 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

DISEÑO DE ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE ESTAMPADO Y CONFORMADO DE CUBIERTOS EN PRENSAS MECÁNICAS PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, CALIDAD Y SEGURIDAD EN LA EMPRESA INCAMETAL S.A.S

Juan Pablo Espinosa Mazo

Director

Adrián Felipe Martínez Perez

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE MECATRÓNICA Y ELECTROMECAÁNICA
Febrero de 2019**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El proceso de estampación y conformación de cubiertos en la empresa INCAMETAL S.A.S se realiza por medio de prensas mecánicas de 400 toneladas, en las cuales los cubiertos adquieren la forma esperada dependiendo del troquel. Actualmente, el método para ubicar el cubierto en el troquel es manual, es decir, un operario posiciona las piezas y luego acciona la prensa. Este proceso se repite durante todo el turno de trabajo, lo que puede causar problemas tales como baja productividad debido a la fatiga del operario, enfermedades profesionales al trabajador por movimientos repetitivos y piezas defectuosas por mal posicionamiento de los cubiertos en el troquel.

Las empresas nacionales deben procurar enfocarse en disminuir el costo de producción ya sea en mano de obra, tiempos o métodos, además de conservar la calidad y buen estilo que los caracteriza. Para conseguir este objetivo la empresa INCAMETAL S.A.S recurrió a la automatización Industrial de procesos, con el fin de ser para lograr ser competitiva a nivel mundial en un mercado que se ha vuelto global.

Teniendo en cuenta la necesidad de solucionar los problemas anteriormente mencionados, la finalidad de este proyecto es diseñar un prototipo de alimentador de cubiertos automático para el proceso de estampado y conformado en prensas mecánicas; para realizar este prototipo fue necesario realizar un estudio detallado del proceso manual de alimentación en las prensas, posterior a esto se realizan diferentes matrices de selección para determinar los equipos y elementos más aptos para suplir las necesidades del proceso como son actuadores, válvulas, sensores, entre otros componentes.

Conociendo los elementos que van a conformar el diseño propuesto del alimentador se procede a buscarlos comercialmente teniendo en cuenta las necesidades; se realizan los planos neumáticos, ensambles mecánicos de las piezas, planos eléctricos y de control para determinar los resultados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Finalmente analizando los resultados podemos concluir que el diseño del alimentador cumple las necesidades del proceso y proporciona una solución a los problemas de productividad, calidad y seguridad que se requieren en las presas mecánicas, además cuenta con la funcionalidad, precisión y velocidad que se necesarios para alimentar los cubiertos, siendo de esta manera una gran alternativa de automatización en la empresa INCAMETAL S.A.S

Palabras clave: prensa mecánica, estampador, conformado, troqueles, blancos, electroválvula, Sensores, autómatas, automatización.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Al profesor Adrián Felipe Martínez Pérez, asesor metodológico, por su apoyo brindado en el desarrollo del proyecto escrito.

Al ingeniero Octavio Vélez de OVIngeniería por su asesoría en temas relacionados a automatización industrial.

Al operador de la prensa de estampado de cubiertos de la empresa INCAMETAL S.A.S, por su asesoría sobre el proceso de alimentación de cubiertos en presas mecánicas.

A nuestros familiares por su constante apoyo y motivación brindados durante el desarrollo de toda la carrera.

A todos los que colaboraron durante el proceso investigativo y desarrollo del trabajo de grado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

PLC Programmable Logic Controller por siglas en ingles.

TMP Total Productive maintenance por sus siglas en inglés.

OEE Overall Equipment Effectiveness por sus siglas en ingles.

SPM strokes per minute por sus siglas en inglés.

SG-SST sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

DMAIC definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

LDR light Dependent Resistor por sus siglas en inglés.

DI entrada Digital.

DO salida Digital.

I/O entrada/Salida.

IP índice de protección.

PLC controlador Lógico Programable.

PSI libra por Pulgada Cuadrada.

VDC voltaje de corriente continua.

PNP salida de voltaje directo positivo de sensores de 3 hilos

NPN salida de voltaje directo negativo de sensores de 3 hilos

IMP importancia

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	11
1.1	Generalidades	11
1.2	Antecedentes	12
1.3	Objetivos	14
1.4	Organización del trabajo	14
2	MARCO TEÓRICO	16
2.1	Automatización industrial.....	16
2.1.1	Controlador lógico programable (PLC).....	16
2.1.2	LOGO!Soft Comfort 8.2	17
2.2	Sistema de alimentación de flejes y blancos.....	18
2.3	Componentes alimentadores convencionales	22
2.3.1	Tipos de actuadores	22
2.3.2	Tipos de válvulas.....	24
2.3.3	Tipos de guías	30
2.3.4	Tipos de sensores.....	33
3	METODOLOGÍA	37
3.1	Estudio de las características físicas y funcionamiento del sistema de alimentación de cubiertos.....	37
3.2	Generación de conceptos para el diseño mecánico y control del alimentador	38
3.2.1	Matriz de necesidades vs métricas.....	38
3.2.2	Esquema de caja negra	41
3.2.3	Exploración sistemática	43
3.2.4	Matriz morfológica de conceptos.....	47
3.2.5	Conceptos de solución	49
3.3	Selección de concepto para el diseño mecánico y control del alimentador.....	54
3.4	Definición de elementos para el diseño mecánico y control eléctrico del alimentador de cubiertos.....	57
3.4.1	Elementos y equipos para el diseño mecánico del alimentador.....	57
3.4.2	Elementos y equipos para el diseño eléctrico de control alimentador	59

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.5	Proceso de automatización y control del alimentador.....	61
3.5.1	Diseño de algoritmo de control para alimentador de cubiertos.....	61
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1	Elementos comerciales seleccionados para el alimentador	64
4.1.1	Guía lineal HGH15 marca HIWIN	64
4.1.2	Cilindro sin vástago de carro no guiado STN10 marca ASCO JOUCOMATIC	66
4.1.3	Cilindro de doble efecto compacto ADN ISO 21287 marca FESTO.....	68
4.1.4	PLC LOGO! OBA8 24RCE marca SIEMENS.....	71
4.1.5	Sensor de proximidad inductivo Osisense XS 612 marca TELEMECANIQUE.....	72
4.1.6	Sensor fotoeléctrico 45 AST marca ALLEN BRADLEY	73
4.2	Cálculo de retorno de la inversión ROI	74
4.2.1	Cotizaciones de elementos comerciales y costo fabricación de alimentador.....	74
4.2.2	Beneficios económicos de implementación alimentador de cubiertos automático....	75
4.2.3	Retorno de la inversión ROI	77
4.3	Planos diseño de alimentador de cubiertos automático.....	77
4.3.1	Sistema de control neumático.....	77
4.3.2	Planos eléctricos de control alimentador	80
4.3.3	Plano mecánico diseño alimentador de cubiertos	84
4.4	Algoritmo de control alimentador de cubiertos.....	85
4.4.1	Simulación del algoritmo	87
4.5	Simulación prototipo de alimentador de cubiertos	88
5	CONCLUSIONES.....	90
	REFERENCIAS	92
	APÉNDICE	95

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Lista de figuras

Figura 1. Proceso de fabricación de cubiertos. (Propia).....	12
Figura 2. Proceso de troquelado y corte. (Propia).	12
Figura 3. Proceso de estampado y conformado. (Propia).....	13
Figura 4. Proceso de pulido y limpieza. (Propia).....	13
Figura 5. Esquema general de un controlador lógico programable. (Quezada, López, García, & Aquilar, 2014).....	17
Figura 6. Interfaz principal de usuario LOGO!Soft comfort (propia).	18
Figura 7. Brazos robóticos ABB en prensas mecánicas (ABB, 2017).....	19
Figura 8. Servo alimentador de pinzas BRUDERER. (Bruderer, 2014).....	20
Figura 9 Alimentador mecánico de rodillos BRUDERER. (Bruderer, 2014)	21
Figura 10. Alimentador neumático AN. (Llunell, 2016).....	22
Figura 11. Cilindro de simple efecto. (Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2005)	22
Figura 12. Cilindro de doble efecto. (Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2009)	23
Figura 13. Cilindro sin vástago de acoplamiento magnético. (Joucomatic, 2015)	24
Figura 14. Válvula direccional 2/2. (Festo valvulas direccionales , 2018).....	25
Figura 15. Válvula direccional 3/2. (Festo valvulas direccionales , 2018).....	25
Figura 16. Válvula direccional 4/2. (Festo valvulas direccionales , 2018).....	26
Figura 17. Válvula direccional 4/3. (Festo valvulas direccionales , 2018).....	27
Figura 18. Válvula direccional 5/2. (Festo valvulas direccionales , 2018).....	27
Figura 19. Válvula direccional 5/3. (Festo valvulas direccionales , 2018).....	28
Figura 20. Válvula de bola (Jn aceros , 2014).....	29
Figura 21. Válvula mariposa (Koomkin, 2017).....	30
Figura 22. Guías lineales Hiwin. (Hiwin, 2014).....	31
Figura 23. Guías de rodamiento lineal de bolas. (SKF AG, 2011).....	32
Figura 24. Guía de carro de cola de milano. (Norelem, 2017).....	33
Figura 25. Sensor de proximidad inductivo. (Mecafenix, 2018).....	34
Figura 26. Sensor de proximidad capacitivo. (Mecafenix, 2018)	35
Figura 27. Sensor fotoeléctrico – fotoresistencia. (Mecafenix, 2018).....	36
Figura 28. Interruptor mecánico o final de carrera. (Mecánica Prismo S.L, 2016)	36
Figura 29. Esquema de caja negra (propia)	41
Figura 30. Diagrama de funciones (propia)	42
Figura 31. Matriz morfológica de conceptos alimentador. (propia).....	48
Figura 32. Guía lineal HGR 15 marca HIWIN (Hiwin, 2014)	64
Figura 33. Dimensiones y cargas guías 110HGH Hiwin. (Hiwin, 2014).....	65
Figura 34. Ventajas cilindro sin vástago STN10 (Joucomatic, 2015)	66
Figura 35. Cilindro Festo ADN ISO 21287 (Festo, 2009).....	69
Figura 36. PLC LOGO! 0BA8 24RCE (Siemens AG, 2016).....	72

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 37. <i>Sensor de proximidad inductivo OsiSense XS 612 (Schneider electric inc, 2010)</i>	73
Figura 38. <i>Rango de detección sensor 45AST-1JPB2-F4 (Allen-Bradley, 2012)</i>	73
Figura 39. <i>Plano neumático alimentador de cubiertos. (propia)</i>	79
Figura 40. <i>Plano eléctrico de potencia control alimentador de cubiertos. (propia)</i>	81
Figura 41. <i>Plano eléctrico entradas digitales PLC alimentador de cubiertos. (propia)</i>	82
Figura 42. <i>Plano eléctrico salidas digitales PLC alimentador de cubiertos. (propia)</i>	83
Figura 43. <i>Isométrico Plano mecánico alimentador de cubiertos. (propia)</i>	84
Figura 44. <i>Algoritmo de control modo manual. (propia)</i>	85
Figura 45. <i>Algoritmo de control modo automático. (propia)</i>	86
Figura 46. <i>Algoritmo salidas digitales. (propia)</i>	86
Figura 47. <i>Simulación del algoritmo de control. (propia)</i>	87
Figura 48. <i>Vista de acople alimentador de cubiertos con prensa mecánica. (propia)</i>	88
Figura 49. <i>Vista de almacenamiento de cubiertos en alimentador. (propia)</i>	89
Figura 50. <i>Vista de sistema de almacenamiento, dosificación y alimentación. (propia)</i>	89

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Lista de tablas

Tabla 1. Lista de necesidades (propia).....	38
Tabla 2. Lista de métricas (propia).....	39
Tabla 3. Matriz de necesidades vs métricas (Propia).	40
Tabla 4. Matriz de filtración de conceptos (propia).....	55
Tabla 5. Escala de calificación (propia).	55
Tabla 6. Matriz de evaluación y selección de conceptos (propia).	56
Tabla 7. Entradas y salidas PLC (propia).....	61
Tabla 8. Costos de fabricación alimentador (propia).	75

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Con el propósito de mejorar y optimizar el proceso de estampado y conformado de cubiertos en prensas mecánicas en la empresa INCAMETAL S.A.S, se diseñó un prototipo de alimentador de cubiertos automático para prensas de codo de 400 toneladas, normalmente el proceso de posicionar los cubiertos en troqueles de estampado se realiza de forma manual, donde el operario de la maquina se encarga de poner cada uno de los cubiertos en el troquel y posteriormente acciona la prensa, esto genera pérdidas considerables de tiempo y calidad del proceso lo que afecta directamente el OEE de la compañía, además de que el operario está expuesto constantemente a un atrapamiento mecánico de las extremidades superiores en la prensa.

Teniendo en cuenta la globalización actual de la industria y sus diferentes mercados, empresas como INCAMETAL S.A.S deben buscar constantemente reinventar sus procesos e invertir en automatización industrial para lograr ser competitivas, teniendo en cuenta esto la ingeniería mecatrónica brinda la posibilidad de automatizar los procesos productivos para así lograr estándares de competitividad y eficiencia, esta ingeniera busca constantemente implementar sistemas automáticos que disminuyan los tiempos de procesos y optimicen la maquinaria ya que esto es de gran importancia a la hora de generar ahorros de recursos, personal, tiempos de operación y paros por fallas humanas, aquí radica la importancia de contar con ingenieros que implemente sistemas autónomos y de fácil control en la industria nacional, ya que a diferencia de los procesos manuales que se manejan actualmente estos mecanismos automáticos logra una mejor precisión en las tareas que se realizan, y por consiguiente se obtiene una mejora notable en la calidad y ejecución del proceso productivo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La función principal del sistema automático propuesto es permitir al operario alimentar los cubiertos al troquel de estampado de forma remota, por medio de dispositivos mecánicos controlado por medio de un PLC que posiciona los cubiertos y acciona la prensa de forma automática a una velocidad constante.

1.2 Antecedentes

La empresa objeto de esta optimización INCAMETAL S.A.S, tiene su sede en el municipio de Bello (Antioquia) y está dedicada a la producción de cubiertos, implementos de cocina e instrumentos para el área agrícola, cuenta con diversas maquinas, prensas y troqueladoras. El estudio y aplicación de esta optimización se centra en el proceso de fabricación de cubiertos (Figura 1).

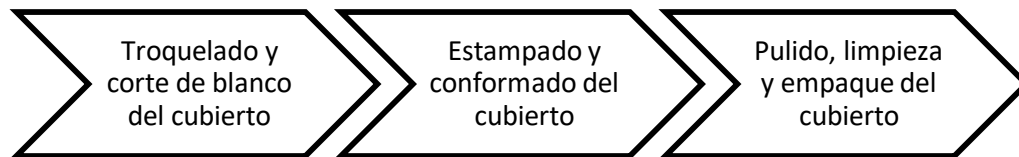


Figura 1. Proceso de fabricación de cubiertos. (Propia).

Troquelado y corte: esta etapa parte de una lámina enrollada de acero inoxidable de 200mm a 300mm de ancho y un espesor de 0.7mm a 2.5mm. En esta parte del proceso se transforma la lámina y se corta por medio de un troquel con la forma de los cubiertos, este troquel está compuesto por una hembra y un macho que se montan en la prensa mecánica (Figura 2), los cuales al cerrarse cortan las piezas.



Figura 2. Proceso de troquelado y corte. (Propia).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Conformado y estampado: en esta etapa del proceso se organizan las piezas cortadas anteriormente, luego el operario procede a dosificar los cubiertos manualmente a los troqueles de estampación, los cuales tienen la forma, la curva y los estampados que caracterizan a los cubiertos (Figura 3).



Figura 3. Proceso de estampado y conformado. (Propia).

Pulido, limpieza y empaque: esta es la etapa final del proceso de fabricación de cubiertos, los cuales son entregados en óptimas condiciones listos para el proceso de pulido. Se procede con la limpieza de forma manual o por vibración, utilizando vibradoras centrífugas con balines de 5mm de diámetro que se encargan de pulir las piezas por fricción (Figura 4). Este proceso tiene como fin eliminar evidencias de troquelado, corte y rebabas. Por último, los cubiertos son empacados, almacenados y distribuido.



Figura 4. Proceso de pulido y limpieza. (Propia)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.3 Objetivos

General

Diseñar un alimentador automático para el proceso de estampado y conformado de cubiertos en prensas mecánicas.

Específicos

- Diagnosticar el estado actual del proceso de estampado de cubiertos en prensas mecánicas.
- Identificar los elementos y dispositivos que se pueden integrar para dar solución a las necesidades del proceso.
- Simular un prototipo de alimentador automático que garantice la funcionalidad, velocidad, calidad y seguridad del proceso.
- Diseñar un programa para controlar el alimentador automático y hacerlo compatible con las prensas mecánicas.

1.4 Organización del trabajo

El trabajo se dividió en 4 secciones que permiten dar una idea general y global de los aspectos más relevantes del diseño de alimentador automático para el proceso de estampado y conformado de cubiertos en prensas mecánicas, la primera sección, el marco teórico, aborda una serie de conceptos básicos generales sobre los diferentes aspectos técnicos y elementos utilizados en la propuesta del autómatas, se describen de manera corta y precisa que es un PLC, un cilindro neumático y el sistema de alimentación, además se hace una breve explicación sobre los software computacionales que se pueden emplear en la programación del autómatas y se indican algunos parámetros y elementos propios del sistema de alimentación.

Esto con el fin de dar al lector una idea clara de esos aspectos técnicos propios de la especialidad (ingeniería Mecatrónica) que pueden no ser de conocimiento general.

La segunda sección del trabajo presenta una metodología que parte desde el análisis de las condiciones físicas actuales empleadas en el funcionamiento del sistema de alimentación

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de cubiertos en las prensas de forma manual, con base a estos parámetros y a las necesidades del operario de la prensa mecánica, se plantea la selección de los equipos y elementos más aptos para el diseño del alimentador automático, se realiza una descripción general del funcionamiento del alimentador y de los posibles modos de operación (modo manual y automático), todas las actividades propuestas en la metodología tienen el propósito de cumplir los objetivos específicos ya planteados.

En la tercera sección se describen los resultados obtenidos desde el punto de vista del diseño del alimentador, planos y programación del PLC , en este apartado se valida la funcionalidad de la programación del PLC, los modos de operación manual y automático programados del sistema y la estructura mecánica del alimentador de cubiertos.

Finalmente en la cuarta sección se presentan las conclusiones y el trabajo a futuro, la idea como tal de la propuesta del diseño de alimentador de cubiertos automático es poder lograr su implementación, por lo que se presentan una serie de conclusiones acerca del funcionamiento del alimentador diseñado y algunas propuestas de como el sistema automático puede ser útil para la empresa INCAMETAL S.A.S

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2 MARCO TEÓRICO

La idea central de esta sección es poder aclarar conceptos generales de automatización y realizar una pequeña descripción de aquellos sistemas y elementos de control empleados en la propuesta de diseño, también se presentan de manera corta los software empleados para la programación del PLC, del mismo modo se menciona información relevante sobre sistemas de alimentación, cilindros y actuadores neumáticos, funcionamiento y componentes principales del alimentador.

2.1 Automatización industrial

Automatización viene de la palabra automática, que se define como el conjunto de métodos y técnicas que se usan como herramientas para la sustitución de personas en tareas físicas y mentales (Ponsa & Granollers, 2009) , para el caso puntual automatización industrial es la aplicación de la automática al control de procesos industriales, es la rama de la ingeniera encargada de controlar máquinas y procesos de manera óptima y precisa (microautomacion, 2011), normalmente aplica para todo tipo de procesos secuenciales y de lógica que en algunos casos incluye el control de variables universales como lo son la temperatura y la presión.

La automatización de procesos industriales emplea una serie de dispositivos electrónicos programables para el control y monitoreo de las diferentes señales y variables presentes en procesos secuenciales; a continuación se hace una breve descripción de aquellos elementos más importantes y necesarios para la automatización de un proceso cualquiera.

2.1.1 Controlador lógico programable (PLC)

Un controlador lógico programable es un dispositivo electrónico digital que posee una memoria interna de almacenamiento que le permite guardar instrucciones para ejecutar funciones lógicas específicas como secuenciación, temporización, conteo y operaciones aritméticas como suma, resta, multiplicación y división, los PLC suelen incluir módulos

extras de entradas y salidas digitales /análogas que permiten manejar una gran variedad de sensores y actuadores en el campo de la automatización industrial (Prieto, 2007).

Un PLC es como un pequeño computador programable el cual se controla mediante la aplicación de un software que contiene las funciones lógicas y operaciones que este debe realizar, las señales de entrada para el PLC pueden venir de elementos digitales como sensores, finales de carrera, detectores de posición, o de sensores analógicos de temperatura, presión, humedad entre otros. Las señales de salida son las que el PLC entrega una vez ha ejecutado el software de control, estas señales pueden ser digitales o analógicas y los diferentes actuadores pueden ser válvulas, luminarias, otro PLC, un motor etc. (Prieto, 2007).

Se puede apreciar un controlador lógico programable el cual posee módulos adicionales en los cuales se pueden conectar sensores, pantalla HMI y actuadores, todos configurados desde un software de control hecho en un computador (Figura 5).

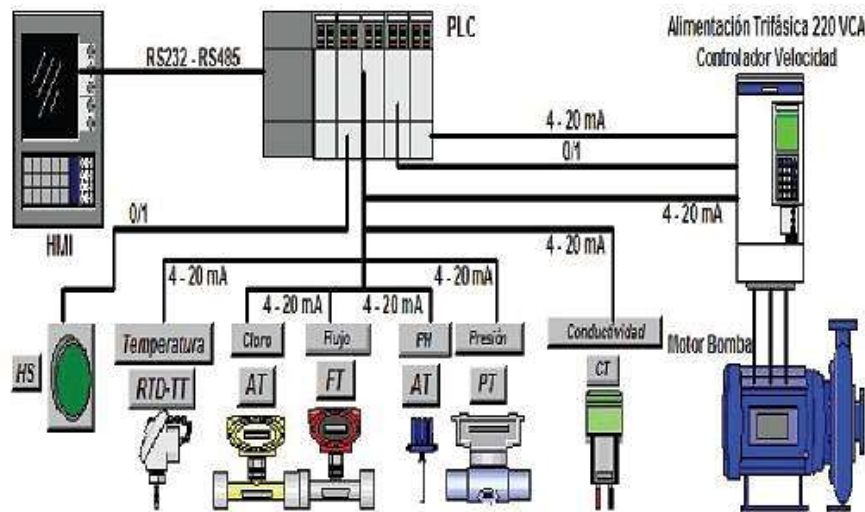


Figura 5. Esquema general de un controlador lógico programable. (Quezada, López, García, & Aquilar, 2014).

2.1.2 LOGO!Soft Comfort 8.2

LOGO!Soft Comfort 8.2 es una interfaz de desarrollo diseñada por la compañía alemana SIEMENS AG, esta herramienta permite la programación de PLC marca LOGO SIEMENS usando el lenguaje de programación Ladder o escalera, este software en particular posee una interfaz de usuario fácil de usar y un ambiente de desarrollo amigable e intuitivo que

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

permite maximizar la creatividad, eficiencia y productividad a la hora de desarrollar e implementar proyectos a nivel industrial que requieren un PLC como dispositivo de control. Se puede visualizar la interfaz principal de desarrollo (Figura 6).

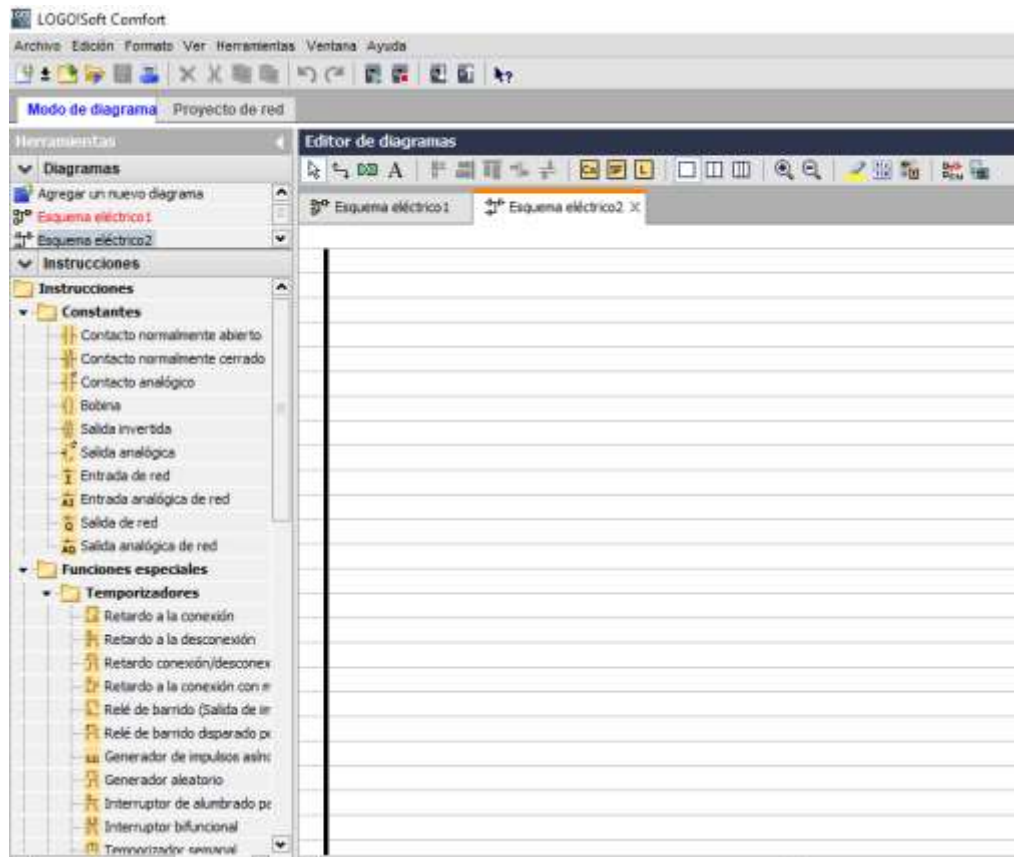


Figura 6. Interfaz principal de usuario LOGO!Soft comfort (propia).

