. Si esta última es elevada, la sudoración aumenta para que, por evaporación, se produzca un enfriamiento de la piel. A medida que la temperatura va decreciendo, se va disminuyendo la secreción de sudor.

Sistemas realizados por el hombre: por ejemplo el control de temperatura mediante termostato. La entrada del sistema es la temperatura de referencia que se considera idónea y se programa en el termostato; y la salida del sistema es la temperatura de una habitación. Si la temperatura de salida es menor que la de entrada, se producirá calor hasta conseguir que la temperatura de la habitación sea igual a la de referencia, momento en que la calefacción se desconecta de modo automático.

Sistemas mixtos: son mezcla de los anteriores. Un ejemplo sería una persona que maneja un automóvil. La entrada es la dirección de la carretera, y la salida la dirección del automóvil. Por medio del cerebro, los

ojos, las manos....., y también el vehículo, el conductor controla y corrige la salida para ajustarla a la entrada. Otro ejemplo sería el de una persona que se está duchando. La entrada sería la temperatura ideal del agua de la ducha, y la salida es la temperatura a la que realmente se encuentra el agua. La persona abre o cierra los grifos de agua fría y caliente, ejerciendo control sobre la temperatura del agua. ¹¹

2.4.4.2. Representación de los sistemas de control y diagramas de bloques

Un proceso o sistema de control es un conjunto de elementos interrelacionados capaces de realizar una operación dada o de satisfacer una función deseada.

Los sistemas de control se pueden representar en forma de diagramas de bloques, en los que se ofrece una expresión visual y simplificada de las relaciones entre la entrada y la salida de un sistema físico.

A cada componente del sistema de control se le denomina elemento, y se representa por medio de un rectángulo.

El diagrama de bloques más sencillo es el bloque simple, que consta de una sola entrada y de una sola salida. ¹¹



Figura 2.15. Diagrama de bloques ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

La interacción entre los bloques se representa por medio de flechas que indican el sentido de flujo de la información.

En estos diagramas es posible realizar operaciones de adición y de sustracción, que se representan por un pequeño círculo en el que la salida es la suma algebraica de las entradas con sus signos. También se pueden representar las operaciones matemáticas de multiplicación y división como se muestra en la siguiente figura: ¹¹

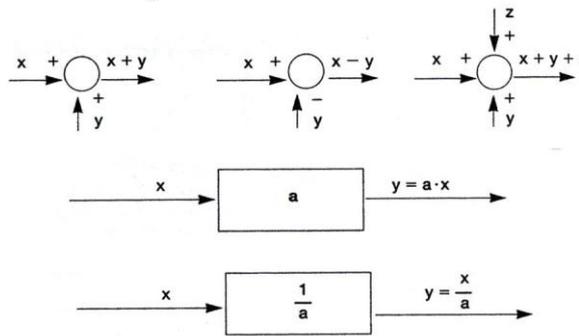


Figura 2.16. Representación las operaciones matemáticas de multiplicación y división. ¹¹

Fuente: http://www.al-top.com/web/PDF_files/Sistemas_control.pdf

Tipos de sistemas de control

Los sistemas de regulación se pueden clasificar en:

Sistemas de bucle o lazo abierto: son aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida.

Sistemas de bucle o lazo cerrado: son aquellos en los que la acción de control depende en cierto modo, de la salida. ¹¹

2.4.4.3. Sistemas de control en lazo abierto

Un sistema de control en lazo o bucle abierto es aquél en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada. La exactitud de estos sistemas depende de su calibración, de manera que al calibrar se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada. ¹¹

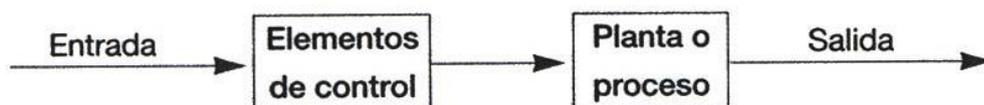


Figura 2.17. Diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

El sistema se controla bien directamente, o bien mediante un transductor y un actuador. El esquema típico del sistema será, en este caso:

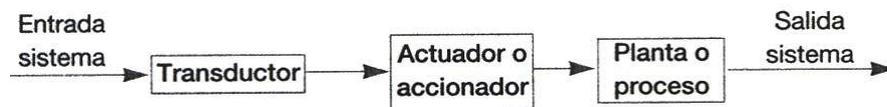


Figura 2.18. Esquema típico del diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

El transductor modifica o adapta la naturaleza de la señal de entrada al sistema de control.

En el caso del sistema de control de la temperatura de una habitación, para que sea un sistema abierto es necesario que no exista termostato, de manera que siga funcionando permanentemente. La entrada del sistema sería la temperatura ideal de la habitación; la planta o proceso sería la habitación y la salida sería la temperatura real de la habitación. El transductor podría ser un dial en el que definamos el tiempo de funcionamiento y el actuador el propio foco de calefacción (caldera o radiador).

El actuador o accionado modifica la entrada del sistema entregada por el transductor (normalmente amplifica la señal).

Una lavadora automática sería un claro ejemplo de sistema de control en lazo abierto. La blancura de la ropa (señal de salida) no influye en la entrada. La variable tiempo presenta una importancia fundamental: si está bien calibrada, cada proceso durará el tiempo necesario para obtener la mejor blancura.

Otro ejemplo de sistema en lazo abierto sería el alumbrado público controlado por interruptor horario. El encendido o apagado no depende de la luz presente, sino de los tiempos fijados en el interruptor horario. ¹¹

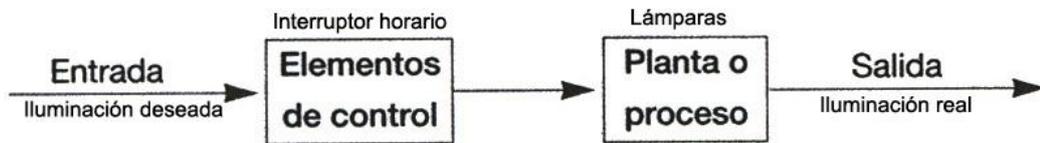


Figura 2.19. Ejemplo de sistema en lazo abierto. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

Como vemos los sistemas de lazo abierto dependen de la variable tiempo y la salida no depende de la entrada.

El principal inconveniente que presentan los sistemas de lazo abierto es que son extremadamente sensibles a las perturbaciones. Por ejemplo si en una habitación se ha conseguido una temperatura idónea y se abre una puerta o ventana (perturbación) entraría aire frío, de manera que el tiempo necesario para obtener dicha temperatura sería diferente. ¹¹

2.4.4.4. Sistemas de control en lazo cerrado

Si en un sistema en lazo abierto existen perturbaciones, no se obtiene siempre la variable de salida deseada. Conviene, por tanto, utilizar un sistema en el que haya una relación entre la salida y la entrada.

Un sistema de control de lazo cerrado es aquél en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada. Para esto es necesaria que la entrada sea modificada en cada instante en función de la salida. Esto se consigue por medio de lo que llamamos realimentación o retroalimentación (feedback).

La realimentación es la propiedad de un sistema en lazo cerrado por la cual la salida (o cualquier otra variable del sistema que esté controlada) se compara con la entrada del sistema (o una de sus entradas), de manera que la acción de control se establezca como una función de ambas. A veces también se le llama a la realimentación transductor de la señal de salida, ya que mide en cada instante el valor de la señal de salida y proporciona un valor proporcional a dicha señal. ¹¹

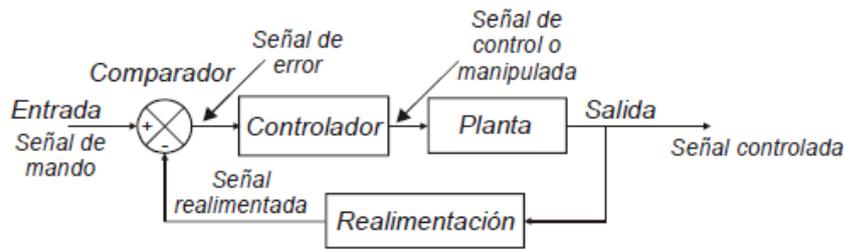


Figura 2.20. Realimentación propiedad de un sistema en lazo cerrado. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

El controlador está formado por todos los elementos de control y a la planta también se le llama proceso.

En este esquema se observa cómo la salida es realimentada hacia la entrada. Ambas se comparan, y la diferencia que existe entre la entrada, que es la señal de referencia o consigna (señal de mando), y el valor de la salida (señal realimentada) se conoce como error o señal de error. La señal que entrega el controlador se llama señal de control o manipulada y la entregada por la salida, señal controlada.

El error, o diferencia entre los valores de la entrada y de la salida, actúa sobre los elementos de control en el sentido de reducirse a cero y llevar la salida a su valor correcto. Se intenta que el sistema siga siempre a la señal de consigna.

Pueden suceder dos casos:

- **Que la señal de error sea nula.** En este caso la salida tendrá exactamente el valor previsto.

- **Que la señal de error no sea nula.** Esta señal de error actúa sobre el elemento regulador que a su salida proporciona una señal que, a través del elemento accionador, influye en la planta o proceso para que la salida alcance el valor previsto y de esta manera el valor se anule.

En el ejemplo de control de temperatura de una habitación, el sistema, planta o proceso es la habitación que se quiere calentar, el transductor

puede ser un dial con el que se define el grado de calentamiento, el actuador o accionador una caldera o un radiador y el captador puede ser un termómetro. Este último actúa como sensor midiendo la temperatura del recinto, para que pueda ser comparada con la de referencia.

El regulador o controlador es el elemento que determina el comportamiento del bucle, por lo que debe ser un componente diseñado con gran precisión. Es el cerebro del bucle de control.

Mientras que la variable controlada se mantenga en el valor previsto, el regulador no actuará sobre el elemento accionador. Pero si el valor de la variable se aleja del prefijado, el regulador modifica su señal, ordenando al accionador que actúe sobre la planta o proceso, en el sentido de corregir dicho alejamiento. El termostato del ejemplo anterior realizaría esta función.

Los sistemas en lazo cerrado son mucho menos sensibles a las perturbaciones que los de lazo abierto, ya que cualquier modificación de las condiciones del sistema afectará a la salida, pero este cambio será registrado por medio de la realimentación como un error que es en definitiva la variable que actúa sobre el sistema de control. De este modo, las perturbaciones se compensan, y la salida se independiza de las mismas. ¹¹

2.4.4.5. Análisis de la respuesta de un sistema de regulación

El régimen normal de funcionamiento de un sistema no se produce inmediatamente después de aplicarle una entrada determinada, pues en el cambio ocurren una serie de fenómenos transitorios. Por lo tanto, en la respuesta de un sistema a lo largo del tiempo se pueden distinguir:

- Respuesta transitoria.
- Respuesta permanente.

Una respuesta permanente es la que ofrece un sistema en el momento en que sus variables se han estabilizado y presentan un valor normal de funcionamiento.

Una respuesta transitoria es la que se produce en un sistema hasta llegar la respuesta permanente y que, por lo tanto, presenta sus variables sin estabilizar. Esta parte de la respuesta tiende a anularse a medida que transcurre el tiempo. La respuesta transitoria no debe ser ni brusca ni muy lenta. La respuesta transitoria da una idea de estabilidad y rapidez del sistema, mientras que la respuesta permanente da una idea de la precisión del sistema. ¹¹

2.4.4.6. Tipos de sistemas

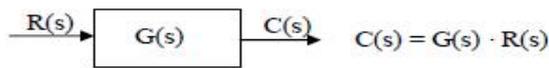
Se denomina orden de un sistema al correspondiente a su función característica. Según esto nos podemos encontrar:

- Sistemas de orden cero: su función de transferencia no tiene ningún polo.
- Sistemas de primer orden: su función de transferencia tiene un polo.
- Sistemas de segundo orden: su función de transferencia tiene dos polos.
- Sistemas de orden superior: su función de transferencia tiene más de dos polos. ¹¹

2.4.4.7. Diagramas de Bloques

Un bloque es una representación gráfica de la relación causa-efecto existente entre la entrada

y la salida de un sistema físico. El bloque se representa mediante un rectángulo que contiene el nombre o la descripción del elemento, o la operación matemática que se ejecuta sobre la entrada para obtener la salida.



Comparadores

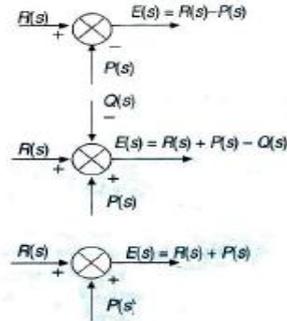


Figura 2.21. Símbolo de comparadores. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

2.4.4.8. Combinación entre líneas de actuación

La interacción entre bloques viene representada por líneas de actuación que llevan en su extremo una flecha que indica el sentido del flujo.

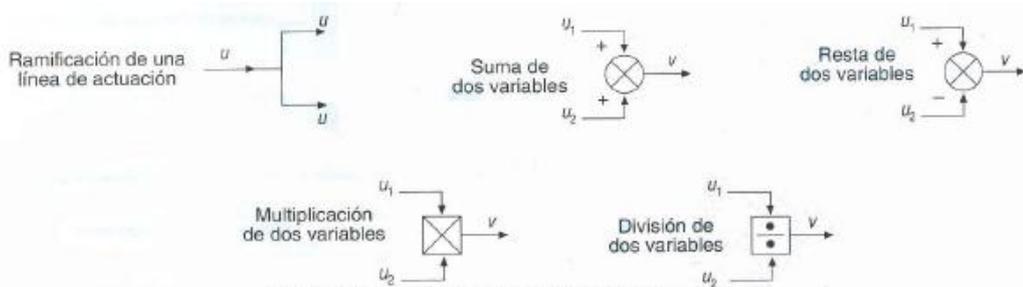


Figura 2.22. Distintas combinaciones de línea de actuación. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

Combinaciones básicas de bloques:

2.4.4.9. Conexión serie

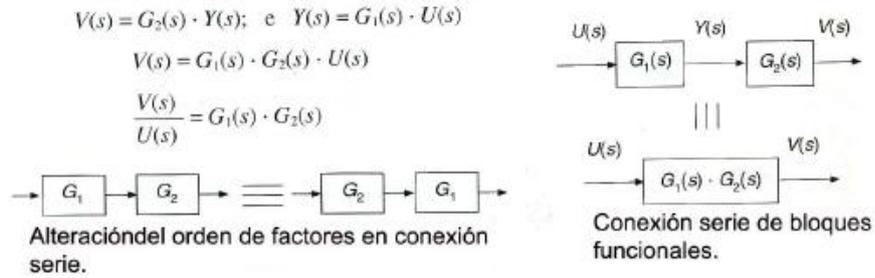


Figura 2.23. Conexión en serie. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.p df

2.4.4.10. Conexión paralelo

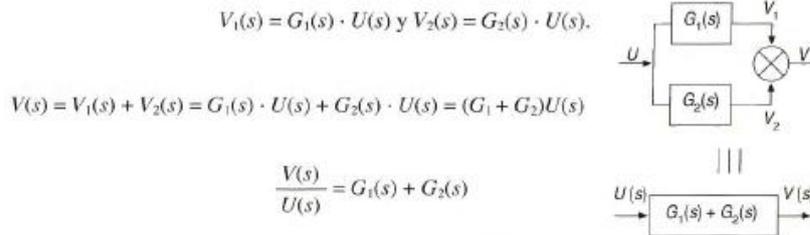


Figura 2.24. Conexión en paralelo. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.p df

2.4.4.11. Conexión en anillo con realimentación directa

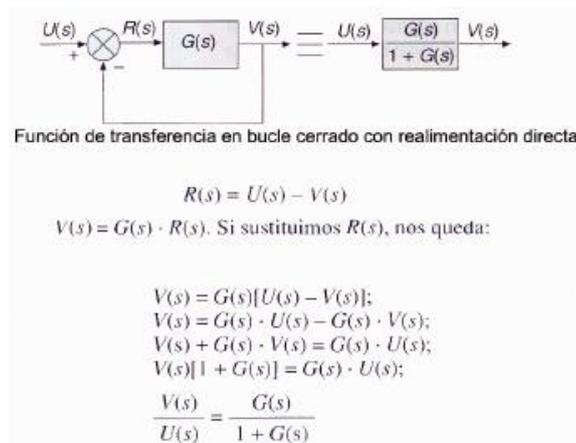
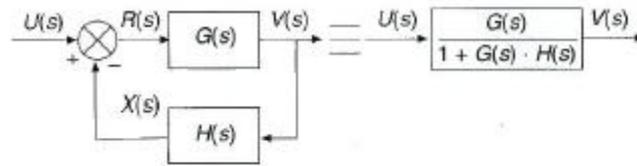


Figura 2.25. Conexión en anillo con realimentación directa. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.p df

Conexión en anillo con realimentación a través de un segundo elemento



Las funciones de cada elemento son: $R(s) = U(s) - X(s)$; $X(s) = H(s) \cdot V(s)$ y $V(s) = G(s) \cdot R(s)$. Primero sustituimos $R(s)$:

$$V(s) = G(s)[U(s) - X(s)] = G(s) \cdot U(s) - G(s) \cdot X(s);$$

Luego cambiamos $X(s)$ por su valor y nos queda:

$$V(s) = G(s) \cdot U(s) - G(s) \cdot H(s) \cdot V(s);$$

$$V(s) + G(s) \cdot H(s) \cdot V(s) = G(s) \cdot U(s);$$

$$V(s)[1 + G(s) \cdot H(s)] = G(s) \cdot U(s);$$

La función de transferencia será
$$\frac{V(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{1 + H(s) \cdot G(s)}$$

Figura 2.26. Conexión en anillo con realimentación a través de un segundo elemento. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

2.4.4.12. Transposición de ramificaciones y nudos

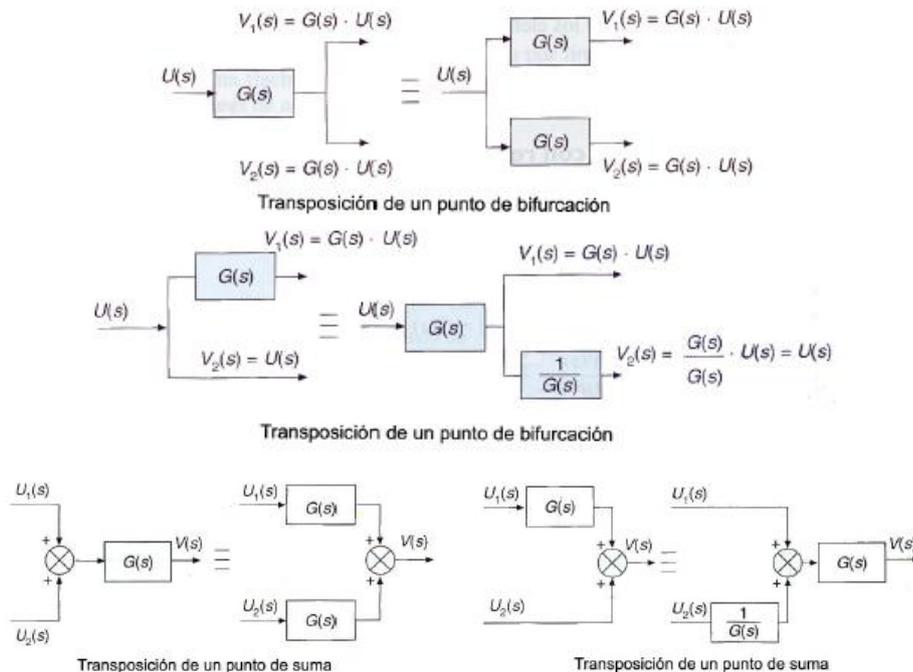


Figura 2.27. Transposición de ramificaciones y nudos. ¹¹

Fuente: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf

2.4.5. PLC (Programmable Logic Controller)

El Autómata Programable o PLC, puede ser considerado como una caja negra que contiene un conjunto de entradas y salidas, en las cuales se conectarán directamente los elementos primarios y finales de control. Es capaz de controlar un proceso, por medio de dichos dispositivos y la programación de la lógica adecuada.¹³

2.4.5.1. Definición

Circuito electrónico basado en microprocesador, usado en una gran variedad de industrias, que nos permite controlar sistemas, procesos ó máquinas. Contiene dos conjuntos, principales, de puntos de conexión conocidos como entradas y salidas. El estado de las salidas, dependen del estado de las entradas y la lógica del programa. La sigla PLC define sus características principales: Controla una planta por medio de la lógica definida en el programa de usuario, y es programable tantas veces como sea necesario.

A éste nivel, no se profundiza hacia el interior, sino se considera como una caja negra que manipula señales a las salidas, por medio del estado de las entradas y la lógica asociada. En ocasiones se elimina la L de dicha sigla, debido a que los controladores son mucho más poderosos que sus predecesores, aquellos que solamente manejaban instrucciones lógicas, de manera que en algunos fabricantes muestran tendencia a denominarlo "PC" (Controlador Programable).¹³

2.4.5.2. Características del PLC:

A algunos controladores compactos, también se les llama "Small Logic Controller" (SLC), mientras otros fabricantes les llaman, a sus productos, Autómata Programables; y existe una secundaria y amplia diversidad de nombres y familias con que cada uno de los fabricantes identifican sus

¹³ <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

productos como “Micro-PLC”, “PLC compacto”, “PLC integrado”, entre otros términos acuñados para el mercado. ¹³

Tabla 2.3. Características fundamentales del autómata programable PLC.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Controlador:	Nos permite controlar un sistema, haciendo uso de los puntos de conexión de entradas y salidas. A través de dichos puntos se interconecta con los elementos, primarios y finales, de control.
Programable:	Es capaz de almacenar el programa de usuario en memoria no volátil, Así mismo es re-programable tantas veces como sea necesario.
Lógico:	Los programas se constituyen de un conjunto de instrucciones lógicas, Aunque actualmente los PLC son muy poderosos y manejan un conjunto de instrucciones muy amplio, de manera que no están limitados a realizar funciones lógicas, exclusivamente.

2.4.5.3. El concepto básico del PLC.

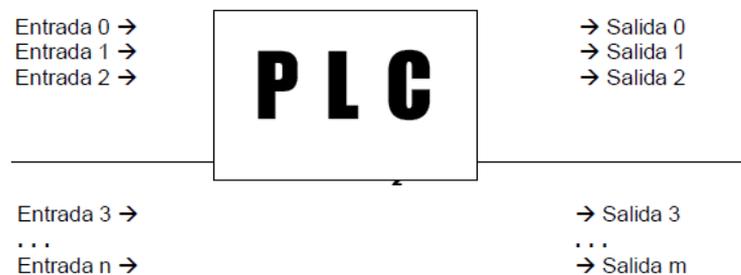


Figura 2.28. El concepto básico del PLC: Una caja negra que interactúa con el exterior por medio de un grupo de entradas y salidas en diferente número. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Autómata Programable contiene un conjunto de entradas y salidas, en diferente número. Además cada uno de estos puntos de conexión, ya sea entrada ó salida, está claramente identificado. El objetivo es diferenciar, primeramente, los puntos de conexión que son entradas, de aquellos otros que son salidas; luego se enumeran ambos tipos de puntos de

conexión. La identificación de estos dispositivos, se conoce como direccionamiento, significa que a cada uno de estos puntos de conexión se les asigna una dirección específica. Una vez que determinamos la dirección a la cuál va a estar conectado cada uno de dichos dispositivos externos, podemos programar el PLC para que, en base a las condiciones que guarden las entradas, manipule el estado de las salidas.¹³

El programa de usuario se compone de un conjunto de instrucciones que el PLC ejecutará de manera secuencial y cíclica, en el cual le indicamos las direcciones de las salidas que deberá manipular en base al estado de las entradas y las operaciones que debe realizar durante la ejecución del programa.¹³

2.4.5.4. Desarrollo del PLC.

El Controlador Lógico (PLC) fue desarrollado por MODICON, alrededor de 1970, para la industria Automotriz, con la finalidad de reemplazar los circuitos basados en relevadores electromecánicos. La razón de este reemplazo era permitir a los técnicos modificar fácilmente la secuencia de operaciones de la máquina por medio de reprogramar dicho sistema, en vez de reconstruir todo el circuito. Hoy en día, el uso del Controlador Lógico se ha expandido a todo tipo de industria y la tendencia es aún ascendente.¹³

2.4.5.5. Componentes

El PLC es un dispositivo electrónico basado en un microprocesador y que contiene algunos otros circuitos adicionales que interactúan con éste. Entre sus componentes principales se encuentran los siguientes:

Fuente de poder. Proporciona energía (DC) a los circuitos electrónicos que conforman al controlador. Su entrada puede ser AC o DC, con valores de voltaje típicos como 220V, 115V, 24V ó 12V.

Unidad Central de Proceso. (También llamada CPU). Realiza las operaciones aritméticas y lógicas, y además controla la secuencia de ejecución del programa,
Coordina la comunicación requerida entre los diversos circuitos, entre otras funciones

Módulos de entrada. Reciben las señales eléctricas directamente de los dispositivos primarios de control.

Módulos de salida. Envían señales a los elementos finales de control, controlado así el estado que éstos mantengan.

Batería. Mantiene energizada la memoria RAM que almacena el programa mientras el PLC permanece des-energizado. El PLC, con batería, generalmente puede mantener el programa durante alrededor de tres meses.

Memoria o módulo de memoria. Almacena el programa de la aplicación. Esta puede ser de tipo volátil o no volátil (RAM o ROM).

Puerto de comunicaciones. Permite al PLC establecer comunicación e intercambiar información con dispositivos externos, ya sea otros PLCs, Interfaz (HMI), unidades de programación, periféricos, o alguna otra unidad conectada en red.¹³

2.4.5.6. Tipos de PLC y especificaciones

Las características del PLC dependen de aquellas de cada uno de sus componentes. Existen aquellos compuestos de una sola unidad, llamados integrados o compactos, así como los modulares, esto es, se componen de varios módulos. Esta característica (que se puede integrar por módulos) le provee de una gran flexibilidad al usuario final, puesto que puede seleccionar cada uno de los módulos con las características específicas que requiere. De aquí que el fabricante siempre nos ofrece un

conjunto amplio de alternativas y enlista las especificaciones de cada producto.¹³

Modelos integrados

Es un PLC completo, aunque para aplicaciones de tamaño pequeño, e integra todos los componentes descritos en el punto 1.2, en una sola unidad.

Se le conoce como PLC para aplicaciones pequeñas ó SLC. El CPU, el módulo de memoria, los puntos de entrada y salida, la batería, generalmente la fuente, y en muchas ocasiones hasta el cable de comunicación y el software de interfaz para computadora, forman parte del mismo paquete comercial; aunque, desde luego, estos últimos no están integrados en la unidad.¹³

Modelos modulares

Se componen de diversos elementos capaces de agruparse con otros semejantes, denominados módulos. Estos se seleccionan y se integran en una unidad (configuran) de acuerdo a la necesidad del usuario final, puesto que su diseño ofrece las opciones de agrupación, en gran diversidad. Aún cuando los módulos componentes sean semejantes, sus características pueden cambiar de manera radical. Un sistema modular típico se compone de: la tarjeta madre (“chasis” o “rack”), el CPU o procesador, el módulo de memoria, y los módulos de entrada y los de salida, que pueden ser digitales o analógicos y con un amplio rango de diferencias entre ellos. Pueden adicionarse módulos especializados, que realizan una tarea de control específica y compleja.¹³

2.4.5.7. Especificaciones

Ya sea que el usuario adquiera un PLC modular o un modelo integrado para una aplicación específica, tendrá que observar muy de cerca sus

especificaciones. Estas especificaciones caracterizan a cada uno de los componentes, y finalmente, al PLC.

Algunas de estas especificaciones, con sus valores típicos, aparecen en la siguiente tabla. ¹³

Tabla 2.4. Ejemplo y especificaciones típicas del PLC. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Descripción	Valores típicos				Observaciones
Voltaje de alimentación	220	110	24	12	Volts
Rango operativo de voltaje	"	"	"	"	± 20%
Corriente de consumo					Variable
Fuente de poder externa			24	12	Volts
Lenguaje de programación	Escalera	Lista de Inst.	Alto Nivel		
Tipos de instrucciones					Variable
Número de entradas y de salidas integradas o por módulo	16	20	32	40	Algunos ofrecen: 1 ó 2 canales analógicos
Tipo y especificaciones de los módulos aceptados. (Digi, Ana, de propósito especial)	4 ~20 mA	0~5 Volt	0 ~10 Volt	AC, DC	De lógica positiva o negativa, de control de movimiento, etc.
Máximo número de entradas y salidas	~128	~1024	~4 k	~8 k	Variable
Direcciones de Bits de entrada, salida, de trabajo, especiales, de temporizadores y de contadores.	B3/0 a B3/512	0 a 1536	0 a 3072		Variable
Datos de la memoria (tipo, tamaño)	1 ó 2 K	4 K	8 K	16 K	K = Kinstrucciones
Tipo de puerto de comunicaciones y protocolos	Serial RS-232	Serial - 485	Para LAN	otros	
Dispositivos y software aceptado para interfaz HIM y para programación.					Variable
Configuración de entradas o módulos para contadores de alta velocidad y otros especializados.					Variable
Dimensiones					Variable
Accesorios opcionales					Desplegados integrados, puertos de comunicación adicionales, unidades de expansión, etc.

2.4.5.8. Aplicaciones

Las primeras aplicaciones del PLC consistían en realizar operaciones de control de tipo “Todo-Nada” en la máquina, esto quiere decir que era capaz de conmutar elementos por medio de energizar y des-energizar elementos tales como arrancadores, relevadores, válvulas, entre otros dispositivos de dos estados. En el área de control de procesos, esto representa tener el poder de controlar una variable tal como la presión, temperatura, el nivel; entre otros, por medio de la manipulación de dispositivos con contactos; así se realiza con los interruptores de flotador, termostatos, controladores de presión (presostatos), etc.

Sin embargo, actualmente los controladores programables pueden realizar una gran cantidad de funciones adicionales, lo cual los hace más útiles en el control continuo de procesos y control de movimiento de los mecanismos, entre otros tipos de control especializado. Además, los autómatas programables cuentan con la característica de expansión lo que posibilita la adición de módulos opcionales de entradas y /o salidas (módulos I/O) ya sean de tipo digital ó analógico, a los módulos de salida de relevador o de estado sólido. Se puede afirmar que, actualmente, con los PLC se puede resolver casi cualquier problema de aplicación de control.

El campo de aplicación de los autómatas programables se ha extendido enormemente. Enseguida se enlistan algunas de las aplicaciones típicas en las áreas de automatización de planta, manejo de materiales y robótica: ¹³

Control de diversos tipos de manipuladores y robots

- De máquinas de inyección
- De dispositivos de transferencia automática
- Control ambiental en casas y edificios, entre otras aplicaciones domésticas.
- Carga y descarga de máquinas
- Mecanismos de ensamble de los más variados tipos

2.4.5.9. Métodos de programación

El PLC puede ser programado, usando diferentes lenguajes. Estos, difieren de acuerdo a las características particulares de cada modelo de PLC con que se trabaja. No obstante, todo tipo de PLC puede programarse usando uno ó más de los siguientes.¹³

➤ Programación en lista de instrucciones.

Es una representación mnemotécnica de las instrucciones, enlistadas en secuencia y que permiten, sin necesidad de una interfaz gráfica, el acceso a la programación del dispositivo. Es lo más parecido al “lenguaje natural ó nativo” del procesador, que se maneja. Hoy en día, es una alternativa de programación y de depuración del programa, y permite el máximo nivel de explotación de las ventajas del PLC. Aunque representa un nivel mayor de complejidad. La siguiente figura muestra un ejemplo.¹³

Tabla 2.5. Muestra de Programación en lista de instrucciones.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

No	Instrucción	Dirección	Datos	Descripción	Observaciones
1	LD	X0		PB1, arranque de motor 1	
2	OR	Y0		ST1, arrancador de motor 1	Bomba P1
3	AND	X1		PB2, paro de motor 1	“
4	OUT	Y0		ST1, arrancador de motor 1	“
5	LD	Y0		“	“
6	T	01	50	Retardo para arranque de motor 2	
...
n	END			Fin del Programa	

➤ Programación en diagrama de escalera.

Este es el método más usual, diseñado para permitir una programación de manera sencilla basada en símbolos y esquemas con los que el personal técnico está familiarizado, pues se basa en símbolos de diagramas de control electromecánico.¹³

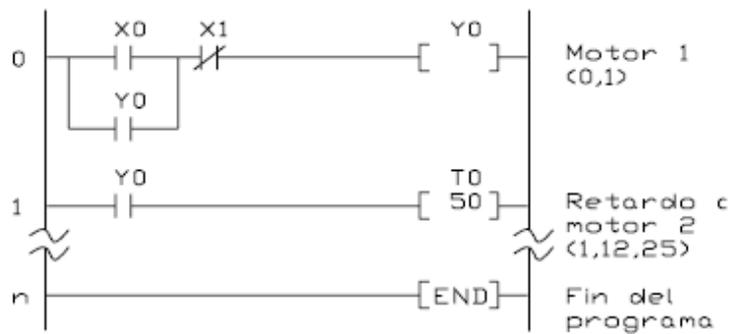


Figura 2.29. Muestra de programa representado en diagrama de escalera. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

➤ **Programación en lenguaje de alto nivel.**

Este método es alternativo, en algunos PLCs, a las dos formas de programación descritas anteriormente. Consiste en la posibilidad de utilizar un lenguaje de alto nivel como 'C' o 'BASIC' en cualquiera de sus versiones o algún otro lenguaje exclusivo (variante de estos) adaptado por el fabricante. ¹³

En algunos casos se les llama lenguaje estructurado. Enseguida se muestra un ejemplo:

```

Programa ejemplo en lenguaje de alto nivel ó estructurado. Por: J. Salas.
Marzo/2001

...

! L0: (*Starting motor 1*)
IF (%I110 OR %I111) AND NOT O210 THEN %O210;
END IF;

...

```

Figura 2.30. Muestra de programación en lenguaje de alto nivel. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

2.4.5.10. Direccionamiento de puntos de conexión en módulos de entrada y de salida.

La identificación de los puntos de conexión de entrada y salida difiere entre fabricantes, pero todos los sistemas de identificación o direccionamiento buscan el mismo objetivo: relacionar de una manera sencilla los puntos de conexión, con los eventos programados en la memoria del controlador. Los puntos de conexión son aquellos en que los dispositivos de control (también llamados elementos o dispositivos de entrada y salida), son conectados al PLC por medio de los módulos de entrada y salida.

Físicamente se identifican los puntos de conexión, muchas veces en módulos exclusivos, de manera que tengan relación con su posición en el PLC. Estos puntos de conexión también son conocidos como puntos de entrada /salida o I/O points. Dicha posición, siempre deberá identificarse por: chasis, tarjeta, palabra por tarjeta, y punto de conexión. Luego, conociendo tal posición o dirección de cada uno de los puntos de conexión, estos pueden ser asignados a determinada función, en el programa del PLC, por medio de su dirección asociada que lo identifica plenamente. Nunca, bajo ninguna circunstancia, existen dos direcciones para el mismo punto, ni dos puntos para la misma dirección. ¹³

Puntos de conexión de Entrada y Salida = puntos de E/S = I/O points.

Tabla 2.6. Ejemplos de direccionamiento en diferentes tipos de PLC. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Fabricante:	Nomenclatura usada en los módulos de entrada:	Nomenclatura usada en los módulos de salida:
Allen Bradleyⁱⁱ (Modelos: Micrologix, SLC 500, PLC5)	I:A.B/C Donde: I = "Input" o Entrada A = Número de ranura, módulo o "slot" B = "Word" o Palabra del módulo A . C = Número de "bit" de la palabra B = Número del punto de conexión.	O:A.B/C Donde: O = "Output" o Salida A = Número de módulo o "slot". B = Número de Palabra o "Word" del módulo A . C = Número de "bit" en la palabra B = Número del punto de conexión.
Aromat o NAIS,ⁱⁱⁱ (PLCs modelo: FP0, FP1, ...)	XA Donde: X = Input A = Número de bit en el mod. de entradas (en hexadecimal).	YB Donde: Y = Output B = Número de bit en el módulo de salidas (0H a FH) (en hexadecimal).
Mitsubishi^{iv} (PLC modelo: FX1s, ...)	XA Donde: X = Input A = Número de conexión en el módulo de entradas (0 a n n => 0 y n =7)	YB Donde: Y = Output B = Número de conexión en el módulo de salidas (0 a n n => 0 y n =5)
Omron ^v (PLC modelo: PCM1, ...)	XXXXX Donde: 00000 a 00915 son entradas	XXXXX Donde: 01000 a 01915 son salidas.
Schneider ^{vi} (PLC modelo: TSX, ...)	%I205.3 Donde: I = Input 2 = Rack 23 = Punto de conexión 05 = Módulo 5 3 = Punto de conexión	%Q205.3 Donde: Q = Ouotput 2 = Rack 2 05 = Módulo 5 3 = Punto de conexión
Siemens ^{vii} (PLC series: 505)	XAB Donde: I = Input A = Módulo B = Punto de conexión	YAB Donde: Q = Salida A = Módulo B = Punto de conexión

2.4.5.11. Relevadores externos e internos

Los símbolos asociados a los relevadores son usados tanto en los sistemas de control electromecánico, como en la programación en diagrama de escalera, en sistemas de control basados en PLC.

Tabla 2.7. Símbolos principales en la representación de tipo diagrama de escalera.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Símbolo	Representa	Instrucción
--- ---	Contacto NO de relevador de control	XIC, LOAD, STORE
--- / ---	Contacto NC de relevador de control	XIC, LDN, STRN
---()---	Bobina de relevador de control	OUT, OTE, OUTPUT

Estos símbolos de contactos y bobinas de relevadores se utilizan para representar las instrucciones lógicas que requiere la secuencia de operación del sistema o máquina a controlar, y esta simbología es similar a la usada en un diagrama de escalera de un circuito eléctrico de control convencional.

Sin embargo, la diferencia se basa en la forma de direccionar tales bobinas y contactos de relevador.

Un relevador interno es aquel cuya bobina conmuta contactos internos, solamente, mientras que los relevadores externos conmutan contactos que nos proporcionan una señal de salida externa. Ambos tipos de relevadores se comportan de la misma manera, al ser excitada su bobina conmutan sus contactos. Los diferenciamos, entre ellos, por la dirección asignada, y por el hecho de que los relevadores internos existen únicamente de forma virtual (tienen existencia aparente, más no real). Los contactos de dichos relevadores, ya sean internos o externos, se representan, y se comportan, igual aquellos contactos que representan

las condiciones de entrada. Asimismo, como con las entradas, el número de contactos por relevador, que podemos usar en el programa, no está limitado más que por la capacidad de memoria del PLC. Se pueden usar contactos de tipo NO o de tipo NC (son instrucciones denominadas XIC y XIO ó LOAD y LOAD-NOT respectivamente por algunos fabricantes de PLCs). En otras palabras, los contactos externos a diferencia de los internos energizan salidas además de conmutar los contactos internos a los que se les asigne la misma dirección dentro del programa de usuario.

Sistemas Numéricos

Al trabajar con circuitos electrónicos se utilizan sistemas numéricos no comunes, tan efectivos como el decimal, para resolver problemas numéricamente. Es base de las ‘matemáticas por computadora’. Usamos el sistema binario para trabajar con dispositivos capaces de conmutar entre dos estados, además de el octal y hexadecimal. Se debe mencionar que es posible generar un sistema numérico utilizando como base cualquier cantidad entera positiva. ¹³

2.4.5.12. Sistema numérico decimal

Los sistemas numéricos nos permiten representar cantidades y realizar operaciones aritméticas con ellas. El sistema numérico que usamos todos los días es el denominado “decimal”. Con éste nosotros somos capaces resolver cualquier problema aritmético. Al trabajar con circuitos electrónicos se hace uso de otros sistemas tan efectivos como el decimal y se utilizan para resolver problemas numéricamente.

Sabemos que para representar una cantidad cualquiera, podemos utilizar diez símbolos diferentes, estos son: ¹³

Tabla 2.8. Símbolos utilizados para representar cantidades, utilizando el sistema numérico decimal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Formalmente, a estos, se les conoce como Guarismos (son símbolos que representan cantidades). También se conoce, al sistema numérico decimal, como: sistema numérico de base diez; dado que se utilizan diez símbolos diferentes para representar cantidades.

Así, para representar una cantidad entera, mayor que cero y menor o igual a

9 unidades o elementos, utilizamos el símbolo que corresponde. Por ejemplo:

Tabla 2.9. Significado de los símbolos, individuales, del sistema numérico decimal.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Para representar la ausencia de elementos,	utilizamos el símbolo: 0.
Para representar una cantidad equivalente a un elemento,	utilizamos el símbolo: 1.
Para representar una cantidad, que equivale a dos elementos,	utilizamos el símbolo: 2.
...	...
Para representar la cantidad de nueve elementos,	utilizamos el símbolo: 9.
Para representar cantidades mayores que nueve elementos	utilizamos combinaciones de dichos símbolos

En sistema numérico decimal, cualquier cantidad, por muy grande o pequeña que sea, se puede representar como una combinación de estos símbolos. Sin embargo, para representar cantidades menores a la unidad, es necesario hacer uso del punto decimal.

Para representar una cantidad equivalente a diez elementos, utilizamos la combinación de los primeros dos símbolos, esto es: combinamos 0 y 1. Pero para que estos dos números representen la cantidad que se desea, es necesario ordenarlos de la manera apropiada.

Así, los números 0 y 1 no representan la misma cantidad si se colocan arbitrariamente, como ejemplo, los siguientes:

Tabla 2.10. Importancia de la posición asignada a cada símbolo. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Caso 1.- Los números 0 y 1 ordenados de esta manera:10.
Caso 2.- Los números 0 y 1 ordenados de esta manera:01.

Como se sabe, los casos anteriores representan cantidades distintas. Esto es porque los guarismos se ordenan de acuerdo a un valor de posición para que sea posible trabajar exitosamente en el sistema numérico decimal.

Tabla 2.11. Definición del valor de posición en el sistema numérico decimal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

En éste sistema, la primera posición de la derecha tiene un valor de posición de 10^0 (la base del sistema numérico elevada a la potencia cero), esto equivale a una unidad.
La segunda posición de la derecha tiene un valor de posición de 10^1 (la base del sistema numérico elevada a la potencia uno), esto equivale a diez unidades (10) multiplicado por sí mismo una vez.
...
En el sistema numérico decimal la <i>n</i> ésima posición hacia la derecha tiene un valor de posición de $10^{(n-1)}$ (la base del sistema numérico elevada a la potencia <i>n</i> ésima menos uno, esto equivale a diez unidades (10 multiplicado por sí mismo ' <i>n</i> ' veces).
$10^{(n-1)} = 10 \times 10 \times 10 \times \dots \times 10, (n-1 \text{ veces})$ <p>siendo <i>n</i> el número de posiciones pre-establecido</p>

Entonces, en el caso de los símbolos 1 y 0, representan una cantidad de diez elementos porque:

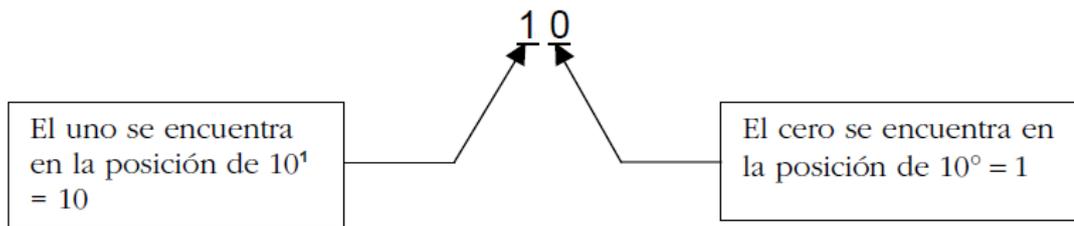


Figura 2.31. Ejemplo de representación de una cantidad en sistema numérico decimal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

El cero, multiplicado por el valor de su posición:

$$0 \times 1 = 0$$

El uno, multiplicado por el valor de su posición:

$$1 \times 10 = 10.$$

Si sumamos los resultados de tales productos, tenemos la notación desarrollada para dicha cantidad:

$$0 + 10 = 10.$$

Tal es el valor representado por tales símbolos ordenados de dicha manera en el sistema numérico decimal. ³

Tabla 2.12. Denominación clásica de las posiciones en el sistema numérico decimal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

A estos valores de posición también se les conoce como:	
Posición de 10^0 , lugar de las unidades	Posición de 10^{-1} lugar de las décimas
Posición de 10^1 lugar de las decenas	Posición de 10^{-2} lugar de las centésimas
Posición de 10^2 lugar de las centenas	Posición de 10^{-3} lugar de las milésimas
...sucesivamente, hasta la [n] posición.	...sucesivamente, hasta la [n] posición.

Valor de las posiciones en el sistema numérico decimal: la flecha indica al punto decimal.

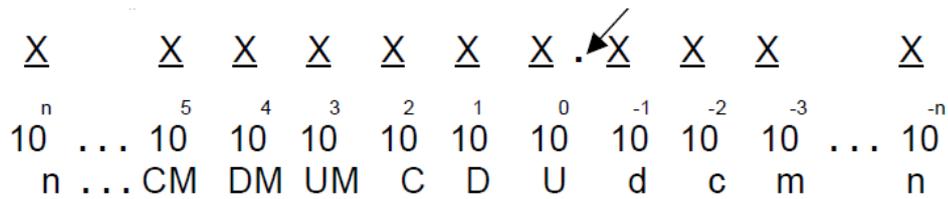


Figura 2.32. Valor de las posiciones en el sistema numérico decimal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Donde X puede tomar valores de 0 a 9, en cada una de las posiciones.

2.2.2.13. Sistema numérico binario

Los sistemas numéricos nos permiten representar cantidades y realizar operaciones aritméticas con ellas. Revisemos el sistema numérico binario, con el que tal vez no estamos familiarizados.. Para representar una cantidad cualquiera, podemos utilizar dos símbolos diferentes, estos son:

Tabla 2.13. Símbolos utilizados para representar cantidades en sistema numérico binario. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

1	0
---	---

También se conoce al sistema numérico binario como “de base dos”, porque utiliza dos símbolos diferentes para representar cantidades.

Cuando deseamos representar entonces una cantidad menor o igual a 1 unidades o elementos utilizamos el símbolo que corresponda. Por ejemplo:

Tabla 2.14. Significado de los símbolos individuales para representar cantidades en sistema numérico Binario. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Para representar la ausencia de elementos,	utilizamos el símbolo: 0.
Para representar una cantidad igual a un elemento,	utilizamos el símbolo: 1.

Pero cuando deseamos representar cantidades mayores a 1 utilizamos una combinación de éstos. Cualquier cantidad, por muy grande o pequeña que sea, puede ser representada como una combinación de estos símbolos en el sistema numérico binario. Al igual que en el sistema decimal combinamos los números para representar cantidades mayores que 9 ó menores que uno. Aunque para representar las menores a la unidad, se utiliza el punto decimal.

Así, para representar una cantidad equivalente a dos elementos, utilizamos la combinación de los primeros dos símbolos, esto es: 0 y 1. Pero para que estos dos números representen la cantidad que se desea, es necesario ordenarlos de la manera apropiada.

Entonces, los números 0 y 1 no representan la misma cantidad si se colocan arbitrariamente. Como ejemplo, lo siguiente:

Tabla 2.15. Importancia de la posición para representar cantidades en sistema numérico binario. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Caso 1.	Los números 0 y 1 ordenados de esta manera: 10 .
Caso 2.	Los números 0 y 1 ordenados de esta manera: 01 .

Como se observa, los casos anteriores representan cantidades distintas. Esto es porque los símbolos se ordenan de acuerdo a un valor de posición para que sea posible trabajar exitosamente con el sistema numérico binario, al igual que con el sistema decimal que ya conoce. Así, los números 0 y 1 ordenados en el caso 1 como 10, representan una cantidad de dos elementos, porque cada uno tiene un valor de acuerdo a la posición en que se encuentra.

En el sistema numérico binario, la primera posición de la derecha tiene un valor de posición de 2 (la base del sistema numérico) elevada a la potencia cero, esto equivale a una unidad.

La segunda posición de la derecha tiene un valor de posición de 2 (la base del sistema numérico) elevada a la potencia uno, esto equivale a dos unidades (2 multiplicado por sí mismo una vez).

La tercera posición de la derecha tiene un valor de posición de 2 (la base del sistema numérico) elevada a la potencia dos, esto equivale a cuatro unidades (2 multiplicado por sí mismo dos veces).

Así, sucesivamente, la “n” posición de la derecha tiene un valor de posición de 2 (la base del sistema numérico) elevada a la potencia “n-1”, esto equivale a 2 multiplicado por sí mismo n-1 veces.

De manera que, en el caso del número 10, representa una cantidad equivalente a dos elementos, porque: ¹³

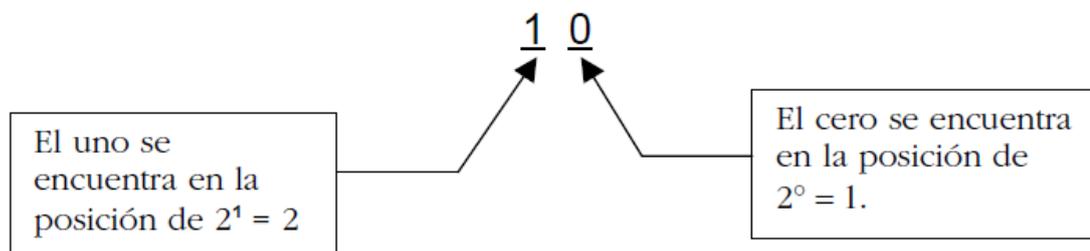


Figura 2.33. Ejemplo de representación de una cantidad en sistema numérico binario. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

El cero, multiplicado por el valor de su posición: $0 \times 1 = 0$

El uno, multiplicado por el valor de su posición: $1 \times 2 = 2$.

Si sumamos los resultados de tales productos, tenemos: $0 + 2 = 2$.

El valor representado por los símbolos 10, ordenados de dicha manera, en el sistema numérico binario es 2.

Valor de las posiciones en el sistema numérico binario: la flecha indica el punto binario.