2.2 Sistema de alimentación de flejes y blancos

En la industria de fabricación de cubiertos en acero inoxidable para el consumo de alimentos se emplean diferentes formas de alimentar las piezas o flejes en troqueladoras y prensas mecánicas, estas son manualmente, alimentadores hidráulicos, mecánicos o neumáticos y brazos robóticos automatizados, de cualquiera de estas formas el proceso es el mismo, el cual consiste en ingresar la lamina de acero inoxidable ya sea un fleje o un subproducto en el estampador o troquel, luego se acciona la prensa y por último se extrae el producto terminado. Sin embargo, cada método tiene sus ventajas y desventajas al buscar un buen resultado ya que todo depende de la morfología del producto, la calidad final y la rapidez con que se quiere realizar el trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la actualidad los autómatas son una herramienta muy utilizada y son equipos que pueden emular los movimientos realizados por los humanos y por consiguiente hacer las funciones de los operarios en ambientes hostiles o peligrosos. Las empresas con procesos en serie de troquelado, punzonado o estampado obtienen soluciones de compañías como ABB Robotics, dedicadas a la fabricación de autómatas como brazos robóticos, que proporcionan seguridad, calidad y altas frecuencias de producción, implementado la tecnología de robots de la serie IRB 6660 equipados con 7 grados de libertad que les permiten moverse sobre los 3 ejes y rotar entre ellos, para posicionar de manera precisa la producción en las presas mecánicas (Figura 7). A demás de una frecuencia constante de alimentación durante todo el turno de trabaja y por no requerir una persona para su operación disminuyen los costos por mano de obra y la seguridad en el proceso. Casanelles y Pons (2013), afirman que los autómatas específicamente los brazos robóticos cuentan con la flexibilidad, la rentabilidad y la fiabilidad, que los hacen muy atractivos para la industria del estampado siendo superiores a cualquier otra alternativa de automatización en la actualidad. (ABB, 2017)



Figura 7. Brazos robóticos ABB en presas mecánicas (ABB, 2017)

La automatización de líneas de prensado basadas en robots como anteriormente se menciona, ofrece considerables ventajas de seguridad y precisión. Sin embargo, Feng, Patel, y Pons (2013), afirman que estas líneas basadas en robots están siendo constantemente desafiadas por mecanismos de automatización diseñadas y dedicadas específicamente para realizar funciones de manipulación de producción, lo que les permite tener un rendimiento superior en tiempo de ciclo. Para líneas de prensado el tiempo de ciclo normalmente se mide en golpes por minuto o SPM (strokes per minute por sus siglas en inglés). Teniendo en cuenta esto, no necesariamente los

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

sistemas de manipulación robotizados son los más rentables y utilizados en líneas de alto rendimiento.

Existen modernos mecanismos para alimentar flejes en troqueles, los cuales cuentan con el paso requerido por las prensas mecánicas. Estos alimentadores de última generación dotados de un servomotor y un control numérico computarizado poseen una elevada precisión de avance de la lámina y se usan en prensas automáticas, están diseñados para materiales blandos y cuentan con dos tipos de arrastre, por pinzas o por rodillo; son graduables automáticamente a cualquier espesor de lámina y se pueden combinar con cualquier tipo de prensa. La compañía suiza BRUDERER AG líder en el mercado de punzonado y estampado de alta calidad, ofrece su tecnología en prensas y unidades de alimentación reconocidas por su absoluto precisión y máximo rendimiento (Bruderer AG, 2017). El alimentador de pinzas de la serie BSV (Figura 8), servo accionado eléctricamente cuenta con dos vías de avance paralelo y es ideal para alimentar flejes perfilados o pregrabadas, esto lo convierte en una gran alternativa de automatización en el mercado. (Bruderer, 2014).

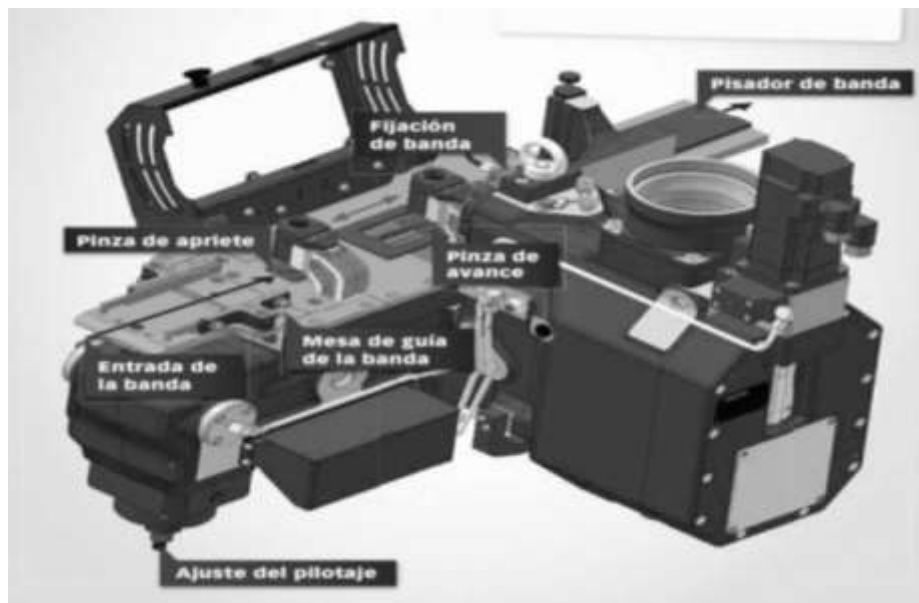


Figura 8. Servo alimentador de pinzas BRUDERER. (Bruderer, 2014)

Los anteriores modelos de alimentación son los más sofisticados disponibles en el mercado, ya que cuenta con programación computarizada para su funcionamiento, pero de igual manera la compañía Bruderer continúa ofreciendo alimentadores totalmente mecánicos que han garantizado

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

la precisión y fiabilidad del proceso de estampado durante décadas. Estos alimentadores son accionados por el eje principal de la troqueladora a través de un eje de cardán sincronizado con la unidad de alimentación del fleje. El sistema de alimentación funciona con rodillos oscilantes para generar el movimiento de la lámina, además cuenta con barras de sujeción para sostener el fleje durante el proceso de estampado. Los alimentadores de rodillo de la serie BBV (Figura 9), son más robustos y permiten alimentar flejes de mayor espesor y tamaño (Bruderer, 2014).

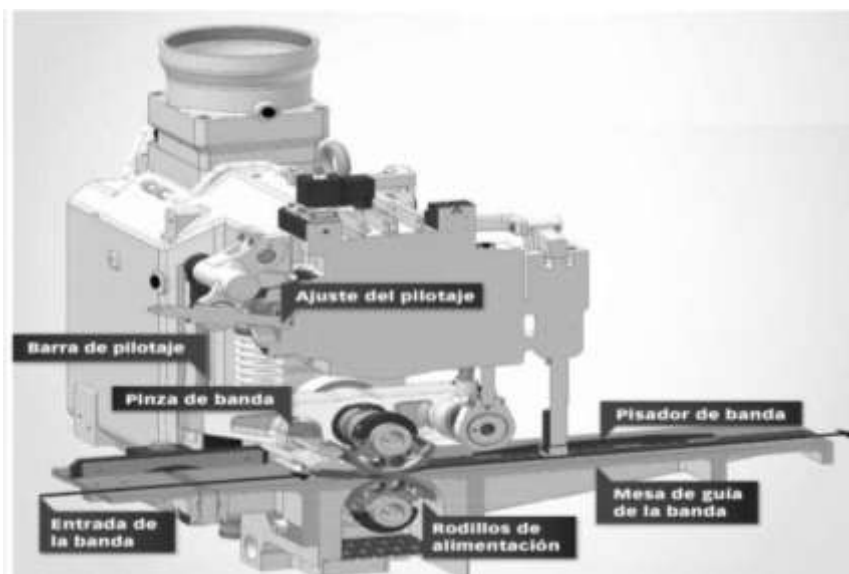


Figura 9 Alimentador mecánico de rodillos BRUDERER. (Bruderer, 2014)

Las anteriores alternativas de automatización en procesos de estampado que ofrece ABB Robotics o Bruderer AG, en temas de productividad, seguridad y precisión son difíciles de superar, sin embargo, en nuestro país los dispositivos automáticos más utilizados siguen siendo los alimentadores de flejes neumáticos. Ya por su velocidad, precisión y bajo costo son la alternativa más usada en los procesos de troquelado a nivel nacional, la compañía española Segura Llunell S.A se ha dedicado la fabricación de devanadores, prensas y alimentadores de flejes desde 1948. Esta ofrece alternativas de automatización en procesos de troquelado, con diseños innovadores y de alta precisión fundamentados en actuadores neumáticos (Figura 10). Los alimentadores AN equipados con cilindros de avances y mordazas independientes de sujeción accionadas por aire comprimido, garantizan la velocidad y precisión de avance requeridas por las prensas mecánicas convencionales siendo así unos de los más utilizados en el mercado nacional. (Llunell, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 10. Alimentador neumático AN. (Llunell, 2016)

2.3 Componentes alimentadores convencionales

2.3.1 Tipos de actuadores

Cilindro de simple efecto

Los cilindros de simple efecto son aquellos que solo realizan un trabajo cuando se desplaza su elemento móvil (vástago) en un único sentido; es decir, realizan el trabajo en una sola carrera de ciclo. El retroceso se produce al evacuar el aire a presión de la parte posterior, lo que devuelve al vástago a su posición de partida. (Figura 11) Estos cilindros se utilizan para trabajos de desplazamientos cortos en los que el vástago del cilindro no realice carreras superiores, generalmente, a 100 mm. Para aplicaciones de fijación o de remache de piezas, por ejemplo, se emplean también cilindros de membrana, en los cuales, una membrana de plástico o de metal reemplazan al embolo. Las carreras en este caso son mucho más cortas que las anteriores, aproximadamente 50 y 80 mm. (Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2005)

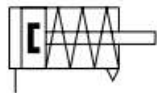


Figura 11. Cilindro de simple efecto. (Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2005)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cilindro de doble efecto

Los cilindros de doble efecto son capaces de producir trabajo útil en dos sentidos, ya que disponen de una fuerza activa tanto en avance como en retroceso. Se construyen siempre en formas de cilindros de embolo y poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas del cilindro. Se emplea, en los casos en los que el émbolo tiene que realizar también una función en su retorno a la posición inicial. La carrera de estos cilindros suele ser más larga (hasta 200 mm) que en los cilindros de simple efecto, hay que tener en cuenta el pandeo que puede sufrir el vástago en su posición externa. (Figura 12) Cuando el aire comprimido entra por la toma situada en la parte posterior (1), desplaza el émbolo y hace salir el vástago (avance). Para que el émbolo retorne a su posición inicial (retroceso), se introduce aire por la toma situada en la tapa delantera (2). De esta manera, la presión actúa en la cara del émbolo en la que está sujeta el vástago, lo que hace que la presión de trabajo sea algo menor debido a que la superficie de aplicación es más pequeña. Hay que tener en cuenta que en este caso el volumen de aire es menor, puesto que el vástago también ocupa volumen. (Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2009)

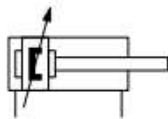


Figura 12. Cilindro de doble efecto. (Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2009)

Cilindro sin vástago de acoplamiento magnético

los cilindros neumáticos sin vástago de acoplamiento magnético Contrariamente a los cilindros clásicos cuentan principio de desplazamiento lineal por acoplamiento magnético que suprime la presencia de un vástago, lo que supone una importante reducción de las dimensiones, mejor integración del cilindro en el mecanismo y un posicionamiento diferente de la carga a desplazar.

Este tipo de cilindro ofrece así una solución más compacta. (Figura 13) Este tipo de cilindro cuenta con un pistón que se desliza en un tubo amagnético como los cilindros clásicos y la transmisión del movimiento del pistón al carro que porta la carga se realiza por acoplamiento magnético por medio de imanes permanentes. (Joucomatic, 2015)

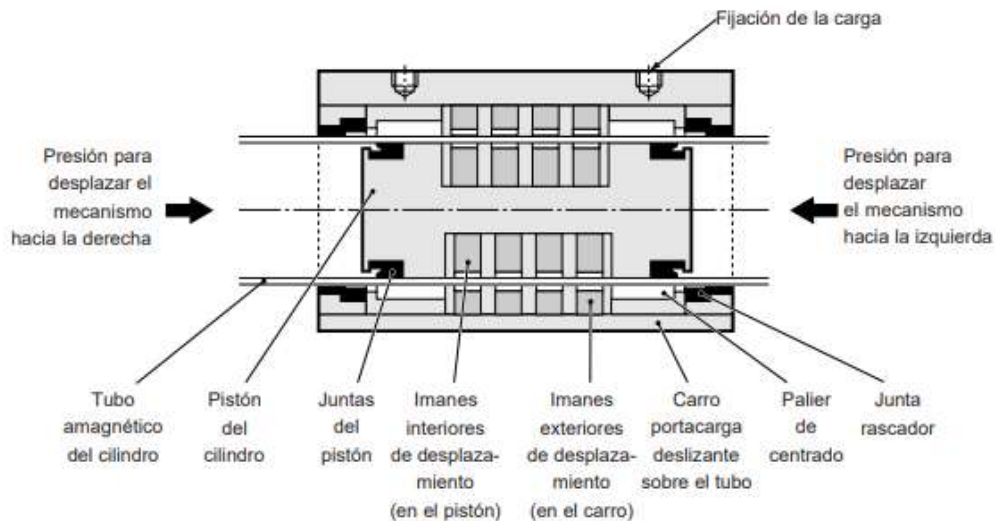


Figura 13. Cilindro sin vástago de acoplamiento magnético. (Joucomatic, 2015)

2.3.2 Tipos de válvulas

Las válvulas neumáticas tienen como función principal dirigir y distribuir el aire comprimido dentro de un circuito neumático. Regulan el paso o lo frenan. Arman el camino que debe recorrer el fluido. Pero, al momento de comandarlas, las variables son muchas y es necesario conocerlas con más profundidad para obtener buenos resultados en el proceso. Para clasificarlas, podemos nombrar 4 tipos diferentes de válvulas: las direccionales, las de bloqueo, las reguladoras y las secuenciales. Cada una tiene un funcionamiento particular que las diferencia entre sí. En este caso vamos a hablar de las válvulas direccionales o también llamadas distribuidoras, justamente porque su objetivo principal es ese, distribuir. Estas válvulas cuentan con distinta cantidad de vías y de posiciones. La suma de las roscas corresponde a la cantidad de vías que posee. Las combinaciones más comunes son las siguientes:

Válvula direccional 2/2 (2 vías 2 posiciones)

Actúan solamente como llave de paso. Una vía es la entrada y otra vía es la salida. Cuando está en posición abierta, las dos vías se conectan sin nada en el medio y el aire comprimido fluye con libertad. Al cerrarse, lógicamente se corta el paso. (Figura 14) estas válvulas pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo. Lo más común es que sean normal cerradas. (Festo valvulas direccionales , 2018)

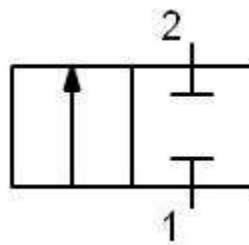


Figura 14. Válvula direccional 2/2. (Festo valvulas direccionales , 2018)

Válvula direccional 3/2 (3 vías 2 posiciones)

Normalmente son utilizadas para manejar cilindros simple efecto. Gracias a sus 3 vías, el flujo del aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada gracias a que cuentan con 2 posiciones, también son utilizadas en sistemas de aspersion de productos y fluidos. (Figura 15) (Festo valvulas direccionales , 2018)

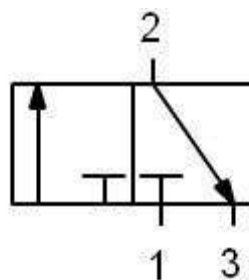


Figura 15. Válvula direccional 3/2. (Festo valvulas direccionales , 2018)

Válvula direccional 4/2 (4 vías 2 posiciones)

Cuenta con la misma cantidad de posiciones que la anterior, pero al tener una vía más se las suele usar para manejar cilindros doble efecto. Con una posición mete el aire en el pistón y con la otra lo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

saca, haciendo que el vástago suba y baje según la ubicación del aire. (Festo valvulas direccionales , 2018)

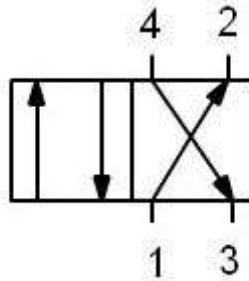


Figura 16. Válvula direccional 4/2. (Festo valvulas direccionales , 2018)

Válvula direccional 4/3 (4 vías 3 posiciones)

Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión.

Centro abierto significa que en la posición central de la válvula no hay presión en ninguna de las vías y se abren las vías de escape. De esta manera, un cilindro neumático (por ejemplo) queda detenido y podría moverse manualmente, porque no hay presión que lo bloquee.

Centro cerrado significa que en la posición central todas las vías se cierran. El cilindro quedaría bloqueado por imposibilitarse los escapes.

Centro a presión mantiene la presión en ambas vías, lo que permite detener con precisión un cilindro sin vástago, compensando eventuales pérdidas de aire del circuito. (Figura 17)

Un ejemplo muy común de este tipo de válvulas son las de activación mediante una palanca. Cuando la palanca está en su posición de reposo, la válvula queda en su posición central. Al moverse la palanca para adelante o para atrás, la válvula pasa a las otras posiciones, permitiendo (por ejemplo), realizar los movimientos de avance o retroceso de un cilindro. (Festo valvulas direccionales , 2018)

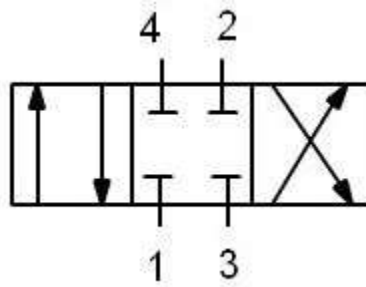


Figura 17. Válvula direccional 4/3. (Festo valvulas direccionales , 2018)

Válvula direccional 5/2 (5 vías 2 posiciones)

Es como la 4/2, aunque en este caso tiene dos escapes, uno para cada posición. El tener dos escapes ayuda a que se pueda manejar y regular mejor la velocidad. (Figura 18) este tipo de válvulas son las más utilizadas en el manejo de cilindro de doble efecto ya que por su control de velocidad permiten mejor funcionalidad de los actuadores. (Festo valvulas direccionales , 2018)

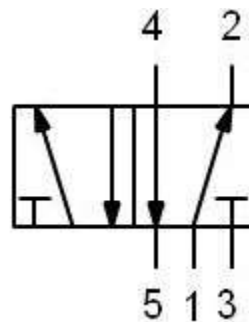


Figura 18. Válvula direccional 5/2. (Festo valvulas direccionales , 2018)

Válvula direccional 5/3 (5 vías 3 posiciones)

Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión (ver descripción de válvulas 4/3). (Figura 19) son útiles para aplicaciones en las que los actuadores requieren pausas intermedias las cuales no se presentan mucho en la neumática. (Festo valvulas direccionales , 2018)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

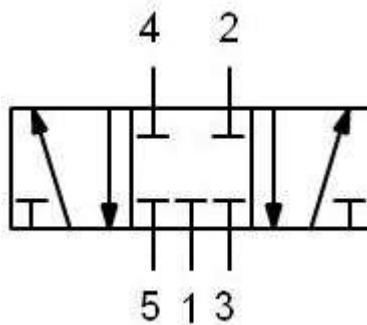


Figura 19. Válvula direccional 5/3. (Festo *valvulas direccionales* , 2018)

Además de tener en cuenta la cantidad de vías y de posiciones que tiene una válvula, existen diferentes tipos de accionamiento (o mando). A continuación, se describen los tipos de accionamiento más comunes.

Accionamiento manual: La característica principal de estas válvulas es que el operador decide cuando quiere que el aire fluya. No es la más utilizada, justamente porque el objetivo principal de la neumática es automatizar procesos y acotar el trabajo del ser humano. Las opciones para este tipo de accionamiento son mediante un pulsador, una palanca o un pedal. Si se utiliza un botón, con o sin retención, la válvula es de dos posiciones (una cuando está presionado y otra cuando no lo está). En cambio, si se quieren 3 posiciones, la opción más común es la de la palanca, que se puede mover para adelante o para atrás para sacarla del reposo.

Accionamiento mecánico: En este tipo de accionamiento se produce alguna acción mecánica que activa la válvula al hacer contacto con algo. Se pueden crear muchas maneras para lograr esto, inclusive en algunos casos se puede hacer que cuando golpee de un lado cambie de posición y cuando choca del otro no. Un ejemplo bastante común de estas válvulas son las que tienen levas o rodillos para funcionar como un fin de carrera. El rodillo avanza hasta hacer tope con algo y entonces produce el cambio de posición en la válvula.

Accionamiento neumático: Como bien lo dice su nombre, estas válvulas son dirigidas gracias a la neumática, o sea que necesitan del aire comprimido para ser comandadas. Si entra aire, trabaja de una manera y si sale de otra. Solamente con presión. Hay casos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

también en las cuales se acciona con dos entradas distintas, adquiriendo mejor comodidad de trabajo.

Accionamiento eléctrico: Estas válvulas requieren un circuito eléctrico para activarlas. La conmutación de las válvulas se obtiene por algún dispositivo eléctrico que haya mandado esa orden. Es importante saber qué voltaje y tipo de corriente necesitas en tu proceso, ya que no es lo mismo usar 12, 24, 110 o 220 voltios y tampoco es lo mismo utilizar corriente alterna que continua.

Válvula de bolas

Utilizan una esfera como medio para impedir el paso de fluidos, al igual que la válvula de globo su apertura y cierre es regulable (ARQHYS, 2012), la esfera está sujeta a un vástago el cual permite la apertura y cierre de esta a través de una volante. La Figura 20 muestra el interior de una válvula de bolas.



Figura 20. Válvula de bola (Jn aceros , 2014).

Válvula mariposa

Esta válvula está conformada por un cuerpo generalmente de hierro, acero al carbón, acero inoxidable o PVC, y un disco construido del mismo material del cuerpo que es el encargado de cortar o dar paso al fluido que pasa a través de la válvula, esta válvula a diferencia de las ya mencionadas es muy utilizada en aplicaciones de baja presión y donde se requiere una velocidad de apertura y cierre alta, generalmente estas válvulas lo hacen a un cuarto de vuelta (SC fluids, 2017), la Figura 21 muestra el cuerpo general de una válvula tipo mariposa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 21. Válvula mariposa (Koomkin, 2017).

2.3.3 Tipos de guías

Guías lineales

Las guías lineales permiten un tipo de movimiento que utiliza elementos de rodadura tales como bolas o rodillos. Utilizando la recirculación de estos elementos entre el raíl y los patines, las guías lineales pueden alcanzar un alto nivel de precisión en su recorrido. Comparadas con los sistemas tradicionales, las guías de recirculación de bolas y de rodillos sólo tienen un coeficiente de fricción de 1/50. Debido a la configuración de arco circular de cuatro hileras, las guías lineales pueden soportar cargas en dirección radial, radial inversa y lateral. Con estas características, las guías lineales mejoran mucho la precisión del movimiento, especialmente cuando en la aplicación también se utilizan husillos de recirculación de bolas. (Figura 22)

Alta Precisión de Posicionamiento Cuando una carga es conducida por una guía lineal, la fricción que existe entre la carga y la bancada es la fricción que producen las bolas o los rodillos. El coeficiente de fricción es sólo el 1/50 del coeficiente de fricción de los sistemas de guiado tradicionales, y la diferencia entre los coeficientes de rozamiento de las cargas dinámica y estática es muy pequeña. Por lo tanto, no habría deslizamiento de la carga mientras ésta está en movimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Larga Vida Útil con Movimiento de Alta Precisión Con un carro lineal tradicional, los errores en precisión están causados por el flujo a contracorriente que genera la película de lubricante. Por otra parte, la lubricación insuficiente genera desgaste en dichas superficies. Todo esto, los vuelve cada vez más imprecisos. En contraste, los elementos de rodadura como las bolas y los rodillos tienen poco desgaste y garantizan una alta precisión de desplazamiento con una larga vida útil y un movimiento suave.

Alcanzar una Alta Velocidad con Poca Potencia Esto es posible porque las guías lineales tienen un bajo coeficiente de fricción, y por ello necesitan poca potencia para mover una carga. Esto da como resultado un gran ahorro energético, especialmente en las partes móviles de la aplicación.

Capacidad de Carga en Todas las Direcciones Con este diseño especial, las guías lineales pueden soportar cargas en sentido vertical u horizontal. Los carros lineales convencionales, sólo soportan pequeñas cargas y en la dirección paralela a la superficie de contacto. Los sistemas tradicionales son inapropiados para soportar cargas en diferentes direcciones.