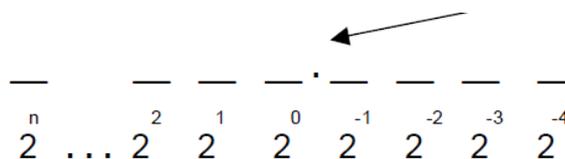


Figura 2.34. Representación del valor de la posición en sistema numérico binario. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

2.4.5.14. Sistema numérico octal

Los sistemas numéricos nos permiten representar cantidades y realizar operaciones aritméticas con ellas, revisemos el sistema numérico octal, con el que tal vez no estamos familiarizados:

Para representar una cantidad, cualquiera, podemos utilizar ocho símbolos diferentes: ¹³

Tabla 2.16. Símbolos utilizados para representar cantidades en sistema numérico octal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

También se conoce al sistema numérico octal, como “de base ocho”, porque utiliza ocho símbolos diferentes para representar cantidades. Cuando deseamos representar, entonces, una cantidad menor o igual a 7 unidades elementos, utilizamos el símbolo que corresponda, por ejemplo:

Tabla 2.17. Significado de los símbolos usados en el sistema numérico octal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Para representar la ausencia de elementos, utilizamos el símbolo	0.
Para representar una cantidad igual a un elemento, utilizamos el símbolo	1.
Para representar una cantidad igual a dos elementos, utilizamos el símbolo	2.
...	...
Para representar la cantidad de siete elementos, utilizamos el símbolo	7.

Pero cuando deseamos representar cantidades mayores a 7, utilizamos una combinación de estos símbolos. Cualquier cantidad, por muy grande

o pequeña que sea, se puede representar como una combinación de estos. En el sistema numérico octal, al igual que en el sistema decimal combinamos los números para representar cantidades mayores que el símbolo con valor mayor, en tal sistema numérico, en este caso: **7**.

Para representar una cantidad equivalente a ocho elementos, utilizamos la combinación de los primeros dos símbolos, esto es, **0** y **1**. Pero para que estos dos números representen la cantidad que se desea, es necesario ordenarlos de la manera apropiada. ¹³

Tabla 2.18. Importancia de la posición de los dígitos en el sistema numérico octal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Así, los números 0 y 1 no representan la misma cantidad si se colocan arbitrariamente. Como ejemplo, los siguientes casos:	
Caso 1	Los números 0 y 1 ordenados de esta manera: 10 .
Caso 2	Los números 0 y 1 ordenados de esta manera: 01 .

Como se observa, los casos anteriores representan cantidades distintas. Esto es porque los símbolos se ordenan de acuerdo a un valor de posición para que sea posible trabajar exitosamente con el sistema numérico octal, al igual que con el sistema decimal que ya conocemos.

Así, los números **0** y **1** ordenados, en el primer caso, como **10**, representan una cantidad de ocho elementos, porque cada uno tiene un valor de acuerdo a la posición en que se encuentra.

En el sistema numérico octal:

- La primera posición de la derecha tiene un valor de posición de **8** (la base del sistema numérico) elevada a la potencia cero, esto equivale a una unidad.
- La segunda posición de la derecha tiene un valor de posición de **8** (la base del sistema numérico) elevada a la potencia uno, esto equivale a ocho unidades (**8** multiplicado por sí mismo una vez).
- La tercera posición de la derecha tiene un valor de posición de **8** (la base del sistema numérico) elevada a la potencia dos, esto

equivale a sesenta y cuatro unidades (**8** multiplicado por sí mismo dos veces).

- La “n” posición de la derecha tiene un valor de posición de **8** (la base del sistema numérico) elevada a la potencia “n-1”, esto equivale a **8** multiplicado por sí mismo n-1 veces.

Entonces, los símbolos: 10, representan una cantidad de ocho elementos.

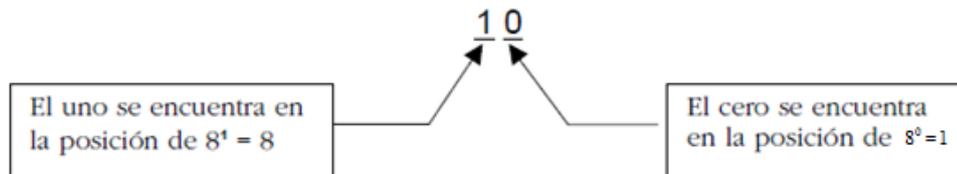


Figura 2.35. Representación de una cantidad en sistema numérico octal.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

El cero, multiplicado por el valor de su posición: $0 \times 1 = 0$

El uno, multiplicado por el valor de su posición: $1 \times 8 = 8$.

Si sumamos los resultados de tales productos, tenemos: $0 + 8 = 8$.

8 es el valor representado por los símbolos 10 ordenados de dicha manera en el sistema numérico octal. $10_8 = 8_{10}$

Los subíndices nos indican la base del sistema numérico en que están representadas las cantidades. Los símbolos 10 están en sistema octal, y el 8 en sistema decimal.

Valor de las posiciones en el sistema numérico octal, para cantidades enteras:

n	6	5	4	3	2	1	0
8	...	8	8	8	8	8	8

Figura 2.36. Representación del valor de las posiciones en el sistema numérico octal.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Al igual que en los sistemas numéricos, descritos anteriormente, el punto que separa la cantidad entera de las fraccionarias se encuentra a la derecha, después de la posición 8 a la cero. El valor de las posiciones siguientes, corresponderían a 8 a la -1, 8 a la -2, etc. Los valores de las

posiciones, hacia la derecha, corresponden a octavos del valor de la posición inmediatamente anterior hacia la izquierda.¹³

2.4.5.15. Sistema numérico hexadecimal

Los sistemas numéricos nos permiten representar cantidades y realizar operaciones aritméticas con ellas, revisemos el sistema numérico hexadecimal. Para representar una cantidad, cualquiera, podemos utilizar dieciséis símbolos diferentes, estos son:

Tabla 2.19. Símbolos individuales utilizados para representar cantidades en el sistema numérico hexadecimal.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

También se conoce al sistema numérico hexadecimal, como “sistema de base dieciséis”, porque utiliza dieciséis símbolos diferentes para representar cantidades. Así, al desear representar, una cantidad menor o igual a 15 unidades o elementos, utilizamos el símbolo que corresponda, así:

Tabla 2.20. Significado de los símbolos usados en el sistema numérico hexadecimal.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Para representar la ausencia de elementos, utilizamos el símbolo	0.
Para representar una cantidad igual a un elemento, utilizamos el símbolo	1.
Para representar una cantidad igual a dos elementos, utilizamos el símbolo	2.
...	...
Para representar la cantidad de nueve elementos, utilizamos el símbolo	9.
Para representar una cantidad igual a diez elementos, utilizamos el símbolo	A.
Para representar una cantidad igual a once elementos, utilizamos el símbolo	B.
...	...
Para representar la cantidad de quince elementos, utilizamos el símbolo	F.

Pero cuando deseamos representar cantidades mayores a quince (F), utilizamos una combinación de estos símbolos. Cualquier cantidad, por muy grande o pequeña que sea, se puede representar, ya sea con un símbolo ó con una combinación de éstos en el sistema numérico hexadecimal. Al igual que en el sistema decimal combinamos los números para representar cantidades mayores que 9 ó menores que 1.

Para representar una cantidad equivalente a dieciséis elementos, utilizamos la combinación de los primeros dos símbolos, esto es, 0 y 1. Pero para que estos dos números representen la cantidad que se desea, es necesario ordenarlos de la manera apropiada. ¹³

Tabla 2.21. Importancia de la posición de los dígitos en el sistema hexadecimal. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Así, en sistema hexadecimal, los números 0 y 1 no representan la misma cantidad si se colocan arbitrariamente, veamos los siguientes:	
Caso 1	Los números 0 y 1 ordenados de esta manera: 10.
Caso 2	Los números 0 y 1 ordenados de esta manera: 01.

Como se observa, los casos anteriores representan cantidades distintas. Esto es porque los símbolos se ordenan de acuerdo a un valor de posición para que sea posible trabajar exitosamente con el sistema numérico hexadecimal, al igual que con el sistema decimal que ya conoce.

Tenemos que los números 0 y 1 ordenados en el caso 1 como 10, representan una cantidad de dieciséis elementos, porque cada uno tiene un valor de acuerdo a la posición en que se encuentra.

En el sistema numérico hexadecimal, la primera posición de la derecha tiene un valor de posición de 16 (la base del sistema numérico) elevada a la potencia cero, esto equivale a una unidad. La segunda posición de la derecha tiene un valor de posición de 16 elevado a la potencia uno, esto equivale a dieciséis unidades (16 multiplicado por sí mismo una vez). La tercera posición de la derecha tiene un valor de posición de 16 elevado a

la potencia dos, esto equivale a doscientos cincuenta y seis unidades (16 multiplicado por sí mismo dos veces).

En el sistema numérico hexadecimal, la “n” posición de la derecha tiene un valor de posición de 16 (la base del sistema numérico) elevada a la potencia

“n-1”, esto equivale a 16 multiplicado por sí mismo n-1 veces.

De manera que, en el caso del número 10, representa una cantidad de dieciséis elementos porque:

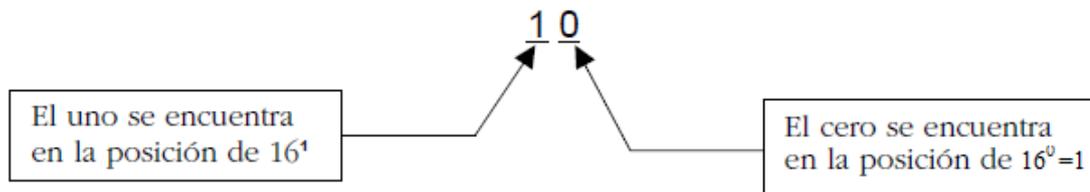


Figura 2.37. Representación de una cantidad en sistema numérico hexadecimal.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

El cero, multiplicado por el valor de su posición:

$$0 \times 1 = 0$$

El uno, multiplicado por el valor de su posición:

$$1 \times 16 = 16.$$

Si sumamos los resultados de tales productos, tenemos:

$$0 + 16 = 16.$$

Que es el valor representado por tales símbolos ordenados de dicha manera en el sistema numérico hexadecimal. El subíndice usado para indicar el sistema hexadecimal, puede ser un 16 o una H.

$$10_{16} = 10_H = 16_{10}$$

Valor de las posiciones en el sistema numérico hexadecimal:

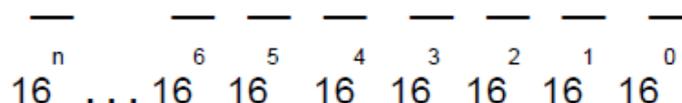


Figura 2.38. Representación del valor de las posiciones en el sistema numérico hexadecimal.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

Al igual que en los sistemas numéricos, descritos anteriormente, el punto que separa la cantidad entera de las fraccionarias se encuentra a la derecha, después de la posición 16 a la cero. El valor de las posiciones siguientes, corresponderían a 16 a la -1 , 16 a la -2 , etc. El valor de las posiciones, hacia la derecha, corresponde a hexadecimas del valor de la posición inmediatamente anterior hacia la izquierda.¹³

2.4.5.16. Códigos binarios

Para manipular la información, muchas ocasiones es conveniente codificarla.

Las razones para dicha codificación pueden ser diversas, pero en resumen se puede afirmar que permiten hacer más eficiente al sistema con que se esté trabajando, utilizando menor cantidad de recursos para desarrollar una tarea específica. Razonado esto, se visualizará que puede existir, entonces, una gran cantidad de diferentes formas posibles de codificación, y en efecto, así es. Afortunadamente para nosotros, las aplicaciones con PLC solamente involucran un conjunto reducido de códigos, y son estándares predefinidos.

La razón y uso de cada uno de estos códigos se explica en esta sección.¹³

2.4.5.17. Código BCD8421 o BCD

BCD significa: “**B**inary **C**oded **D**ecimal” (Decimal codificado en Binario). En el caso de los autómatas programables, el BCD8421 es el código más usado dentro de la categoría de los códigos pesados. Éste, facilita la conversión de números binarios a decimal; es ampliamente utilizado en los circuitos digitales, y el caso del PLC no es la excepción. Este código facilita el manejo, la manipulación de la información en un sistema electrónico complejo, como lo son las computadoras. Se conoce como BCD8421, porque estos números indican el peso de cada posición de los bits. Aunque existen otros códigos BCD con diferentes pesos de posición, como el caso del BCD4221, el más ampliamente usado es el BCD8421.

Para representar cantidades en código BCD, se agrupan los Bits en conjuntos de cuatro elementos y se considera que el peso de estos bits es, como se ha mencionado 8, 4, 2 y 1, de izquierda a derecha. Por esta razón se dice que el código BCD es un código de cuatro bits. Se muestra una equivalencia en la siguiente figura para una cantidad de una cifra en decimal. ¹³

Tabla 2.22. Equivalencia entre código BCD y sistema decimal (conversión de 1 a 4 dígitos). ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

DECIMAL	Código BCD 8421			
	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Para expresar cantidades mayores a 9 en código BCD, se representan en el mismo orden que en sistema numérico decimal, pero representando cada dígito con su correspondiente código en BCD. Analice la siguiente tabla.

Tabla 2.23. Equivalencia BCD a decimal, 1 a 4 dígitos, considerando unidades y decenas. ¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

DECIMAL	BCD 8421							
PESO DECIMAL →	Decenas (10^1)				Unidades (10^0)			
PESO BCD →	8	4	2	1	8	4	2	1
10	0	0	0	1	0	0	0	0
11	0	0	0	1	0	0	0	1
12	0	0	0	1	0	0	1	0
13	0	0	0	1	0	0	1	1
14	0	0	0	1	0	1	0	0
15	0	0	0	1	0	1	0	1
16	0	0	0	1	0	1	1	0
17	0	0	0	1	0	1	1	1
18	0	0	0	1	1	0	0	0
19	0	0	0	1	1	0	0	1
20	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabla 2.24. Equivalencia BCD a decimal, 1 a 4 dígitos, considerando unidades y decenas.¹³

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

DECIMAL	BCD 8421											
PESO DECIMAL →	Centenas (10 ²)				Decenas (10 ¹)				Unidades (10 ⁰)			
PESO BCD →	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1
100	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
110	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
111	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
150	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
155	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
163	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
188	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
197	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
200	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.4.6 Sensores

Son dispositivos que funcionan como captadores de información de un proceso por lo que también se denominan captadores o detectores. En general, transforman una magnitud física en una señal eléctrica de baja potencia o en una señal óptica.¹⁴

2.4.6.1. Interruptores Mecánicos (“Limits Switchs”)

Estos interruptores se usan ordinariamente para desconectar, límites de carreras, el avance de bancadas en máquinas o herramientas como fresadoras, así como limitar el avance de los porta-herramientas de los tornos, en montacargas, ascensores, robots, etc.

Para poder accionar estos interruptores se requiere contacto físico entre la parte de la máquina y la palanca del interruptor con la fuerza suficiente para operar.¹⁵

¹⁴ <http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/SENSORESPARTE1.pdf>

¹⁵ http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/23_SENTORES_MEC_NICOS.PDF

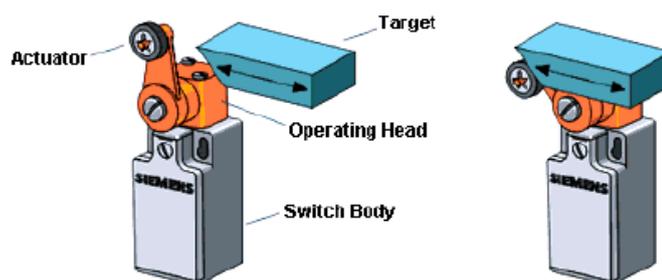


Figura 2.39. Interruptor mecánico. ¹⁵

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>

2.4.6.2. Sensores Inductivos

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objetos no metálicos.¹⁶

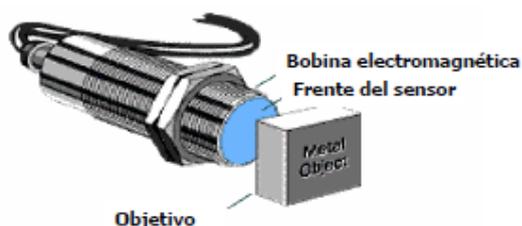


Figura 2.40. Sensor Inductivo. ¹⁶

Fuente: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENORES_INDUCTIVOS.PDF

En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo y no se induce ninguna corriente en la bobina.

Cuando un objeto metálico penetra en el campo del imán o lo abandona, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud es proporcional a la velocidad del cambio del flujo.

La forma de onda de la tensión a la salida de la bobina proporciona un medio para detectar la proximidad de un objeto.¹⁷

¹⁶http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENORES_INDUCTIVOS.PDF

¹⁷ www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf

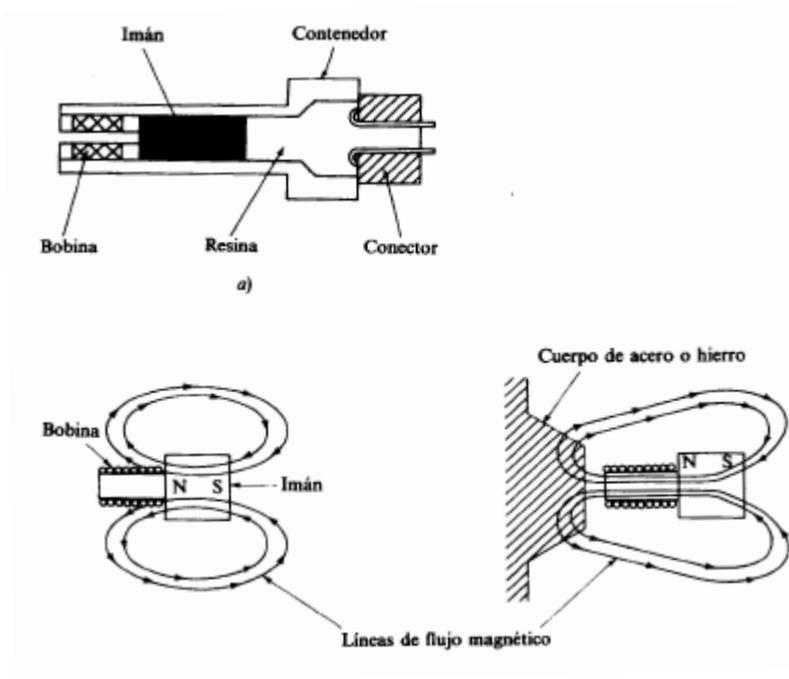


Figura 2.41. Componentes del Sensor Inductivo.¹⁷
Fuente: www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf

2.4.6.3. Sensores Capacitivos.

Los sensores de proximidad capacitivos son similares a los inductivos. La principal diferencia entre los dos tipos es que los sensores capacitivos producen un campo electrostático en lugar de un campo electromagnético.

Los interruptores de proximidad capacitivos censan objetos metálicos también como materiales no metálicos tal como papel, vidrio, líquidos y tela.¹⁸

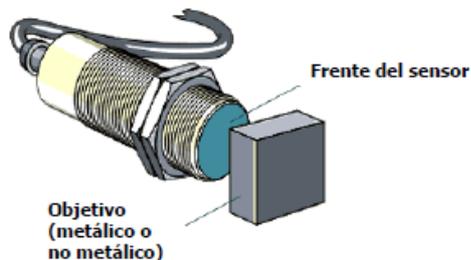


Figura 2.42. Sensor Capacitivo.¹⁸

Fuente: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENORES_CAPACITIVOS.PDF

¹⁸http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENORES_CAPACITIVOS.PDF

El elemento sensor es un condensador constituido por un electrodo sensible y un electrodo de referencia separados por un dieléctrico, una cavidad de aire seco para aislar y un conjunto de circuitos electrónicos.

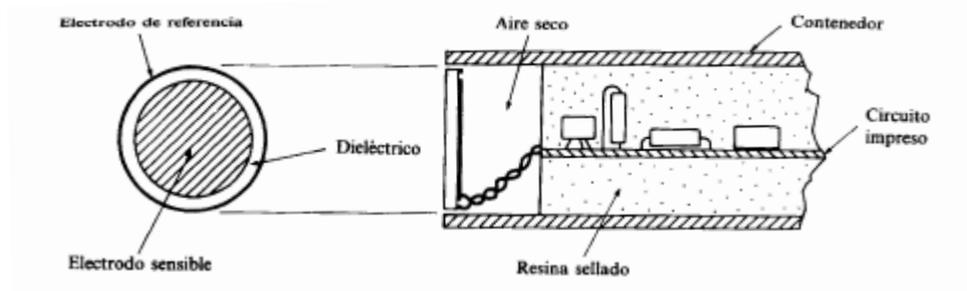


Figura 2.43. Componentes del Sensor Capacitivo.¹⁷

Fuente: www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf

El elemento capacitivo es parte de un circuito que es excitado de manera continua por una forma de onda sinusoidal de referencia. Un cambio en la capacidad, produce un desplazamiento de fase entre la señal de referencia y una señal obtenida a partir del elemento capacitivo.

El desplazamiento de fase es proporcional al cambio de capacidad, este cambio se utiliza para detección de proximidad.

- La capacidad varía con la distancia a la que está el objeto
- La capacidad depende del material objeto de detección¹⁸

2.4.6.4. Sensores ópticos de proximidad

Emisor de luz por diodo LED + recepción por un fotodiodo.

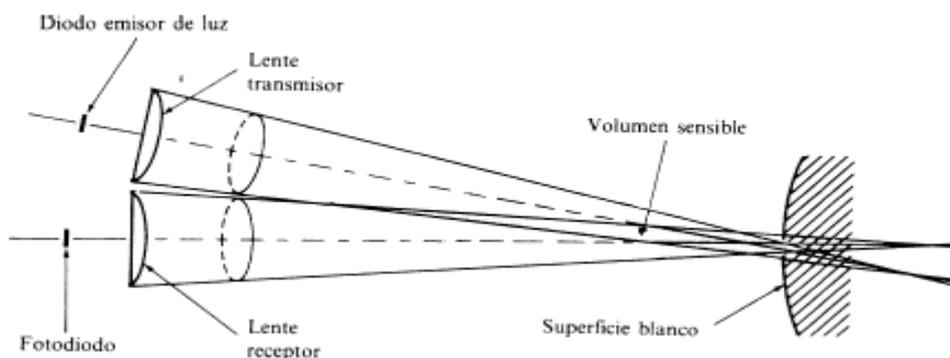


Figura 2.44. Componentes del Sensor óptico.¹⁷

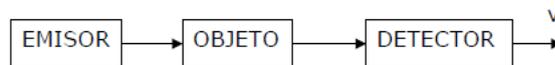
Fuente: www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf

Los conos de luz formados enfocando la fuente y el detector en el mismo plano interceptan en un volumen largo.

Este volumen define el campo de operación del sensor, puesto que una superficie reflectora que intercepta ese volumen se ilumina por la fuente y es vista simultáneamente por el receptor.

Sensor con salida binaria: un objeto se detecta cuando se recibe una intensidad de luz superior a un umbral preestablecido. ¹⁷

- Otra posibilidad más sencilla:



Problemas:

- Alineación precisa.
- Alta calidad del emisor: porque la energía se pierde con la distancia.

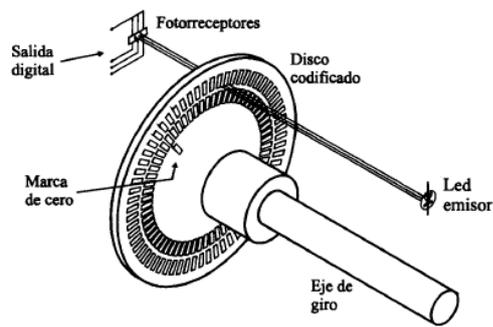
2.4.6.5. ENCODERS (codificadores angulares de posición)

Constan de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí, de un sistema de iluminación y de un elemento foto receptor.

El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco, a medida que el eje gira se van generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese las marcas, llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje.

La resolución depende del número de marcas que se pueden poner físicamente en el disco.

El funcionamiento de un encoder absoluto es similar, pero el disco se divide en un número de sectores (potencia de 2), codificándose cada uno de ellos con un código binario (código Gray), con zonas transparentes y opacas. ¹⁷



a)



c)

Figura 2.45. a) Componentes del Encoder. b) Encoder Óptico. ¹⁷

Fuente: www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf

2.4.7 Neumática

La neumática utiliza el aire comprimido para poder transmitir la energía necesaria para mover o hacer funcionar algún mecanismo.

En la mayoría de los procesos industriales podemos encontrar sistemas neumáticos para infinidad de trabajos. ¹⁹

Aplicaciones:

- Sujeción de piezas
- Desplazamiento de piezas
- Posicionamiento de piezas
- Orientación de piezas
- Embalar materiales
- Llenar recipientes

¹⁹ <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

- Dosificar componentes
- Accionar ejes
- Abrir y cerrar puertas
- Transportar materiales
- Girar piezas
- Separar piezas
- Estampar piezas
- Prensar piezas
- Alimentar y expulsar materiales
- Contar piezas
- Comprobar medidas de piezas
- Mecanizados
- Interruptores neumáticos
- Dispositivos de frenado
- Controles de nivel
- Control de temperaturas en invernaderos
- Apilar piezas
- Etc.

En forma resumida un sistema neumático está compuesto de los siguientes componentes:

- 1) Entrada de Aire
- 2) Filtro de aspiración
- 3) Moto – compresor
- 4) secador (refrigerador)
- 5) Acumulador
- 6) Purgador
- 7) Unidad de mantenimiento (filtro de aire, Regulador de presión, lubricador)
- 8) Válvula

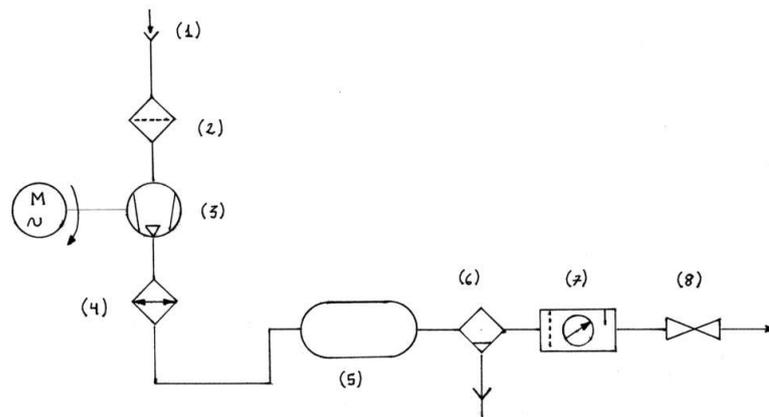


Figura 2.46. Circuito básico. ¹⁹

Fuente: <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

Este diagrama muestra los elementos básicos componentes de un sistema neumático. A partir de ahí viene lo que se denomina mando neumático que estará formado por las válvulas de vías y auxiliares y por los cilindros neumáticos, que realizarán un trabajo determinado, así como también otros componentes. ¹⁹

2.4.7.1. Aire comprimido

Ventajas en el empleo del aire comprimido

- Circuitos sencillos y de fácil instalación
- Elementos constituyentes baratos
- Ausencia de peligro por inflamabilidad
- Fácil transformación de la energía neumática a hidráulica, mecánica, etc.
- Seguridad aunque se produzcan escapes

Desventajas en el empleo del aire comprimido

- Elevado coste de los generadores de aire comprimido
- Limitaciones en las velocidades y esfuerzos posibles en los accionadores
- Elevado ruido en los escapes de aire
- Elevado nivel de ruido y de vibraciones en los compresores

- Necesidad de acondicionar el aire antes de emplearlo como energía
- Falta de precisión en los actuadores

También hay que tener en cuenta que en una instalación neumática se encuentra toda la red de distribución por tuberías.

Para garantizar la fiabilidad de un mando neumático, es necesario que el aire que alimenta el sistema tenga un nivel de calidad suficiente.

- a) Presión correcta
- b) Aire seco
- c) Aire limpio

Con este fin el aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar al punto de consumo, ya que el aire que no ha sido acondicionado debidamente provoca un aumento en la cantidad de fallas y en consecuencia disminuye la vida útil de los sistemas neumáticos.¹⁹

Distribución del aire comprimido

El trazado de las redes de distribución se realizará considerando:

- 1) Ubicación de los puntos de consumo.
- 2) Ubicación de las máquinas.
- 3) Configuración del edificio.
- 4) Actividades dentro de la planta industrial.

Y teniendo en cuenta los siguientes principios: trazado de la tubería eligiendo los recorridos más cortos y lo más recta posible, evitando los cambios bruscos de dirección, las reducciones de sección, las curvas, las T, etc. con el objeto de evitar pérdida de carga.

Preferentemente el montaje de la tubería será aéreo, esto facilita la inspección y el mantenimiento. Las tuberías subterráneas no son prácticas.

Dimensionar generosamente las mismas para atender una futura demanda.

Inclinar ligeramente las tuberías un 3% en el sentido del flujo del aire y colocar en los extremos bajos, ramales de bajada con purga manual o automática. Esto evita la acumulación de condensado en las líneas.

Colocar válvulas de paso en los ramales principales y secundarios. Esto facilita la reparación y mantenimiento sin poner fuera de servicio toda la instalación.

Las tomas de aire de servicio o bajantes deben hacerse desde la parte superior. Las tomas y conexiones en las bajantes se realizarán colocando en su parte inferior un grifo de purga.

2.4.7.2. Nivel de la presión

Los elementos neumáticos son concebidos por lo general para resistir una presión máxima de 8 a 10 bares. No obstante es suficiente, para que funcione bien y económicamente, aplicar una presión de 6 bares. En consecuencia el compresor deberá suministrar de 6,5 a 7 bares debido a las pérdidas.

Se debe instalar un acumulador para compensar las oscilaciones de presión cuando se retira aire del sistema. Cuando la presión en el acumulador desciende por debajo de un valor determinado, el compresor lo vuelve a llenar hasta la presión de ajuste máximo. De esta manera se evita que el compresor funcione ininterrumpidamente.

Cuando existen redes de aire comprimido muy extensas, estas se dividen en subredes de distribución y las mismas tienen diferentes niveles de presión.

2.4.7.3. Filtros de aire

Los filtros de aire comprimido tienen por función detener las partículas sólidas que hay en el aire y eliminar el agua condensada en el aire. Los filtros se fabrican en diferentes modelos y deben tener drenajes acondicionados manualmente, semiautomática o automáticamente. Los depósitos deben construirse de material irrompible y transparente.

Generalmente pueden limpiarse con cualquier detergente pero no con disolventes tricloro-etilénicos que pueden perjudicar el material del vaso.

El funcionamiento en general es el siguiente: el aire entra en el depósito a través de un deflector direccional, que obliga a fluir en forma de remolino. Consecuentemente, la fuerza centrífuga creada arroja las partículas líquidas contra la pared del vaso y estas se deslizan hacia la parte inferior del mismo, depositándose en la zona de calma.

En general la cabeza de los filtros suele ser de aluminio inyectado, latón estampado o fundición de aluminio. La cuba se construye de plástico inyectado (metacrilato, acetatos, etc.). Los deflectores, cabezas de protección del cartucho y zonas de calma suelen ser de plástico tipo nylon.¹⁹

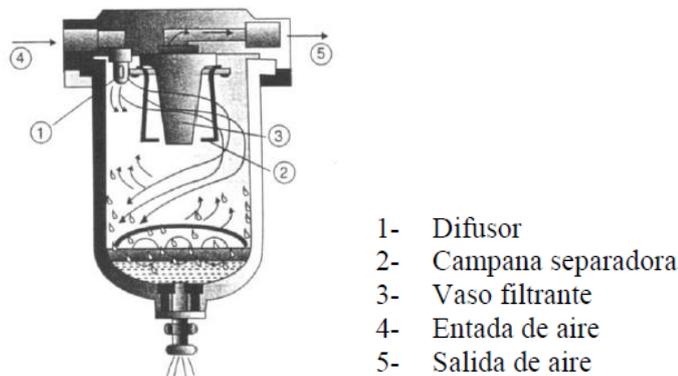


Figura 2.47. Partes del filtro de aire.¹⁹

Fuente: <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

2.4.7.4. Unidad de Mantenimiento

La unidad de mantenimiento tiene la función de acondicionar el aire a presión y es antepuesto al mando neumático. La UDM está conformada por un regulador de presión, un filtro de aire y un lubricador de aire.

El aire a presión pasa a través de la UD lubricación. Al atravesar una zona de estrangulación, se produce un vacío. Este vacío provoca la succión del aceite a través de una tubería conectada a un depósito. El aceite pasa a una cámara de goteo donde es pulverizado y mezclado con el aire. La lubricación del aire a presión debería solo limitarse a los segmentos del sistema que necesiten lubricación.

Es necesario lubricar aquellos elementos que operan con movimientos extremadamente veloces. De igual manera lubricar los cilindros de grandes diámetros. Es conveniente colocar la UD lubricación inmediatamente antes del cilindro. ¹⁹

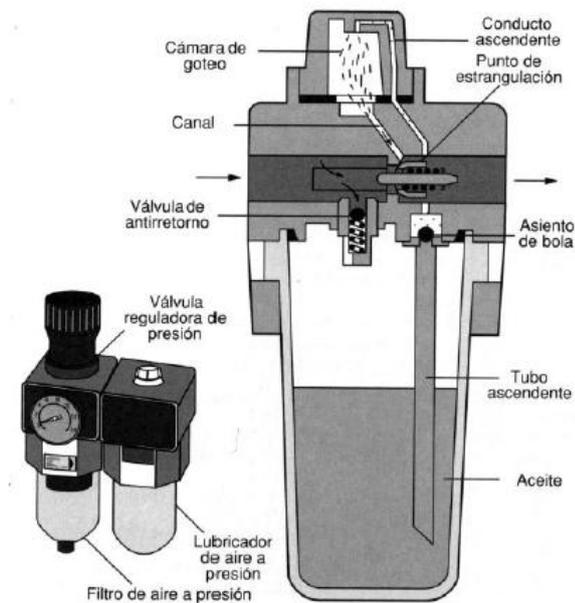


Figura 2.48. Unidad de mantenimiento. ¹⁹

Fuente: <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

Reguladores De Presión

El nivel de la presión del aire comprimido generado por el compresor no es constante y es necesario que el equipo neumático no ocasione problemas. Para obtener un nivel constante de la presión de aire se instalan reguladores de presión en la red. De esta manera se logra mantener una uniformidad de la presión en el sistema de alimentación de aire comprimido (presión secundaria), independientemente de las oscilaciones que surjan en el circuito principal (presión primaria).

El regulador se instala detrás del filtro de aire con el fin de mantener un nivel constante de presión de trabajo.

Generalmente es: 6 bar en la sección de operación y 4 bar en la sección de mando. ¹⁹

2.4.7.5. Válvulas de vías

En un sistema neumático, son las denominadas unidades de mando. Son aquellos dispositivos que distribuyen el aire comprimido hacia los diferentes elementos de trabajo. Estas se distinguen por el número de vías y el número de posiciones que poseen. O sea se clasifican como el N° de vías / N° de posiciones.

Ejemplo:

2/2 - (dos / dos) - 2 vías / 2 posiciones

5/2 - (cinco / dos) - 5 vías / 2 posiciones

El número de posiciones me indica cuantas posiciones estables posee la válvula, pueden ser 2, 3, 4 o más pero nunca puede ser menor que 2.

El número de vías me indica básicamente el número de orificios que tiene la válvula, para distribuir el aire comprimido. No se consideran orificios de pilotaje.

Estas válvulas pueden tener diferentes formas de accionamiento como ser por pulsador, a palanca, a rodillo, por pedal, por accionamiento neumático, etc.

Pueden definirse también en monoestables o biestables, dependiendo de si tienen una o dos posiciones de equilibrio. En general cuando el retroceso de una válvula o el cambio de posición se realizan mediante un muelle, en este caso son válvulas monoestables. Cuando tienen accionamiento neumático de ambos lados, para realizar el cambio de posición, en ese caso son biestables.

Según la distribución de aire, estas pueden ser válvulas “normal abierta” o “normal cerrada”, las NC son las que en su posición de equilibrio no dejan pasar el aire comprimido y las NA son las válvulas en las que en su posición de equilibrio si dejan pasar el aire comprimido.

En las válvulas de vías, los cuadrados representan las posiciones y los trazos o líneas representan las vías. ¹⁹

Electroválvulas

El mando electromagnético de una válvula se utiliza cuando la señal procede de un final de carrera eléctrico, de un presostato o de un dispositivo eléctrico. A través de este tipo de mando la señal eléctrica es transformada en una señal neumática destinada accionar el mecanismo de cierre o apertura de las diferentes vías de las válvulas.²⁰

En la figura 2.35 se muestra una electroválvula con accionamiento electromagnético por un lado y retorno por muelle, pero también existen con dos bobinas, una para cada posición.

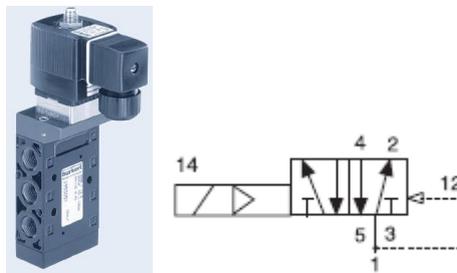


Figura 2.49. Electroválvula 5/2 vías con una bobina.²¹

Fuente: http://www.burkert.com/products_data/datasheets/DS0590-Standard-ES-ES.pdf

En la figura 2.36 se muestran tres formas diferentes de accionamiento de un cilindro, con mando por electroválvula. En (a) se muestra el gobierno de un cilindro de pequeñas dimensiones, mediante electroválvula de accionamiento directo. En (b) se representa un cilindro de mayores dimensiones accionado por una electroválvula servopilotada, y en (c) se muestra el mismo cilindro gobernado por dos válvulas separadas: una de pilotaje neumático, que hace de distribuidor principal, y la otra es una electroválvula de mando directo, que a su vez gobierna a dicho distribuidor del cilindro.

²⁰ A. SERRANO NICOLÁS - NEUMÁTICA 5ta Edición (2008) - editorial PARANINFO-España

²¹ http://www.burkert.com/products_data/datasheets/DS0590-Standard-ES-ES.pdf

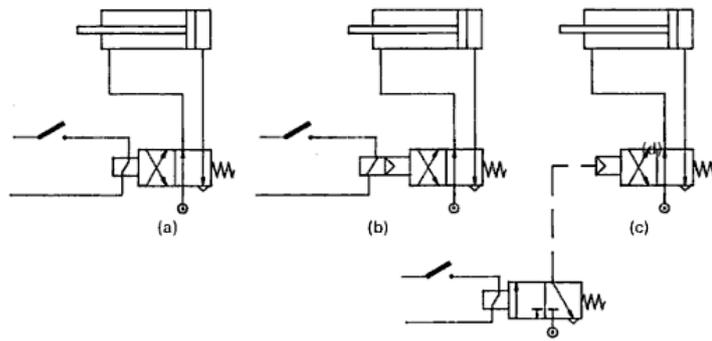


Figura 2.50. Mandos de cilindros por electroválvulas. ²⁰
Fuente: A. SERRANO NICOLÁS - NEUMÁTICA 5ta Edición (2008) - editorial PARANINFO-España

2.4.7.6. Cilindros

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o fuerzas prensoras. Su función es la de realizar un movimiento alternativo, subdividido en carrera de avance y carrera de retroceso.

Se distinguen dos tipos de cilindros neumáticos:

- a) Cilindros de simple efecto
- b) Cilindros de doble efecto

Esta es la clasificación básica de los cilindros neumáticos, o los más comúnmente utilizados, ya que en el mercado se encuentra una variedad mucho mayor. ¹⁹

a) Cilindros de Simple efecto:

En este tipo de cilindros el aire comprimido actúa en una sola dirección de movimiento para realizar el trabajo, utilizando un muelle interior o una fuerza externa para completar la carrera de retroceso. Su aplicación se limita a trabajos simples como sujeción, expulsión, alimentación, etc. Consumen la mitad de aire que uno de similar tamaño pero de doble efecto.

Existen cilindros de simple efecto que realizan la carrera de avance con punto de partida cuando el cilindro está totalmente extendido, en este

caso el trabajo se realiza cuando el vástago entra dentro del cilindro y los otros cuando el punto de partida esta cuando el vástago está totalmente retraído, en este caso el trabajo se realiza cuando el vástago sale del cilindro. En este tipo de cilindro hay que tener en cuenta que la fuerza neta que desarrollan estos será la resultante entre la generada por la presión de aire, la fricción o roce del cilindro y el trabajo de compresión del resorte antagónico. Generalmente estos tipos de cilindros son de diámetros pequeños y carreras cortas.

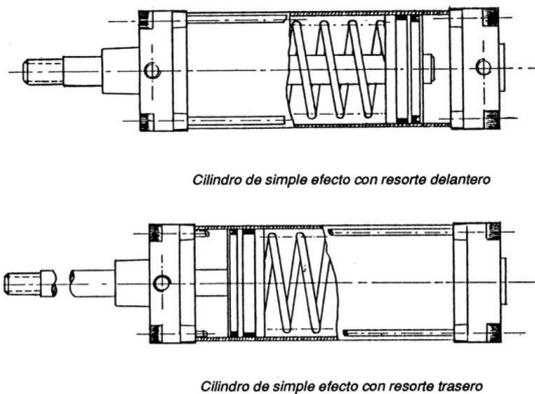


Figura 2.51. Cilindros de simple efecto. ¹⁹

Fuente: <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

Existe una variante de este tipo de cilindro, el cual consta de doble vástago, en este caso siempre uno de los vástagos está saliendo del cilindro.

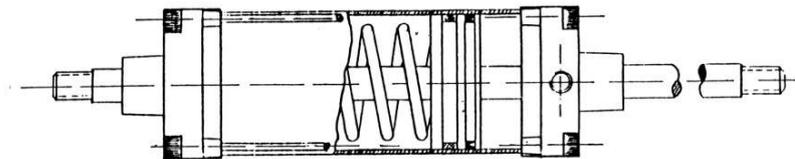


Figura 2.52. Cilindro de doble vástago. ¹⁹

Fuente: <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

b) Cilindros de doble efecto

Este tipo de cilindros son los más empleados, en estos el aire comprimido actúa en cualquiera de las dos cámaras, por lo tanto el embolo y el

vástago del cilindro se pueden desplazar en cualquiera de las dos direcciones por efecto del fluido. Para que se pueda realizar un trabajo, o sea el vástago se desplace en alguna dirección es preciso que una de las cámaras este alimentada y la otra abierta a la atmósfera o sea en escape. Se debe tener en cuenta que en este tipo de cilindros la fuerza que realiza el vástago es levemente mayor en la carrera de avance que en la de retroceso debido a que el área efectiva para determinar la fuerza en la carrera de avance es mayor a la de retroceso ya que hay que restarle el área del vástago.

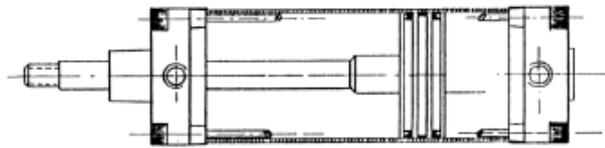


Figura 2.53. Cilindro doble efecto. ¹⁹

Fuente: <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

En el caso de cilindros de doble vástago este problema no se presenta, ya que hay igualdad de áreas efectivas.

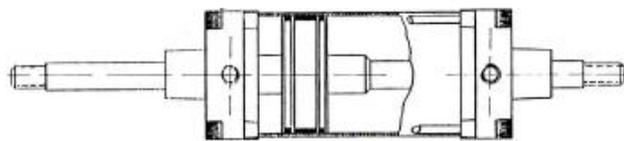


Figura 2.54. Cilindro doble efecto y doble vástago. ¹⁹

Fuente: <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>

Cálculo de la fuerza

La fuerza desarrollada por un cilindro de doble efecto al avanzar el vástago depende de la presión del aire, de la sección del embolo y del rendimiento o pérdidas por rozamiento de las juntas dinámicas. En el retroceso será preciso considerar también el diámetro del vástago.

En los cilindros de simple efecto, como el trabajo neumático solo se realiza en un sentido, será necesario considerar la reacción del resorte de recuperación que se opone al movimiento y, por tanto reduce la vida útil.

Generalmente la fuerza de un cilindro se calcula para una presión de aire de unos 6 bar, que es la que normalmente, garantiza la red de distribución. Eso no significa que puedan ser consideradas otras presiones por encima o por debajo de la mencionada. En todos los casos, y dada la factibilidad con que se regula la presión, es conveniente sobredimensionar algo el cilindro por si, accidentalmente, en un momento determinado, la red proporciona una presión inferior a la estimada en el principio.²⁰

En cuanto al rendimiento de los cilindros, depende del diseño del mismo y, por tanto, del fabricante. Si se dispone de datos más precisos, y a modo de orientación, basta considerar.²⁰

Para cilindros de hasta $D = 40 \text{ mm}$ $R=0'85$

Para cilindros superiores a $D = 40 \text{ mm}$ $R=0'95$

En cilindros de doble efecto, la fuerza efectiva de avance será.

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot R \quad \text{Ecuación. 2.1}$$

Fa = Fuerza del cilindro en daN (o en Kp)

D = Diámetro del cilindro en mm

P = Presión del aire en bar (o kp/cm²)

R = Rendimiento del cilindro

La fuerza en el retroceso para estos mismos cilindros será:

$$Fr = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot R \quad \text{Ecuación. 2.2}$$

d = diámetro del vástago en cm

En cuanto a los cilindros de simple efecto con retorno por muelle, la fuerza de avance, o fuerza efectiva de trabajo será.

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot R - Fm \quad \text{Ecuación. 2.3}$$

Siendo

F_m = fuerza del resorte en daN (o kp)

Los fabricantes de cilindros de simple efecto, proporcionan datos de fuerza de empuje para diferentes posiciones de vástago. Como se sabe, la fuerza o resistencia que opone un resorte al ser comprimido depende de la deformación axial a la cual se le somete. La fuerza es directamente proporcional a la deformación, por tanto, en el empuje, la máxima fuerza la realiza el cilindro al iniciar la marcha, y la mínima al finalizar el recorrido del avance.

En la siguiente tabla se indica fuerzas teóricas en daN de avance y retroceso del vástago en cilindros de doble efecto para presiones entre 2 y 8 bar. Para obtener la fuerza real será preciso multiplicar dicha fuerza por el rendimiento. Así pues:

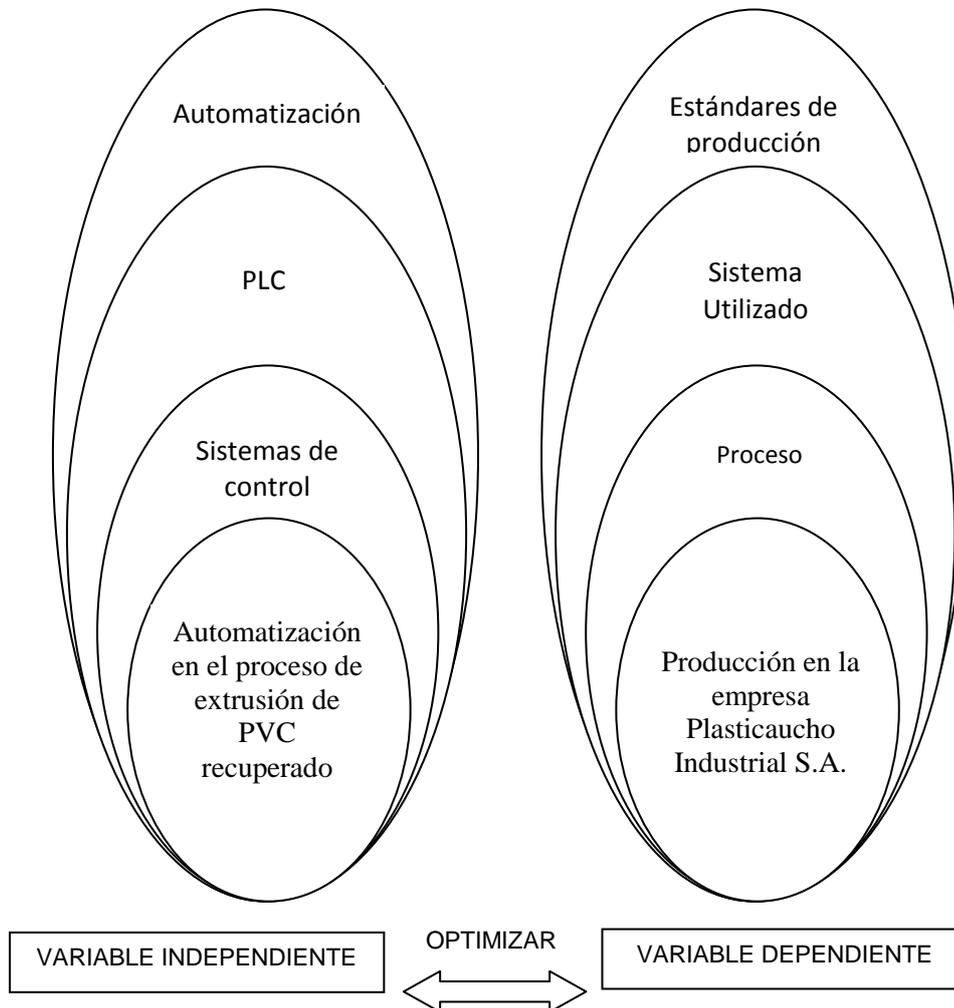
$$F_{ra} = F_a \cdot R \text{ para el avance} \quad \text{Ecuación. 2.4}$$

$$F_{rr} = F_r \cdot R \text{ para el retroceso} \quad \text{Ecuación. 2.4}$$

Tabla 2.25. Fuerzas teóricas en cilindros de doble efecto. ²⁰
Fuente: A. SERRANO NICOLÁS - NEUMÁTICA 5ta Edición (2008) - editorial PARANINFO-España

D mm	d mm	Sección cm ²		Esfuerzos en daN para presión en bar							
				2		4		6		8	
		Sa	Sr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
10	4	0,8	0,6	1,6	1,2	3,2	2,4	4,8	3,6	6,4	4,8
12	6	1,1	0,8	2,2	1,6	4,4	3,2	6,6	4,8	8,8	6,4
16	6	2,0	1,7	4,0	3,4	8,0	6,8	12,0	10,2	16,0	13,6
20	10	3,1	2,3	6,2	4,3	12,4	8,6	18,6	13,8	24,8	17,2
25	12	4,9	3,8	9,8	7,6	19,6	15,2	29,4	22,8	39,2	30,4
32	12	8,0	6,9	16,0	13,8	32,0	17,6	48,0	41,4	64,0	55,2
40	18	12,6	10,0	25,2	20,0	50,4	40,0	75,6	60,0	100,8	80,0
50	18	19,6	17,0	39,2	34,0	78,4	68,0	117,6	102,0	156,8	136,0
63	22	31,2	27,4	62,4	54,8	124,8	109,6	187,2	164,4	249,6	219,2
80	22	50,3	46,5	100,6	93,0	201,2	186,0	301,8	279,0	402,4	372,0
100	30	78,5	71,5	157,0	143,0	314,0	286,0	471,0	429,0	628,0	572,0
125	30	123,	115,7	246,0	213,4	492,0	462,8	738,0	694,2	984,0	925,6
160	40	201,0	188,0	402,0	376,0	804,0	752,0	1206,0	1128,0	1608,0	1504,0
200	40	314,0	301,0	628,0	602,0	1256,0	1204,0	1884,0	1806,0	2512,0	2408,0
250	50	491,0	471,0	982,0	942,0	1964,0	1884,0	2946,0	2826,0	3928,0	3768,0

2.5. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.