Fácil Lubricación En los sistemas de guiado tradicional, la lubricación insuficiente causa desgaste en las superficies de contacto. Resulta difícil, en estos sistemas, abastecer de suficiente lubricación a las superficies de contacto porque no es fácil encontrar un punto de lubricación apropiado. Con las guías lineales de recirculación de bolas o de rodillos, la grasa es muy fácilmente suministrada a través del engrasador que lleva incorporado el patín. Es posible también, utilizar un sistema de lubricación centralizado, conectando un adaptador especial al sistema de lubricación. (Hiwin, 2014)

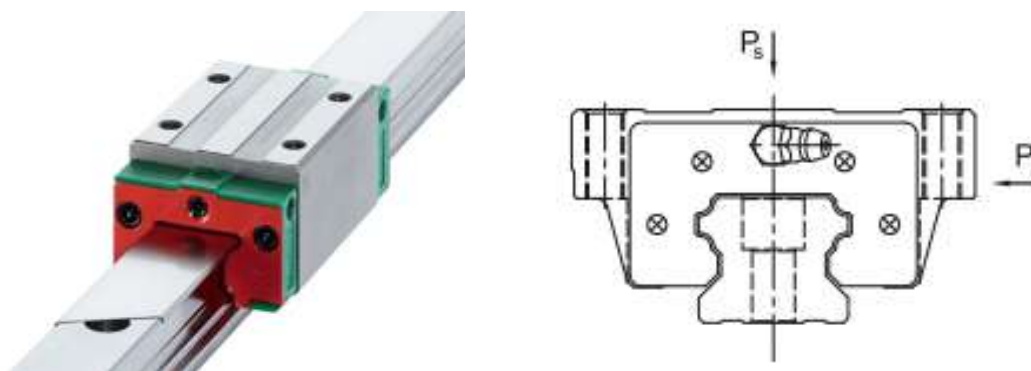


Figura 22. Guías lineales Hiwin. (Hiwin, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Guía de bolas lineales

Son guías de deslizamiento redondo compuesta por un eje y un rodamiento lineal de bolas, es capaz de absorber cargas en todas las direcciones de su radio, normalmente se montan en parejas para evitar el vuelco del carro guiado. (Figura 23) estos rodamientos lineales de bolas están formados por placas-soporte cerradas o abiertas y segmentos de acero independientes, con pistas de rodadura para las bolas. Los segmentos se regulan de forma independiente de acuerdo con las características del eje, de forma que permiten compensar errores de alineación de hasta ± 40 minutos angulares.

Libres de mantenimiento en función de las condiciones de aplicación ya que los depósitos de lubricante situados junto a las pistas de rodadura y los rascadores de doble labio garantizan una solución sin mantenimiento y elevada duración de vida, debido a su mayor capacidad de carga, en comparación con los rodamientos lineales convencionales, no autoalineables. (SKF AG, 2011)



Figura 23. Guías de rodamiento lineal de bolas. (SKF AG, 2011)

Guía de carro de cola de milano

Una guía de cola de milano es un tipo de guía recta de rodamiento de cojinetes deslizantes con una guía envolvente con forma especial. Soporta cargas en cualquier dirección y evita que la deslizadera se voltee o se levante.

La deslizadera cuenta con una tira en forma de cola de milano que se incrusta en una ranura de forma adecuada (por ejemplo, espaciamentos hidrostáticos) y se mueve a lo largo de la mesa. Debido a que sus superficies son inclinadas, una guía de cola de milano no necesita

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tiras de sujeción. Sin embargo, se puede ajustar con elementos de ajuste para compensar el juego y desgaste. Se pueden usar tornillos de sujeción según sea requerido para fijar la deslizadera en una posición. (Figura 24)

Las guías de cola de milano son más costosas para producir pero, debido a la ausencia de tiras de sujeción, pueden también ser usadas en aplicaciones que involucran alturas de construcción bajas. Son menos susceptibles a la vibración por fricción u oscilación que las guías de rodillo, sin embargo, los cojinetes lisos muestran un fenómeno de arrastre de adherencia que genera vibración. (Norelem, 2017)



Figura 24. Guía de carro de cola de milano. (Norelem, 2017)

2.3.4 Tipos de sensores

Sensor de proximidad inductivo

Un sensor inductivo tiene la capacidad de detectar objetos metálicos sin tener contacto físico, siempre y cuando estén dentro del rango de sensado. Al tener solo la capacidad de detectar objetos metálicos se puede aprovechar para detectar metales a través de algún plástico. Este sensor está constituido por una bobina en la cual se induce un campo magnético cuando es energizado. Al detectar un objeto metálico se genera un campo magnético diferente a la dirección del campo inducido por la bobina, este fenómeno es mejor conocido como corrientes de Foucault. (Figura 25)

El sensor inductivo genera un campo magnético en forma de onda senoidal con amplitud constante. Cuando la bobina detecta un objeto metálico se genera una corriente de Foucault, dependiendo la proximidad del objeto varía la amplitud de la onda senoidal, entre más cerca, menor es su amplitud. Cuando la onda disminuye hasta cierto punto el sensor conmuta su estado lo que indica que detectó un objeto metálico. (Mecafenix, 2018)

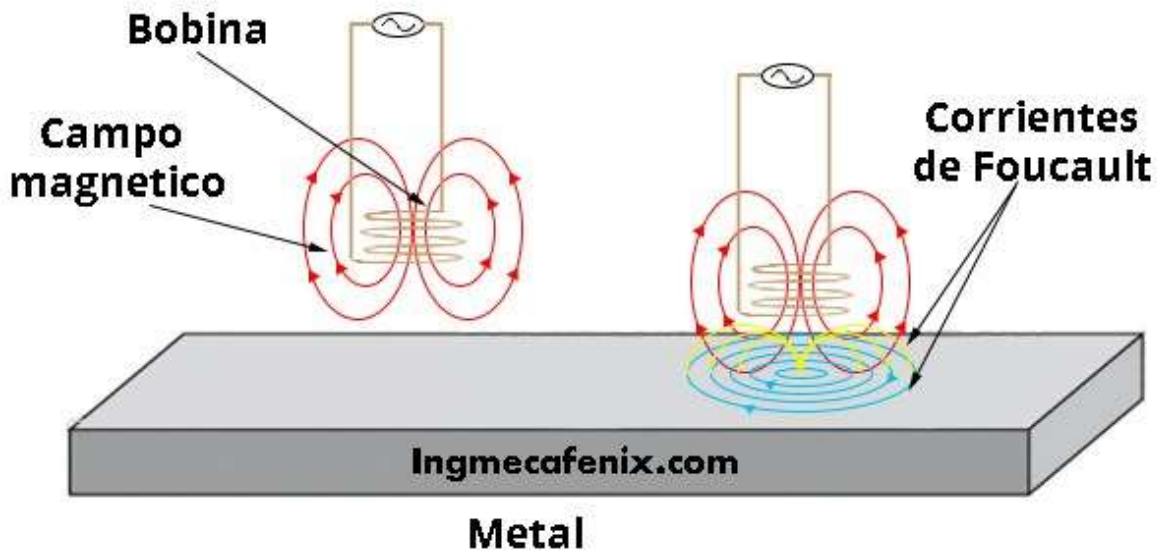


Figura 25. Sensor de proximidad inductivo. (Mecafenix, 2018)

Sensor de proximidad capacitivo

El sensor capacitivo es un interruptor electrónico que trabajan sin contacto. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua, así como de los metales, de aumentar la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado. Constan de un condensador que genera un campo eléctrico. Este condensador forma parte de un circuito resonador, de manera que cuando un objeto se acerca a este campo, la capacidad aumenta y el circuito empieza a resonar. La superficie de sensado del sensor capacitivo está formada por dos electrodos concéntricos de metal de un capacitor. Cuando un objeto se aproxima a la superficie de sensado y este entra al campo electrostático de los electrodos, cambia la capacitancia en un circuito oscilador. Esto hace que el oscilador empiece a oscilar. (Figura 26) el circuito disparador lee la amplitud del

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

oscilador y cuando alcanza un nivel específico la etapa de salida del sensor cambia. Conforme el objeto se aleja del sensor la amplitud del oscilador decrece, conmutando al sensor a su estado original. (Mecafenix, 2018)

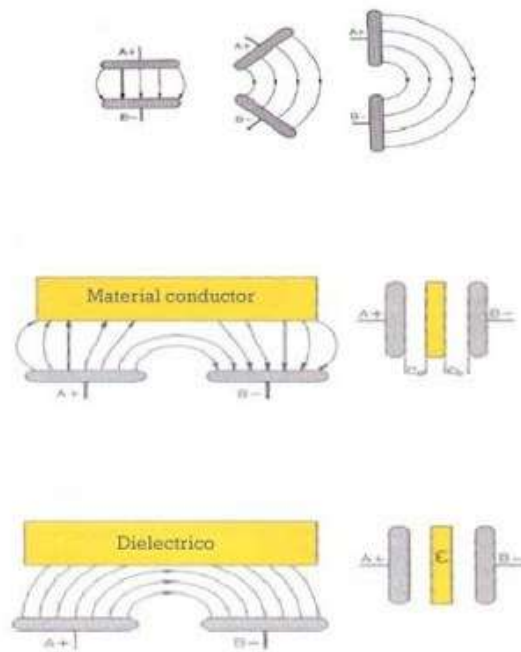


Figura 26. Sensor de proximidad capacitivo. (Mecafenix, 2018)

Sensor fotoeléctrico – fotoresistencia

El LDR (por sus siglas en ingles Light Dependent Resistor) o fotoresistencia es una resistencia que varía en función de la luz que incide sobre su superficie. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz que incide en la superficie del LDR menor será su resistencia y cuanto menos luz incida mayor será su resistencia. (Figura 27) cuando la LDR no está expuesta a radiaciones luminosas los electrones están firmemente unidos en los átomos que la conforman pero cuando sobre ella inciden radiaciones luminosas esta energía libera electrones con lo cual el material se hace más conductor, y de esta manera disminuye su resistencia. Las resistencias LDR solamente reducen su resistencia con una radiación luminosa situada dentro de una determinada banda de longitudes de onda. Las construidas con sulfuro de

cadmio son sensibles a todas las radiaciones luminosas visibles, las construidas con sulfuro de plomo solamente son sensibles a las radiaciones infrarrojas. (Mecafenix, 2018)

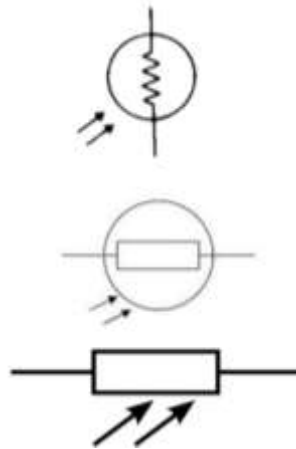


Figura 27. Sensor fotoeléctrico – fotoresistencia. (Mecafenix, 2018)

Interruptor mecánico o final de carrera

Estos interruptores son empleados, generalmente, para detectar la presencia o ausencia de algún elemento, por medio del contacto mecánico entre el interruptor y el elemento a ser detectado. Están compuestos por una leva o accionar mecánico que hace contacto con la pieza o elemento que se desea detectar (Figura 28), esta leva acción un resorte el cual realiza un contacto que envía una señal eléctrica. (Mecánica Prismo S.L, 2016)



Figura 28. Interruptor mecánico o final de carrera. (Mecánica Prismo S.L, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3 METODOLOGÍA

Para dar solución a los objetivos del proyecto propuesto, se plantearon una serie de tareas a desarrollar, con el fin de identificar las necesidades del proceso y poder realizar la selección de los elementos más adecuados para el diseño mecánico y eléctrico del alimentador, se plantearon las siguientes etapas:

3.1 Estudio de las características físicas y funcionamiento del sistema de alimentación de cubiertos

Para comprender el funcionamiento y las características básicas del sistema de alimentación de cubiertos se realizó un recorrido por la planta de fabricación de cubiertos INCAMETAL S.A.S ubicada en Bello Antioquia, allí se recopiló la información necesaria para el diseño del alimentador automático verificando cada uno de los pasos que realiza el operario como lo son el almacenamiento de los blancos, separar uno a uno los cubiertos, ponerlos en el troquel de estampado y accionar la prensa.

La producción promedio de cubiertos por operario en un turno de 8 horas actualmente es de 10.000 piezas, la prensa mecánica realiza un promedio de 22 golpes por minuto teniendo en cuenta la velocidad **de trabajo** del operario; adicional a esto se realizó el estudio del puesto de trabajo acompañados por el área de seguridad y salud en el trabajo, donde se pudo determinar un alto riesgo de atrapamiento mecánica en la prensa, arriesgando las extremidades superiores del operario, para determinar este riesgo se utilizaron los parámetros que propone la guía técnica nacional para la identificación de peligros y valoración de riesgos de seguridad y salud ocupacional (GTC 45), donde la principal información es la frecuencia de exposición del operario en la máquina, para este caso fue de 10.000 veces por día aproximadamente, la probabilidad de que suceda un accidente y la consecuencia, que puede ser en este caso una amputación. (GTC 45, 2008) esta información se tabula según la guía y por este motivo se determina el riesgo. Esto factores hace

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

inminente el cambio de método de alimentación en las prensas de la empresa INCAMETAL S.A.S.

3.2 Generación de conceptos para el diseño mecánico y control del alimentador

Al determinar los equipos y elementos que se pueden utilizar para realizar el diseño del alimentador y teniendo en cuenta la información que se recopiló en la planta de producción con el personal directamente relacionado con el proceso, como el operario, coordinador del área, personal de seguridad y salud en el trabajo. **Se realizaron una serie de matrices para tomar la decisión que mejor se adapte a las condiciones de la compañía.**

3.2.1 Matriz de necesidades vs métricas

Para conocer las necesidades principales y como se pueden suplir, se realizan dos listados que contienen las respectivas necesidades que surgen y las métricas que las pueden suplir de forma física, posterior a esto se realiza una matriz para determinar el nivel de importancia con el fin de definir qué elementos se requieren para el diseño del alimentador de cubiertos, esta información se obtiene del diagnóstico que se realiza del proceso de estudio de características físicas. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 97)

Tabla 1. Lista de necesidades (propia).

#	NECESIDAD
1	Que sea automático para que no requiera la presencia constante del operario para alimentar los cubiertos y accionar la prensa
2	Que tenga un almacén donde se puedan posicionar los cubiertos de forma ordenada sin necesidad de poner uno por uno
3	Tamaño reducido para que pueda ser acoplado a la troqueladora y no interfiera en el correcto funcionamiento de esta
4	Que separe uno por uno los cubiertos después de que estén almacenados
5	Que se pueda modificar la velocidad y los tiempos de funcionamiento
6	Precisión a la hora de posicionar el cubierto en el troquel de estampado para garantizar la calidad del producto
7	Que tenga un aviso para cuando no esté alimentado los cubiertos
8	Que pueda operar de manera manual o automática
9	Económico y con ROI menor a 1 año
10	Que se puedan trabajar diferentes tipos de tamaños
11	Velocidad de alimentación y dosificación de los cubiertos
12	Larga vida y resistente a trabajo contante

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 2. Lista de métricas (propia).

#	# NECESIDAD	MÉTRICA	IMP.	UNI.
1	2, 10	Sistema de almacenamiento graduable	4	mm
2	3	Cilindros de actuadores compactos	2	mm
3	6	Sensor de posicionamiento	3	V
4	4	Guías fijas y de alta precisión	5	mm
5	1, 5, 7, 8	Controlado por PLC autómatas programables	5	
6	11	Tiempo de accionamiento de los actuadores y válvulas	4	S.
7	9	Económico	2	\$
8	9	Flexibilidad en el producto	3	Subj.
9	12	Resistente a cargas externas	3	kN
10	12	Ciclos de vida	3	Ciclos
11	7	Sensor de presencia de cubiertos	2	V

Luego de tener la información de las necesidades del proceso de alimentación de cubiertos y las métricas que las pueden representar, esta información se cruzó en una matriz de necesidades vs métricas, donde las necesidades están en la columna vertical y las métricas en la columna horizontal, posterior a esto se realizó la matriz y se marca con un X en cuadro donde se cruzaron cada necesidad con su respectiva métrica (Tabla 3), esto con el fin de tener claridad de cómo se representan cada una de las necesidades durante todo el proceso de generación y selección de conceptos. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 99)

Tabla 3. Matriz de necesidades vs métricas (Propia).

		Métrica										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Necesidad		Sistema de almacenamiento graduable	Elementos de transmisión de	Sensores de posicionamiento	Guías fijas y de alta precisión	Controlado por un autómeta	Tiempos de accionamiento actuadores	Económico	Flexibilidad en el producto	Resistente a cargas externas	Ciclos de vida	Sensor de presencia de cubiertos
1	Que sea automático para que no requiera la presencia constante del operario para alimentar los cubiertos y accionar la prensa					X						
2	Que tenga un almacén donde se puedan posicionar los cubiertos de forma ordenada sin necesidad de poner uno por uno	X										
3	Tamaño reducido para que pueda ser acoplado a la troqueladora y no interfiera en el correcto funcionamiento de esta		X									
4	Que separe uno por uno los cubiertos después de que estén almacenados				X							
5	Que se pueda modificar la velocidad y los tiempos de funcionamiento					X						
6	Precisión a la hora de posicionar el cubierto en el troquel de estampado para garantizar la calidad del producto			X								
7	Que tenga un aviso para cuando no esté alimentado los cubiertos					X						X
8	Que pueda operar de manera manual o automática					X						
9	Económico y con ROI menor a 1 año							X	X			
10	Que se puedan trabajar diferentes tipos de tamaños	X										
11	Velocidad de alimentación y dosificación de los cubiertos						X					

12	Larga vida y resistente a trabajo contante									X	X	
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	--

3.2.2 Esquema de caja negra

El primer paso para descomponer un problema plasmado a partir de las métricas del desarrollo que se pretende hacer es representarlo como una caja negra que opera en flujos de materiales, energía y señales. Las líneas continuas delgadas denotan la transferencia y conversión de energía, las líneas continuas gruesas representan el movimiento de material dentro del sistema y las líneas discontinuas son las señales de flujos de control y retroalimentación dentro del sistema. (Figura 29) Esta caja negra representa la función general del producto. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 120)

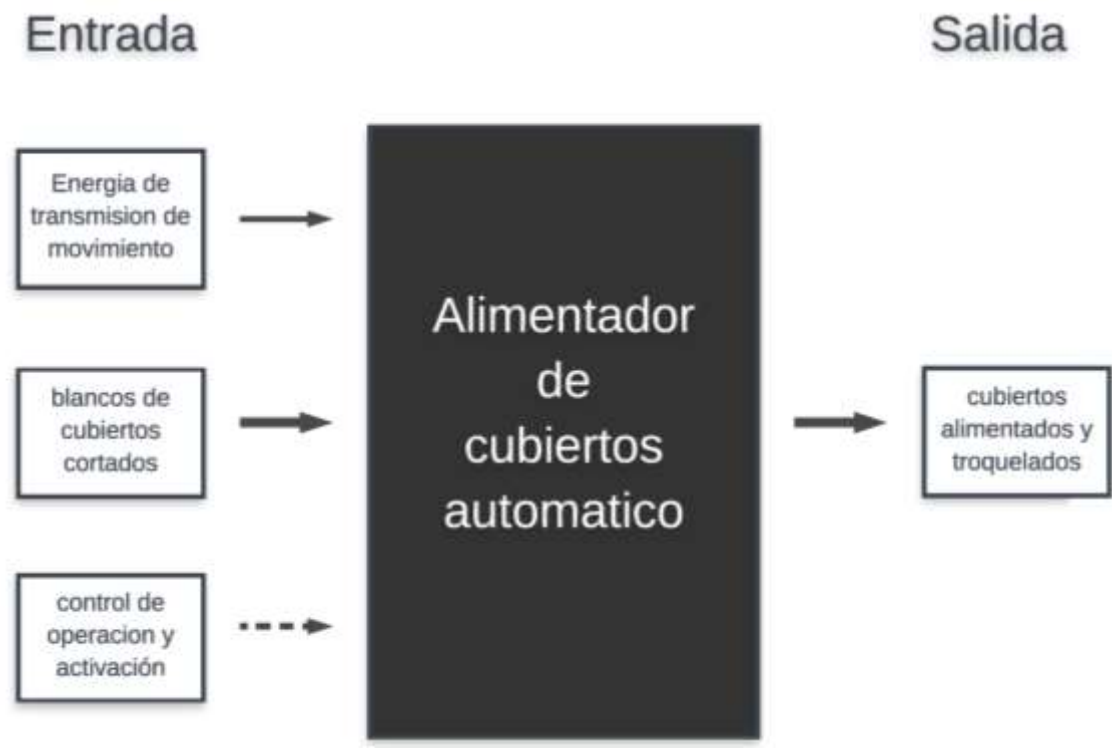


Figura 29. Esquema de caja negra (propia)

El siguiente paso en la descomposición funcional fue dividir la caja negra en subfunciones para crear una descripción más específica de los requerimientos que deben cumplir los elementos del producto para solucionar la función general de este. Por lo general, cada subfunción puede dividirse en subfunciones aún más sencillas (Figura 30). Nótese que, en esta etapa, la meta fue describir los elementos funcionales del prototipo, sin implicar un

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

principio específico de trabajo tecnológico para el concepto del producto. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 124)

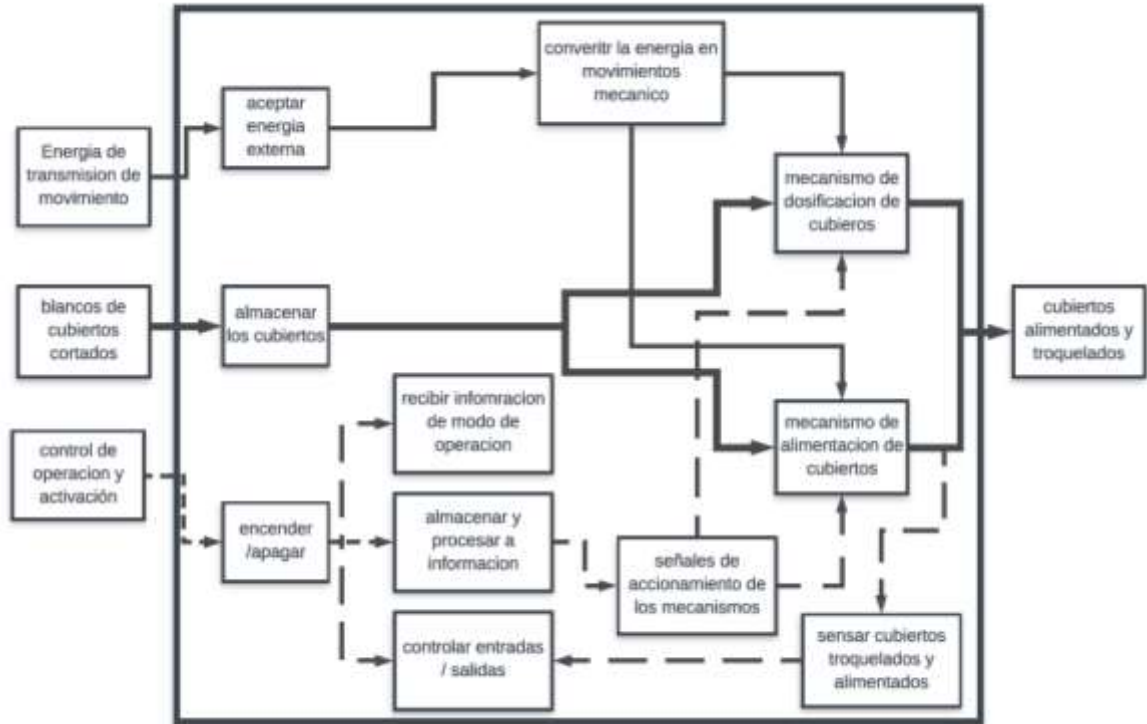


Figura 30. Diagrama de funciones (*propia*)

Utilizando el anterior diagrama se realizó una lista con las funciones principales que debe suplir el alimentador de cubiertos, para posteriormente realizar la búsqueda de elementos y equipos que pueden suplir estas necesidades.

- Energía para movimiento alimentador
- Almacenar cubiertos
- Actuadores de movimiento compactos
- Sensado de posiciones
- Sensado de cubiertos
- Controlador del sistema
- Mecanismo de dosificación
- Mecanismo de alimentación

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.3 Exploración sistemática

Teniendo claridad de las métricas que debe cumplir el diseño del alimentador de cubiertos y conociendo las funciones principales con las que debe de contar el equipo, es necesario agrupar toda la información de elementos, equipos o sistemas que puedan suplir estas necesidades. Para esta etapa del proceso de selección se desglosó la información obtenida en el marco teórico y se utilizó la teoría de árbol de clasificación de conceptos para dividir las posibles soluciones a las necesidades encontradas. Para realizar este proceso de clasificación de la información se utilizó el listado de funciones, luego se agrupó con las posibles soluciones utilizando los conceptos del estado del arte y elementos comunes en sistemas de alimentación. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 132)

Función #1. Energía para movimiento alimentador

Neumática: es la tecnología que emplea el aire comprimido entregado por un sistema de compresión con el fin de transmitir la energía necesaria para mover o hacer funcionar mecanismos por medio de válvulas y actuadores; este tipo de energía permite hacer movimientos rápidos de alta velocidad, la cual depende del caudal del sistema, además es fácil de encontrar en la industria de producción.

Hidráulica: es la tecnología que emplea el uso de fluidos líquidos los cuales son sometidos a una fuerza para generar movimientos mecánicos, estos sistemas están compuestos por bombas, válvulas y actuadores. La energía hidráulica es comúnmente utilizada para movimientos fuertes de elementos pesados dado que la presión de trabajo de estos sistemas supera los 1.000 PSI, para su correcto funcionamiento requieren una unidad hidráulica compuesta por motor eléctrico, bomba hidráulica, filtros de aceite, intercambiadores de calor, válvulas de seguridad y válvulas direccionales.

Eléctrica: la energía eléctrica utiliza el diferencial de potencias entre dos puntos para generar corriente, existen elementos como motores de inducción que se encargan de convertir esta energía eléctrica en energía cinemática para generar movimientos en diferentes mecanismos. La energía eléctrica es la más común en la industria de producción, y es muy utilizada en movimientos rotativos de alta velocidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Función # 2. Almacenamiento de cubiertos

Columnas de almacenamiento: para almacenamiento de los cubiertos se propone un par de columnas en V que permita almacenar cualquier tipo de cubierto, tienen un sistema de montaje móvil para regular el tamaño del cubierto que se desea dosificar, en este método los cubiertos son puesto uno encima de otro armando una pila lo suficientemente grande para que el operario no tenga que estar todo el tiempo en la máquina.