2.6 HIPÓTESIS

“La automatización es el sistema de aporte en el proceso de extrusión de PVC recuperado con lo que se optimizará la producción en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.”

2.7 SEÑALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Unidades de observación

- Proceso de extrusión de PVC recuperado
- Producción

Variable independiente: Automatización como sistema de aporte en el proceso de extrusión de PVC recuperado.

Variable dependiente: Producción en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

Termino de relación

Optimizar.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE INVESTIGATIVO

La investigación se realiza con un enfoque cuantitativo, nuestro estudio se orienta básicamente en el mejoramiento de la producción, específicamente en el proceso de extrusión de PVC recuperado, por lo que se realizara una medición controlada, orientada a la comprobación de la hipótesis.

La información que se recopile para este estudio investigativo será de dos fuentes:

- Primaria
- Secundaria

La fuente de investigación primaria está determinada por los datos recopilados de la producción en el proceso de extrusión de PVC recuperado, y la observación del funcionamiento del mismo.

La fuente de investigación secundaria está determinada por la observación de procesos similares los que aportarán para el desarrollo del proyecto, y además la información obtenida por personas que tengan conocimiento del tema de investigación y puedan aportar con sus conocimientos para el desarrollo del proyecto.

3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.

La modalidad de investigación se enfoca a la de campo, bibliográfica, y también experimental, debido que para el desarrollo de proyecto se debe estar en el lugar de acción donde se ejecuta la actividad.

3.2.1. Campo

En este estudio se realizará la investigación de campo ya que la información y datos para el estudio se recolectaran en el mismo lugar donde se realizará el desarrollo del proyecto, es decir en el mismo lugar que está trabajando la maquinaria de extrusión de recuperado PVC.

3.2.2. Bibliográfica

Se realizara este tipo de investigación ya que para la elaboración del sistema automático del proyecto es necesaria la información científica, libros, tesis, documentales, internet, etc., toda la información recopilada servirá para nuestro desarrollo técnico y filosófico, lo cual fortalecerá nuestro conocimiento.

3.2.3. Experimental

Ha sido elegida esta investigación porque la construcción del proyecto se realizará en un taller y también las pruebas de funcionamiento.

3.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN

Los niveles de investigación que se desarrollaran:

- Explicativo
- Asociación de variables
- Descriptivo.

3.3.1. Explicativo

La investigación será explicativa debido a que por medio de resultados de nuestra investigación se podrá elegir el sistema automático apropiado para dar solución a nuestro problema.

3.3.2. Asociación de variables

Por la relación entre las variables inmersas en el estudio, permite evaluar las variaciones el comportamiento de una variable en relación a otra, con lo que podemos comparar el antes y el después del estudio.

3.3.3. Descriptivo

Es esencialmente debido a que permite la descripción total y detallada del fenómeno de estudio, del que, se obtienen datos los que deben ser medidos, y por medio de análisis se llegan a los resultados, planteados por las interrogantes formuladas al problema.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.4.1. Variable independiente

- Automatización como sistema de aporte en el proceso de extrusión de PVC recuperado.

CONCEPTOS	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Automatización.- proceso de mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra, simplificando el trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema manual. • Sistema automático 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de paros (tiempos muertos). • Tiempo de paros (tiempos muertos). 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 turno de 8 horas • 1 turno de 8 horas 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación directa • Ficha de observación • Cronómetro

3.4.2. Variable dependiente

➤ Producción en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

CONCEPTOS	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Producción.- conjunto de actividades mediante las cuales se transforma determinados bienes en otros que poseen una utilidad mayor.	<ul style="list-style-type: none"> • Baja Producción • Producción óptima 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de corte manual • Sistema de corte automático 	<ul style="list-style-type: none"> • Kg producidos durante 1 turno de 8 horas, estándar 1300 kg. • Paros de máquina (tiempos muertos) • Kg producidos durante 1 turno de 8 horas, aproximadamente del 1 al 15 % más que el sistema manual • Paros de máquina (tiempos muertos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación directa. • Ficha de observación. • Balanza. • Cronómetro

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de información en nuestra investigación se realizará con las siguientes técnicas e instrumentos respectivamente:

Observación directa: ya que el investigador está en contacto personal con el objeto de estudio.

Ficha de campo: para la recolección de datos directos.

3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Toda la información que se está utilizando debe ser de fuentes reales precisas y científicas para dar al proyecto la validez necesaria, la investigación conlleva a una organización sistémica y bajo lineamientos metodológicos que le permita cumplir con los objetivos y aportes establecidos como finalidad, tiene que dominar el análisis cualitativo para llegar al propósito deseado.

La recopilación de información se lo realizará mediante observación directa de la producción dada en relación al tiempo para poder estimar los minutos de paros de máquina no programados que están paralizando la producción diaria.

3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para procesar y analizar la información se realizara lo siguiente:

- La información recolectada será revisada y analizada para poder justificar las producciones diarias y poder tener una expectativa del mejoramiento esperado en la producción, ya que el único factor para que la producción no esté igual o cercano al estándar, es porque se debió dar algún paro de máquina, sea este planificado o no.

- La presentación de los datos obtenidos se realizara de manera gráfica, los datos y resultados según su orden o clasificación.
- Toda información debe ser clara y precisa, para que esto no sea un obstáculo para continuar con su desarrollo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Nuestra base para poder comparar los resultados es el estándar de la máquina extrusora de recuperado de PVC, el cual es de 1300 kg por turno (8 horas), este estándar está dado considerando que el corte de PVC a la salida del extrusor se lo realiza por un operador de forma manual, este factor es el que no permite al extrusor trabajar las 8 horas del turno sin interrupciones, ya que el operador tiene necesidades naturales como son ir a comer, necesita ir al baño, necesita hidratarse, y además debe hacer la limpieza del puesto de trabajo en cada turno, lo cual conlleva tiempo y dado que el extrusor necesita de el operador para que corte el PVC entonces debe ser detenido para que el operador pueda realizar estas actividades, además el operador realiza una actividad obligatoria como es la limpieza de su puesto de trabajo, además de esto se realiza mas actividades que se dan en el turno de trabajo, pero se ha tomado los tiempos más representativos que son los de las actividades anteriores.

Esto fue nuestro punto de partida, ya que solamente eliminando estos paros de máquina (tiempos muertos) se llegaría a obtener más tiempo productivo y por consiguiente a optimizar la producción.

Por esto el punto a mejorar es el corte de PVC recuperado que se está realizando de forma manual, el mismo que se ha decidido realizarlo con un sistema automático.

Diagrama de flujo del proceso de extrusión de PVC recuperado.

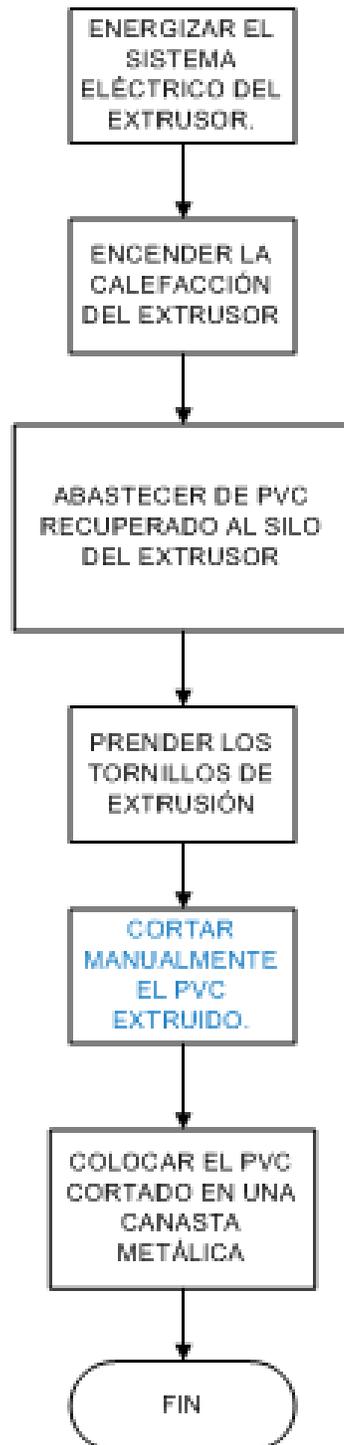


Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso de extrusión de PVC recuperado

Fuente: Mario Hilaño

➤ **Datos recolectados con el sistema de corte manual**

A continuación podemos observar la producción donde se nota claramente los paros de máquina no programados (tiempos muertos), es preciso explicar que también existen paros de máquina programados que son dados por parte de mantenimiento para realizar trabajos en la maquinaria, para conservar su buen funcionamiento, cabe recalcar que en todas las máquinas de la empresa se realiza semanalmente un Check List, para realizar una limpieza total y encontrar novedades de algún desperfecto en la misma, esto ayuda al personal de mantenimiento para que puedan saber de las novedades y poder dejar a punto las máquinas para otra semana de trabajo, por ello también es considerado como paro de máquina programado.

Tabla 4.1 Datos con el proceso manual

Fuente: Mario Hilaño

DÍAS	PRODUCCION KG	PAROS NO PLANIFICADOS (min)				TOTAL
		COMER	BAÑO	HIDRATACIÓN	LIMPIEZA	
1	1290	28	15	9	15	67
2	1260	30	20	6	15	71
3	1250	29	19	8	15	71
4	1300	30	15	10	15	70
5	1300	28	15	7	15	65
6	1250	30	10	9	15	64
7	1290	27	15	11	15	68
8	1270	30	20	6	15	71
9	1300	28	17	9	15	69
10	1300	27	18	5	15	65
PROMEDIO	1281,00				PROMEDIO (min)	68,10

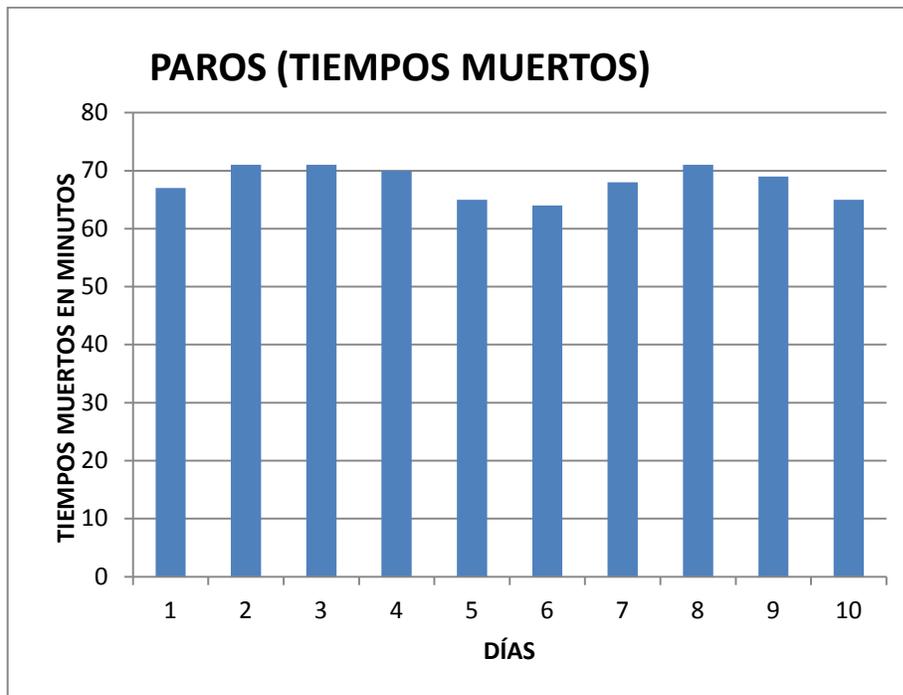


Figura 4.2. Gráfico de paros no planificados (tiempos muertos)
Fuente: Mario Hilaño

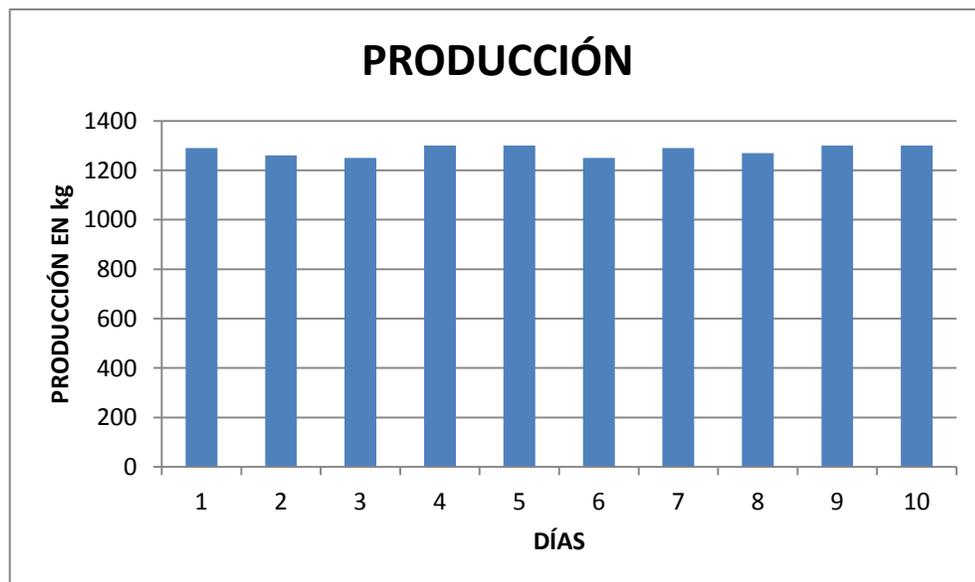


Figura 4.3. Gráfico de producción.
Fuente: Mario Hilaño

➤ **Datos recolectados con el sistema de corte automático**

A continuación podemos observar lógicamente los cambios que se han dado en los paros de máquina no programados (tiempos muertos), los mismos que son eliminados con un sistema automático, ya que la máquina no deja de producir y el operador tiene el tiempo para realizar sus actividades vitales y obligatorias, para que el mismo pueda desarrollar mejor su trabajo.

Tabla 4.2. Datos con el proceso automático
Fuente: Mario Hilaño

DÍAS	PRODUCCION KG	PAROS NO PLANIFICADOS (min)				TOTAL
1	1500					0
2	1490					0
3	1500					0
4	1505					0
5	1500					0
6	1500					0
7	1500					0
8	1500					0
9	1490					0
10	1500					0
PROMEDIO	1498,50					PROMEDIO
						TOTAL (HORAS)
						0
						TOTAL (HORAS)
						0

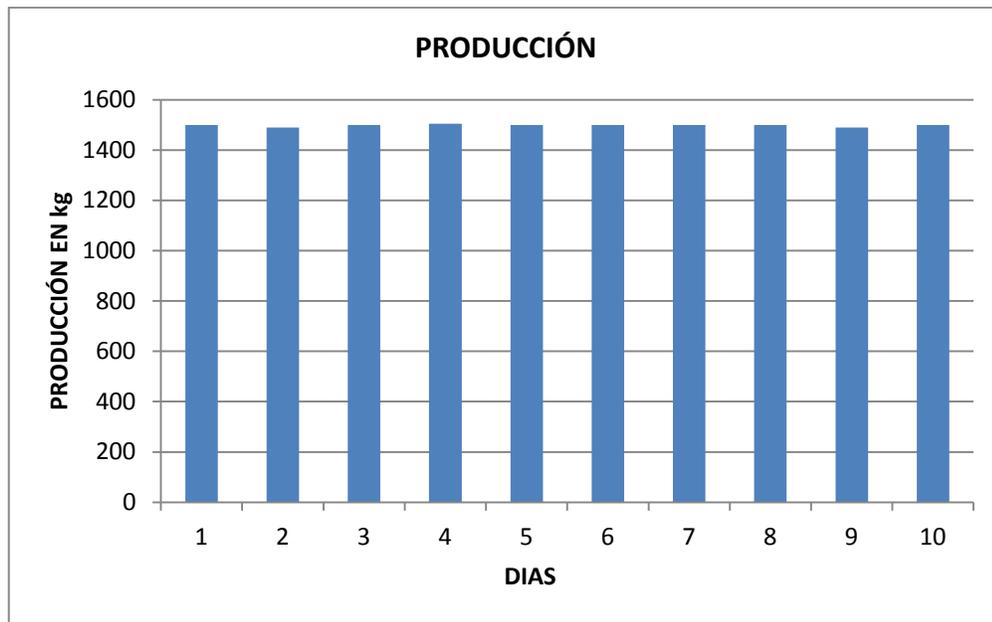


Figura 4.4. Gráfico de producción.
Fuente: Mario Hilaño

4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS

Como se observa en la tabla 4.1. se tiene la producción más alta que es de 1300 kg, hay que tener en cuenta que el estándar por turno del extrusor es de este valor, esto ya que para determinar este estándar se debió tomar anteriormente en cuenta todos los paros no programados (tiempos muertos), el promedio total de tiempos muertos es de 68 minutos.

Para determinar el estándar de producción actual con el sistema de corte automático, lo realizamos partiendo del promedio de tiempos muertos, ya que este hay que restarlo del tiempo total del turno de trabajo (8 horas o 480 minutos), para determinar el tiempo en el que se está realizando la producción dada por el estándar con sistema de corte manual.

Tiempo laborado = tiempo por turno – promedio de tiempos muertos

Tiempo laborado = 480 minutos – 68 minutos = 412 min

Este es el tiempo real que se está trabajando con el sistema de corte manual, por turno de 8 horas (480 min).

Para determinar el nuevo estándar con el sistema de corte automático lo realizamos de la siguiente manera:

412 min ——— 1300 kg

480 min ——— X = 1514.5 kg

Estándar óptimo = **1514.5 kg**

Para determinar el porcentaje de optimización:

1300 kg ——— 100 % kg

1514.5 kg ——— X = 116.5 %

100% - 116.5 % = **16.5 %**

Este es el motivo de la investigación, llegar a obtener esta producción por turno eliminando los tiempos muertos, lo cual es realmente posible ya que lo necesario es un sistema que no deje de producir, por lo que se opta por automatizar el corte de PVC recuperado y tener un proceso de extrusión de recuperado PVC automatizado, con esto se ha optimizado la producción.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Mediante la comprobación del funcionamiento del sistema automático para realizar el corte de PVC, se llega a optimizar el proceso de extrusión de recuperado, eliminando tiempos muertos que era un impedimento para mejorar la producción, el mejoramiento en el proceso ayuda poco a poco a reducir el inventario de PVC recuperado de colores aproximadamente de 16 % adicional por turno de 8 horas, lo cual es beneficioso para la empresa ya que se da uso a materiales que están sin movimiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Luego de realizar la evaluación de los resultados obtenidos en el proceso de extrusión de recuperado de PVC, se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones, en síntesis se detalla lo más relevante de la investigación.

- Con el sistema automático se reducirá el inventario de PVC recuperado de colores aproximadamente el 16 % por turno.
- Mediante la observación directa y cronometrando se logró determinar los paros no programados (tiempos muertos), los cuales son: al momento que los operadores van a comer, al baño, cuando se hidratan, y cuando se realiza la limpieza de la máquina.
- Mediante la construcción de un sistema automático para cortar el PVC recuperado se logra eliminar los paros no programados (tiempos muertos), transformando estos tiempos muertos en producción por cada turno con lo que se logra optimizar.
- Teniendo un promedio de tiempos muertos se pudo determinar el valor real de producción por turno.
- Para controlar el sistema automático se emplea un Módulo Lógico Programable LOGO! 12/24 RC, el cual es la mejor opción para nuestro caso, ya que se va utilizar sensores que trabajan en rangos de voltaje

similar, 10.8 – 28.8 Voltios de DC que es la tensión de trabajo del LOGO, y además es de bajo costo en relación a un PLC.

- Para seleccionar el logo confort se tomó en cuenta el número de entradas y salidas que este tiene 8/4 respectivamente, lo cual cumple con la necesidad de nuestra programación para el sistema automático.
- El sensor que da la señal para activar el cilindro que corte el PVC es un fotoeléctrico el mismo que trabaja en un rango de tensión de 10 – 30 Voltios DC los mismos que son casi similares a los del LOGO.
- La presión de aire que se tiene en la empresa es de 6 bar que es igual a la recomendada para cálculos en neumática, con este dato se procedió a la adquisición de las electroválvulas neumáticas que trabajan en un rango de presión de 1.5 – 8 bar, y los cilindros neumáticos de 1 – 10 bar.
- La utilización de equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos son el cierre a la cadena del conocimiento teórico, ya que solamente con la práctica se puede desarrollar habilidades para la vida profesional, lo cual hace competente a un profesional.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario tener conocimiento en la realización de diagramas de control, ya que con la tecnología actual con la ayuda de software podemos simular un circuito y verificar su funcionamiento, para luego que estemos seguros de su validez y sin errores podamos llevarlo a la práctica.
- Antes de seleccionar un LOGO, hay que tener conocimiento claro de que se desea controlar, y con qué sensores se lo realiza, para no cometer errores al momento de las compras, ya que en el mercado tenemos controladores con diferentes características para diferentes usos y condiciones.
- Verificar las tensiones de trabajo de los equipos electrónicos, ya que todos deben estar en relación para tener un buen funcionamiento y evitar pérdidas por quemar los equipos.
- Un sistema electro neumático siempre debe tener una unidad de mantenimiento, para detener el paso de agua al sistema y proteger los equipos, además para regular la presión que ingresa al sistema, con esto evitamos daños en los equipos, además revisar los filtros antes de empezar cada turno de trabajo y si tienen condensado vaciarlo.
- Hay que realizar un mantenimiento constante a los equipos del sistema para que su funcionamiento no falle y sea constantemente bueno, para evitar paros de máquina, además tener un stock de repuestos necesarios para el momento que se deba realizar cambios de algún componente.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

Tema:

“Construcción de un sistema electro neumático automático para cortar PVC recuperado en el proceso de extrusión en la empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A. para optimizar la producción reduciendo paros de máquina no programados (tiempos muertos)”

Propuesta:

Este tema está basado en la automatización utilizando un sistema electro neumático para cortar PVC recuperado en el proceso de extrusión, siendo esto realizado de forma manual por un operador.

Se realiza la automatización del corte de PVC recuperado ya que es necesario tener una producción sin interrupciones de la máquina extrusora durante el turno de trabajo, lo cual no se está logrando mediante el corte manual, por esto se pretende reemplazar el esfuerzo que realiza el operador introduciendo al sistema un cilindro neumático quien realizará constantemente el corte de PVC, con ayuda del sistema electro neumático automático, el operador tendrá mayor tiempo con el que podrá realizar un mejor control de todo el proceso de extrusión teniendo así un proceso de producción mucho más eficiente, además tenemos dos cilindros neumáticos, los mismos realizan el avance del cilindro de corte hasta el extrusor, ya que el cilindro de corte no debe estar constantemente en la punta del extrusor ya que hay ocasiones que se debe realizar trabajos de mantenimiento en esta área, por lo que es necesario tener libre acceso.

Para el accionamiento de estos cilindros es necesario equipos para completar el sistema electro neumático automático y además una fuente de aire, como se manifestó anteriormente la mayoría de los sistemas automáticos de la empresa son realizados con actuadores neumáticos, por lo que se tiene a disposición las redes de aire comprimido, para el paso o cierre del aire se utilizará dos electroválvulas neumáticas y para el accionamiento se utilizará un Modulo Lógico Programable (LOGO), el que por medio de un sensor fotoeléctrico instalado en el sistema dará las señales, para el encendido y apagado se realizará por medio de switch y pulsadores.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En la empresa Plasticaucho Industrial S.A. en el proceso de extrusión de PVC recuperado, el corte del mismo se lo realiza de forma manual por un operador, por lo que se dan varios paros de máquina no programados (tiempos muertos), lo cual da una producción ineficiente, por lo que se ha optado por desarrollar otro sistema para cortar el PVC, con el que podamos eliminar estos paros y optimizar la producción, se ha optado por realizar un sistema electro neumático automático para el corte, el mismo que ayudara a ser eficiente al proceso y que la máquina pueda trabajar todo un turno sin interrupciones.