Banda transportadora: el método de almacenamiento y dosificación por medio de bandas transportadoras es muy útil en sistemas de producción continuos es decir que cubiertos salgan directamente del proceso de corte y caigan uno por uno en la banda transportadora, la cual los lleva hasta la troqueladora de estampado para luego ser dosificados; si el proceso no se realiza de esta manera el operario se ve en la obligación de poner uno por uno los cubiertos en la banda para posteriormente ser dosificados.

Función # 3. Actuadores de movimiento

Motor eléctrico: es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos y transmiten el movimiento de forma rotativa. Son utilizados en infinidad de sectores tales como instalaciones industriales, comerciales y particulares. Los motores eléctricos pueden ser impulsados por fuentes de corriente continua (CC), y por fuentes de corriente alterna (AC). Para este caso el motor es acoplado a un sistema de tornillo sin fin y una tuerca fija en las guías, este sistema convierte el movimiento rotativo en lineal.

Cilindro neumático sin vástago: es un dispositivo que transforma la energía neumática en su interior en energía mecánica mediante un movimiento rectilíneo. El cilindro es un tubo de sección circular con un extremo magnético, cerrado por ambos extremos en cuyo interior se desliza un pistón conformado con imanes permanentes, que a su vez generan un campo magnético y se adhieren al carro motriz que genera el movimiento. Estos cilindros son muy utilizados en sistemas compactos dado que al no tener vástago requieren la mitad del espacio que un cilindro convencional para desplazar una carga.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cilindros convencionales: es un dispositivo que transforma la energía neumática o hidráulica acumulada en su interior en energía mecánica mediante un movimiento rectilíneo. El cilindro es un tubo de sección circular constante, cerrado por ambos extremos, en cuyo interior se desliza un émbolo solidario con un vástago que atraviesa uno de los fondos. El émbolo divide al cilindro en dos volúmenes llamados cámaras y existen dos aberturas en las cámaras por donde puede entrar y salir el aire o el fluido. La capacidad de trabajo de un cilindro viene determinada por su carrera y su diámetro. Estos cilindros pueden de simple o doble efecto, por su precio y comercialización son los más utilizados en la industria de producción.

Función # 4. Sensado de posición

Sensor de proximidad inductivo: Un sensor inductivo tiene la capacidad de detectar objetos metálicos sin tener contacto físico, siempre y cuando estén dentro del rango de sensado. Al tener solo la capacidad de detectar objetos metálicos se puede aprovechar para detectar metales a través de algún plástico.

Sensor de proximidad capacitivo: El sensor capacitivo es un interruptor electrónico que trabajan sin contacto. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua, así como de los metales, para aumentar la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado.

Interruptores mecánicos o finales de carrera: Estos interruptores son empleados, generalmente, para detectar la presencia o ausencia de algún elemento, por medio del contacto mecánico entre el interruptor y el elemento a ser detectado. Están compuestos por una leva o accionar mecánico que hace contacto con la pieza o elemento que se desea detectar, esta leva acción un resorte el cual realiza un contacto que envía una señal eléctrica.

Función # 5. Sensado de cubiertos

Sensor de proximidad inductivo: Un sensor inductivo tiene la capacidad de detectar objetos metálicos sin tener contacto físico, siempre y cuando estén dentro del rango de sensado. Al

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tener solo la capacidad de detectar objetos metálicos se puede aprovechar para detectar metales como cubiertos.

Sensor fotoeléctrico: es una resistencia que varía en función de la luz que incide sobre su superficie. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz que incide en la superficie del sensor menor será su resistencia y cuanto menos luz incida mayor será su resistencia, de esta manera tiene la capacidad de detectar cualquier material a altas velocidades.

Función # 6. Controlador del sistema

PLC: controlador lógico programable de uso industrial compuesto por un CPU computadora de procesamiento de señales de entrada y salida. Cuenta con rango alto de temperatura e inmunidad a los ruidos eléctricos, resistencia a la vibración y al impacto, además de altas velocidades de respuesta en los programas de control que ejecuta.

Microcontrolador: circuito integrado programable, capaz de ejecutar las acciones programadas en su memoria, está compuesto por una unidad de procesamiento, memoria de almacenamiento y periferia de entradas y salidas, por su diseño son equipos pequeños y de bajo consumo de energía.

Arduino: placa de desarrollo de hardware capaz de controlar y detectar objetos en tiempo real, compuestas por procesadores de alta velocidad, estas tarjetas tienen mucha acogida en el mercado universitario, dado que cuentan con un software de programación libre, son compactas y no requieren conexiones adicionales en el control.

Función # 7. Mecanismo de dosificaciones

Cilindros neumáticos inversos: sistema de dosificación utilizado en alimentadores de flejes, este principio consiste en conectar dos cilindros de doble efecto de forma inversa es decir que mientras un cilindro se encuentra retraído el otro está totalmente extendido, esto con el fin de que mientras un cilindro sostiene los cubiertos el otro empuja uno de ellos a las guías de alimentación para posteriormente ser troquelado.

Ventosas de vacío: los sistemas de dosificación con ventosas se utilizan para agarrar y mover piezas de una posición a otra, el funcionamiento de las ventosas consiste en sujetar la pieza inyectando aire menor a la presión ambiental y sellando contra la pieza que se desea

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

sujetar y para soltar dicha pieza se inyecta aire superior a la presión ambiental para romper el sello que se tiene. (Schmalz, 2016)

Función # 8. Mecanismo de alimentación

Guías lineales: Las guías lineales permiten un tipo de movimiento que utiliza elementos de rodadura tales como bolas o rodillos. La recirculación de estos elementos entre el raíl y los patines permite guiar y desplazar los cubiertos, las guías lineales pueden alcanzar un alto nivel de precisión en su recorrido. Comparadas con los sistemas tradicionales, las guías de recirculación de bolas y de rodillos sólo tienen un coeficiente de fricción de 1/50 aumentado su velocidad y precisión.

Guías de bolas: Son guías de deslizamiento redondo compuesta por un eje y un rodamiento lineal de bolas, es capaz de absorber cargas en todas las direcciones de su radio y normalmente se montan en parejas para evitar el vuelco del carro guiado.

Guía de carro de cola de milano: Una guía de cola de milano es un tipo de guía recta de rodamiento de cojinetes deslizantes con una guía envolvente con forma especial. Soporta cargas en cualquier dirección y evita que la deslizadera se voltee o se levante, por su diseño permite guiar elementos robustos y pesados.

3.2.4 Matriz morfológica de conceptos

La matriz morfológica de conceptos se utiliza para considerar de manera sistemática combinaciones de fragmentos de las soluciones posibles para las diferentes funciones que debe cumplir el alimentador. Para desarrollar esta matriz se tiene en cuenta toda la información de la exploración sistemática, la cual se tabula con imágenes que representan las posibles soluciones planteadas (Figura 31). Luego de tabular las soluciones al problema general del diseño del alimentador de cubiertos, se procede a combinar entre si las celdas de esta matriz y se proponen las soluciones más viables según las necesidades para luego seleccionar la mejor. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 136)

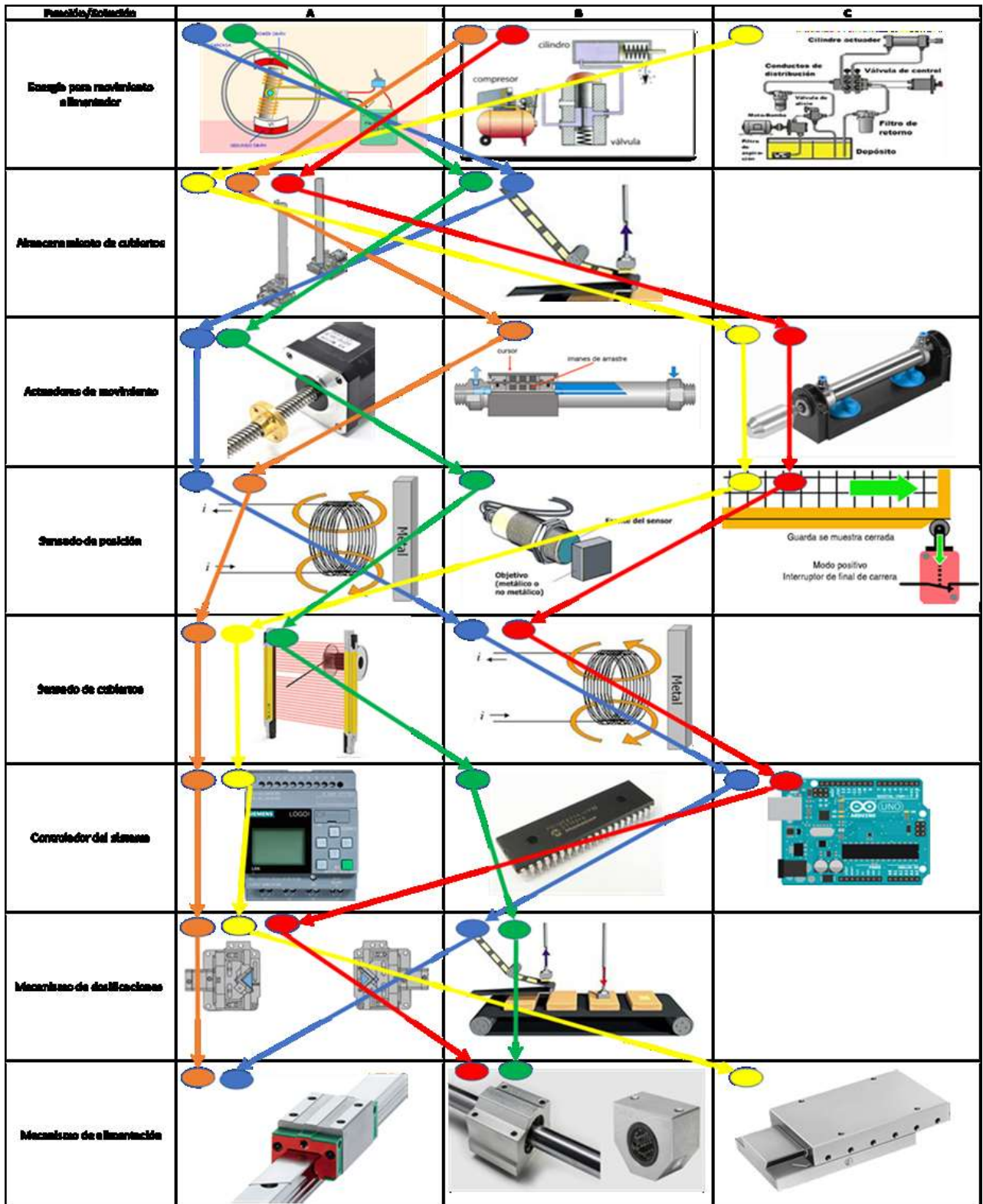


Figura 31. Matriz morfológica de conceptos alimentador. (propia)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.5 Conceptos de solución

Los conceptos de solución para el diseño del alimentador se combinan en la matriz morfológica, posterior a esto es necesario argumentar cada una de las soluciones planteadas, las cuales son agrupadas por líneas de colores para distinguir que camino tomó cada solución. Se mencionan las ventajas y las desventajas de cada solución para posteriormente desarrollar una matriz de selección entre ellas. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 139)

Solución A.

La primera solución planteada en la matriz morfológica es la línea de color azul, donde se propone generar el movimiento del alimentador por medio de energía eléctrica, esto es una ventaja, ya que es la energía más común de encontrar en cualquier lugar de una planta de producción. En esta solución el almacenamiento de los cubiertos se realiza por medio de bandas, las cuales se mueven cada vez que se dosifica un cubierto, el actuador que genera el movimiento para desplazar el cubierto hasta el troquel de estampado en un motor acoplado a un sistema de tonillo sin fin combinado con una tuerca fija a las guías, la cual transforma un movimiento rotativo en uno lineal, este sistema de movimiento cuenta con mucha precisión, sin embargo en comparación con otros métodos es demasiado lento. Para realizar el proceso de sensado en las posiciones del sistema de alimentación y salida de cubiertos del troquel se utilizan sensores de proximidad inductivos los cuales cuenta con la ventaja de detectar metales y son muy útiles para el sensado de cubiertos y actuadores metálicos. El controlador del sistema para esta solución es una tarjeta integrada Arduino, la cual cuenta con un alta nivel de procesamiento, múltiples entradas y salidas tanto digitales como analógicas, sin embargo al ser una tarjeta electrónica es muy sensible a ruidos eléctricos como vibraciones o armónicos ocasionados por cables eléctricos que alimentan los motores trifásicos en el proceso, esta tarjeta trabaja con voltajes bajos por el orden de los 5 voltios y difícilmente se puede integrar con el operario de la máquina para modificar los parámetros. El mecanismo de dosificación más adecuado para esta solución es por medio de ventosas de sujeción que utilizan el aire vacío para sostener la pieza, estas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ventosas toman uno por uno los cubiertos de la banda transportadora y los posicionan en las guías para ser posteriormente alimentados, este proceso es muy preciso pero toma mucho tiempo mientras la ventosa sujeta el cubierto, se desplaza a la posición de alimentación y lo suelta. En esta solución el mecanismo de alimentación es guiado por guías lineales de bolas con una larga vida útil y capaces de soportar altas cargas, pero por su diseño deben poner dos de estas guías en paralelo para evitar el volcamiento de las piezas guiadas lo que aumenta considerablemente el tamaño del alimentador.

Solución B.



La segunda solución planteada en la matriz morfológica es la línea de color verde, donde las funciones de energía del sistema de movimiento, almacenamiento de cubiertos, actuador de movimiento de alimentación y mecanismo de dosificación de cubiertos son las mismas de la solución anterior, ya que al ser alimentadas por energía eléctrica las opciones para las funciones mencionadas son pocas, dado que muchas de estas cuentan con cilindros para su correcto funcionamiento. Sin embargo a diferencia de la solución anterior se propone utilizar sensores de proximidad capacitivos para el sensado de posición del alimentador, los cuales son capaces de detectar cualquier tipo de materia y por ende de un costo mayor en el mercado, para el sensado de cubiertos alimentados y troquelados se plantea utilizar sensores fotoeléctricos de barrera, los cuales aumentan el rango de sensado para garantizar la salida del cubierto del troquel, además para controlar el sistema de esta solución se escoge un microcontrolador el cual cumple las necesidades de procesamiento para el diseño y es el controlador más económico en el mercado, pero al igual que la tarjeta de programación de Arduino es vulnerable a ruidos eléctricos como vibración y armónicos, además carece de robustez para operar en sistemas hostiles de producción como el sector metal-mecánico. El mecanismo de alimentación de esta solución es guiado por guías lineales de carro, para garantizar la posición y velocidad, siendo la solución más adecuada para el diseño de maquinaria en la actualidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Solución C.

La tercera solución planteada en la matriz morfológica es la línea de color naranja, donde se propone generar el movimiento del alimentador por medio de energía neumática, la cual utiliza el aire a presión para accionar cilindros y actuadores a altas velocidades, además este tipo de energía es muy común en la industria. El método de almacenamiento de los cubiertos es de columnas en V puestas en paralelo y regulables para cualquier tipo de cubierto, este método de almacenamiento permite posicionar los cubiertos en el alimentador de una manera rápida y fácil de dosificar. Al utilizar el aire comprimido como la energía que proporciona el movimiento en el alimentador es necesario utilizar cilindros como actuadores de movimiento, sin embargo, en esta solución se propone utilizar un cilindro neumático de doble efecto sin vástago el cual por medio de su diseño permite disminuir en un 50% las dimensiones del alimentador permitiéndole ser más compacto y fácil de operar. Para detectar la posición del cilindro alimentador se propone utilizar sensores de proximidad inductivos, los cuales detectan el metal del carro guía y por ende determinan si el cilindro está adentro o afuera, adicional a esto para detectar los cubiertos en el troquel y garantizar la salida de estos, se propone utilizar sensores fotoeléctricos de barrera para aumentar el rango de sensado y evitar accidentes en la prensa. Para controlar el sistema de alimentación de esta solución se plantea un PLC el cual es un sistema robusto de fácil programación y control por el operario, resistente a ruidos eléctricos como vibración y armónico, con un voltaje de operación de 24 Vdc al igual que los sensores comerciales. En cuanto al mecanismo de dosificación se propone utilizar cilindros neumáticos de accionamiento inverso siguiendo el principio de los alimentadores de flejes para separar con mayor velocidad y precisión los cubiertos ya que mientras un cilindro sostiene el grupo de cubiertos el otro dosifica uno de estos a las guías de alimentación, las cuales para esta solución son guías lineales de carro que como se menciona anteriormente son de alta precisión y velocidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Solución D.



La cuarta solución planteada en la matriz morfológica es la línea de color rojo, donde las funciones de energía del sistema de movimiento, almacenamiento de cubiertos y mecanismo de dosificación de cubiertos son las mismas de la solución anterior, ya que al tener una entrada de energía de aire comprimido, las opciones para las funciones mencionadas son pocas, dado que requieren de cilindros para su correcto funcionamiento. Sin embargo para esta solución se propone un cilindro estándar de vástago para proporcionar el movimiento de alimentación y llevar los cubiertos hasta el troquel, este tipo de cilindro es económico y fácil de encontrar en el mercado, pero al tener vástago aumentada las dimensiones del alimentador y lo convierte en un equipo robusto difícil de manejar. Para realizar el proceso de sensado de posición del cilindro alimentador se proponen finales de carrera mecánicos de palanca, los cuales se activan mediante el contacto físico con el actuador de alimentación lo que aumenta la confiabilidad del sistema, sin embargo, esto ocasiona un desgaste las piezas del cilindro y el interruptor. El sistema de control para esta solución es una tarjeta integrada Arduino, la cual como se menciona anteriormente cuenta con un alto nivel de procesamiento, múltiples entradas y salidas tanto digitales como analógicas, pero carece de robustez y compatibilidad con los demás elementos eléctricos. El mecanismo de alimentación de esta solución es guiado por guías lineales de bolas con una larga vida útil y capaces de soportar altas cargas en todas las direcciones.

Solución E.



La quinta solución planteada en la matriz morfológica es la línea de color amarillo, donde se propone generar el movimiento del alimentador por medio de energía hidráulica, la cual utiliza un sistema de bombeo de fluidos para generar el movimiento de los cilindros y actuadores, este sistema es muy utilizado en procesos de movimiento de piezas pesadas, ya que por medio del sistema de bombeo aumentan la presión del fluido y a su vez la fuerza del sistema. Para esta solución se utilizan los mismos elementos en almacenamiento de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

cubiertos, actuador de movimiento de alimentación, sistema de sensado de posición de cilindro alimentador y controlador, ya que al ser un sistema hidráulico no puede tener otras soluciones dentro de la matriz morfológica, sin embargo para el mecanismo de alimentación se utilizan guías de carro de cola de milano que permiten esfuerzos en todas las dirección y pueden soportar las altas presiones que genera el sistema; pero teniendo en cuenta el peso de los cubiertos y a la velocidad que deben se alimentados para aumentar la productividad este solución no es viable para el diseño del alimentador.

Referencia (F).

La referencia para comparar las posibles soluciones en el proceso de selección y evaluación de conceptos para este caso es un alimentador de flejes neumático tipo AN diseñado por la compañía española Segura Llunell S.A, dado que es uno de los más utilizados en el mercado nacional y cumple una función similar, la cual consiste en alimentar en este caso flejes de acero a los troqueles de corte. Este alimentador está compuesto por un cilindro neumático convencional el cual regula el recorrido por medio de un tope mecánico, para alimentar y sostener el fleje cuenta dos cilindros de membrana de conexión inversa, este equipo es pilotado neumáticamente usando válvulas accionamiento mecánico para comandar tanto el alimentador como la troqueladora. El mecanismo de alimentación de la referencia utiliza guías lineales de bolas capaces de soportar altas cargas en todas las direcciones, además soportar el peso del fleje de acero con el fin de no tener problemas de atranques mecánicos. Este alimentador por su construcción y diseño permite alimentar flejes a altas velocidades, además con la precisión que requiere el proceso de corte de aceros. Este tipo de sistemas de alimentación de flejes tiene un funcionamiento similar al prototipo que se requiere en la empresa INCAMETAL S.A.S, ya que como se menciona anteriormente en el estado del arte, estos alimentadores cumplen la función de dosificar flejes metálicos en procesos de corte y troquelado, además de disminuir el riesgo de atrapamientos mecánicos de los operarios en las troqueladoras. Por esta razón este alimentador se utilizó como referencia de selección para el prototipo planteado, ya que el proceso de fabricación de cubiertos no es muy común a nivel nacional, no se encontró un alimentador en el mercado que cumpliera

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

con las necesidades planteadas. El alimentador de flejes fue la mejor opción para realizar la comparación de funcionalidad y criterios de selección.

3.3 Selección de concepto para el diseño mecánico y control del alimentador

Para realizar la selección de conceptos teniendo en cuenta las posibles soluciones que se generaron anteriormente es necesario realizar dos etapas, la primera de estas consiste en realizar una matriz de filtrado de conceptos utilizando las soluciones planteadas y comparándolas con un concepto de referencia que para este caso fue uno de los alimentadores encontrados en el estado del arte, contra este se evalúan los otros conceptos, La referencia es generalmente un estándar industrial o un concepto sencillo. Puede ser un producto disponible comercialmente y de fácil visualización en el mercado nacional. Una evaluación relativa de “mejor que” (+1), “igual a” (0), o “peor que” (-1) se pone en cada celda de la matriz de filtración para representar cómo se evaluó cada posible solución en comparación con el concepto de referencia (Tabla 4). Después de evaluar todos los conceptos, se suma algebraicamente el número de evaluaciones “mejor que” y “peor que”, para este caso el “igual a” no afecta el resultado de la filtración. Una vez hecha la suma, se ordenan los conceptos. Obviamente en general, los conceptos con más signos “+” que signos “-” se clasifican más alto y luego se filtran para saber que conceptos continúan para ser evaluados y cuáles no. Para realizar la evaluación de los conceptos que continúan se realizó una tabla de escala de calificación y se tuvieron en cuenta las necesidades que se plantearon inicialmente y su respectivo importancia, se determinaron los criterios de selección y se asignaron pesos porcentuales, donde la suma de estos debe 100%, con el fin de realizar una evaluación ponderada dependiente de la importancia de los criterios. Finalmente, después de evaluar los conceptos se seleccionó el que mejor evaluación tuvo y con estos elementos se realizó el diseño mecánico y eléctrico del alimentador de cubiertos. (Ulrich & Eppinger , 2013, pág. 154)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 4. Matriz de filtración de conceptos (propia).

CRITERIO DE SELECCIÓN	CONCEPTOS					
	A	B	C	D	E	F
sistema de alimentación y control automático	1	1	1	1	1	0
almacenamiento para una cantidad de cubiertos considerable	0	0	0	0	0	0
tamaño reducido alimentador compacto para fácil operación	1	1	1	-1	-1	0
sistema de dosificación de cubiertos	1	1	1	1	1	0
Que se pueda modificar la velocidad y los tiempos de funcionamiento	1	1	1	1	-1	0
Precisión para alimentar los cubiertos al estampador	1	0	1	1	0	0
Económico para justificar el retorno de la inversión	-1	-1	0	1	-1	0
Velocidad de alimentación y dosificación de los cubiertos	-1	-1	1	1	-1	0
Larga vida y resistente a trabajo contante	-1	-1	1	1	1	0
Suma+	5	4	7	7	3	0
Suma0	1	2	2	1	2	9
Suma-	-3	-3	0	-1	4	0
Evaluación Neta	2	1	7	6	-1	0
Continua	SI	NO	SI	SI	NO	NO

Tabla 5. Escala de calificación (propia).

Desempeño relativo	Calificación
Mucho peor que la referencia	1
Peor que la referencia	2
Igual que la referencia	3
Mejor que la referencia	4
Mucho mejor que la referencia	5



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 6. Matriz de evaluación y selección de conceptos (propia).

CRITERIOS DE SELECCIÓN	Peso	CONCEPTOS					
		F - referencia		A/D		C	
		Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
sistema de alimentación y control automático	10%	5	0,5	4	0,4	5	0,5
almacenamiento para una cantidad de cubiertos considerable	12%	1	0,12	5	0,6	5	0,6
tamaño reducido alimentador compacto para fácil operación	15%	2	0,3	2	0,3	4	0,6
sistema de dosificación de cubiertos	15%	1	0,15	4	0,6	4	0,6
Que se pueda modificar la velocidad y los tiempos de funcionamiento	5%	4	0,2	3	0,15	4	0,2
Precisión para alimentar los cubiertos al estampador	15%	5	0,75	4	0,6	5	0,75
Económico para justificar el retorno de la inversión	15%	3	0,45	3	0,45	2	0,3
Velocidad de alimentación y dosificación de los cubiertos	5%	5	0,25	4	0,2	4	0,2
Larga vida y resistente a trabajo contante	8%	3	0,24	3	0,24	4	0,32
TOTAL			2,96		3,54		4,07
LUGAR			3		2		1
CLASIFICACION							X

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

3.4 Definición de elementos para el diseño mecánico y control eléctrico del alimentador de cubiertos

Luego de determinar cuáles van a ser los elementos usado en el diseño del alimentador utilizando la teoría de generación y selección de concepto de Karl t. Ulrich y Stiven d. Eppinger, se puedo identificar que la solución C de color naranja en la matriz morfológica es la más adecuada para las necesidades que debe suplir el diseño del alimentador. Dado esto se describieron cuáles van a ser las funciones de cada elemento o equipo tanto mecánico como eléctrico. Además, para dar cumplimiento a una de las necesidades del prototipo, la cual consiste en tener un ROI inferior a un año, se debe aplicar la metodología de viabilidad de proyectos en primeras etapas de la empresa INCAMETAL S.A.S, la cual se utiliza como mecanismo de toma de decisiones, para esto se realizaron cotizaciones de los componentes seleccionados de manera comercial, la mano de obra del trabajo y fabricación de piezas metálicas. Las cotizaciones se recibieron por medio de correos electrónicos de los proveedores. Con esta información se define un costo promedio del prototipo, posterior a esto se toma la información de rendimientos y ventajas del alimentador de cubiertos para calcular el costo de los beneficios del dispositivo y encontrar en cuantos meses la empresa INCAMETAL S.A.S va a tener el retorno de la inversión según los métodos del área de proyectos y costos.

3.4.1 Elementos y equipos para el diseño mecánico del alimentador

El funcionamiento mecánico del alimentador y su correcto diseño para suplir las necesidades del sistema propuesto en la solución C, generó una serie de componentes mecánicos necesarios para realizar el diseño del alimentador. A continuación, se definen cuáles van a ser estos elementos y las funciones que estos deben cumplir, los elementos son los siguientes:

- Guía lineal de carro para avance de cubierto a troquel
- Cilindro alimentador de doble efecto sin vástago
- Cilindros dosificadores de doble efecto

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Guía lineal de carro para avance de cubiertos a troquel: La función principal de estas guías es posicionar de forma rápida y precisa los cubiertos en el troquel de estampado, estas guías son acopladas al cilindro alimentador el cual se encarga de generar el movimiento.

Para seleccionar el tipo y referencia de guía que se requiere en el prototipo, fue indispensable conocer la carga que tiene que soportar el sistema y la velocidad de funcionamiento, con esta información se utilizaron las tablas del proveedor para escoger la guía más adecuada para el alimentador. Para calcular la carga del sistema se utiliza el momento que debe soportar la guía, para hallar el momento se aplica la siguiente ecuación, donde F es la fuerza del sistema y d es la longitud de la guía.

$$m = F * d \text{ Ec.1}$$

Cilindro de doble efecto sin vástago: la función de este cilindro dentro el sistema mecánico propuesto es transformar la energía neumática en un movimiento rectilíneo, con el fin de generar el movimiento de las guías para llevar el cubierto dosificado hasta el interior del troquel.

Para determinar las dimensiones del cilindro más adecuado que se debe utilizar en el prototipo, fue necesario conocer la presión de trabajo y la carga que va a soportar el dispositivo, posterior a esto se aplicaron las siguientes ecuaciones para determinar el parámetro fundamental del cilindro que es el diámetro del pistón.

$$P = \frac{F}{A} \text{ Ec.2}$$

$$F = M * \alpha \text{ Ec.3}$$

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

Luego de conocer el diámetro del cilindro es indispensable saber cuál va a ser la velocidad que requiere el sistema, para esto fue necesario identificar el caudal de trabajo del prototipo y el área del pistón. Para determinar el área del pistón se utiliza la Ec.3 y para hallar el caudal de trabajo del prototipo es necesario conocer los ciclos por minuto que debe hacer el alimentador, el cual se diseñó con el fin de alimentar 60 cubiertos por minuto, para aumentar la productividad y eficiencia en el proceso de estampado; además se debe

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

calcular el volumen del cilindro, para esto se debe aplicar la siguiente ecuación, donde A es el área del cilindro y e es la carrera.

$$V = A * e \text{ Ec.5}$$

Luego de hallar el volumen, este se multiplica por las veces que actúa el cilindro en un minuto y así encontramos el caudal, después de conocer el caudal necesario para el funcionamiento del sistemas podemos encontrar la velocidad del cilindro aplicando la siguiente ecuación, donde A es el área del cilindro y v es la velocidad de funcionamiento.

$$Q = A * v \text{ Ec.6}$$

Cilindros neumáticos inversos: la función que cumplen estos cilindros en el sistema mecánico del alimentador es dosificar los cubiertos que se encuentran almacenados en las columnas en V, estos cilindros por su funcionamiento inversos permiten dosificar uno por uno los cubiertos y ponerlos en las guías de alimentación.

Al igual que en el cilindro de doble efecto sin vástago, en los cilindros neumáticos inversos fue necesario calcular el diámetro del pistón, con el fin de que este tenga la fuerza suficiente para sostener el almacenamiento de cubiertos y al mismo tiempo dosificarlos uno por uno. Para determinar este diámetro se utilizaron las Ec.2, Ec.3 y Ec.4..

3.4.2 Elementos y equipos para el diseño eléctrico de control alimentador

Una vez se determina el funcionamiento del sistema de alimentación de cubiertos y se identificaron todos los elementos para dicho proceso utilizando la solución C, se generó una lista de todos los componentes necesarios para el control eléctrico y automatización del alimentador de cubiertos. Los elementos para este sistema son:

- Sensor de proximidad inductivo.
- Sensor fotoeléctrico – fotoresistencia.
- Actuador eléctrico para válvula de cilindro alimentador
- Actuador eléctrico para válvula de cilindros dosificación
- PLC (control lógico programable)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Sensor de proximidad inductivo: Su principal función será informar al PLC la posición del cilindro de avance de cubiertos, esto con el fin de garantizar que el cilindro este totalmente afuera o totalmente adentro, ya que cuando el cilindro esta adentro completamente recibe el cubierto dosificado y cuando avanza completamente el cubierto ingresa al troquel. Este sensor de proximidad se utilizará también para saber cuándo la prensa baja y estampa el cubierto. Este sensor de tres hilos debe ser PNP alimentado a 24 VDC el cual envía una señal digital a una entrada del PLC.

Sensor fotoeléctrico – fotoresistencia: Este sensor se encargará de confirma la salida del cubierto del troquel estampador, cuando el cubierto sea expulsado por medio de aire comprimido este sensor se encargará de detectar este movimiento y enviar una señal digital al PLC para procesar esta información. Este sensor de tres hilos debe ser PNP alimentado a 24 VDC.

Actuador eléctrico para válvula de cilindro alimentador: De acuerdo con la señal recibida el PLC procesa y activa una salida digital para accionar la válvula, esta señal eléctrica de 24 VDC llega a bobina de la válvula para cambiar la posición y dirección del aire comprimido, este cambio dirección permite el avance o retroceso del cilindro alimentador.

Actuador eléctrico para válvula de cilindro dosificador: De acuerdo con la señal recibida el PLC procesa y activa una salida digital para accionar la válvula, esta señal eléctrica de 24 VDC llega a bobina de la válvula para cambiar la posición y dirección del aire comprimido, este cambio dirección permite el avance o retroceso a los cilindros dosificadores.

PLC: Este equipo tiene principalmente las siguientes funciones:

- Leer la información de los sensores, pulsadores y señales de entrada
- Leer los estados de las válvulas (abierta/cerrada).
- Procesar la información de las señales de entrada.
- Enviar comandos a las válvulas.
- Realizar rutinas lógicas de control para los modos de operación manual o automático.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Identificar fallas y alarmas.

3.5 Proceso de automatización y control del alimentador

Luego de determinar los elementos eléctricos para realizar el control del alimentador es necesario realizar una tabla con los entradas y salidas que va a tener el controlador en este caso el PLC, esto con el fin de realizar el diseño del algoritmo de control.

Tabla 7. Entradas y salidas PLC (propia).

Tipo señal	# I/O PLC	Descripción	Tipo de señal
Entrada digital	1	Perilla manual - automático	Voltaje
	2	Pulsador ciclo manual	Voltaje
	3	Sensor inductivo cilindro adelante	Voltaje
	4	Sensor inductivo cilindro atrás	Voltaje
	5	Paro de emergencia	Voltaje
	6	Troqueladora encendida	Voltaje
	7	Sensor fotoeléctrico salida cubierto	Voltaje
	8	Troqueladora estado automático	Voltaje
Salida digital	1	Electroválvula cilindro alimentador	Voltaje
	2	Electroválvula cilindro dosificador	Voltaje
	3	Activar troqueladora bajar	Voltaje
	4	Baliza buzzer	Voltaje

3.5.1 Diseño de algoritmo de control para alimentador de cubiertos

Para el desarrollo del algoritmo, es importante conocer el funcionamiento actual del sistema de alimentación de cubiertos en las troqueladoras, los requerimientos del usuario sobre las variables a controlar y la identificación de los equipos, por esta razón el algoritmo de control se diseñó con base al conocimiento de los operadores que manejan este proceso diariamente y de acuerdo con la información relevante que para ellos es crucial al momento de tomar decisiones. Principalmente se definen las siguientes partes del algoritmo:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Proceso de alimentación de cubiertos de forma automática

Para realizar el proceso de alimentación de cubiertos en prensas mecánicas es necesario cumplir con las etapas de almacenamiento, dosificación y alimentación de cubiertos al troquel, teniendo el sistema mecánico de cilindros y guías acoplado para realizar el proceso, es fundamental determinar el modo de operación y la secuencia que deben tener los actuadores que van a alimentar los cubiertos. Ya conociendo las señales de entrada y salida del sistema se deben declarar las condiciones iniciales de operación las cuales son (cilindro alimentador=Atrás, cilindros dosificadores inversos=atrás, troqueladora=encendida) cuando estas condiciones se cumplan se podrá realizar el proceso de alimentar los cubiertos mediante dos modos los cuales son los siguientes:

Modo Manual: El operador de acuerdo con su criterio selección el modo de operación manual y presiona el botón de accionamiento manual del alimentador para iniciar el proceso, el cual empieza con activar el primer movimiento de los cilindros de dosificación inversos para separar el primer cubierto que se encuentra almacenado de los demás, cuando el cubiertos se separa y se encuentra en las guías de alimentación el operador presiona de nuevo el botón de accionamiento manual para continuar con la siguientes operación, la cual consiste en activar el movimiento del cilindro de alimentación y llevar el cubierto hasta el troquel de estampado, cuando el cubierto llega a su posición el cilindro de alimentación regresa y el operario debe de pulsar de nuevo el botón de accionamiento manual para activar la prensar troquelar el cubierto y que este sea expulsado del troquel.

Modo automático: el operario selección el modo de operación automático y confirma el inicio de ciclo con el botón automático de la prensa mecánica, cuando esto sucede el alimentador acciona los cilindro de dosificación inversa para dosificar uno de los cubiertos, cuando este está en las guías de alimentación, se activa el cilindro alimentador y empuja el cubierto hasta el troquel de estampado e inmediatamente el cubierto llega al troquel este cilindro regresa a su posición inicial, la cual es confirmada por uno de los sensores que manda la señal para activar la prensa mecánica que troquela y expulsa el cubierto del estampador, cuando se detecta que el cubierto salió del troquel este proceso se repite

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

nuevamente hasta que el operario detenga la maquina con el paro de emergencia o los cubiertos que se encuentran almacenados en las columnas en V se acaben.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se describen los resultados obtenidos desde el punto de vista del diseño del alimentador, piezas y elementos seleccionados comercialmente, plano neumático del diseño propuesto, planos eléctricos y programación del PLC, se valida la funcionalidad del diseño mecánico y la estructura del alimentador de cubiertos; además se presentan vistas de las simulaciones de funcionamiento tanto del diseño mecánico del alimentador como de la programación del PLC.

4.1 Elementos comerciales seleccionados para el alimentador

Conociendo el listado de elementos que componen la solución propuesta para el alimentador es necesario elegir comercialmente cuales van a ser estos elementos, a continuación, se presentan los resultados de los elementos comerciales van a componer el diseño del alimentador.

4.1.1 Guía lineal HGH15 marca HIWIN

La guía lineal seleccionada para la propuesta de diseño mecánico del alimentador es una de las más utilizadas en sistemas de posicionamiento de precisión en fresadoras cnc y mecanismos de movimiento lineal, estas guías de referencia 110HGH15C200H fabricadas por la compañía Taiwanesa HIWIN son las más adecuadas para el sistema de alimentación de cubiertos gracias a su alta precisión de posicionamiento, fácil montaje, larga vida útil, capacidad de carga y funcionalidad se adaptan al mecanismo propuesto. (Hiwin, 2014)

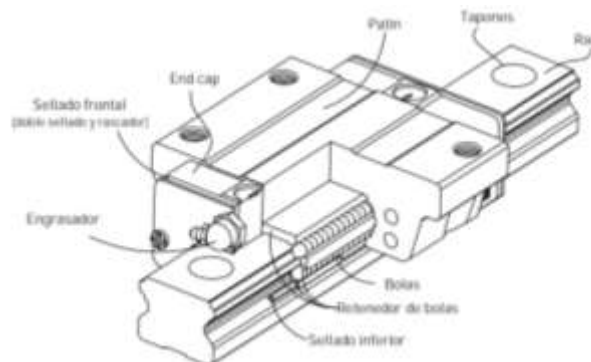


Figura 32. Guía lineal HGR 15 marca HIWIN (Hiwin, 2014)

Para determinar el tipo de guía 110HGH15C200H, fue necesario conocer la carga que va a transportar la guía y la longitud que esta se debe desplazarse. Con esta información se obtiene el momento mínimo que debe soportar la guía, esto se halla utilizando la Ec.1, luego de esto se buscó en las tablas del proveedor, en este caso Hiwin, cual es la guía más adecuada para el prototipo (figura 33). Teniendo en cuenta la distancia de desplazamiento, en este caso 200 mm y la carga de un cubierto que pesa aproximadamente 5 gr.

$$m = (0,0005 \text{ kg}) * \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) * (0,2 \text{ m}) = 9,8 * 10^{-4} \text{ Nm}$$

Teniendo en cuenta el cálculo anterior el momento que debe soportar la guía es mínimo, ya que el peso de los cubiertos que debe mover es muy poco. Dado esto la guía Hiwin más adecuada para las necesidades del prototipo es la de menor tamaño que se consigue en el mercado nacional, para este caso es la guía 110HGH15C200H.

Código	Dimensiones de montaje (mm)			Medidas de patin (mm)																Medidas de rail (mm)																Formilo de montaje	Carga dinámica C (N)	Caja estática CO (N)	Máximo momento estático			Peso	
	H	H ₁	N	W	B	B ₁	C	L ₁	L	C	Mxl	T	H ₂	H ₃	W ₂	H ₄	D	h	d	P	E	M ₂ (Nm)	M ₃ (Nm)	M ₄ (Nm)	Patin (kg)	Rail																	
110HGH15CA 110HGH15HA	28	4.3	9.5	34	26	4	26	39.4	61.4	5.3	M4x5	6	8.5	9.5	15	15	7.5	5.3	4.5	60	20	M4x16	11380	25310	170	150	150	0.18	1.45														
110HGH20CA 110HGH20HA	30	4.6	12	44	32	6	36	50.5	77.5	12	M5x6	8	6	7	20	17.5	9.5	8.5	6	60	20	M5x16	17750	37840	380	270	270	0.38	2.21														
50							65.2	90.3	21180														48840	480	470	470	0.39																
110HGH25CA 110HGH25HA	40	5.5	12.5	48	35	6.5	35	58	83	12	M6x8	8	10	13	23	22	11	9	7	60	20	M6x20	26480	56190	640	510	510	0.67	3.21														
50							78.6	103.6	32750														76000	870	880	880	0.69																
110HGH30CA 110HGH30HA	45	6	16	60	40	10	40	70	97.4	12	M8x10	8.5	9.5	13.8	28	26	14	12	9	80	20	M8x25	38740	83060	1060	850	850	1.14	4.47														
60							93	120.4	47270														110130	1400	1470	1470	1.16																
110HGH35CA 110HGH35HA	55	7.5	18	70	50	10	50	80	112.4	12	M8x12	10.2	16	19.6	34	29	14	12	9	80	20	M8x25	49520	102870	1730	1200	1200	1.88	6.3														
72							105.8	138.2	60210														136310	2290	2080	2080	1.92																
110HGH45CA 110HGH45HA	70	9.5	20.5	86	60	13	60	97	138	12.9	M10x17	16	18.5	30.5	45	38	20	17	14	105	22.5	M12x35	77570	155930	3010	2350	2350	3.54	10.41														
80							128.8	169.8	94540														207120	4000	4070	4070	3.61																
110HGH55CA 110HGH55HA	80	13	23.5	100	75	12.5	75	117.7	165.7	12.9	M12x18	17.5	22	29	53	44	23	20	16	120	30	M14x45	114440	227810	5660	4060	4060	5.38	15.08														
95							155.8	203.8	139350														301260	7490	7010	7010	5.49																
110HGH65CA 110HGH65HA	90	15	31.5	126	76	25	70	144.2	198.2	12.9	M16x20	25	15	15	63	53	26	22	18	150	35	M16x50	163630	324710	10020	6440	6440	7.00	21.18														
120							203.6	257.6	208360														457150	14150	11120	11120	9.82																

Figura 33. Dimensiones y cargas guías 110HGH Hiwin. (Hiwin, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.1.2 Cilindro sin vástago de carro no guiado STN10 marca ASCO JOUCOMATIC

Cilindro de doble efecto sin vástago de acople magnético con carro no guiado, este tipo de cilindro es muy utilizado en alimentadores de flejes y herrajes, gracias a su diseño no cuenta con vástago lo que permite tener una estructura más compacta en distancias de recorrido, disminuyendo la distancia. (Figura 34) El cilindro de referencia STN 20 NA 200-DM cuenta con un diámetro de 20mm y una carrera de 200mm, con el fin de poder llevar los cubiertos desde la zona de alimentación al troquel estampador. (Joucomatic, 2015)

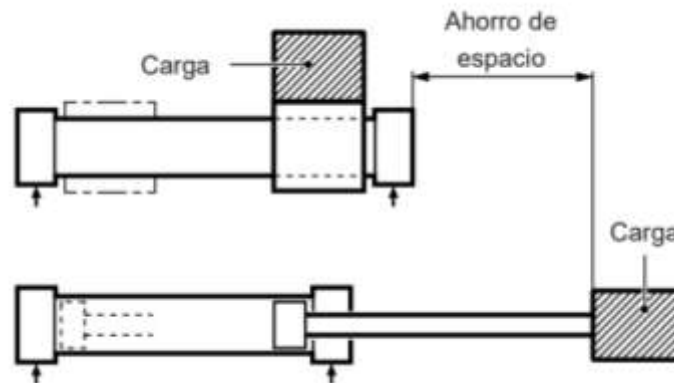


Figura 34. Ventajas cilindro sin vástago STN10 (Joucomatic, 2015)

Para determinar el tipo de cilindro STN 20 NA 200-DM, se utilizaron las Ec.2, Ec.3 y Ec.4 mencionadas en la metodología. Para esto se presenta la siguiente memoria de cálculo, con el fin de soportar la selección de este cilindro.

Los parámetros de entrada para realizar el cálculo de diámetro de cilindro y aplicar las ecuaciones fueron los siguientes:

- Presión aire comprimido: 105 psi
- Peso del cubierto: 5 gr (0,0005 kg)

La presión del sistema está dada en unidades inglesas de medición, por este motivo fue necesario convertir este valor al sistema internacional de medidas, esto se logró multiplicando los psi por el valor equivalente en $\frac{N}{m^2}$.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$105 \text{ psi} * \frac{6894,75 \frac{N}{m^2}}{1 \text{ psi}} = 723.948,75 \frac{N}{m^2}$$

Para hallar el área de la sección del embolo, fue necesario reemplazar la Ec.3 en la Ec.2, luego se despeja el área de la ecuación y se reemplazan los valores que posteriormente están definidos.

$$P = \frac{M * \alpha}{A} \quad A = \frac{M * \alpha}{P}$$

$$A = \frac{(0,005 \text{ kg}) * (9,8 \frac{m}{s^2})}{723.948,75 \frac{N}{m^2}} = \frac{0,049 \text{ N}}{723.948,75 \frac{N}{m^2}} = 6,76 * 10^{-8} \text{ m}^2$$

Luego de hallar el área que requiere el pistón para desplazar los cubiertos, fue necesario hallar el diámetro mínimo para seleccionar el cilindro, para esto se utiliza la Ec.4.

$$6,76 * 10^{-8} \text{ m}^2 = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$6,76 * 10^{-8} \text{ m}^2 * \frac{1.000.000 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}^2} = 0,676 \text{ mm}^2$$

$$D^2 = \frac{0,676 \text{ mm}^2 * 4}{\pi}$$

$$\sqrt{D^2} = \sqrt{0,86 \text{ mm}^2}$$

$$D = 0,29 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta el peso y la presión del sistema neumático el diámetro mínimo que debe tener el cilindro de doble efecto sin vástago de acople magnético con carro no guiado que se encarga de empujar los cubiertos al troquel es de 0,29 mm, comercialmente los cilindros sin vástago de carro no guiado STN10 tienen un diámetro mínimo de 20 mm y por diseño mecánico la carrera del cilindro debe ser 200 mm, por este motivo la referencia seleccionada fue la **STN 20 NA 200-DM**.

Luego de seleccionar el cilindro más adecuado para el prototipo de alimentador, fue necesario conocer el volumen de las cámaras de aire internas del cilindro para multiplicarlo por el número de ciclos por minuto y así poder hallar el caudal de trabajo. Para conocer el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

volumen del cilindro se aplicó la Ec.5 y se recalculó el área del cilindro seleccionado reemplazando A en la Ec.4.

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

$$V = \pi * \frac{(0,02 \text{ m})^2}{4} * 0,2 \text{ m} = 6,283 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Luego de hallar el volumen del cilindro, este se multiplica por el número de ciclos por minuto para el que se diseñó el alimentador que para este caso son 60, también se tuvo en cuenta que el cilindro debe llenar 2 veces su volumen en cada ciclo uno de avance y otro de retroceso por este motivo se multiplica por 2, de esta manera se encontró el caudal que requiere el prototipo.

$$Q = 6,283 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 60 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} * 2$$

$$Q = 7,539 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Después de obtener el caudal que se requiere en este sistema neumático, el paso siguiente fue encontrar la velocidad a la que va a trabajar el prototipo para esto se aplica la Ec.6 en la cual se despejó la velocidad y se reemplazaron los valores obtenidos anteriormente de área del cilindro **STN 20 NA 200-DM** y el caudal del sistema.

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{3,769 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{\pi * \frac{(0,02 \text{ m})^2}{4}} = 24 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

4.1.3 Cilindro de doble efecto compacto ADN ISO 21287 marca FESTO

Este tipo de cilindro propuesto para el diseño del alimentador ahorra hasta un 50% de espacio comparado con los tamaños normales según la norma ISO 15552, son cilindros compactos utilizados para aplicaciones de recorridos cortos como lo es el proceso de dosificación de los cubiertos, además de esto los cilindros ADN de referencia ADN-16-20-

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APA con diámetro de embolo de 16mm y una carrera de 20mm cumple las necesidades de montaje y funcionalidad de la propuesta. (Festo, 2009)

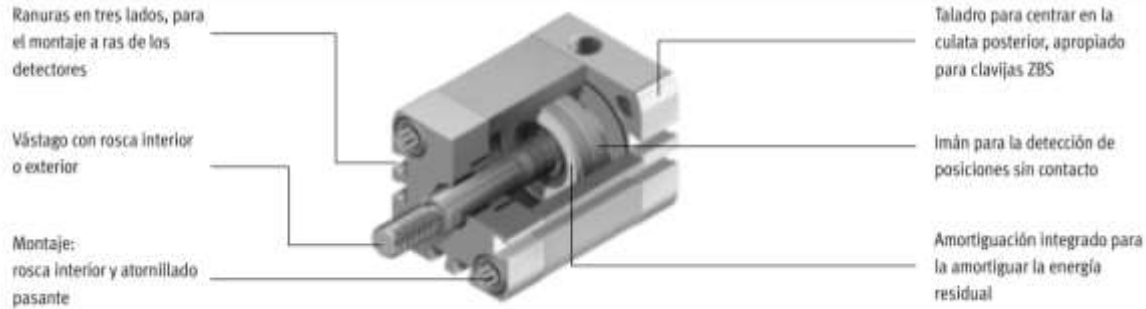


Figura 35. Cilindro Festo ADN ISO 21287 (Festo, 2009)

El cilindro seleccionado ADN-16-20-APA, fue escogido para el prototipo de alimentador con el fin de dosificar y sostener los cubiertos, para hallar el diámetro del cilindro se utilizaron las Ec.2, Ec.3 y Ec.4 mencionadas en la metodología. Para esto se presenta la siguiente memoria de cálculo, con el fin de soportar la selección de este cilindro.