6.3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de investigación será de gran aporte ya que da la perspectiva para optimizar la producción en la empresa, construyendo un sistema electro neumático automático para cortar PVC recuperado en el proceso de extrusión, lo que permita eliminar paros de máquina no programados (tiempos muertos), para que estos tiempos se transformen en producción por cada turno de trabajo y así poder ir reduciendo el inventario de PVC recuperado de colores, ya que la empresa cuenta con redes de aire es

preciso indicar que se ha optado por utilizar actuadores neumáticos para el sistema.

6.4. OBJETIVOS

- Construir un sistema electro neumático automático para cortar PVC recuperado en el extrusor, para optimizar la producción.
- Seleccionar un Modulo Lógico Programable (LOGO) para el sistema, el cual cumpla con las condiciones de programación entradas y salidas.
- Determinar los Sensores necesarios para que sean colocados en el sistema.
- Realizar los circuitos de control eléctrico y neumático para determinar el número las electroválvulas neumáticas, sensores, cilindros neumáticos, pulsadores, switch, etc., necesarias para el funcionamiento del sistema.

6.5. FACTIBILIDAD

Considerando los motivos para el mejoramiento de la producción en el proceso de extrusión de PVC recuperado eliminando los paros de máquina no programados (tiempos muertos), y con las guías de observación realizadas, se ha optado por la construcción de un sistema electro neumático automático, el mismo que después del estudio de las actividades a realizarse con los objetivos establecidos, se concluye que la realización de dicha investigación es factible.

Mano de obra requerida.

Se requiere dos personas, un mecánico industrial para la construcción de todas las partes mecánicas, y un técnico para la elaboración del sistema electro neumático automático.

Experiencia técnica necesaria

El conocimiento técnico no es un obstáculo para la construcción de nuestro proyecto ya que estamos capacitados para realizarlo, pero si sería necesaria la experiencia técnica en algún instante en la empresa contamos con técnicos de mantenimiento, quienes están capacitados en sistemas neumáticos y de control lo cual es de gran ayuda.

Equipos requeridos

Para la parte de neumática se requiere tres cilindros neumáticos de doble efecto, dos electroválvulas 5/2, manguera flexible para conexiones, racores, y una unidad de mantenimiento.

Para la fase de control se requiere un Módulo lógico Programable LOGO, dos relés, y un sensor fotoeléctrico, para los mandos se necesita dos pulsadores, uno para la puesta en marcha y paro del sistema y otro tipo hongo de paro de emergencia, un switch, riel para la colocación de los equipos de control, borneras, y cables de instalación

Conclusiones del estudio de Factibilidad

Luego de haber analizado la automatización del corte de PVC recuperado en el proceso de extrusión, se razona factible por lo siguiente:

Aspecto Técnico

Es factible porque existen los medios necesarios para la construcción del sistema electro neumático para cortar PVC recuperado.

Aspecto Operativo

Ya que los operadores de los extrusores están capacitados para controlar sistemas automáticos es completamente factible, debido a que la operabilidad del sistema electro neumático automático es completamente sencilla.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

La propuesta se basa principalmente en el marco teórico indicados en el CAPÍTULO II, en la que se indican los conceptos básicos, principios de funcionamiento y características de cada uno de los dispositivos y elementos utilizados.

Cálculo de la fuerza de corte

➤ Cilindro de corte doble efecto para cortar el PVC.

Dado que el PVC se lo puede cortar solamente con la fuerza de una persona de forma manual, ya que el PVC está caliente al momento de salir del extrusor se tomará como dato la masa promedio de una persona para el cálculo de la fuerza, esto porque el PVC está caliente de no ser así si el PVC estaría frío se debería tomar datos de resistencia a la fractura del PVC *Sut*.

$\tau = \text{esfuerzo cortante}$

$A_c = \text{área de corte}$

$F_c = \text{Fuerza de corte}$

La masa promedio aproximado de las personas se tomara de 75 kg para determinar la fuerza de corte.

$$F_c = m \times a$$

Donde

m = masa

a = aceleración de la gravedad

$$F_c = m \times a$$

$$F_c = 75 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F_c = 735 \text{ N}$$

Por corte directo tenemos la siguiente ecuación suponiendo una distribución uniforme del esfuerzo:

$$\tau = \frac{F}{A} \text{ ecuacion 6.1}^{22}$$

DONDE:

$$A_c = b * h$$

Esta área es el largo y ancho de los troncos de PVC a cortar.

$$A_c = 0.07\text{m} * 0.03\text{m}$$

$$A_c = 2.1 \times 10^{-3}\text{m}^2$$

Reemplazando la ecuación 6.1 tenemos que:

$$\tau_{\text{corte}} = \frac{735\text{N}}{2.1 \times 10^{-3}\text{m}^2}$$

$$\tau_{\text{corte}} = 0.35 \text{ MPa}$$

Con la fuerza de corte ahora encontraremos el diámetro del embolo con una presión recomendada de 6 bar (60 N/cm²).

$$A = \frac{F}{P}$$

²² Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley –Octava edición 2008 – México – página 85

$$A = \frac{735 \text{ N}}{60 \text{ N/cm}^2}$$

$$A = 12.25 \text{ cm}^2$$

Reemplazamos el área en la siguiente formula y obtenemos:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 12.25 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$D = 3,94 \text{ cm}$$

Teniendo el diámetro podemos ir a la tabla 2.22 de fuerzas teóricas en cilindros de doble efecto, en las que podemos tener las fuerzas teóricas tanto de avance como de retorno.

D mm	d mm	Sección cm ²		Esfuerzos en daN para presión en bar							
				2		4		6		8	
		Sa	Sr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
10	4	0,8	0,6	1,6	1,2	3,2	2,4	4,8	3,6	6,4	4,8
12	6	1,1	0,8	2,2	1,6	4,4	3,2	6,6	4,8	8,8	6,4
16	6	2,0	1,7	4,0	3,4	8,0	6,8	12,0	10,2	16,0	13,6
20	10	3,1	2,3	6,2	4,3	12,4	8,6	18,6	13,8	24,8	17,2
25	12	4,9	3,8	9,8	7,6	19,6	15,2	29,4	22,8	39,2	30,4
32	12	8,0	6,9	16,0	13,8	32,0	17,6	48,0	41,4	64,0	55,2
40	18	12,5	10,0	25,2	20,0	50,4	40,0	75,6	60,0	100,8	80,0
50	18	19,6	17,0	39,2	34,0	78,4	68,0	117,6	102,0	156,8	136,0
63	22	31,2	27,4	62,4	54,8	124,8	109,6	187,2	164,4	249,6	219,2
80	22	50,3	46,5	100,6	93,0	201,2	186,0	301,8	279,0	402,4	372,0
100	30	78,5	71,5	157,0	143,0	314,0	286,0	471,0	429,0	628,0	572,0
125	30	123,	115,7	246,0	213,4	492,0	462,8	738,0	694,2	984,0	925,6
160	40	201,0	188,0	402,0	376,0	804,0	752,0	1206,0	1128,0	1608,0	1504,0
200	40	314,0	301,0	628,0	602,0	1256,0	1204,0	1884,0	1806,0	2512,0	2408,0
250	50	491,0	471,0	982,0	942,0	1964,0	1884,0	2946,0	2826,0	3928,0	3768,0

El diámetro del embolo va sobredimensionado a 40 mm.

Tenemos:

D = 40 mm = diámetro del embolo

d = 18 mm = diámetro del vástago

Fa = 756 N = fuerza de avance para 6 bar de presión

Fr = 600 N = fuerza de retorno para 6 bar de presión

Para determinar las fuerzas reales multiplicamos por el rendimiento R.

Para cilindros de hasta D = 40 mm R=0.85

Para cilindros superiores a D = 40 mm R=0.95

$$F_{ra} = F_a \cdot R = \text{fuerza real de avance} = 756 \text{ N} \times 0.85 = \mathbf{646 \text{ N}}$$

$$F_{rr} = F_r \cdot R = \text{fuerza real de retorno} = 600 \text{ N} \times 0.85 = \mathbf{510 \text{ N}}$$

Como se puede ver la fuerza real de avance es menor que la fuerza de corte calculada que es de 735 N, antes de sobredimensionar el cilindro comprobaremos las fuerzas reales obtenidas por medio de la tabla con las ecuaciones 2.1 y 2.2 del capítulo 2.

$$F_a = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot R \quad \text{Ecuación. 2.1}$$

$$F_a = \frac{\pi}{4} (40\text{mm})^2 \times 0.6 \text{ N/mm}^2 \times 0.85$$

$$\mathbf{F_a = 640.88 \text{ N}}$$

Fa = Fuerza del cilindro en N

D = Diámetro del cilindro o embolo en mm

P = Presión del aire en bar

R = Rendimiento del cilindro

La fuerza en el retroceso será:

$$F_r = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot R \quad \text{Ecuación. 2.2}$$

$$F_r = \frac{\pi}{4} ((40\text{mm})^2 - (18\text{mm})^2) \times 0.6 \text{ N/mm}^2 \times 0.85$$

$$\mathbf{F_r = 511.10 \text{ N}}$$

Está comprobado que se debe sobre dimensionar el cilindro se elegirá el siguiente de la tabla de fuerzas teóricas.

D mm	d mm	Sección cm ²		Esfuerzos en daN para presión en bar							
				2		4		6		8	
		Sa	Sr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
10	4	0,8	0,6	1,6	1,2	3,2	2,4	4,8	3,6	6,4	4,8
12	6	1,1	0,8	2,2	1,6	4,4	3,2	6,6	4,8	8,8	6,4
16	6	2,0	1,7	4,0	3,4	8,0	6,8	12,0	10,2	16,0	13,6
20	10	3,1	2,3	6,2	4,3	12,4	8,6	18,6	13,8	24,8	17,2
25	12	4,9	3,8	9,8	7,6	19,6	15,2	29,4	22,8	39,2	30,4
32	12	8,0	6,9	16,0	13,8	32,0	17,6	48,0	41,4	64,0	55,2
40	18	12,6	10,0	25,2	20,0	50,4	40,0	75,6	60,0	100,8	80,0
50	18	19,6	17,0	39,2	34,0	78,4	68,0	117,6	102,0	156,8	136,0
63	22	31,2	27,4	62,4	54,8	124,8	109,6	187,2	164,4	249,6	219,2
80	22	50,3	46,5	100,6	93,0	201,2	186,0	301,8	279,0	402,4	372,0
100	30	78,5	71,5	157,0	143,0	314,0	286,0	471,0	429,0	628,0	572,0
125	30	123,	115,7	246,0	213,4	492,0	462,8	738,0	694,2	984,0	925,6
160	40	201,0	188,0	402,0	376,0	804,0	752,0	1206,0	1128,0	1608,0	1504,0
200	40	314,0	301,0	628,0	602,0	1256,0	1204,0	1884,0	1806,0	2512,0	2408,0
250	50	491,0	471,0	982,0	942,0	1964,0	1884,0	2946,0	2826,0	3928,0	3768,0

El diámetro del embolo va sobredimensionado a 50 mm.

Tenemos:

D = 50 mm = diámetro del embolo

d = 18 mm = diámetro del vástago

Fa = 1176 N = fuerza de avance para 6 bar de presión

Fr = 1020 N = fuerza de retorno para 6 bar de presión

Para cilindros superiores a D = 40 mm el rendimiento es R=0.95

Fra = Fa . R = fuerza real de avance = 1176 N x 0.95 = **1117.2 N**

Frr = Fr . R = fuerza real de retorno = 1020 N x 0.85 = **969 N**

Como se puede ver la fuerza de avance del cilindro es mayor que la de corte, con lo que se podrá realizar la actividad, a continuación comprobaremos los datos con las ecuaciones utilizadas anteriormente.

$$Fra = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot R \quad \text{Ecuación. 2.1}$$

$$Fra = \frac{\pi}{4} (50\text{mm})^2 \times 0.6 \text{ N/mm}^2 \times 0.95$$

$$Fa = 1119.19 \text{ N}$$

La fuerza en el retroceso será:

$$F_{rr} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot R \quad \text{Ecuación. 2.2}$$

$$F_{rr} = \frac{\pi}{4} ((50\text{mm})^2 - (18 \text{ mm})^2) \times 0.6 \text{ N/mm}^2 \times 0.95$$

$$\mathbf{Fr = 974.14 N}$$

Con estos datos podemos seleccionar un cilindro de cualquier marca pero que cumpla con estas condiciones, tomando en cuenta la carrera (C) del vástago que la que nosotros requerimos es de 100 mm, o también se puede enviar a construir el cilindro con las especificaciones obtenidas de nuestro cálculo, en nuestro caso se ha enviado a construir los cilindros.

Calculo de consumo de aire ¹⁰

Cilindro de doble efecto

$$V = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2)C \quad \text{ecuación 6.2}$$

Siendo:

V = Volumen de aire

D = Diámetro interior del cilindro en cm

d = diametro del vástago en cm

C = carrera del vástago en cm

$$V = \frac{\pi}{4} (2(5\text{cm})^2 - (1.8\text{cm})^2)10\text{cm}$$

$$V = 367.25\text{cm}^3$$

$$V = 0.3672 \text{ lt}$$

El volumen de aire para el mismo cilindro a la presión atmosférica será:

$$V = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2)C \cdot p \quad \text{ecuación 6.3.}$$

Siendo:

p = presión de trabajo del cilindro en bar

Ya que la presión se encuentra en bar lo cual afecta a la unidad de volumen se debe realizar la relación de compresión a 1 atmosfera para suprimir la unidad de presión.

En el caso de consumo de aire o cantidad de aire que circula por una tubería, suele emplearse el término caudal, que es la cantidad de aire que circula por una tubería en un determinado tiempo. Normalmente se expresa en litros por minuto.

Si se considera que el cilindro de doble efecto realiza un número de ciclos por minuto se tendrá que el caudal será:

$$Q = \frac{\pi \cdot C \cdot p \cdot n}{4000} (2D^2 - d^2) \text{ ecuación 6.4.}$$

Siendo:

Q = caudal en l/min a la presión atmosférica

n = numero de ciclos/minuto = 30 ciclos/min

p = presión de trabajo del cilindro bar

Hay que tomar en cuenta que hay que realizar la relación de compresión para determinar el consumo con esto se elimina la unidad de presión.

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{Fra}{A \text{ embolo}}$$

$$A = \frac{(\pi \times D^2)}{4}$$

$$A = \frac{(\pi \times (0.05m)^2)}{4}$$

$$A_{embolo} = 1.96 \times 10^{-3} m^2$$

$$p = \frac{1119.19 N}{1.96 \times 10^{-3} m^2}$$

$$p = 0.571 MPa$$

$$p = 5.71 bar$$

Las presiones neumáticas se definen por encima de la presión atmosférica normal que equivale a 1.013 bar, con la que realizamos la relación de compresión.

Relación de compresión²³

$$Relación\ de\ compresión = \frac{1.013\ bar + Presion\ de\ trabajo\ bar}{1.013\ bar} \text{ ecuación 6.5.}$$

$$Relación\ de\ compresión = \frac{1.013\ bar + Presion\ de\ trabajo\ bar}{1.013\ bar}$$

$$Relación\ de\ compresión = \frac{1.013\ bar + 5.71\ bar}{1.013\ bar}$$

$$Relación\ de\ compresión = 6.6367$$

Reemplazamos en la ecuación 6.3. tenemos el volumen considerando a presión atmosférica.

$$V = 2.43\ lt$$

Reemplazamos en la ecuación 6.4. esta nos da directamente el consumo en lt/min.

$$Q = \frac{\pi \times 10cm \times 6.6367 \times 30ciclos/min}{4000} (2 \times (5cm)^2 - (1.8cm)^2)$$

²³ <http://www.4shared.com/document/IO6zRkwK/Neumatica.htm>

$$Q = 73.12 \text{ lt/min}$$

A continuación tenemos otra fórmula para determinar el consumo de aire. ¹⁵

$$\dot{V} = \left[s \frac{(D^2 \cdot \pi)}{4} + s \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right] n \cdot \text{Realación de compresión ecuacion 6.6.}$$

\dot{V} = cantidad de aire lt/ min

s = longitud de carrera cm

n = ciclos por minuto

$$\dot{V} = \left[s \frac{(5^2 \cdot \pi)}{4} + s \frac{(5^2 - 1.8^2) \cdot \pi}{4} \right] 30 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \times 6.6367$$

$$\dot{V} = \left[10 \frac{(5^2 \cdot \pi)}{4} + 10 \frac{(5^2 - 1.8^2) \cdot \pi}{4} \right] 30 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \times 6.6367$$

$$\dot{V} = 73117.85 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$\dot{V} = 73.12 \text{ lt/min}$$

El valor es igual, por lo que se puede ocupar cualquiera de las dos.

Determinación del consumo de aire por medio del un diagrama. ¹⁵

En el caso de ocupar el diagrama de consumo de aire Anexo 3 para un cilindro de doble efecto tenemos.

$$\dot{V} = 2(s \cdot n \cdot q) \text{ lt/min ecuación 6.7.}$$

Donde

q = consumo de aire por cm de carrera

Damos lectura al diagrama con el diámetro del embolo y con la presión de trabajo en bar o kPa.

$$q = 0.125 \text{ lt/cm}$$

$$\dot{V} = 2(10\text{cm} \cdot 30 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \cdot \frac{0.125\text{lt}}{\text{cm}}) \text{ lt/min}$$

$$\dot{V} = 75 \text{ lt/min}$$

Como podemos ver es aproximado al calculado por lo que comprobamos que está bien.

➤ **Cilindro de doble efecto para el avance del cabezal de corte.**

Para determinar la masa total que deberá empujar el cilindro y posteriormente la fuerza necesaria, se tomaran en cuenta todas las masas que debe mover el cilindro, además se considerará la fuerza que genera el cilindro de corte.

Masa total a mover = 20 kg.

Fra cilindro de corte = 1119.19 N

De la masa total a mover tenemos:

$F_t = \text{masa total a mover} \times \text{gravedad}$

$$F_t = 20 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F_t = 196 \text{ N}$$

La fuerza total que deberá superar el cilindro será:

$$F_T = 1119.19 \text{ N} + 196 \text{ N} = 1315.19 \text{ N}$$

Con la fuerza total ahora encontraremos el diámetro del embolo con una presión recomendada de 6 bar (60 N/cm²).

$$A = \frac{F}{P}$$

$$A = \frac{1315.19 \text{ N}}{60 \text{ N/cm}^2}$$

$$A = 21.92 \text{ cm}^2$$

Reemplazamos el área en la siguiente fórmula y despejamos para obtener el diámetro del embolo:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 21.92 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$D = 5,28 \text{ cm}$$

Teniendo el diámetro podemos ir a la tabla 2.22 de fuerzas teóricas en cilindros de doble efecto, en las que podemos tener las fuerzas teóricas tanto de avance como de retorno.

D mm	d mm	Sección cm ²		Esfuerzos en daN para presión en bar							
				2		4		6		8	
		Sa	Sr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
10	4	0,8	0,6	1,6	1,2	3,2	2,4	4,8	3,6	6,4	4,8
12	6	1,1	0,8	2,2	1,6	4,4	3,2	6,6	4,8	8,8	6,4
16	6	2,0	1,7	4,0	3,4	8,0	6,8	12,0	10,2	16,0	13,6
20	10	3,1	2,3	6,2	4,3	12,4	8,6	18,6	13,8	24,8	17,2
25	12	4,9	3,8	9,8	7,6	19,6	15,2	29,4	22,8	39,2	30,4
32	12	8,0	6,9	16,0	13,8	32,0	17,6	48,0	41,4	64,0	55,2
40	18	12,6	10,0	25,2	20,0	50,4	40,0	75,6	60,0	100,8	80,0
50	18	19,6	17,0	39,2	34,0	78,4	68,0	117,6	102,0	156,8	136,0
63	22	31,2	27,4	62,4	54,8	124,8	109,6	187,2	164,4	249,6	219,2
80	22	50,3	46,5	100,6	93,0	201,2	186,0	301,8	279,0	402,4	372,0
100	30	78,5	71,5	157,0	143,0	314,0	286,0	471,0	429,0	628,0	572,0
125	30	123,	115,7	246,0	213,4	492,0	462,8	738,0	694,2	984,0	925,6
160	40	201,0	188,0	402,0	376,0	804,0	752,0	1206,0	1128,0	1608,0	1504,0
200	40	314,0	301,0	628,0	602,0	1256,0	1204,0	1884,0	1806,0	2512,0	2408,0
250	50	491,0	471,0	982,0	942,0	1964,0	1884,0	2946,0	2826,0	3928,0	3768,0

El diámetro del embolo va sobredimensionado a 63 mm ya que no está en la tabla el de nuestra medida.

Tenemos:

$D = 63 \text{ mm} = \text{diámetro del embolo}$

$d = 22 \text{ mm} = \text{diámetro del vástago}$

$F_a = 1872 \text{ N} = \text{fuerza de avance para 6 bar de presión}$

$F_r = 1644 \text{ N} = \text{fuerza de retorno para 6 bar de presión}$

Multiplicamos por el rendimiento:

$$F_{ra} = F_a \cdot R = \text{fuerza real de avance} = 1872 \text{ N} \times 0.95 = \mathbf{1778.4 \text{ N}}$$

$$F_{rr} = F_r \cdot R = \text{fuerza real de retorno} = 1644 \text{ N} \times 0.95 = \mathbf{1561.8 \text{ N}}$$

Como se puede ver la fuerza real de avance es mayor que la fuerza total calculada de 1315.19 N, comprobaremos las fuerzas de la tabla con las ecuaciones 2.1 y 2.2.

La fuerza real de avance será:

$$F_a = \frac{\pi}{4} (63\text{mm})^2 \times 0.6 \text{ N/mm}^2 \times 0.95$$

$$\mathbf{F_a = 1776.83 \text{ N}}$$

La fuerza real de retroceso será:

$$F_r = \frac{\pi}{4} ((63\text{mm})^2 - (22\text{mm})^2) \times 0.6 \text{ N/mm}^2 \times 0.95$$

$$\mathbf{F_r = 1560.15 \text{ N}}$$

Los datos son correctos están aproximados.

Con estos datos podemos seleccionar un cilindro de cualquier marca pero que cumpla con estas condiciones, tomando en cuenta la carrera (C) del vástago que la que nosotros requerimos es de 200 mm, o también se puede enviar a

construir el cilindro con las especificaciones obtenidas de nuestro cálculo, en nuestro caso se ha enviado a construir los cilindros.

Cálculo de consumo de aire

Cilindro de doble efecto

Con la ecuación 6. 2.

$$V = \frac{\pi}{4} (2(6.3cm)^2 - (2.2cm)^2) 20cm$$

$$V = 1170.87 \text{ cm}^3$$

$$V = 1.17 \text{ lt}$$

Presión de trabajo.

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{Fra}{A \text{ embolo}}$$

$$A = \frac{(\pi \times D^2)}{4}$$

$$A = \frac{(\pi \times (0.063m)^2)}{4}$$

$$A_{embolo} = 3.1172 \times 10^{-3} m^2$$

$$p = \frac{1776.83 \text{ N}}{3.1172 \times 10^{-3} m^2}$$

$$p = 0.57 \text{ MPa}$$

$$p = 5.7 \text{ bar}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{1.013 \text{ bar} + 5.7 \text{ bar}}{1.013 \text{ bar}}$$

$$\text{Relación de compresión} = 6.6268$$

Reemplazamos en la ecuación 6.3. tenemos el volumen considerando a presión atmosférica.

$$V = 7.75 \text{ lt}$$

Reemplazamos en la ecuación 6.4 esta nos da directamente el consumo en lt/min.

Ya que este cilindro solamente se utilizara teóricamente 1 vez por turno de 8 horas, pero se estimará como si se utilizara 6 veces por turno, esto si un tal vez se necesite mas operaciones.

$$n = 0.0125 \text{ ciclos/minuto}$$

$$Q = \frac{\pi \times 20\text{cm} \times 6.6268 \times 0.0125 \text{ ciclos/min}}{4000} (2 \times (6.3\text{cm})^2 - (2.2\text{cm})^2)$$

$$Q = 0.097 \text{ lt/min}$$

A continuación tenemos otra fórmula para determinar el consumo de aire ecuación 6.6.

$$\dot{V} = \left[20 \frac{(6.3^2 \cdot \pi)}{4} + 20 \frac{(6.3^2 - 2.2^2) \cdot \pi}{4} \right] 0.0125 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \times 6.6268$$

$$\dot{V} = 96,9891 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$\dot{V} = 0.0969 \text{ lt/min}$$

El valor es igual, por lo que se puede ocupar cualquiera de las dos.

Determinación del consumo de aire por medio del un diagrama.

En el caso de ocupar el diagrama de consumo de aire Anexo 3 para un cilindro de doble efecto tenemos.

Damos lectura al diagrama con el diámetro del embolo y con la presión de trabajo en bar o kPa.

Determinamos:

$$q = 0.195 \text{ lt/cm}$$

Con lo que:

$$\dot{V} = 2(20\text{cm} \times 0.0125 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \times \frac{0.195\text{lt}}{\text{cm}}) \text{ lt/min}$$

$$\dot{V} = 0.0975 \text{ lt/min}$$

Como podemos ver es aproximado al calculado por lo que comprobamos que está bien la lectura de la tabla.