Los parámetros de entrada para realizar el cálculo de diámetro de cilindro y utilizar las ecuaciones fueron los siguientes:

- Presión aire comprimido: 105 psi
- Peso grupo de cubiertos: 2.100 gr (2,1 kg)

La longitud de la guía en V para almacenar los cubiertos es de 500mm, el espesor promedio de los cubiertos es de 1.2mm, esto indica que el almacén tiene una capacidad aproximada de 420 cubiertos, los cuales tienen un peso de 5gr aproximadamente.

$$\text{peso grupo cubiertos} = 420 \text{ cubiertos} * \frac{5 \text{ gr}}{1 \text{ cubierto}} = 2.100 \text{ gr}$$

Este es el peso máximo que deben soportar los cilindros dosificadores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La presión del sistema está dada en unidades inglesas de medición, por este motivo fue necesario convertir este valor al sistema internacional de medidas, esto se logra multiplicando los psi por el valor equivalente en $\frac{N}{m^2}$.

$$105 \text{ psi} * \frac{6894,75 \frac{N}{m^2}}{1 \text{ psi}} = 723.948,75 \frac{N}{m^2}$$

Para hallar el área de la sección del embolo, se reemplazó la Ec.2 en la Ec.1, luego se despejó el área de la ecuación y se reemplazaron los valores que posteriormente estaban definidos.

$$P = \frac{M * \alpha}{A} \quad A = \frac{M * \alpha}{P}$$

$$A = \frac{(2,1 \text{ kg}) * (9,8 \frac{m}{s^2})}{723.948,75 \frac{N}{m^2}} = \frac{20,58 \text{ N}}{723.948,75 \frac{N}{m^2}} = 2,842 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

Luego de conocer el área que requiere el pistón para desplazar los cubiertos, fue necesario hallar el diámetro mínimo para seleccionar el cilindro, para esto se utilizó la Ec.3.

$$2,842 * 10^{-5} \text{ m}^2 = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$2,842 * 10^{-5} \text{ m}^2 * \frac{1.000.000 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}^2} = 28,427 \text{ mm}^2$$

$$D^2 = \frac{28,427 \text{ mm}^2 * 4}{\pi}$$

$$\sqrt{D^2} = \sqrt{36,194 \text{ mm}^2}$$

$$D = 6,016 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta el peso máximo del grupo de cubiertos y la presión del sistema neumático, el diámetro mínimo que deben tener los cilindros dosificadores para sostener y dosificar uno por uno los cubiertos fue de 6,016 mm, comercialmente los cilindros de doble efecto compactos ADN ISO 21287 que se van a utilizar en el alimentador tiene un diámetro mínimo de 16 mm y por diseño mecánico la carrera del cilindro debe ser 20 mm, por este motivo la referencia seleccionada fue la **ADN-16-20-APA**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.1.4 PLC LOGO! 0BA8 24RCE marca SIEMENS

Este PLC es fabricado por la compañía alemana siemens, su software de programación es Logo Soft Comfort 8.2 anteriormente mencionado, teniendo en cuenta que en PLC de gama media su costo es bajo con otras marcas existentes en el mercado, además es un PLC bastante sencillo de programar y operar, aparte de esto cuenta con una ventaja a la hora de realizar proyectos pequeños ya que posee una pantalla incorporada la cual permite visualizar textos de alarma, modificar tiempos y contadores del programa. La referencia más adecuada para el alimentador de cubiertos automático es la 6ED1052-1CC01-0BA8, ya que cuenta con 8 entradas y 4 salidas digitales suple la necesidad del sistema. (Figura 35)

Funciones y cualidades

- Los módulos base LOGO! 0BA8 están equipados con una interfaz RJ45 y un LED de estado de dos colores para la comunicación Ethernet.
- Los módulos base LOGO! 0BA8 están diseñados con una anchura de 71,5 mm. El tamaño reducido del LOGO! 0BA8 permite aprovechar al máximo el espacio disponible.
- El LOGO! 0BA8 soporta como máximo 24 entradas digitales, 20 salidas digitales, 8 entradas analógicas y 8 salidas analógicas.
- Reloj astronómico para este bloque de función hay disponibles dos parámetros nuevos, a saber, "TR Offset" (ajuste de salida del sol) y "TS Offset" (ajuste de puesta del sol). Estos dos parámetros pueden utilizarse para ajustar un offset para el valor de salida y puesta del sol. El rango del offset es de -59 a 59 minutos.
- Textos de mensajes: Los dispositivos LOGO! 0BA8 soportan la visualización de textos de mensajes de 6 líneas y mensajes de ticker, así como la visualización de textos de mensajes en el servidor web. Existe la posibilidad de activar el ajuste de ticker para cada línea de visualización ajustando los parámetros del bloque.
- El LOGO! 0BA8 soporta 64 marcas digitales y 64 marcas analógicas. (Siemens AG, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 36. PLC LOGO! 0BA8 24RCE (Siemens AG, 2016)

4.1.5 Sensor de proximidad inductivo Osisense XS 612 marca TELEMECANIQUE

El sensor seleccionado para la propuesta es el más utilizado para detectar metales en el mercado ya que es distribuido por una de las mejores compañías del mundo en maniobra y componentes eléctricos como lo es Schneider Electric. Este sensor de proximidad inductivo de referencia XS612B1PAM12 pertenece a la familia OsiSense XS para aplicaciones de propósito en general. (Schneider electric inc, 2010) es un sensor de proximidad inductivo de salida de estado sólido DC de 3 hilos en encapsulado cilíndrico para montaje a ras, apto para la detección sin contacto de objetos metálicos a una distancia de 4mm. (Figura 36)

Algunas características técnicas del sensor son:

- Modelo en carcasa cilíndrica estándar largo de 63mm de longitud y rosca M12.
- Función de salida discreta PNP y cuenta con un contacto NO (normalmente abierto por sus siglas en ingles).
- Conector macho M12 con 4 pines.
- Rango de tensión de alimentación nominal de 12VDC a 48VDC con protección contra polaridad inversa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Capacidad de conmutación de 200mA DC con protección contra sobrecarga y cortocircuito.
- Grado de protección IP69 K de conformidad con DIN 40050 y IP67 de conformidad con IEC 60529



Figura 37. Sensor de proximidad inductivo OsiSense XS 612 (Schneider electric inc, 2010)

4.1.6 Sensor fotoeléctrico 45 AST marca ALLEN BRADLEY

Sensor fotoeléctrico de haz de luz ideal para detectar y contar piezas pequeñas en procesos de alta velocidad, cuenta con una tecnología de escaneo de matriz bidimensional que le permite detectar cualquier objeto que pase por el par de matrices, independientemente de la orientación o dirección del objeto, este sensor de referencia 45AST-1JPB2-F4 está equipado con un rango de detección de 15 cm * 80 cm. (Figura 37)

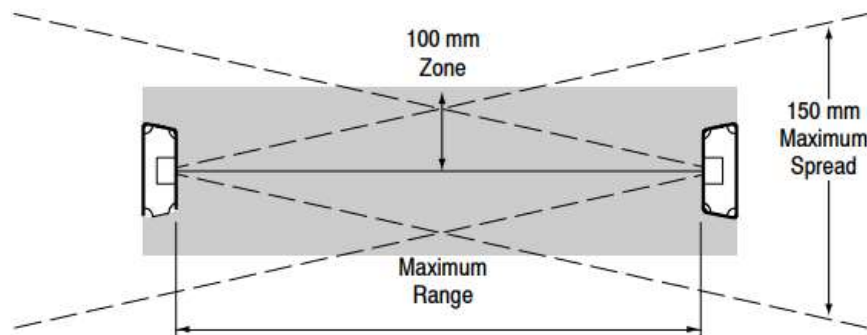


Figura 38. Rango de detección sensor 45AST-1JPB2-F4 (Allen-Bradley, 2012)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las características técnicas son las siguientes:

- Clasificación de voltaje: 12 - 24 VCC.
- Haz de detección: LED infrarrojo de 880 NM.
- Tiempo de respuesta: 8 MS.
- Consumo de amperaje para la operación 110 mA Máximo.
- Salida de voltaje Fuente (PNP).
- Material de fabricación: Carcasa de aluminio.
- Cuenta con protección IP67. (Allen-Bradley, 2012)

4.2 Cálculo de retorno de la inversión ROI

Para realizar el cálculo del retorno de la inversión ROI en caso de realizar la implementación del prototipo de alimentador de cubiertos en el proceso de estampado y conformado de cubiertos en la empresa INCAMETAL S.A.S fue necesario aplicar la metodología de viabilidad de proyectos en primeras etapas de la empresa, la cual se utiliza como mecanismo de toma de decisiones, esta metodología consiste en identificar dos aspectos claves para el cálculo, el primero fue realizar las cotizaciones de los elementos comerciales que se necesitan para el ensamble del prototipo, luego se costean las materiales de fabricación de estructura y por último los costos por mano de obra de fabricación. El segundo paso consistió es darle costo a los beneficios y rendimientos que trae consigo la implementación del alimentador de cubiertos, esto se hizo utilizando el costo de mano obra y piezas producidas por hora en el alimentador. Finalmente se calculó en cuanto tiempo la empresa recuperaría la inversión del alimentador.

4.2.1 Cotizaciones de elementos comerciales y costo fabricación de alimentador

Para realizar las cotizaciones de los elementos que se mencionaron anteriormente del diseño mecánico y eléctrico del alimentador de cubiertos, se tomaron las especificaciones de cada uno de estos elementos y se contactó telefónicamente a los proveedor nacionales que podrían comercializar este tipo de elementos, para este caso el proveedor que cotizó los elementos neumático fue FESTO Colombia, los elementos eléctricos y de control fueron

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

cotizados por SIMAC. Teniendo los plano de las piezas de fabricación del prototipo, el proveedor OV INGENIO – INNOVACION realizó la cotización del corte laser de las láminas en acero inoxidable 304, los parales en V para el almacén de cubiertos y el mecanizado de las piezas, las cotizaciones que enviaron cada uno de los proveedor se encuentran en el apéndice.

Tabla 8. Costos de fabricación alimentador (propia).

Costos de fabricación alimentador de cubiertos automático		
Descripción	Cantidad	Costo
CILINDRO AND-16-20-APA	2	\$1.284.781,00
CILINDRO STN-20- NA-200-DN	1	\$3.065.653,00
CORTE LASER LAMINAS INOXIDABLE 304 SEGÚN PLANO	1	\$2.850.000,00
PLC SIEMENS LOGO! OBA8 24RCE	1	\$655.000,00
SENSOR INDUCTIVO Osisense XS612B1PAM12	2	\$360.000,00
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TABLERO DE CONTROL, BORNERAS, CABLEADO Y PULSADORES	1	\$1.200.000,00
MANO DE OBRA, ENSAMBLE DE PIEZAS, SISTEMA NEUMÁTICO Y MECÁNICO SEGÚN PLANOS.	1	\$1.800.000,00
Total		\$11.215.434,00

4.2.2 Beneficios económicos de implementación alimentador de cubiertos automático

Para calcular los beneficios económicos que traerá la implementación del alimentador de cubiertos en la empresa INCAMETAL S.A.S fue necesario partir de los siguientes datos. Primero se consultó el salario mínimo de los trabajadores del área de estampado y conformado de cubiertos en la oficina de gestión humana de la empresa, el cual es de \$885.000, además de este salario es necesario tener en cuenta las prestaciones sociales y beneficios legales a los que tiene derecho los empleados, por este motivo se debe multiplicar el salario por el 1.52% según el área contable de la compañía. Después de conocer el costo de la mano de obra en el proceso de estampado, se identificó cuanto

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

subiría el rendimiento en la prensa de estampado utilizando el alimentador automático, esta información se calculó restando las piezas que produce la prensa actualmente que para este caso son 22 piezas/minuto y las piezas que produciría el prototipo, el cual se diseñó para realizar 60 piezas/minuto. Después de tener esta información se calculó el impacto que tendría el alimentador en la productividad del proceso y cuantas horas hombre ahorraría al mes en caso de implementarse el prototipo. Con esto se determinó en cuanto tiempo será el retorno de la inversión.

Inicialmente se calcula el valor hora hombre en el proceso de estampado, el cual se halló con el salario del operario multiplicado por el porcentaje de prestaciones, esto se dividió por las horas que se deben laborar al mes según el área de gestión humana de la empresa INCAMETAL S.A.S, que para este caso son 240 horas.

$$valor\ hora\ hombre = \frac{\$885.000 * 1.52}{240\ horas} = \frac{\$ 5.605}{hora}$$

Después de tener el valor hora hombre, fue necesario calcular cuántos cubiertos produce el operario en las 240 horas de trabajo al mes. Esto se calculó utilizando las piezas que se producen actualmente en el proceso de estampado las cuales son 22 piezas/minuto.

$$piezas\ por\ mes = 22 \frac{piezas}{minuto} * \frac{60\ minutos}{1\ hora} * 240 \frac{horas}{mes} = 316.800 \frac{piezas}{mes}$$

Conociendo que en el proceso actual de estampado de cubiertos el operario puede producir 316.800 piezas/mes, fue necesario identificar en cuanto horas se podrían fabricar estas mismas piezas, utilizando el alimentador de cubiertos automático, con el fin de conocer cuántas horas hombre se ahorraría la empresa INCAMETAL S.A.S en este proceso, para esto se partió del hecho de que el prototipo puede alimentar 60 piezas/minuto.

$$horas\ de\ fabricación = \frac{316.800\ piezas}{60 \frac{piezas}{minuto} * \frac{60\ minutos}{1\ hora}} = 88\ horas$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

utilizando el alimentador de cubiertos automático, el operario puede fabricar en 88 horas las mismas unidades que producía en 240 horas, lo que trae consigo un ahorro a la empresa INCAMETAL S.A.S de 152 horas al mes en el proceso de estampado de cubiertos. Para calcular el costo del beneficio de la implementación del prototipo se multiplicaron las horas que se ahorraría la empresa en el proceso por el costo de hora hombre.

$$\text{costo beneficios} = \frac{\$ 5.605}{\text{hora}} * 152 \text{ horas} = \$ 851.960$$

El costo de los beneficios de la implementación del alimentador en productividad sería de \$ 851.960 al mes, sin tener en cuenta los veneficios por calidad y seguridad del personal en el proceso de estampado y conformado de cubiertos, los cuales no se cuantificaron ya que esto no está contemplado en la metodología de viabilidad de proyectos de la empresa.

4.2.3 Retorno de la inversión ROI

Para calcular en cuanto tiempo se retorna la inversión fue necesario comparar el costo de los beneficios con respecto a la inversión de la implementación, para esto se dividió el valor de inversión entre el costo mensual de beneficios en productividad, así se halló en cuantos meses la empresa INCAMETAL S.A.S va a recuperar el dinero que invierta en la implementación del alimentador.

$$ROI = \frac{\$ 11.215.434,00}{\$ 851.960} = 13.16 \text{ meses}$$

4.3 Planos diseño de alimentador de cubiertos automático

4.3.1 Sistema de control neumático

Teniendo en cuenta los elementos neumáticos planteados para el diseño del alimentador de cubiertos es necesario conocer cómo va a ser el funcionamiento y operación, para esto se realiza un plano neumático con las conexiones y todos los componentes que lo conforman. Esto con el fin de poner interpretar como va a hacer transformada la energía

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

neumática en movimientos rectilíneos y como se deben conectar cada uno de los elementos neumáticamente para realizar el ensamble del diseño. En plano se evidencia como la presión de aire que por lo general son 105 psi, llega al puerto # 1 de las electroválvulas las cuales alimentan los 3 cilindros del alimentador, cada uno de estos cuenta con un regulador de caudal para controlar la velocidad (figura 39).

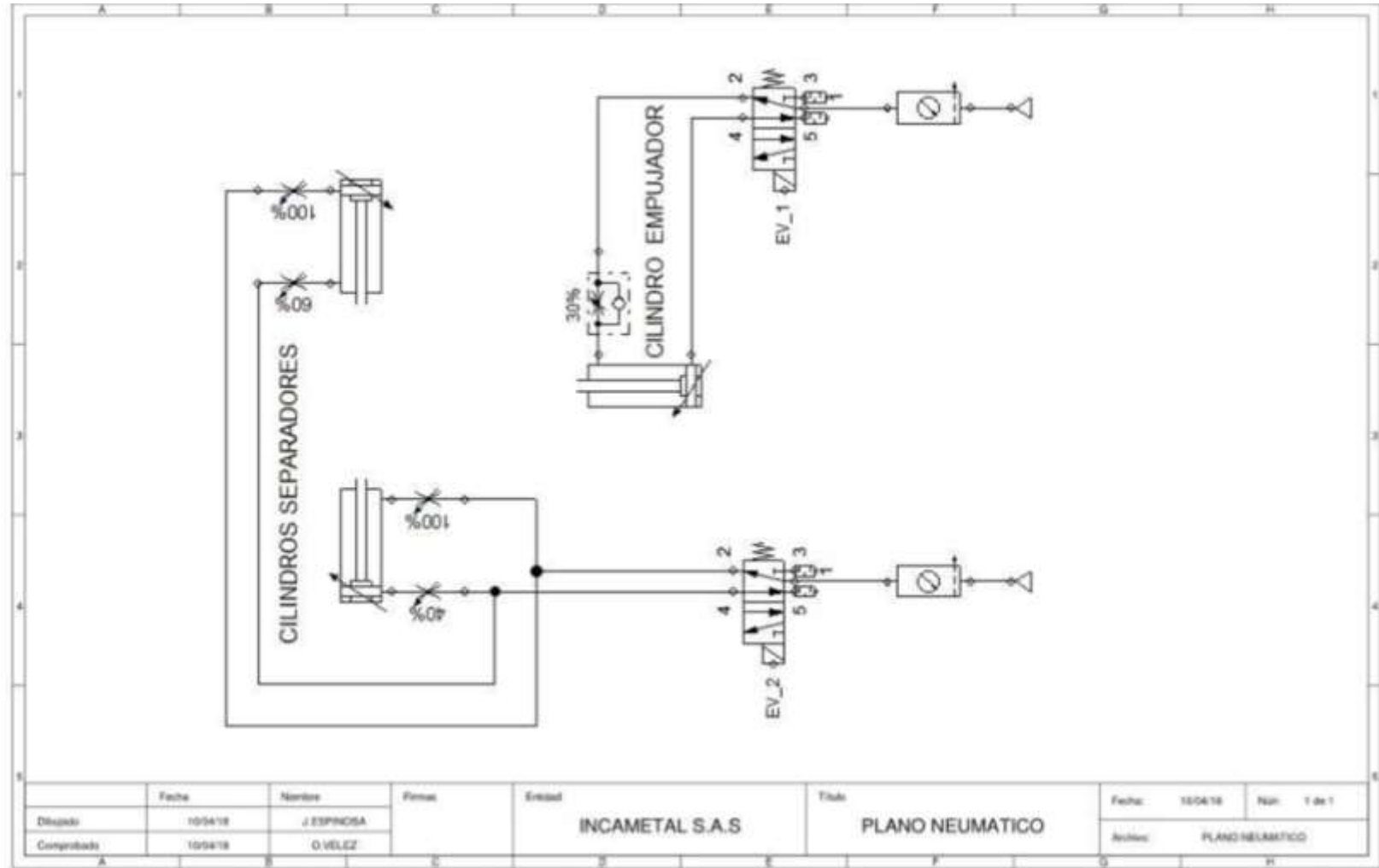



Figura 39. Plano neumático alimentador de cubiertos. (propia)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4.3.2 Planos eléctricos de control alimentador

Para realizar el proceso de control eléctrico del alimentador de cubiertos, se diseñan 3 planos con los componentes y las conexiones que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.

Plano de potencia: El plano de potencia está compuesto por un transformador, una fuente de voltaje, un ventilador y el PLC. El voltaje de entrada es de 440 Vac que alimenta el bobinado primario de un transformador que reduce este voltaje a 110 Vac, este cuenta con una potencia de 600 W; en caso de ocurrir un corto circuito el transformador está protegido con un interruptor térmico de 5 amperios. El bobinado secundario del transformador con 110 Vac se encarga de proporcionar la energía para el ventilador del sistema con una potencia de 25 W, el cual cumple la función de refrigerar todos los componentes eléctricos; además el transformador también alimenta una fuente de 24 Vdc, la cual entrega todo el voltaje con el que funciona el PLC y todas las entradas y salidas del control (Figura 40).

Entradas del PLC: El plano de entradas del PLC está compuesto por un recuadro que simboliza las 8 entradas digitales con las que cuenta. Cada una de estas está conectada a un fusible de 1 amperio para proteger el equipo ante un corto circuito externo, en el plano se evidencia los elementos eléctricos que envían los pulsos de voltaje al controlador como lo son las perillas, sensores y pulsadores (Figura 41).

Salidas del PLC: El plano de salidas del PLC este compuesto por recuadro que simboliza las 4 salidas digitales con las que cuenta, cada una de estas cuenta con un relé de 24 VDC que se encarga de activar las electroválvulas y enviar la señal de activación de la prensa mecánica (Figura 42).

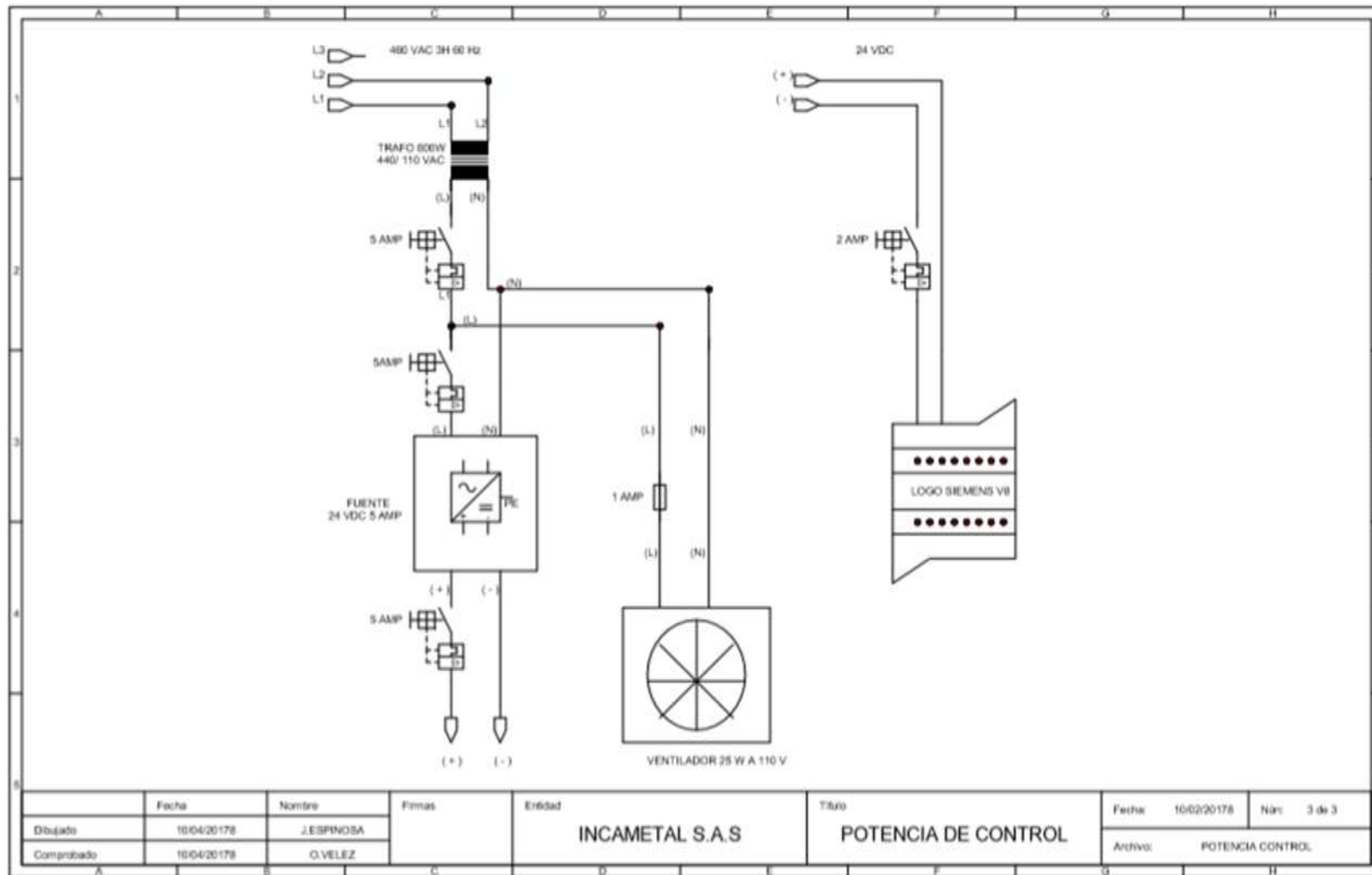


Figura 40. Plano eléctrico de potencia control alimentador de cubiertos. (propia)

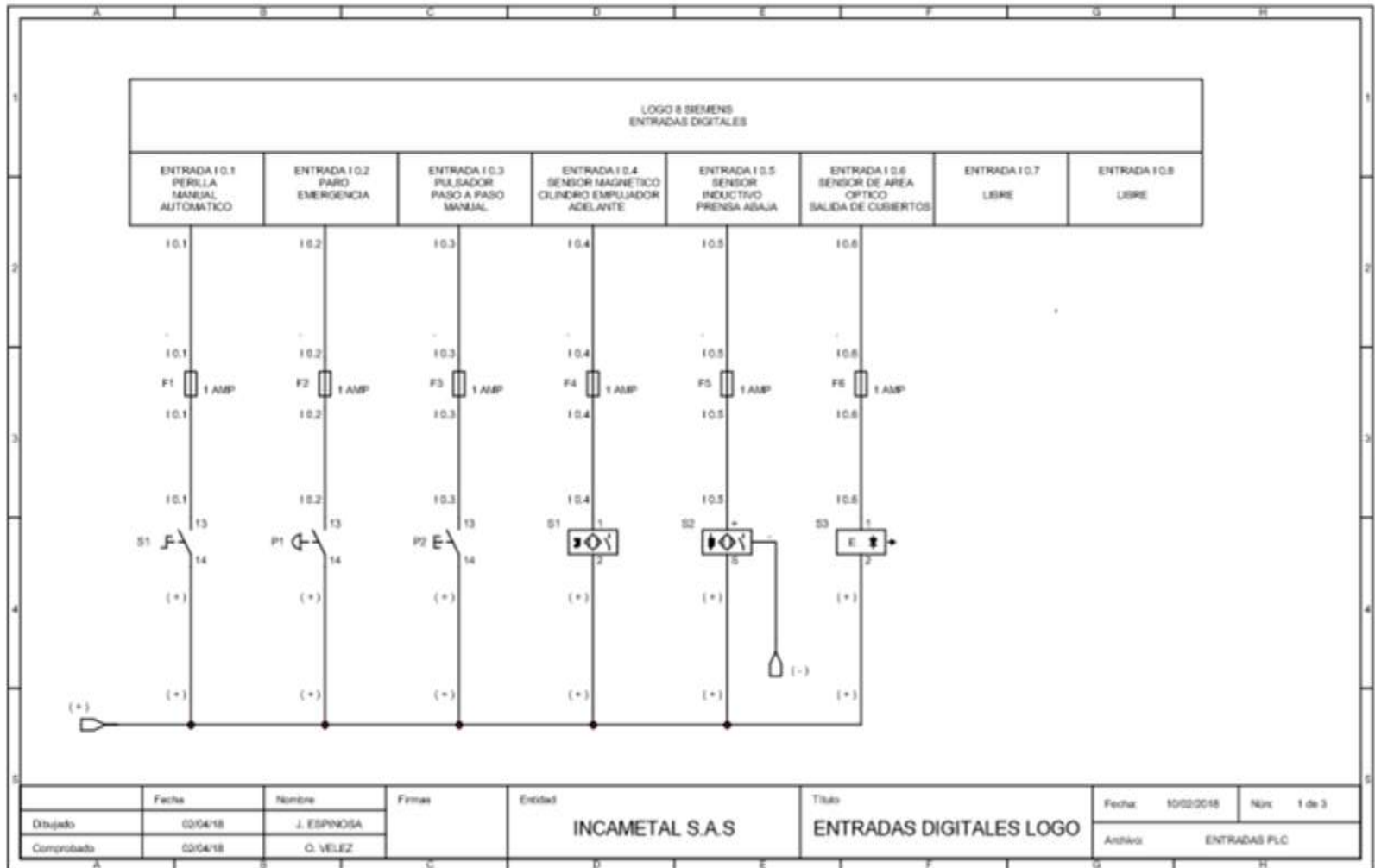


Figura 41. Plano eléctrico entradas digitales PLC alimentador de cubiertos. (propia)