Calculamos la Potencia

$$N = P * Q$$

Donde:

N = Potencia

P = Presión

Q = Consumo de aire

Ya que tenemos dos cilindros la sumaremos el consumo de los dos.

$$N = 6 \text{ bar} \frac{10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ bar}} * 73.2170 \frac{\text{lt}}{\text{min}} \frac{1 \text{ m}^3/\text{seg}}{60000 \text{ lt/min}}$$

$$N = 732.17 \text{ W} \frac{\text{HP}}{745.7 \text{ W}}$$

$$N = 0.98 \text{ HP} \cong 1 \text{ HP}$$

6.7. METODOLOGÍA

La instalación del sistema electro neumático automático para cortar PVC recuperado se detalla en el diagrama de control y en el diagrama neumático.

Anexo 4.

Especificación de los equipos empleados:

Las especificaciones de los equipos utilizados en el sistema automático para cortar recuperado PVC son los siguientes:

Las electroválvulas neumáticas que se implementó al sistema son:

- Electroválvula neumática de 5/2 vías que trabaja a 110 V AC o 24 V DC, con un rango de presión de 1.5 – 8 bar.
- Electroválvula neumática impulsos de 5/2 vías que trabaja a 110 V AC o 24 V DC, con un rango de presión de 1.5 – 8 bar.

El sensor utilizado es:

Un sensor fotoeléctrico tipo PNP que trabaja con tensión de 10-30 V DC para dar la señal de activación a la electroválvula para el cilindro de corte.

Para energizar todo el sistema se utilizó un switch.

Para la puesta en marcha del sistema se utilizó un pulsador doble el cual sirve también para el paro del sistema.

También se ha colocado un pulsador tipo Hongo para el paro de emergencia.

Se utilizó tres cilindros neumáticos:

- Dos cilindros neumáticos para el avance del cabezal de corte con las especificaciones indicadas en el numeral 6.6 que trabajan con las de 1 a 10 bar.
- Un cilindro neumáticos para cortar el PVC con las especificaciones indicadas en el numeral 6.6 y trabaja de 1 a 10 bar.

El Modulo Lógico Programable LOGO! 12/24 RC el cual es de la marca Siemens de 8 entradas y 4 salidas que trabaja con una fuente de poder.

Para la instalación se ocupó tres T de 8 mm para la distribución del fluido, además la manguera es de la misma medida, y racores para la conexión de las mangueras.

6.7.1. SIEMENS LOGO! 12/24 RC

Se ha seleccionado un Logo de la marca Siemens ya que es muy económico en comparación con algún otro PLC y cumple con nuestras condiciones necesarias tanto en entradas como en salidas 8-4 respectivamente, trabaja en un rango de tensión de 10.8 – 28.8 voltios en DC, todas las especificaciones están en el Anexo 5.



Figura 6.1. SIEMENS LOGO! 12/24 RC

Fuente: Mario Hilaño

6.7.2. Electroválvula Neumática impulsos (doble control) 5/2 VÍAS

Se ha seleccionado una electroválvula impulsos 5/2 código 4V220-08 que trabaja a 110 voltios de AC de la marca VPC PNEUMATIC, se ha seleccionado esta electroválvula impulsos ya que la conexión de la electroválvula es constante ya que activa los cilindro de avance del cabezal de corte el mismo

que trabaja así siempre hacia delante, para activar el cilindro de corte, si escogíamos una sencilla de un solenoide se deterioraría muy pronto el muelle de retorno. Anexo 6 literal a.



Figura 6.2. Electrovalvula Neumática impulsos 5/2 VÍAS
Fuente: Mario Hilaño

6.7.3. Electrovalvula Neumática 5/2 vías de control único

Se ha seleccionado una electrovalvula 5/2 código 4V310-08 que trabaja a 24 voltios de DC o 110 voltios de AC, de un solo solenoide ya que las activaciones son cortas, por lo que se descomprime inmediatamente el muelle. Anexo 6 literal b.



Figura 6.3. Electrovalvula Neumática 5/2 vías de control único
Fuente: Mario Hilaño

6.7.4. Switch-Pulsadores

Para nuestro sistema automático es necesario un switch, un pulsador on-off, para la selección se utilizó como referencia el Catálogo del Anexo 7, estos mandos funcionan a 24 -110 – 220 voltios.

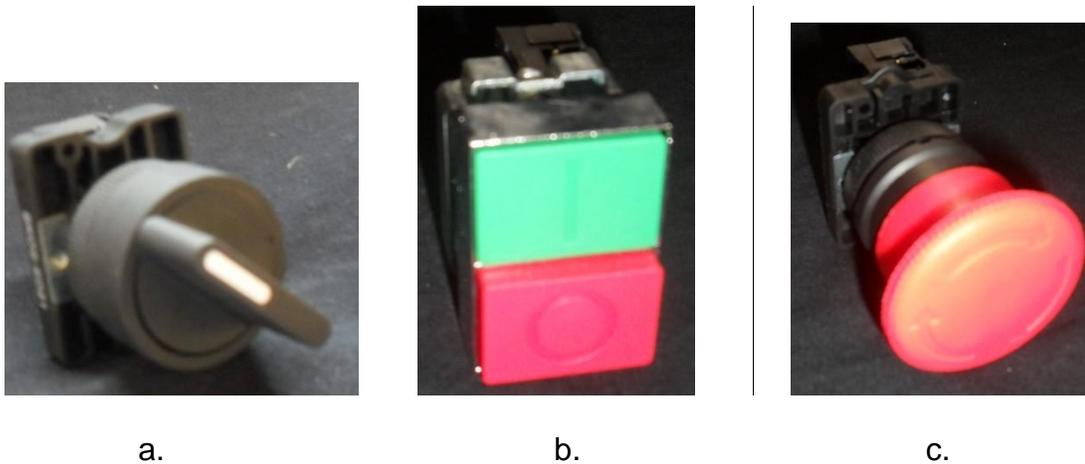


Figura 6.4. a. Switch b. Pulsador doble c. Pulsador tipo Hongo

Fuente: Mario Hilaño

6.7.5 Racores, T, manguera, silenciadores.

Se han adquirido racores, T, para la conexión de las mangueras y distribución del aire, además también los silenciadores para las electroválvulas.

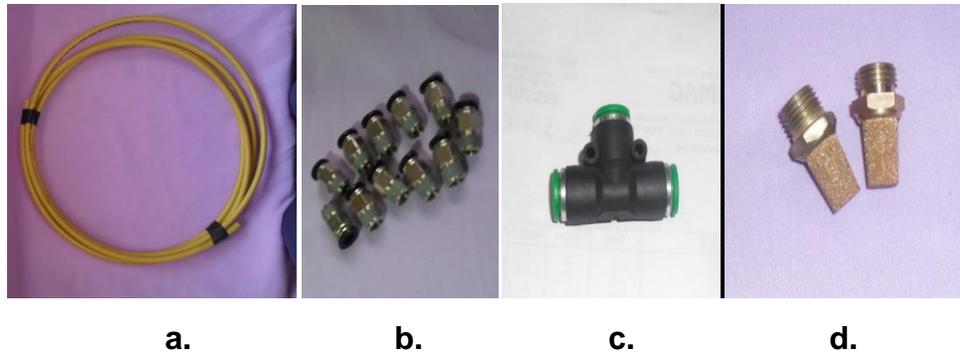


Figura 6.5. a. Manguera para aire b. Racores c. T d. Silenciadores

Fuente: Mario Hilaño

6.7.6 Sensor Fotoeléctrico

Se ha seleccionado un sensor fotoeléctrico código PE7-RANDP de la marca SQUARE D que trabaja con un rango de tensión de 10- 30 voltios DC Este sensor trabaja con la señal que le da el material a cortar, al detectar su paso, es de tipo PNP con una detección máxima de 4m. Anexo 8.



Figura 6.6. Sensor Fotoeléctrico
Fuente: Mario Hilaño

6.7.7 Relés.

Se ha adquirido dos relés de 24 V DC los mismos que nos servirán para proteger los relés internos del LOGO, con estos realizaremos la activación de las bobinas de las electroválvulas.



Figura 6.7. Relé
Fuente: Mario Hilaño

6.7.8 Fuente de Poder.

Para el funcionamiento del sistema se ha adquirido una fuente ya que los elementos del sistema trabajan en rango de tensión de 10-30 voltios.



Figura 6.8. Fuente de Poder
Fuente: Mario Hilaño

6.7.9 Unidad de mantenimiento

Para la protección de los equipos neumáticos es necesaria la incorporación de una unidad de mantenimiento para evitar el ingreso de agua al sistema la misma que está en el aire, y además nos sirve para regular la presión que ingresa al sistema, la unidad adquirida es el modelo AFR2000 de la marca VPC PNEUMATIC y trabaja en un rango de presión de 0.5 – 10 bar, nuestros equipos neumáticas trabajan dentro de este rango.



Figura 6.9. Unidad de mantenimiento.
Fuente: Mario Hilaño

6.7.10 Gabinete

Para el montaje de todo el sistema de control se ha adquirido un gabinete de 300x300x150 mm.



a.

b.

Figura 6.10. a. Gabinete b. Gabinete equipado con el sistema de control.

Fuente: Mario Hilaño

6.8. ADMINISTRACIÓN

6.8.1. Análisis de costos

Los costos no se pueden pronosticar con absoluta certeza, por lo que se describen en dos partes directos e indirectos, lo cual servirá para realizar una programación, y toma de decisiones en la parte administrativa.

6.8.2. Costos directos

En la siguiente tabla 6.1. se muestran los costos unitarios de cada material y equipo utilizado en la construcción del sistema electro neumático automático para cortar PVC recuperado.

Costos de materiales (CM)

A continuación se describe los costos directos de los materiales empleados en la construcción del sistema electro neumático - automático para cortar PVC recuperado, los cuales se describen en valores unitarios y totales.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO (USD)	P. TOTAL (USD)
Reles	2	unidad	12,85	25,7
Sensor fotoeléctrico	1	unidad	70	70
Cilindro neumático doble efecto 100 mm carrera	1	unidad	35	35
Cilindro neumático doble efecto 200 mm carrera	2	unidad	45	90
Unidad de mantenimiento	1	unidad	32,5	32,5
Electroválvula 5/2 vías	1	unidad	32,87	32,87
Electroválvula impulsos 5/2 vías	1	unidad	44,1	44,1
SIEMENS LOGO! 12/24 RC	1	unidad	136,89	136,89
Fuente de energía 24 voltios	1	unidad	20	20
Switch	1	unidad	2	2
Pulsador on-off	1	unidad	4,23	4,23
Pulsador tipo Hongo	1	unidad	2,55	2,55
Gabinete	1	unidad	19,92	19,92
Pintura	1	Galón	8,93	8,93
Riel	1	unidad	3	3
Silenciadores	4	unidad	2,34	9,36
RACORES	14	unidad	1,4	19,6
Manguera plástica(8mm)	10	metros	1,03	10,3
T para distribución de fluido	3	unidad	2	6
Tiñer	2	Litro	1,8	3,6
Lija de acero	2	pliego	0,6	1,2
Enchufe	1	unidad	0,64	0,64
Cable solido	15	metros	0,69	10,35
Taype	1	unidad	0,8	0,8
Bornera	1	unidad	0,75	0,75
			TOTAL	590,29

Tabla 6.1. Costos de materiales
Fuente: Mario Hilaño

6.8.3. Costos indirectos

En los costos indirectos se reflejan aquellos gastos correspondientes a la utilización de maquinaria, costo de mano de obra entre otros gastos que no se ven directamente en la construcción del sistema electro neumático automático ya que esos gastos no fueros nuestros no se reflejan.

Costo de mano de obra

Para la construcción del sistema electro neumático automático para cortar recuperado PVC, se ha considerado el salario básico.

El costo del trabajador que realiza el trabajo es de 264 dólares.

6.8.4 Costo total del proyecto

Tabla 6.2.- COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Fuente: Mario Hilaño

COSTO	VALOR (USD)
MATERIALES	590,29
MANO DE OBRA	264
TOTAL	854,29

BIBLIOGRAFÍA:

1. Donald R. Askeland - CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES - 4^{ta} Edición 2004-MÉXICO
2. <http://www.detextiles.com/files/ESTRUCTURA%20DE%20LOS%20POLIMEROS.pdf>
3. <http://www.aapvc.org.ar/admin/archivosNoticias/73tripticon%20B014.pdf>
4. William D. Callister, Jr – Materials Science and Engineering – 7^{ma} Edición 2007-USA.
5. <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseñanzas-tecnicas/materiales-ii/contenidos/PLASTICOS.pdf>
6. <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>
7. <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/ME58A/1/.../15402>
8. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo3.pdf
9. <http://www.megaplastic.com/archivos/reciclado-plasticos-espanol.pdf>
10. http://www.bausano.it/pdf/bausano_serie_granulazione_09.pdf extrusor catalogo
11. http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf
12. http://www.al-top.com/web/PDF_files/Sistemas_control.pdf
13. <http://es.scribd.com/doc/49186570/CURSO-DE-AUTOMATAS>
14. <http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/SENSORESPARTE1.pdf>
15. http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLCPDF_S/23_SENSORES_MEC_NICOS.PDF

16. http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF
17. www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf
18. http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/25_SENSORES_CAPACITIVOS.PDF
19. <http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/mecanica/2010/Nuematica%20-%20Industrial.pdf>
20. A. SERRANO NICOLÁS - NEUMÁTICA 5ta Edición (2008) - editorial PARANINFO-España
21. http://www.burkert.com/products_data/datasheets/DS0590-Standard-ES-ES.pdf
22. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley –Octava edición 2008 – México

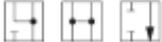
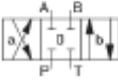
ANEXOS

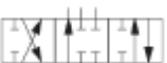
1.- SÍMBOLOS NEUMÁTICOS

NORMA DIN ISO 1219/1

Benennung	Erläuterung	Sinnbild	
Pumpen - mit einer Stromrichtung - mit zwei Stromrichtungen (reversierbar)	Umwandlung von mechanischer in hydraulische Energie	Verdrängenvolumen konstant	
		veränderlich	
Hydromotoren - mit einer Stromrichtung - mit zwei Stromrichtungen (reversierbar)	Umwandlung von hydraulischer Energie in mechanische Energie mit Drehbewegung	konstant	
		veränderlich	
Pumpe/Motor	Einheiten, die sowohl als Pumpe und als Hydromotor arbeiten		
Pumpen-Antrieb	mit Elektromotor		
	mit Verbrennungsmotor		

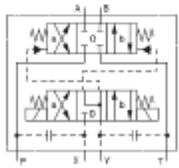
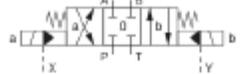
Benennung	Erläuterung	Sinnbild
Zylinder - einwirkend	Umwandlung von hydraulischer Energie in mechanische Energie mit linearer Bewegung	
- einwirkend mit Feder-rückstellung		
- doppelwirkender Differential-zylinder	unterschiedliche Kolbenflächen	
- doppelwirkender Zylinder mit beidseitiger Kolbenstange	gleiche Kolbenflächen	
- Zylinder mit Endlagendämpfung		
- Dämpfung einstellbar, beid-seitig		
- Teleskopzylinder		
- Zylinder mit Grenzstern		

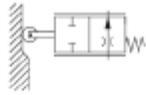
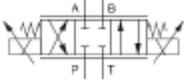
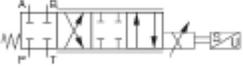
Benennung	Erläuterung	Sinbild
<p>Wegeventile Ventile, die zum Öffnen und Schließen verschiedener Durchflußwege dienen. Wegeventile sind im wesentlichen gekennzeichnet durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Zahl der Schaltstellung; Darstellung durch eine entsprechende Anzahl von Quadraten, Kennzeichnung durch 0, a, b (*) - die Zahl der Anschlüsse und Verknüpfungen innerhalb der Schaltstellungen; Darstellung durch Linien und Pfeile <p>Kennzeichnung der Anschlüsse durch Buchstaben (an der Grundstellung 0)* P Pumpe, Druck T Tank, Rücklauf A, B Verbraucher X, Y, Z Staueranschlüsse L Lecköl</p> <p>Benennung, z. B.: 4/3-Wegeventil ↑↑ Zahl der Schaltstellungen Zahl der Anschlüsse</p> <p>Sprich: Vier-Strich-drei-Wegeventil</p>		   

Benennung	Erläuterung	Sinbild
- 2/2-Wegeventil		
- 3/2-Wegeventil		
- 4/3-Wegeventil		
- 6/3-Wegeventil		

Benennung	Erläuterung	Sinnbild
Betätigungsarten für Wegeventile a) direkt wirkend	Anordnung an der jeweils zugeordneten Schaltstellung	Version ISO 1219-1
- Handhebel, mit Rastung		
- Pedal		
- Stößel		
- Rolle		
- Federrückstellung		

Benennung	Erläuterung	Sinnbild
Betätigungsarten für Wegeventile a) direkt wirkend	Anordnung an der jeweils zugeordneten Schaltstellung	Version ISO 1219-1
- Federzentrierung		
- elektromagnetische Betätigung	Beispiel: einseitig mit Federrückstellung Beispiel: zweiseitig mit Federzentrierung	
- hydraulische Betätigung		
- pneumatische Betätigung		

Benennung	Erläuterung	Sinnbild
<p>Betätigungsarten für Wegeventile b) vorgesteuert</p> <p>- hydraulisch betätigt, elektromagnetisch angesteuert</p>	<p>Anord zugeo</p> <p>weils stellung</p> <p>Größere Wegeventile werden durch ein Pilotventil hydraulisch betätigt. Dies wiederum elektrisch oder pneumatisch angesteuert.</p>	<p>Version ISO 1219-1</p> <p>ausführlich</p>  <p>vereinfacht</p> 

Benennung	Erläuterung	Sinnbild
<p>Drosselnde Wegeventile Wegeventile mit stufenlosem Übergang zwischen den einzelnen Schaltstellungen bei veränderlicher Drosselwirkung. Darstellung durch parallele Linien über die Länge des Symbols.</p> <p>- Fühlerventil mit Rollenstäbel, wirkend gegen Rückholfeder</p> <p>- elektrohydraulisches Proportional-Wegeventil</p> <p>- elektrohydraulisches Regelventil mit Lageregelung des Ventilschiebers</p>		  

Benennung	Erläuterung	Symbild	
Zuschaltventile Ventile, die den Druck beeinflussen. Darstellung durch ein vierseitiges Quadrat mit einem Pfeil. Druckperspektive ist links veränderlich.			
- Druckbegrenzungsventil, direkt gesteuert	normal geschlossen, öffnet bei Erreichen des eingestellten Zulassdruckes	DIN-ISO 1219	ISO 1219-1
- Druckbegrenzungsventil, vorgesteuert	Steuerungsführung normal offen		
- Druckbegrenzungsventil, vorgesteuert	Steuerungsführung normal offen		
- Druckniederwert, Druckregelventil, direkt gesteuert	normal offen, schließt bei Erreichen des eingestellten Ausgangsdruckes. Leckabzuschaltventil	DIN-ISO 1219	ISO 1219-1
- Druckniederwert, vorgesteuert	Steuerungsführung normal offen		
- Druckniederwert, vorgesteuert	Steuerungsführung normal offen		
- 3-Wege-Druckniederwert, direkt gesteuert	siehe Erläuterung des Verbrauchers über 3. Anschluss		

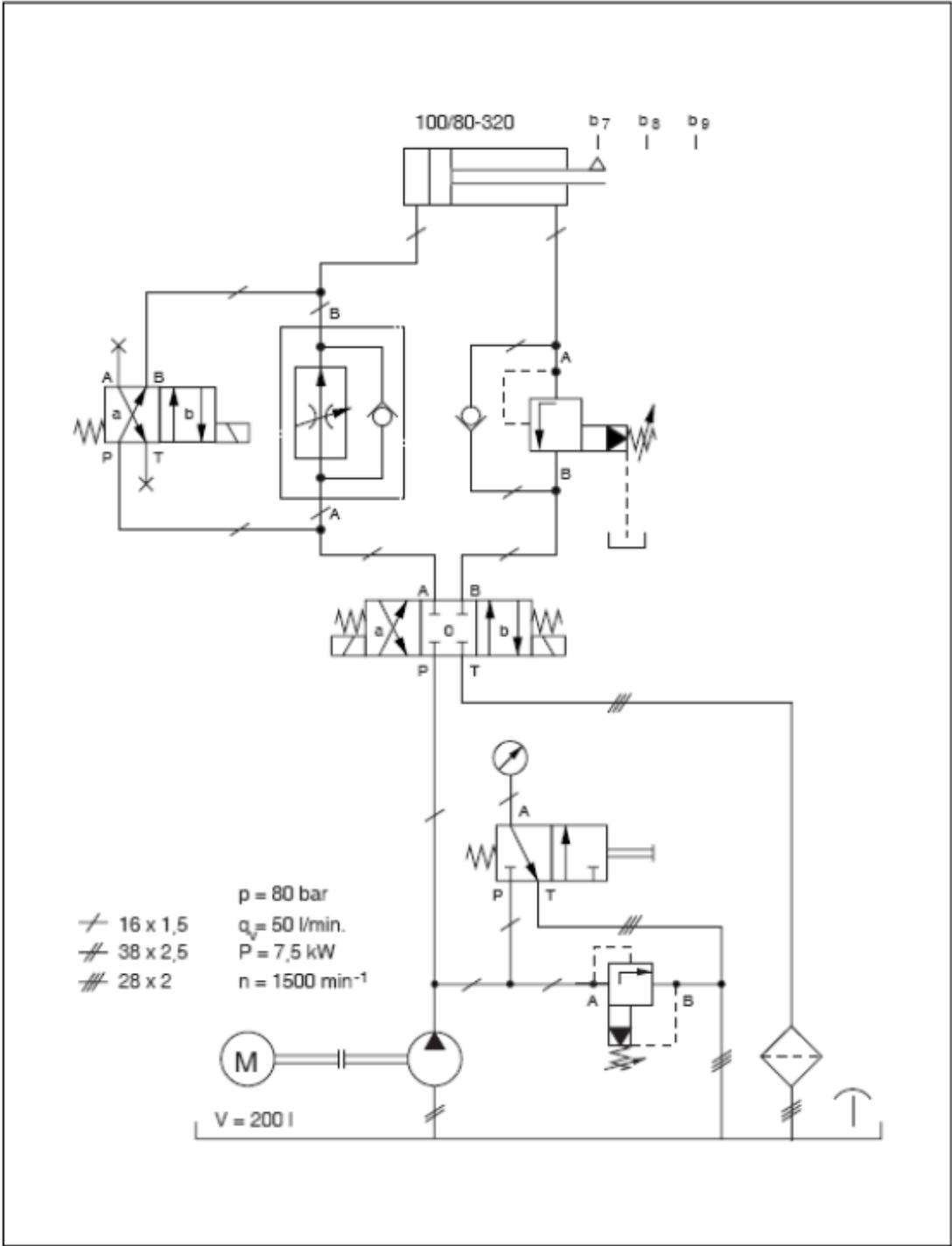
Benennung	Erläuterung	Symbild	
- ferngesteuertes Zuschaltventil, vorgesteuert	Schaltet bei Erreichen des eingestellten Druckes eine hydraulische Verbindung.		
- Druckschalter	Schaltet bei Erreichen des eingestellten Druckes einen elektrischen Kontakt.		

Benennung	Erläuterung	Sinbild
Stromventile Ventile, die den Volumenstrom beeinflussen. Darstellung durch Verengung des Leitungsquerschnittes.		
		ISO 1219-1
- Blende	kurze Drosselrinne	
- Drossel fest bzw. einstellbar	Volumenstrom abhängig von Druckdifferenz	
- Drosselrückschlagventil		
- Stromregelventil	Volumenstrom unabhängig von Druckdifferenz bzw. Last	
	mit Umgehungsrückschlagventil	
- 3-Wege-Stromregelventil	Überschußstrom wird über 3. Anschluß abgeführt	
- Stromteiler	Aufteilung in einen festen Verhältnis	

Benennung	Erläuterung	Sinbild
Sperrventile Ventile, die Druck und Volumenstrom in einer Richtung durch einen Ventilsitz dicht absperren.		
- Rückschlagventil	mit oder ohne Schließfeder	
- entsperbares Rückschlagventil	öffnet die gesperrte Richtung bei Druck auf Steuerschuß	
- Sitzventil magnetisch betätigt	öffnet die gesperrte Richtung bei Ansteuerung des Magneten	
- Wechselventil	„ODER“-Funktion	

Benennung	Erläuterung	Symbol
Leitungen und Verbindungen		
- Leitungen	Hauptleitungen	
	Steuer- und Leckleitungen	
	Flexible Schläuche	
- Leitungsverbindung		
- gekreuzte Leitung ohne Verbindung		
- Entlüftung		
- Schnellverschlußkupplung		
- Drehverbindung		

Benennung	Erläuterung	Symbol
Öl-Aufbereitung, Meßgeräte, Sonstiges		
- Behälter mit Leitungen, Ölstandsanzeige und Entlüftung		
- Hydropeicher		
- Filter		
- Kühler		
- Heizung		
- Manometer		
- Volumenstrommeßgerät		

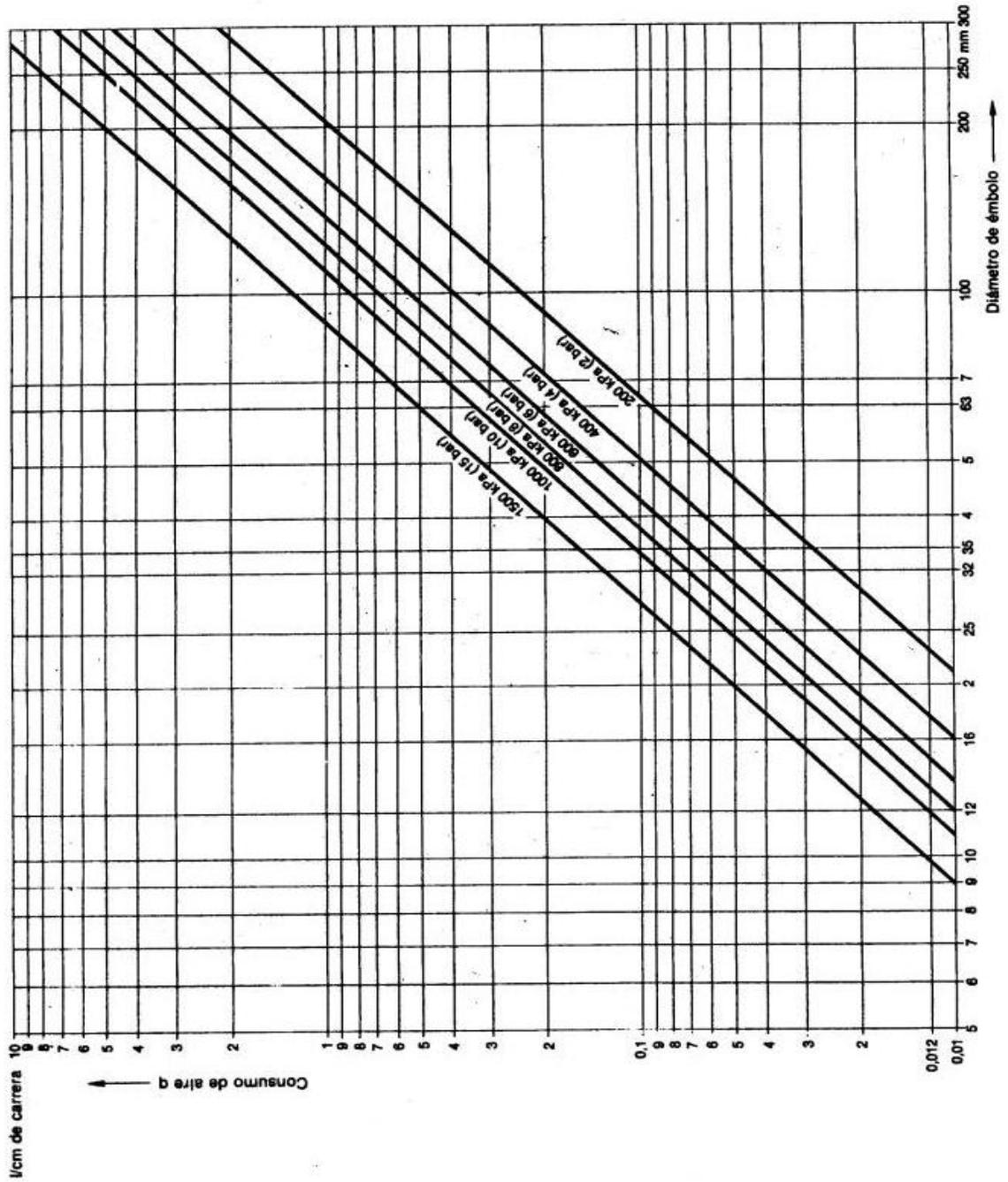


2.- SÍMBOLOS ELÉCTRICOS

NORMA IEC 60617

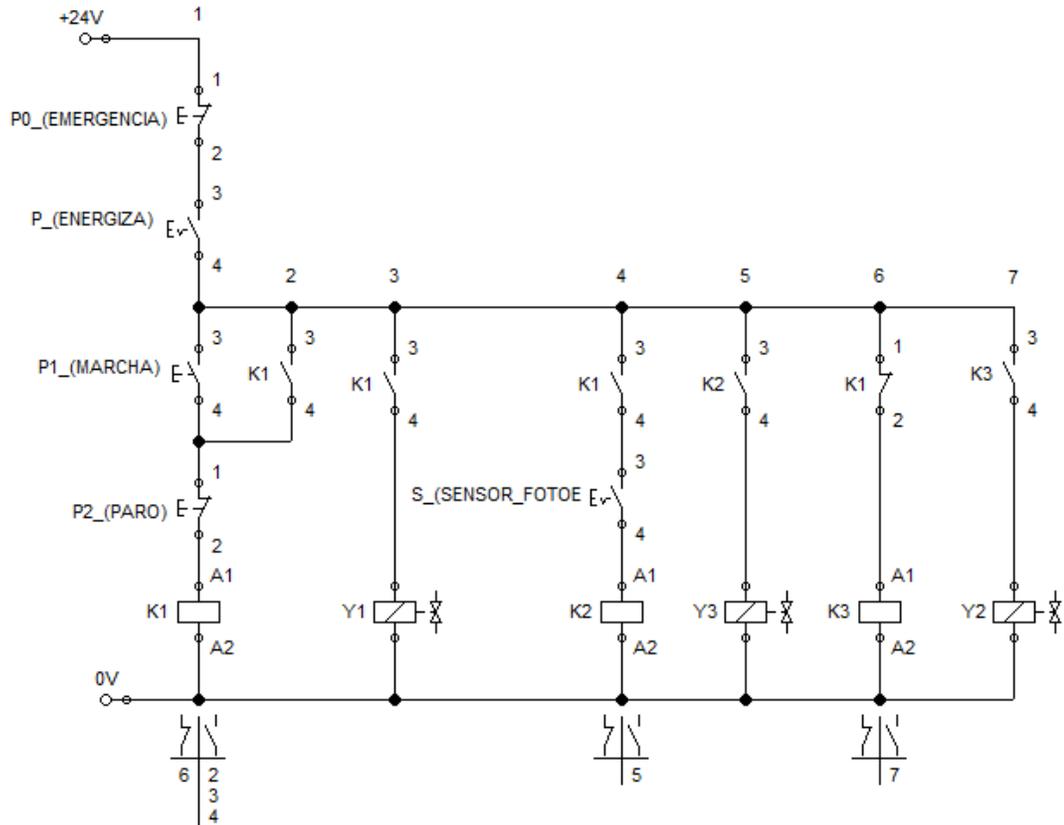
	Efecto térmico		Resistencia (signo general)		Relé térmico
	Efecto electromagnético		Resistencia dependiente de la temperatura		Relé de sobrecorriente instantáneo
	Temporización		Motor (símbolo general)		Relé de sobrecorriente con característica de retardo de tiempo corto regulable
	Conexión mecánica		Motor asíncrono trifásico, con rotor en cortocircuito (de jaula)		Relé de sobrecorriente con característica de retardo de tiempo corto inverso
	Mando mecánico manual (caso general)		Transformador de intensidad		Relé de sobrecorriente con característica de retardo de tiempo largo inverso
	Mando rotativo		Transformador de intensidad con primario formado por 4 conductores pesantes y con secundario enrollado con toma		Relé de sobrecorriente para defecto a tierra con característica de retardo de tiempo corto inverso
	Mando con pulsador		Contacto de cierre		Relé amperimétrico para desequilibrio de corriente entre las fases
	Mando de llave		Contacto de apertura		Relé de corriente diferencial
	Mando de leva		Contacto conmutado con interrupción momentánea		Relé de detección de la falta de fase en un sistema trifásico
	Tierra (signo general)		Contacto de posición de cierre (final de carrera)		Relé de detección del bloqueo del rotor mediante la medición de la corriente
	Convertidor aislado galvánicamente		Contacto de posición de apertura (final de carrera)		Lámpara, signo general
	Conductores con cable apantallado (ejemplo: dos conductores)		Interrupción momentánea		Enclavamiento mecánico entre dos aparatos
	Conductores de cables trenzados (ejemplo: dos conductores)		Contacto (contacto de cierre)		Mando motor eléctrico
	Conexión de conductores		Interruptor de potencia-seccionador con apertura automática		Motor con excitación en serie
	Terminal o borne		Interruptor de maniobra-seccionador		
	Conector macho - hembra		Bobina de mando (signo general)		

3.- DIAGRAMA DE CONSUMO DE AIRE

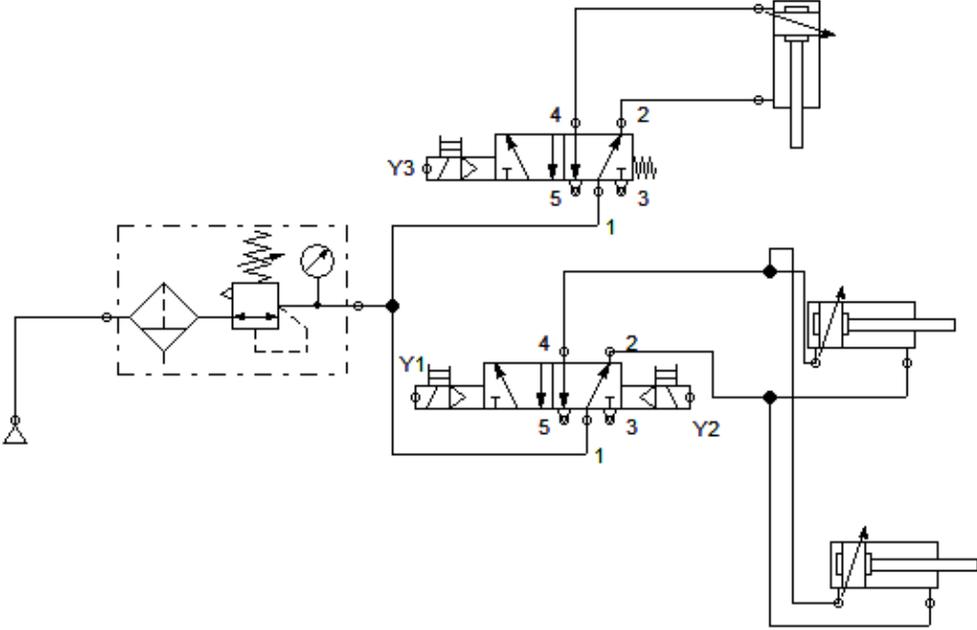


4.- DIAGRAMAS DEL SISTEMA ELECTRO NEUMÁTICO AUTOMÁTICO

a.- DIAGRAMA DE CONTROL.



b.- DIAGRAMA NEUMÁTICO.



5.- SIEMENS LOGO! 12/24 RC

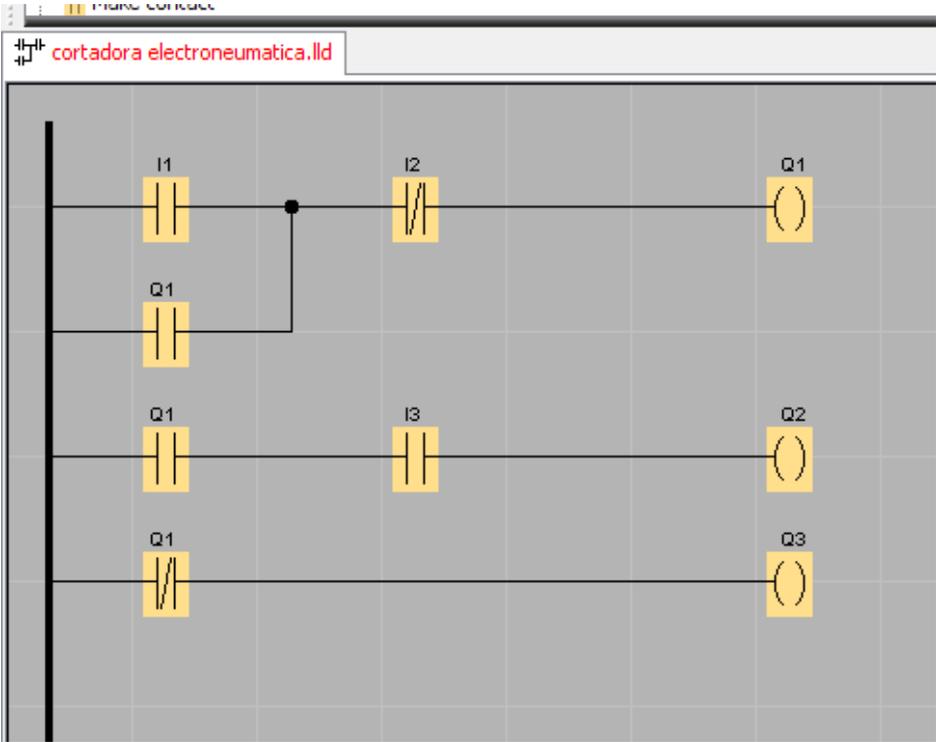
a.- DATOS TÉCNICOS LOGO! 12/24 RC

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	12/24 V c.c.	12/24 V c.c.
Rango admisible	10,8 ... 28,8 V c.c.	10,8 ... 28,8 V c.c.
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí
Consumo de corriente <ul style="list-style-type: none"> • 12 V c.c. • 24 V c.c. 	30 ... 140 mA 20 ... 75 mA	30 ... 140 mA 20 ... 75 mA
Compensación de fallos de tensión <ul style="list-style-type: none"> • 12 V c.c. • 24 V c.c. 	típ. 2 ms típ. 5 ms	típ. 2 ms típ. 5 ms
Potencia disipada <ul style="list-style-type: none"> • 12 V c.c. • 24 V c.c. 	0,3 ... 1,7 W 0,4 ... 1,8 W	0,3 ... 1,7 W 0,4 ... 1,8 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2 s / día	
Separación galvánica	no	no
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L+ <ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	<5 V c.c. >8 V c.c.	<5 V c.c. >8 V c.c.

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Intensidad de entrada para <ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	<ul style="list-style-type: none"> < 1, 0 mA (I1...I6) < 0,05 mA (I7, I8) > 1,5 mA (I1...I6) > 0,1 mA (I7, I8) 	<ul style="list-style-type: none"> <1,0 mA >1,5 mA
Tiempo de retardo para <ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	<ul style="list-style-type: none"> tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8) tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8) 	<ul style="list-style-type: none"> tip. 1,5 ms tip. 1,5 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Entradas analógicas		
Cantidad	2 (I7, I8)	
Margen	0 ... 10 V DC Impedancia de entrada 76 kΩ	
Tensión de entrada máx.	28,8 V CC	
Longitud del conductor (trenzado y apantallado).	10m	
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida		
Intensidad de salida		
Corriente constante I_{th} (por cada borne)	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	1.000 W	1.000 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W	10 x 58 W
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W	1 x 58 W
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W	10 x 58 W
A prueba de cortocircuitos y sobrecarga		
Limitación de corriente en cortocircuitos		
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Eléctrica		
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

b.- Programa de control



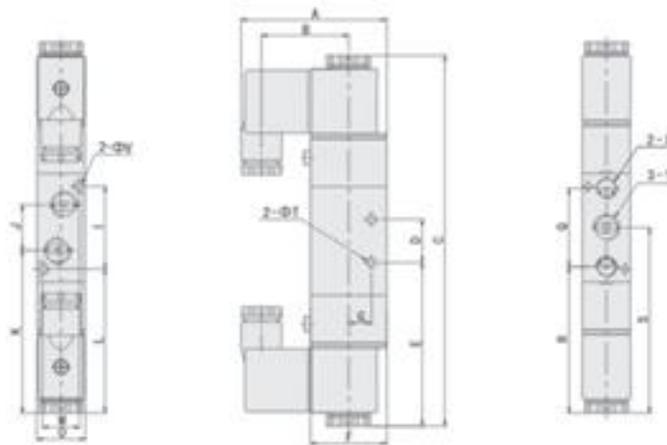
6.- CATÁLOGO DE ELECTROVÁLVULAS

a.- Electroválvula Neumática impulsos (doble control)

Specification 4V Series Solenoid valve (2 Position 5 Port Double Control)

Model	4V120-M5	4V120-06	4V220-06	4V220-08	4V320-08	4V320-10	4V420-15
Working medium	Clean Air(40µm filtration)						
Acting type	Grip Type						
Joint Size	Mport:M5 Export:M5 Exhaust:M5	Mport:Export:Exhaust:1/8		Mport:1/4 Export:1/4 Exhaust:1/8	Mport:1/4 Export:1/4 Exhaust:1/4	Mport:3/8 Export:3/8 Exhaust:1/4	Mport:1/2 Export:1/2 Exhaust:1/2
Sectional area	5.5mm ² (CV=0.31)	12mm ² (CV=0.67)	18mm ² (CV=0.78)	16mm ² (CV=0.89)	25mm ² (CV=1.39)	38mm ² (CV=1.67)	50mm ² (CV=2.79)
Working pressure	0.15-0.9Mpa						
Max Pressure	1.2Mpa						
Working Temperature	-5-60℃						
Voltage Range	±15%-10%						
Heat Resistant Grade	B						
Protective class	IP65(DIN40050)						
Coil Type	DIN Type, Flying leads						
Max Acting Frequency	5 Times/min			4 Times/min		3 Times/min	

Main Specification



Model	Ø19 ^{mm}	A	B	C	D	E	F	G	K	I	J	L	M	O	S	Q	R	ØV	ØT	X	Y
4V120-M5	55	34	142.4	14	64.2	27	9.5	64.3	30	14	56.2	13	18	71.2	27	57.2	3.3	3.3	M5	M5	
4V120-06	55	34	142.4	14	64.2	27	9.5	63.2	30	16	56.2	13	18	71.2	28	57.2	3.3	3.3	1/8"	1/8"	
4V220-06	66.7	40	171	20	75.4	35	10.5	76.4	38	18	66.4	17	22	85.4	36	67.4	3.2	4.3	1/8"	1/8"	
4V220-08	66.7	40	171	20	75.4	35	10.5	74.9	38	21	66.4	17	22	85.4	36	67.4	3.2	4.3	1/8"	1/4"	
4V320-08	69.2	40	190	24	82.9	40	13.5	83.9	50	22	69.9	20	27	94.9	45	72.4	4.3	4.3	1/4"	3/8"	
4V320-10	69.2	40	190	24	82.9	40	13.5	82.9	50	24	69.9	20	27	94.9	45	72.4	4.3	4.3	1/4"	3/8"	
4V420-15	74.2	40	222.8	28	97.4	50	17.5	93.4	72	36	75.4	27	34	111.4	63	80	4.3	5.5	1/2"	1/2"	

b.- Electroválvula Neumática de control único.

2/5 Single Control

2/5 Double Control

3/5 Center Close

Specification 4V Series Solenoid valve (2 Position 5 Port Single control)

Model	4V110-M5	4V110-06	4V210-06	4V210-08	4V310-08	4V310-10	4V410-15
Working medium	Clean Air(40µm filtration)						
Acting type	Gild Type						
Joint Size	Import ¹ M5 Export ¹ M5 Exhaust ¹ M5	Import/Export/Exhaust ¹ 1/8		Import ¹ 1/4 Export ¹ 1/4 Exhaust ¹ 1/8	Import ¹ 1/4 Export ¹ 1/4 Exhaust ¹ 1/4	Import ¹ 3/8 Export ¹ 3/8 Exhaust ¹ 1/4	Import ¹ 1/2 Export ¹ 1/2 Exhaust ¹ 1/2
Sectional area	5.5mm ² (CV=0.31)	12mm ² (CV=0.67)	14mm ² (CV=0.78)	16mm ² (CV=0.88)	25mm ² (CV=1.39)	30mm ² (CV=1.67)	50mm ² (CV=2.78)
Working pressure	0.15-0.8Mpa						
Max Pressure	1.2Mpa						
Working Temperature	-5-60℃						
Voltage Range	~15%-10%						
Heat Resistant Grade	B						
Protective class	IP65(DIN40050)						
Coil Type	DIN Type, Flying leads						
Max Acting Frequency	5 Times/min			4 Times/min		3Times/min	

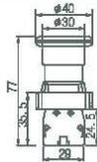
■ Main Specification



Model	A	B	C	D	E	F	G	K	J	L	M	O	S	Q	R	P	Y	T	X	Y
4V110-M5	55	34	99.4	14	21.2	27	9.5	21.2	30	14	13.2	13	18	28.2	27	14.7	3.3	3.3	M5	M5
4V110-06	55	34	99.4	14	21.2	27	9.5	20.2	30	16	13.2	13	18	28.2	28	14.2	3.3	3.3	1/8"	1/8"
4V210-06	66.7	40	117	20	21.7	35	10.5	22.7	38	18	12.7	17	22	31.7	36	13.7	3.2	4.3	1/8"	1/8"
4V210-08	66.7	40	117	20	21.7	35	10.5	21.2	38	21	12.7	17	22	31.7	36	13.7	3.2	4.3	1/8"	1/4"
4V310-08	69.2	40	135	24	28	40	13.5	29	50	22	15	20	27	40	45	17.5	4.3	4.3	1/4"	1/4"
4V310-10	69.2	40	135	24	28	40	13.5	28	50	24	15	20	27	40	45	17.5	4.3	4.3	1/4"	3/8"
4V410-15	74.2	40	168.4	28	43	50	17.5	39	72	36	21	27	34	57	63	25.5	4.3	5.5	1/2"	1/2"

7.- CATÁLOGO DE SWITCH Y PULSADORES

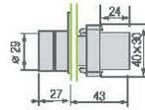
Tensi de aislamiento (V)	Ui		660	
Intensidad nominal de trabajo (A)	Ith		10	
Intensidad de trabajo (A)	Ie	AC15	24V	
		50/60Hz	48V	8
			110V	6
			220/240V	4.5
			380/415V	2.5
		DC13	24V	2.5
			48V	1.3
			110V	0.6
			220/240V	0.3
380/415V				
Tensi l íte soportada en 1m (kV)			2.5	
Resistencia de contacto (mΩ)			50	
N maniobras	el tricas	pulsadores comunes y emergencia	1.000.000	
		pulsadores luminosos	300.000	
		otros	100.000	
	mec icas	pulsadores comunes y emergencia	500.000	
		otros	100.000	
Grado de protecci			IP20	



Descripci	Color	cabeza (mm)	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
	●	40	NO	3SA5-BC21	6,90
	●	40	NO	3SA5-BC31	6,90
	●	40	NC	3SA5-BC42	7,90

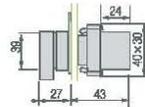
Selectores plásticos

Maneta corta	Descripción	N. posiciones	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
					



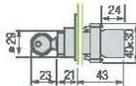
	2	NO	3SA5-BD21	5,60
		NO+NC	3SA5-BD25	7,50
	3	NO	3SA5-BD41	5,60
		NO+NC	3SA5-BD45	7,50
	3	2NO	3SA5-BD33	7,50
		2NO	3SA5-BD53	7,50
		2NO	3SA5-BD73	7,50
		2NO	3SA5-BD83	7,50

Maneta larga	Descripción	N. posiciones	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
--------------	-------------	---------------	------------------	------------------	--------



	2	NO	3SA5-BJ21	5,60
		NO+NC	3SA5-BJ25	7,50
	3	NO	3SA5-BJ41	5,60
		NO+NC	3SA5-BJ45	7,50
	3	2NO	3SA5-BJ33	7,50
		2NO	3SA5-BJ53	7,50
		2NO	3SA5-BJ73	7,50
		2NO	3SA5-BJ83	7,50

Selector con llave Ronis n 55	Descripción	N. posiciones	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
-------------------------------	-------------	---------------	------------------	------------------	--------

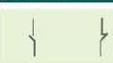


	2	NO	3SA5-BG21	13,20
		NO+NC	3SA5-BG25	15,80
	3	NO	3SA5-BG41	13,20
		NO+NC	3SA5-BG45	15,80
	3	NO	3SA5-BG61	13,20
		NO+NC	3SA5-BG85	15,80
		2NO	3SA5-BG33	15,60
		2NO	3SA5-BG53	15,60
	3	2NO	3SA5-BG03	15,60
		2NO	3SA5-BG73	15,60

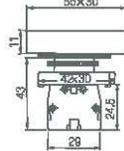
Descripción:

-  sin retorno
-  con retorno
-  extracción de llave

Pulsadores plásticos dobles

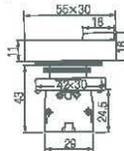
Descripci	Grado de protecci	Color	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
					

1 pulsador verde resante 1 pulsador rojo resante	IP40		NO+NC	3SA5-BL8325	16,00
---	------	--	-------	-------------	-------



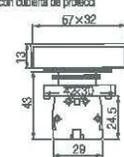
Descripci	Grado de protecci	Color	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
-----------	-------------------	-------	------------------	------------------	--------

1 pulsador verde resante 1 pulsador rojo saliente	IP40		NO+NC	3SA5-BL8425	16,00
--	------	--	-------	-------------	-------



Descripci	Grado de protecci	Color	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
-----------	-------------------	-------	------------------	------------------	--------

1 pulsador verde resante 1 pulsador rojo saliente con cubierta de protecci	IP65		NO+NC	3SA5-BL9325	18,50
--	------	--	-------	-------------	-------



Descripci	Grado de protecci	Color	Tipo de contacto	Código de pedido	P.V.P.
-----------	-------------------	-------	------------------	------------------	--------

1 pulsador verde resante 1 pulsador rojo saliente con cubierta de protecci	IP65		NO+NC	3SA5-BL9425	18,50
--	------	--	-------	-------------	-------