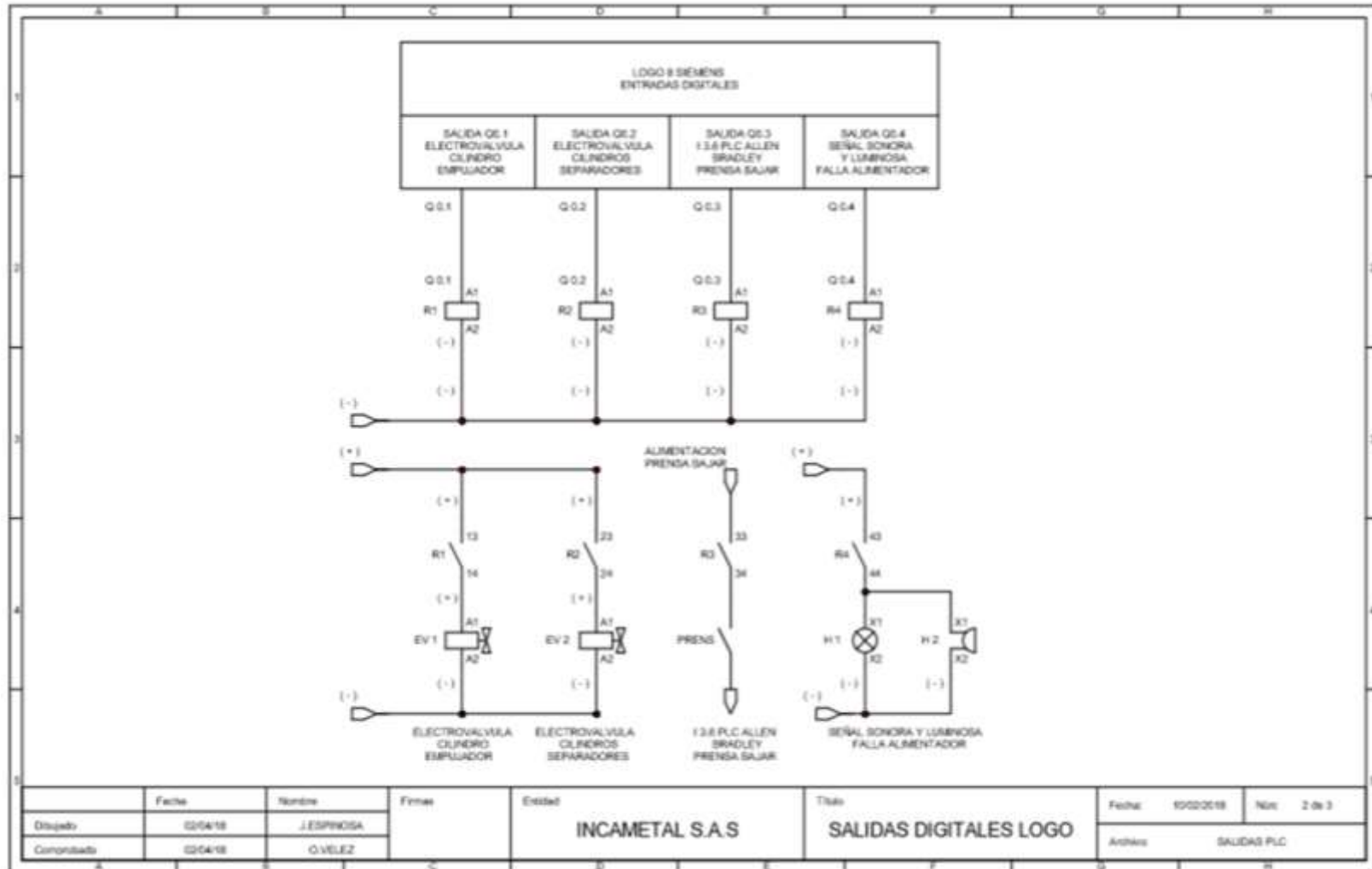



Figura 42. Plano eléctrico salidas digitales PLC alimentador de cubiertos. (propia)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4.3.3 Plano mecánico diseño alimentador de cubiertos

Para realizar el diseño mecánico del alimentador de cubiertos, se dibujan los componentes y piezas que lo componen, posterior a esto se realiza en ensamble mecánico de estas piezas para verificar el acople, montaje y ajuste que deben tener, este dibujo prototipo del alimentador permite verificar la funcionalidad del diseño (Figura 43), para ver despiece completo de planos de diseño alimentador ver apéndice. Un alimentador compacto, funcional y de fácil montaje es lo que se evidencia en el plano, siendo una alternativa viable de implementación para la empresa INCAMETAL S.A.S. las piezas que componen el alimentador tienen contacto directo con los cubiertos, los cuales están regidos por la normatividad técnica Colombia de artículos de uso doméstico (NTC 1972, 1984), teniendo en cuenta la norma, las piezas que estén en contacto con los cubiertos deben estar libres de corrosión y contaminantes que puedan afectar directo o indirectamente la composición de los cubiertos. Por este motivo y con el fin de garantizar la resistencia y durabilidad del alimentador en el tiempo, se planteó un prototipo fabricado en acero inoxidable 304, el cual es uno de los aceros el más común en el mercado nacional, económico y fácil de trabajar, por sus cualidades ante la corrosión fue la mejor elección de material de fabricación ya que le permite al prototipo tener contacto con los cubiertos sin comprometer la inocuidad y composición de estos.

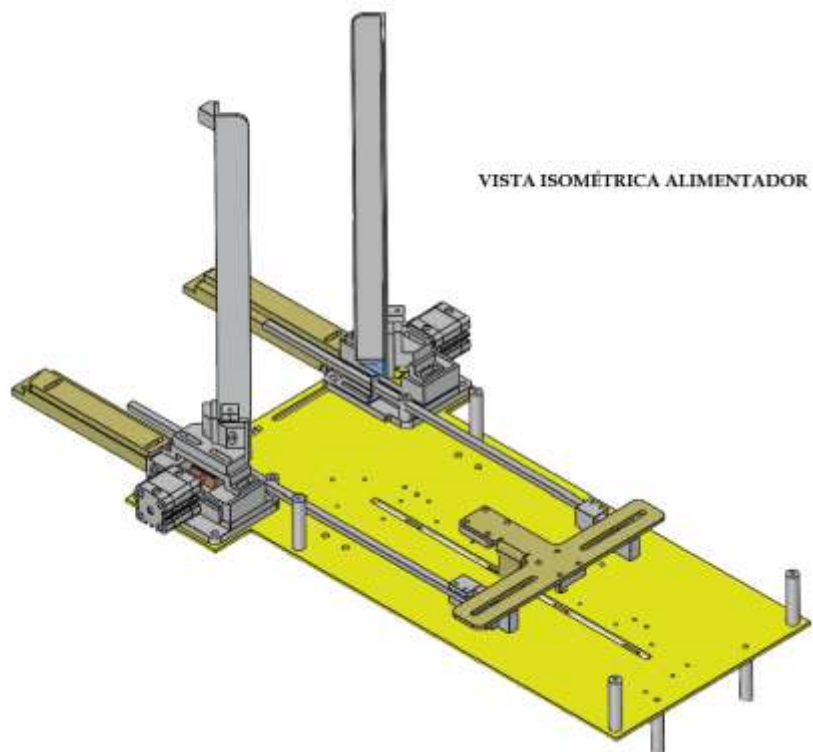


Figura 43. Isométrico Plano mecánico alimentador de cubiertos. (propia)

4.4 Algoritmo de control alimentador de cubiertos

Conociendo el método para realizar el diseño del algoritmo de control con el que funcionara el alimentador de cubiertos y la lista de entradas y salidas del sistema, se realiza la programación en el software LOGO!Soft Comfort 8.2. El lenguaje de programación con el que se realiza el algoritmo es Ladder, el cual utiliza una serie de bloques que simbolizan las entradas y salidas digitales, temporizadores, contadores y marcas virtuales de control, para seguir una secuencia programada, la cual procesa la información que ingresa al PLC y dependiendo de la secuencia se activan las salidas para controlar el sistema. En la primera parte del algoritmo de control está el modo de operación manual del alimentador donde las acciones se simbolizan con marcas virtuales para posteriormente activar las salidas (Figura 44). En la segunda parte del algoritmo se encuentra el modo de operación automático el cual cuenta con una serie de temporizadores y marcas virtuales que proporcionan la secuencia que realiza el alimentador (Figura 45). Por último se encuentran las salidas de control del algoritmo, las cuales se activan por medio de las marcas virtuales del programa.

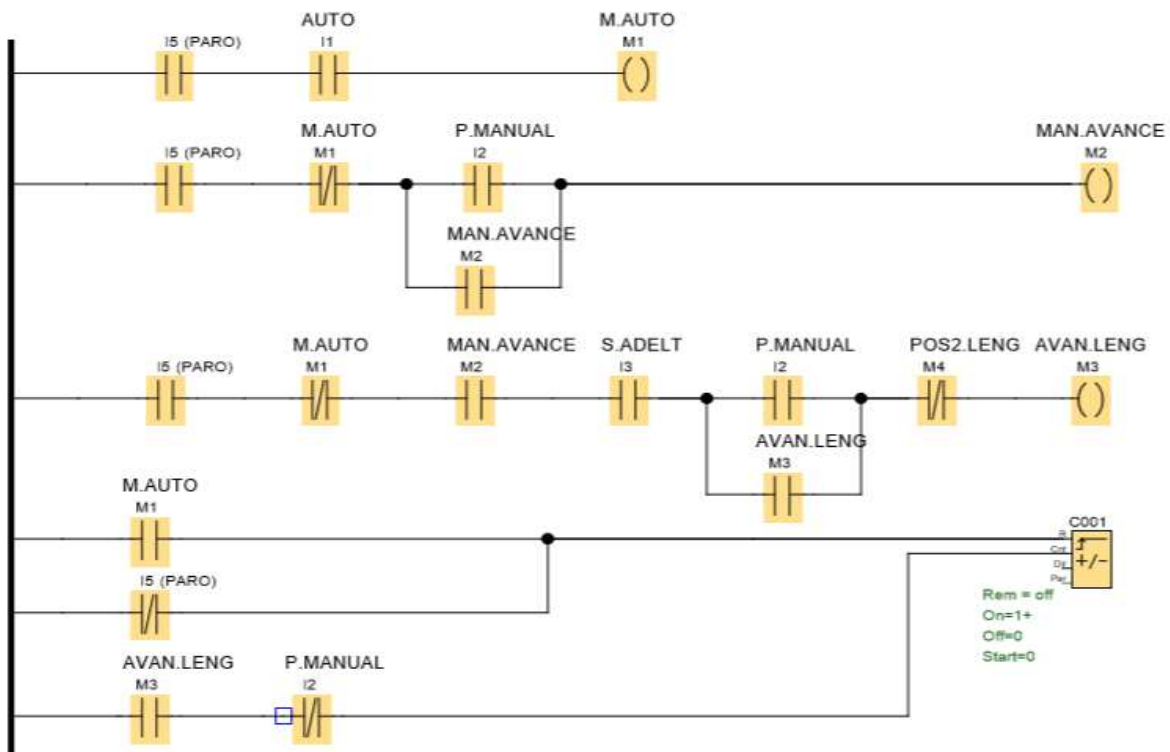


Figura 44. Algoritmo de control modo manual. (propia)

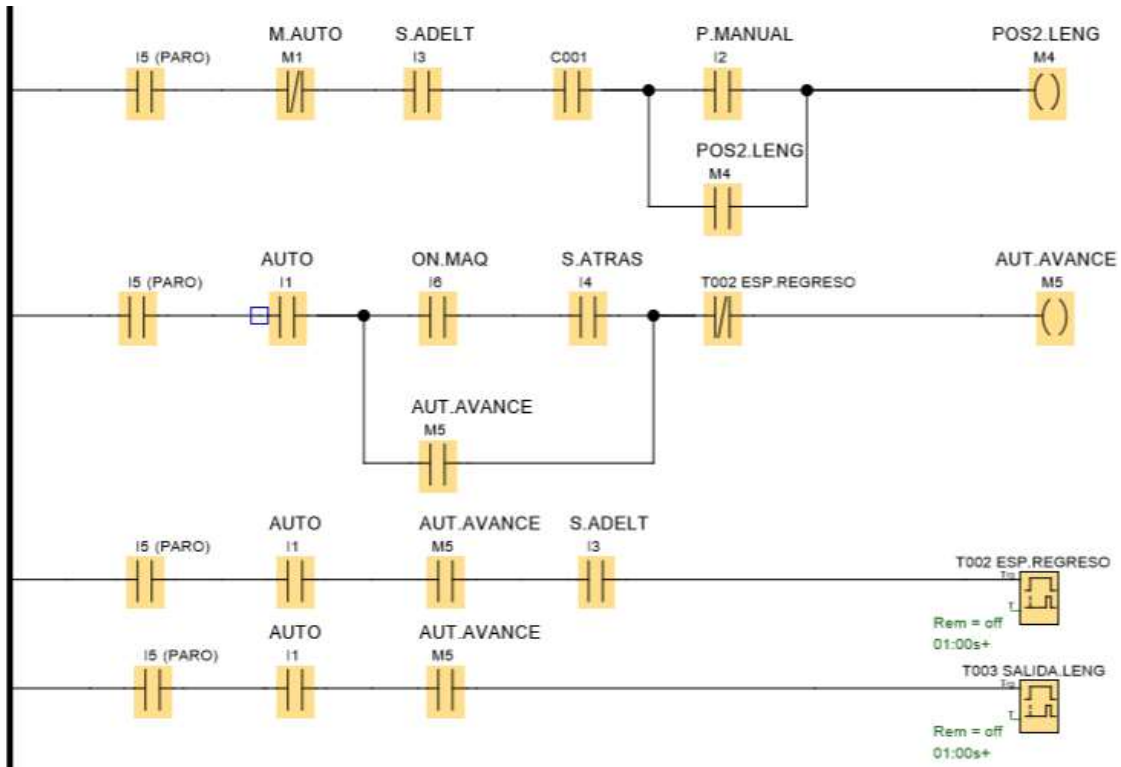


Figura 45. Algoritmo de control modo automático. (propia)

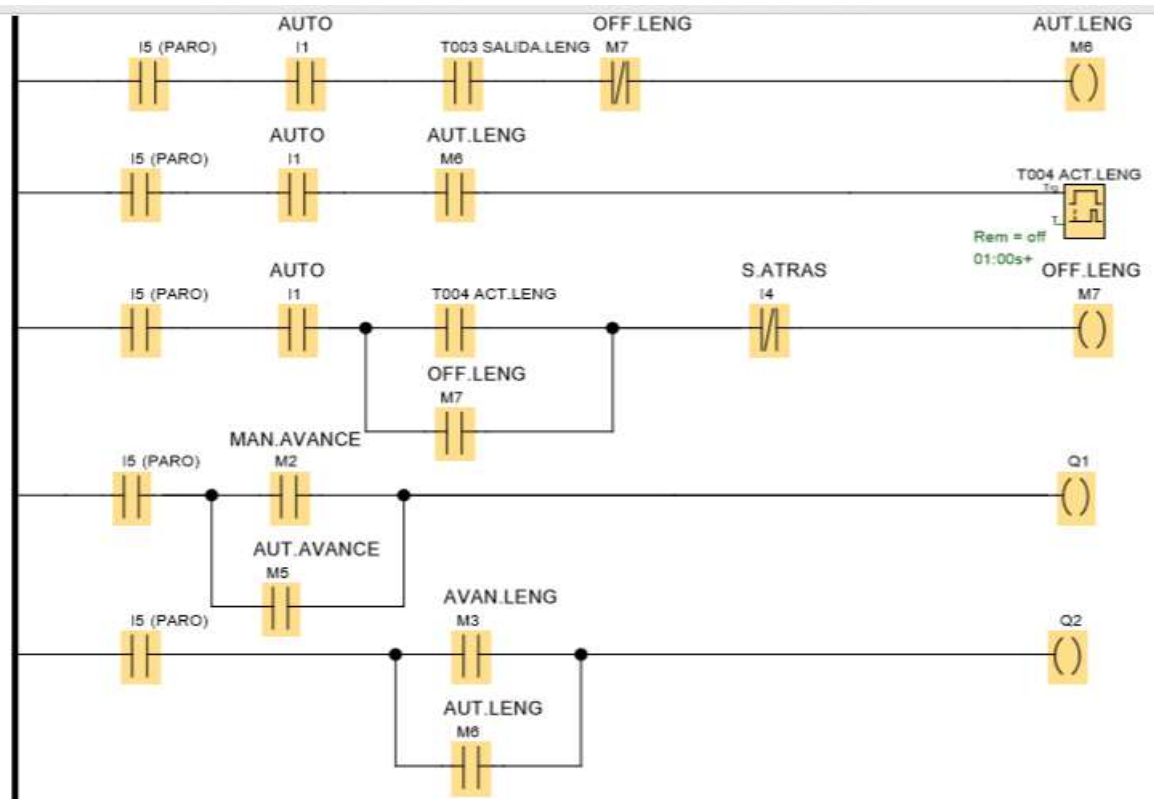


Figura 46. Algoritmo salidas digitales. (propia)

4.4.1 Simulación del algoritmo

Para verificar el funcionamiento del algoritmo, el software cuenta con un módulo de simulación, el cual cuenta con una herramienta de activación de entradas y salidas para simular el proceso, las entradas digitales del programa están simuladas con un selector, el cual se está de color azul cuando no está activa la entrada, cuando esta se activa el sector cambia a color rojo (Figura 47). Las salidas y marcas virtuales del programa están simuladas por bombillas, las cuales si están activadas aparecen de color amarillo, en caso contrario son de color gris. Las líneas de control que unen los bloques en el programa se pintan de color rojo cuando se energizan lo que permite seguir una por una las líneas del algoritmo de control y verificar cada uno de los segmentos que lo componen. Por medio de este módulo se puede verificar el correcto funcionamiento del alimentador, lo hace viable la implementación del diseño en la planta de producción INCAMETAL S.A.S.

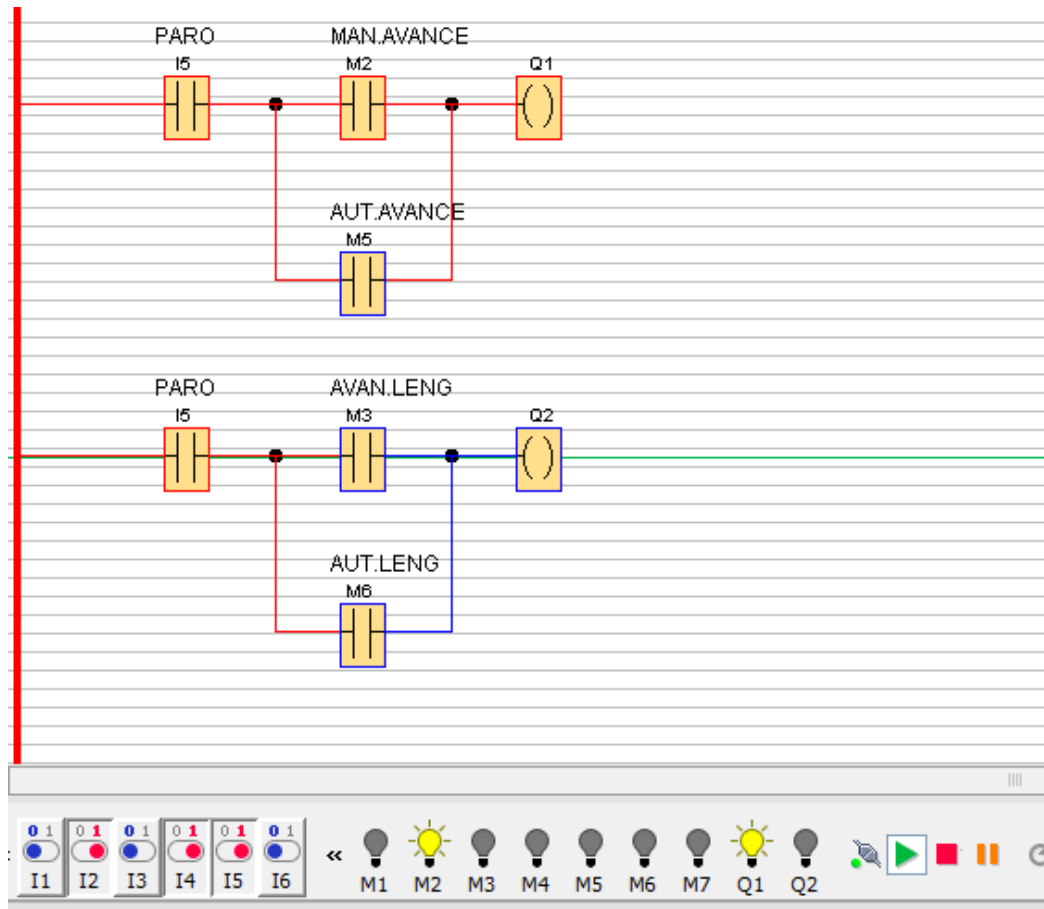


Figura 47. Simulación del algoritmo de control. (propia)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.5 Simulación prototipo de alimentador de cubiertos

Para verificar el funcionamiento del alimentador de cubiertos se realiza una simulación en conjunto con la prensa, con el fin de verificar movimientos y dar una idea más clara de cómo funcionaría el prototipo. Inicialmente se realizó la simulación acoplando el alimentador a la prensa utilizando la base principal como soporte, se dibujaron cierta cantidad de cubiertos para realizar la simulación de funcionamiento con el producto, se realizaron pruebas y se tomaron vistas desde diferentes ángulos para verificar los movimientos de cada uno de los elementos (Figura 48). Esto con el fin de garantizar que el prototipo cumpla con las necesidades del proceso, velocidad y seguridad que se requieren. Adicional a esto se anexó video de simulación del prototipo para brindar una mejor idea del funcionamiento, acople y movimientos mecánicos del diseño.

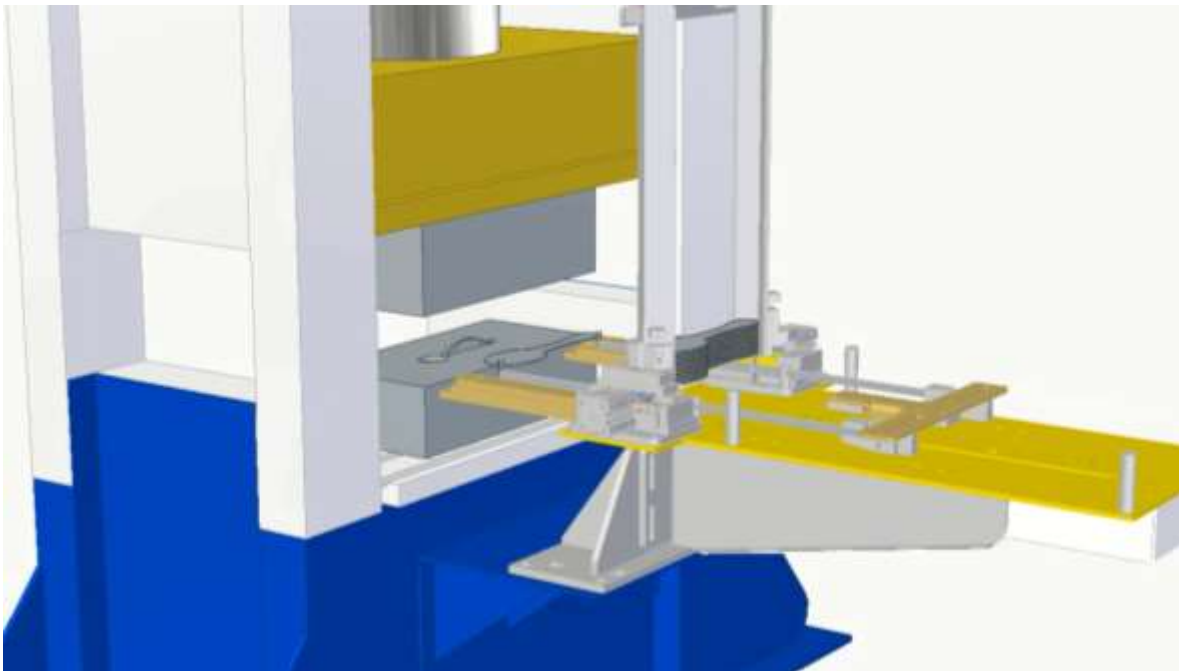


Figura 48. Vista de acople alimentador de cubiertos con prensa mecánica. (propia)

Para ilustrar la interacción entre el alimentador automático y los cubiertos por medio de la simulación, se realizó un acercamiento frontal donde se evidencia la posición de los

cubiertos en las columnas de almacenamiento (Figura 49), los cilindros dosificadores y el sistema de empuje de cubiertos al troquel (Figura 50).

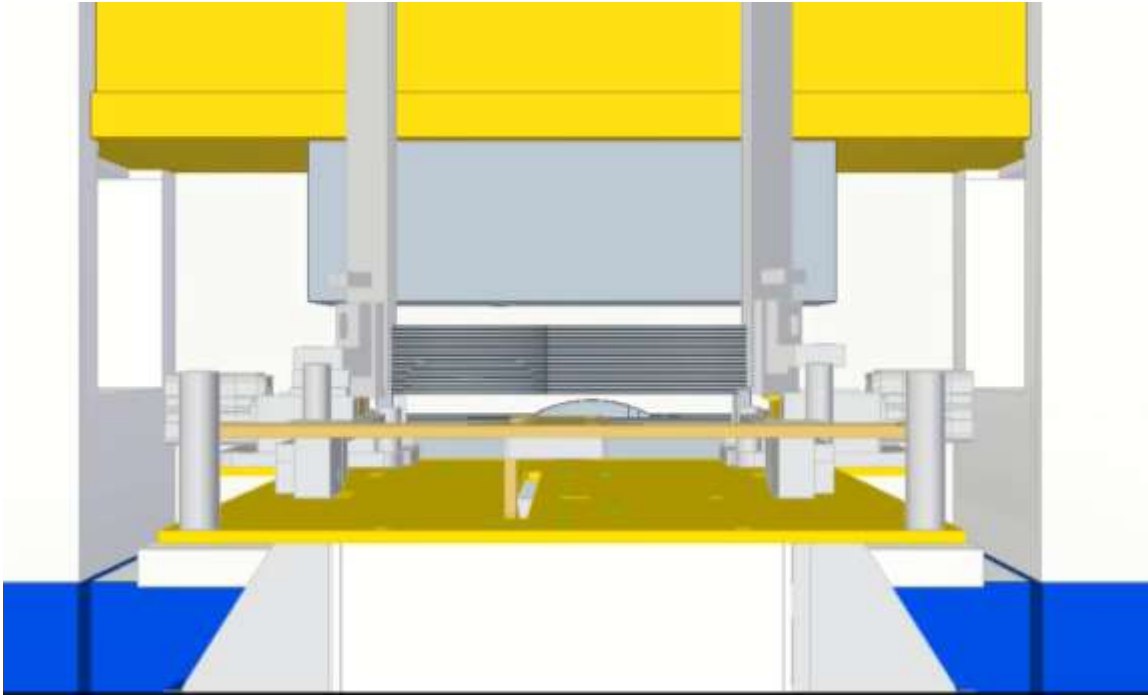


Figura 49. Vista de almacenamiento de cubiertos en alimentador. (propia)

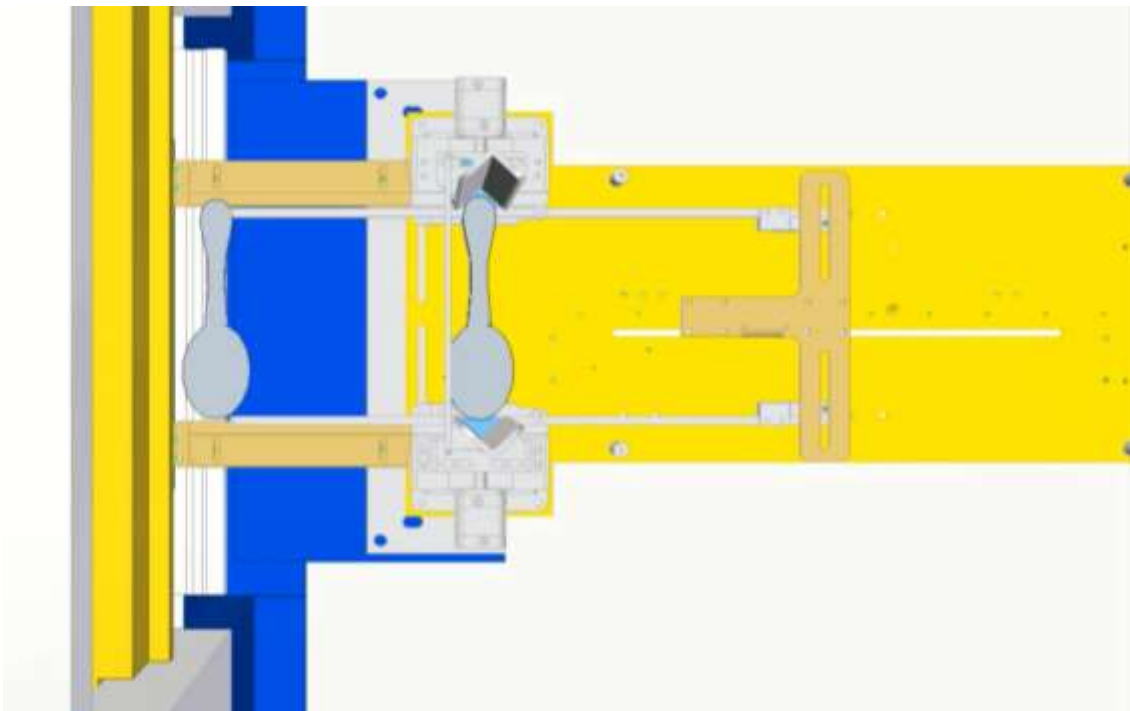


Figura 50. Vista de sistema de almacenamiento, dosificación y alimentación. (propia)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5 CONCLUSIONES

- Se diseñó un alimentador de cubiertos automático para el proceso de estampado y conformado de cubiertos, el diseño planteado es funcional, de fácil instalación y operación, además cumple con necesidades del proceso de fabricación de cubiertos, siendo una alternativa de automatización industrial que se puede implementar en la empresa INCAMETAL S.A.S.
- Se logró un óptimo entendimiento del proceso de alimentación de cubiertos en prensas de estampado, esto permitió identificar las características más relevantes del sistema de alimentación actual. Estas características proporcionaron los alcances del proyecto y sirvieron como pilares para el diseño de un prototipo automático de alimentador que cumple con las necesidades que se observaron con el personal operativo, coordinadores de producción y personal de seguridad y salud en el trabajo.
- Se lograron identificar y seleccionar los elementos más adecuados para el diseño del prototipo de alimentador, con el fin de solucionar las necesidades planteadas y garantizar la funcionalidad y operación del sistema de alimentación. Se seleccionaron igualmente los elementos de manera comercial con fin de facilitar la implementación del alimentador de este ser el caso.
- Se logró obtener un algoritmo de control preciso y funcional gracias al correcto entendimiento de las necesidades del usuario y de aquellos subsistemas críticos que componen el sistema de alimentación.
- Se realizó la simulación del prototipo en la cual se pudo identificar el funcionamiento mecánico, el acople del prototipo con la prensa y como se dosificarían los cubiertos por medio del alimentador. Lo que permitió tener una idea mas clara de los movimientos y acople de cada una de las piezas del prototipo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Se diseñó un sistema automático de alimentación de cubiertos funcional, que permite aumentar la seguridad en el proceso, con el fin de disminuir los riesgos en prensas mecánicas. Además este alimentador permite aumentar la velocidad del proceso y garantiza la posición del cubierto en el troquel con el fin de mejorar el OEE en la empresa INCAMETAL S.A.S.
- No se logro cumplir una de las necesidades planteadas por el personal de la empresa INCAMETAL S.A.S, la cual consiste en tener en un ROI inferior a un año, ya que teniendo en cuenta los costos de implementación y los beneficios en productividad del dispositivo el retorno inversión sería de 13.6 meses, de igual manera algunos beneficios fundamentales para la toma de decisiones como la calidad y seguridad que puede otorgar el alimentador en el proceso de estampado no se cuantificaron, ya que se utilizó la metodología de viabilidad de proyectos de la empresa, en la cual solo se cuantifican los beneficios en productividad de los proceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- ABB. (2017). *IRB 6660 Industrial Robot*. Obtenido de <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-6660-prensas>
- Allen-Bradley. (enero de 2012). Obtenido de PHOTOSWITCH rockwell automation: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/45ast-in001_-en-p.pdf
- ARQHYS. (12 de 2012). Obtenido de <http://www.arqhys.com/construcciones/valvulas-paso.html>
- Bruderer. (2014). The right solution for every application. *Feed Units*, 1-16.
- Bruderer AG. (2017). Obtenido de <https://www.bruderer.com/unternehmen/>
- Casanelles, R., & Pons, R. (2013). Towards high performance robotic solutions in press automation - An ABB view. *IEEE ISR 2013*, pp. 1-3.
- Festo. (febrero de 2009). *Festo Didactic GmbH & Co. KG*. Obtenido de https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/152888_es.pdf
- Festo Didactic GmbH & Co. KG. (agosto de 2005). Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00272312001135156810.pdf>
- Festo Didactic GmbH & Co. KG. (febrero de 2009). Obtenido de https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/152888_es.pdf
- Festo *valvulas direccionales* . (Agosto de 2018). Obtenido de https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/ISO15407VSVA_ES.PDF
- GTC 45. (2008). Obtenido de guia tecnica colombia : <http://www.usbcartagena.edu.co/phocadownload/copaso/1.pdf>
- Hiwin. (septiembre de 2014). Obtenido de <http://www.rodalsa.net/wp-content/uploads/2015/06/guias-lineales-hiwin.pdf>
- Jn aceros* . (23 de Abril de 2014). Obtenido de <http://www.jnaceros.com.pe/blog/valvulas-acero-inoxidable/>
- Joucomatic, A. (junio de 2015). *CILINDROS SIN VÁSTAGO, Ø 6 a 40 mm*. Obtenido de http://www.utilairsur.com/joucomatic_stnstg.pdf

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Koomkin.* (2017). Obtenido de <https://www.koomkin.com/producto/6754>
- Ley N° 1562. (11 de julio de 2012). Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia. Colombia: Diario Oficial No. 48.488. Obtenido de http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/ley_1562_2012.pdf
- Llunell, S. (2016). *Alimentador Neumatico AN Segura Llunell*. Obtenido de <http://segurallunell.es/products/alimentador-neumatico-an/>
- Mecafenix.* (16 de Abril de 2018). Obtenido de <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/sensor-inductivo/>
- Mecánica Prismo S.L.* (30 de Marzo de 2016). Obtenido de http://www.prisma.es/pdf/actuadores_electricos-esp.pdf.pdf
- microautomacion.* (11 de Abril de 2011). Obtenido de http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion_y_control.pdf
- Norelem.* (septiembre de 2017). Obtenido de https://www.norelem.com/xs_db/DOKUMENT_DB/www/NORELEM/DataSheet/es/21/21030_Datasheet_4577_Gu_as_de_carro_de_cola_de_milano--es.pdf
- Normas APA a chegg service.* (2016). Obtenido de <http://normasapa.com/>
- NTC 1972.* (31 de octubre de 1984). Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC1972.pdf>
- Pepperl-Fuchs.* (2017). Obtenido de http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_492.htm
- Ponsa, P., & Granollers, A. (21 de Julio de 2009). *Universidad politécnica de catalunya*. Obtenido de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>
- Prieto, P. (8 de octubre de 2007). *Observatorio Tecnológico*. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>
- Punto flotante S.A.* (2017). Obtenido de <http://www.puntoflotante.net/SENSOR-SWITCH-NIVEL-AGUA-ACERO-INOXIDABLE.htm>
- Quezada, J., López, J., García, E., & Aquilar, V. (Marzo de 2014). *scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v15n1/v15n1a5.pdf>
- SC fluids.* (2017). Obtenido de <http://www.valvulasymedidores.com/>
- Schmalz.* (septiembre de 2016). Obtenido de <https://www.schmalz.com/es/saber-de-vacio/el-sistema-de-vacio-y-sus-componentes/ventosas-de-vacio/>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Schneider electric inc. (junio de 2010). Obtenido de Osisense XS inductive sensors:
<https://www.mouser.mx/datasheet/2/357/OsiSenseSensors-1202148.pdf>

Siemens AG. (enero de 2016). Obtenido de LOGO!:
https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/LOGO/Documents/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

Siemens España. (2017). Obtenido de
<http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/hmi/pages/pantallashmi.aspx>

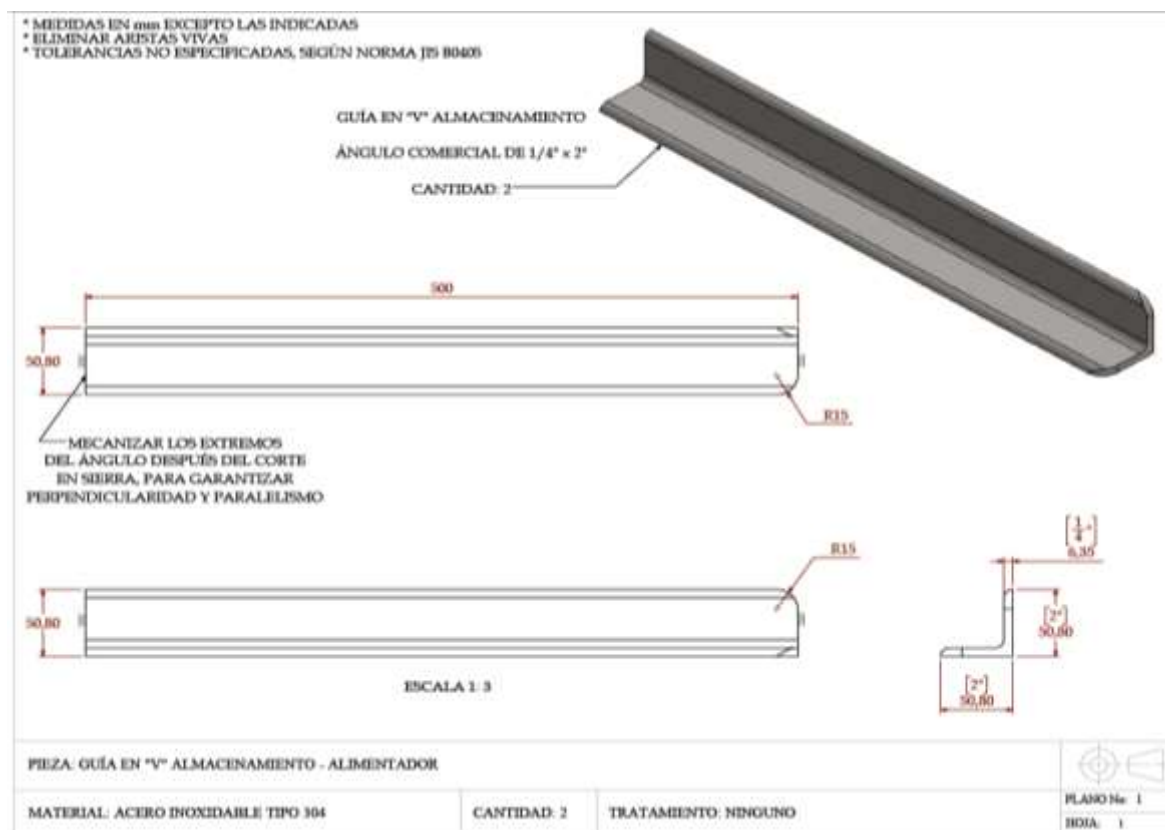
SKF AG. (abril de 2011). Obtenido de <http://www.skf.com/binary/tcm:12-68770/4182ES/index.html>

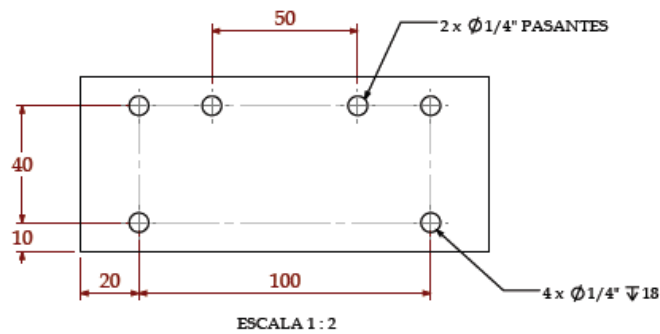
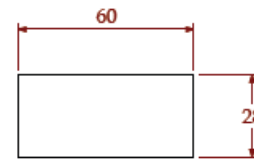
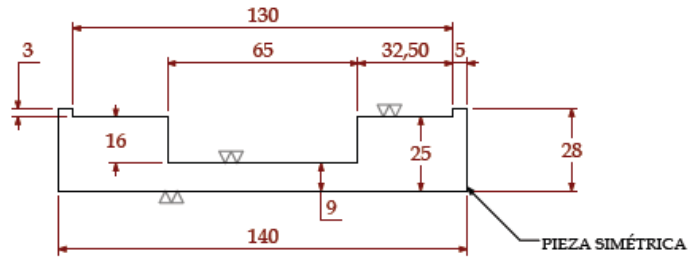
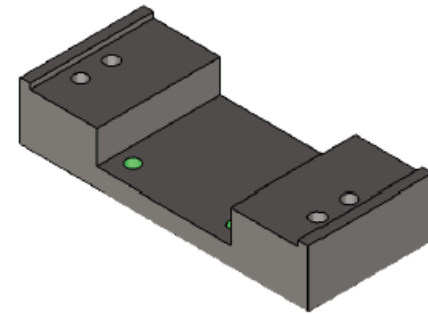
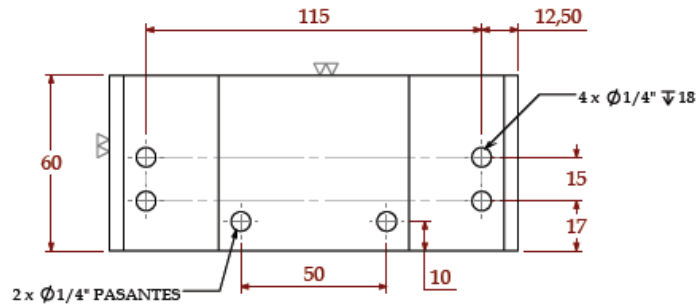
The National Environmental Services Center. (28 de Septiembre de 2009). Obtenido de
http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/filtration_DWPSOM139.pdf

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

APÉNDICE

Planos de fabricación diseño alimentador automatico para el proceso de estampado y conformado de cubiertos en prensas mecanicas.





* MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
 * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
 * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405

PIEZA: BASE PRINCIPAL DOSIFICACIÓN - ALIMENTADOR

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304

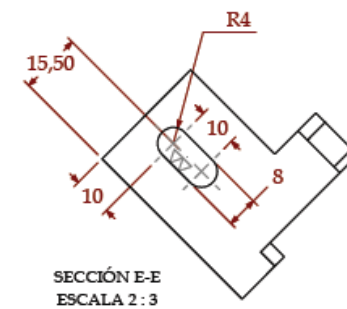
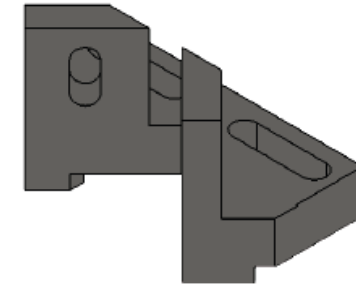
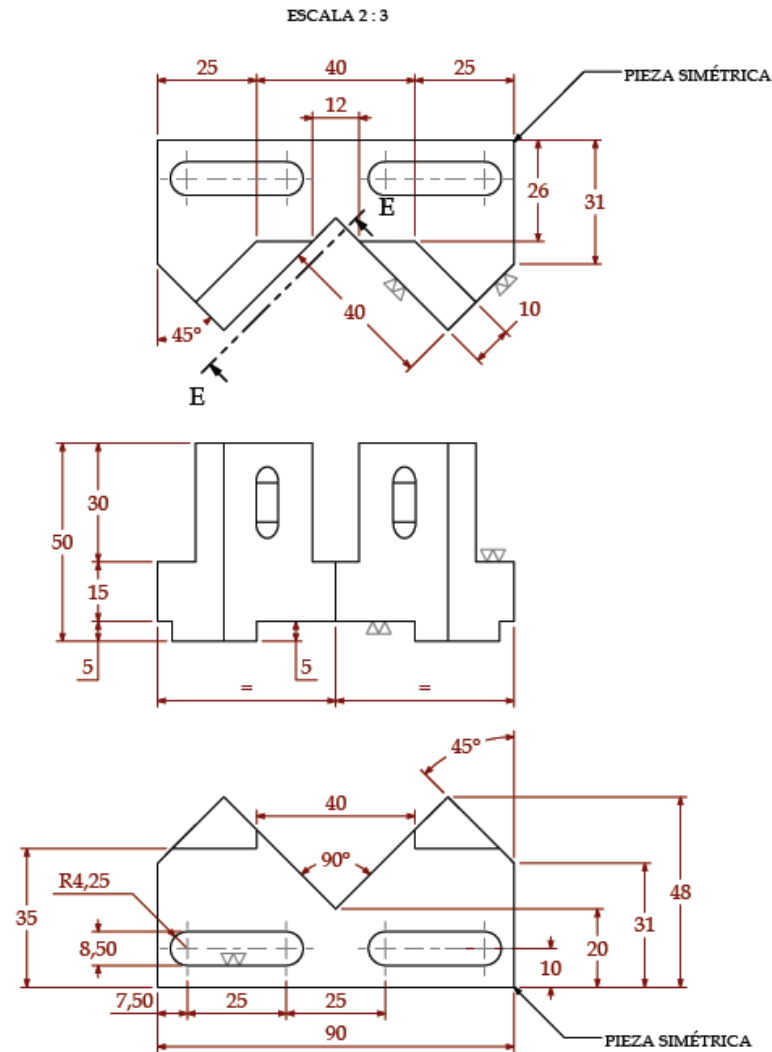
CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO: NINGUNO



PLANO No: 4

HOJA: 1



* MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
* ELIMINAR ARISTAS VIVAS
* TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405

PIEZA: SOPORTE #1 GUÍAS EN V ALMACENAMIENTO - ALIMENTADOR

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304

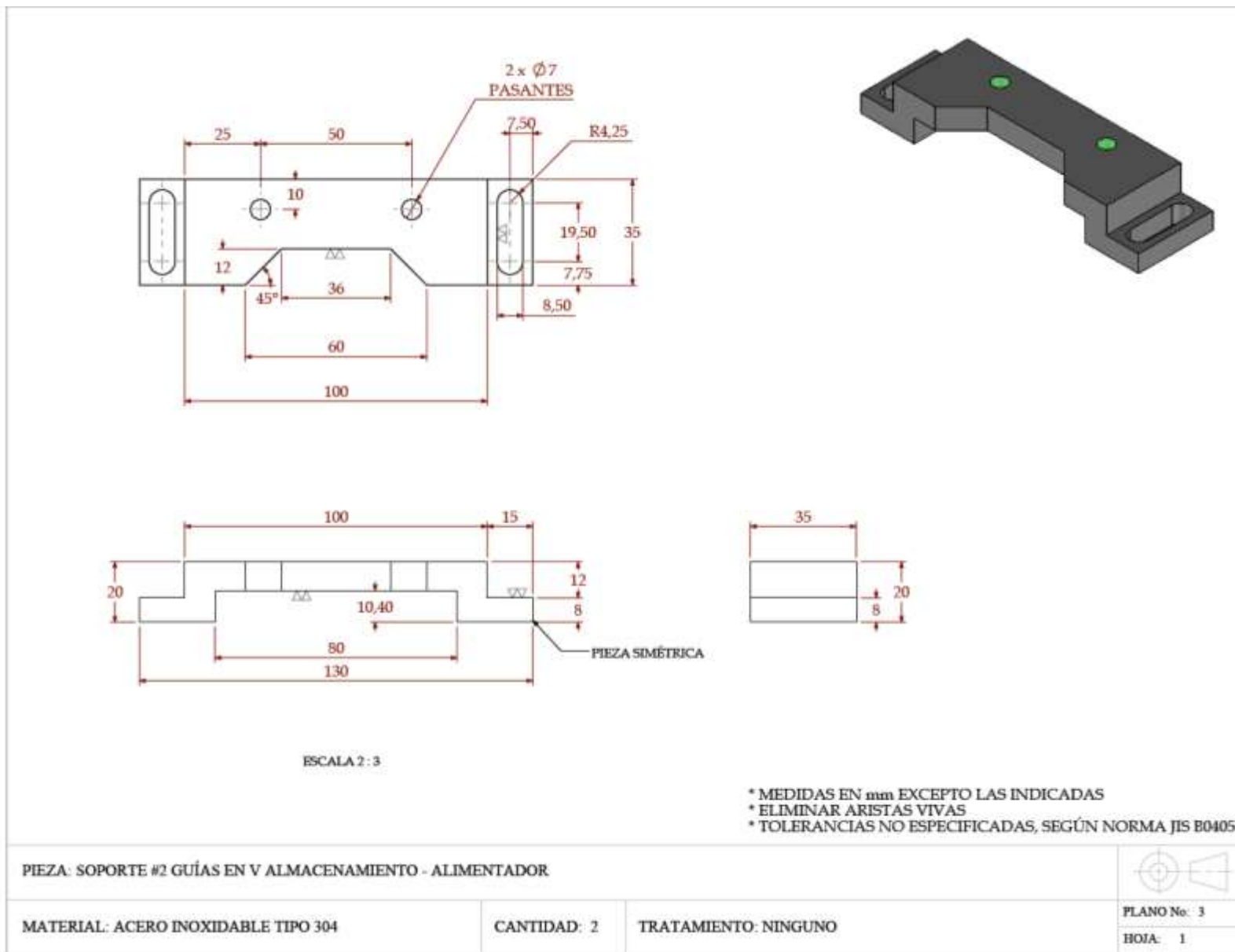
CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO: NINGUNO

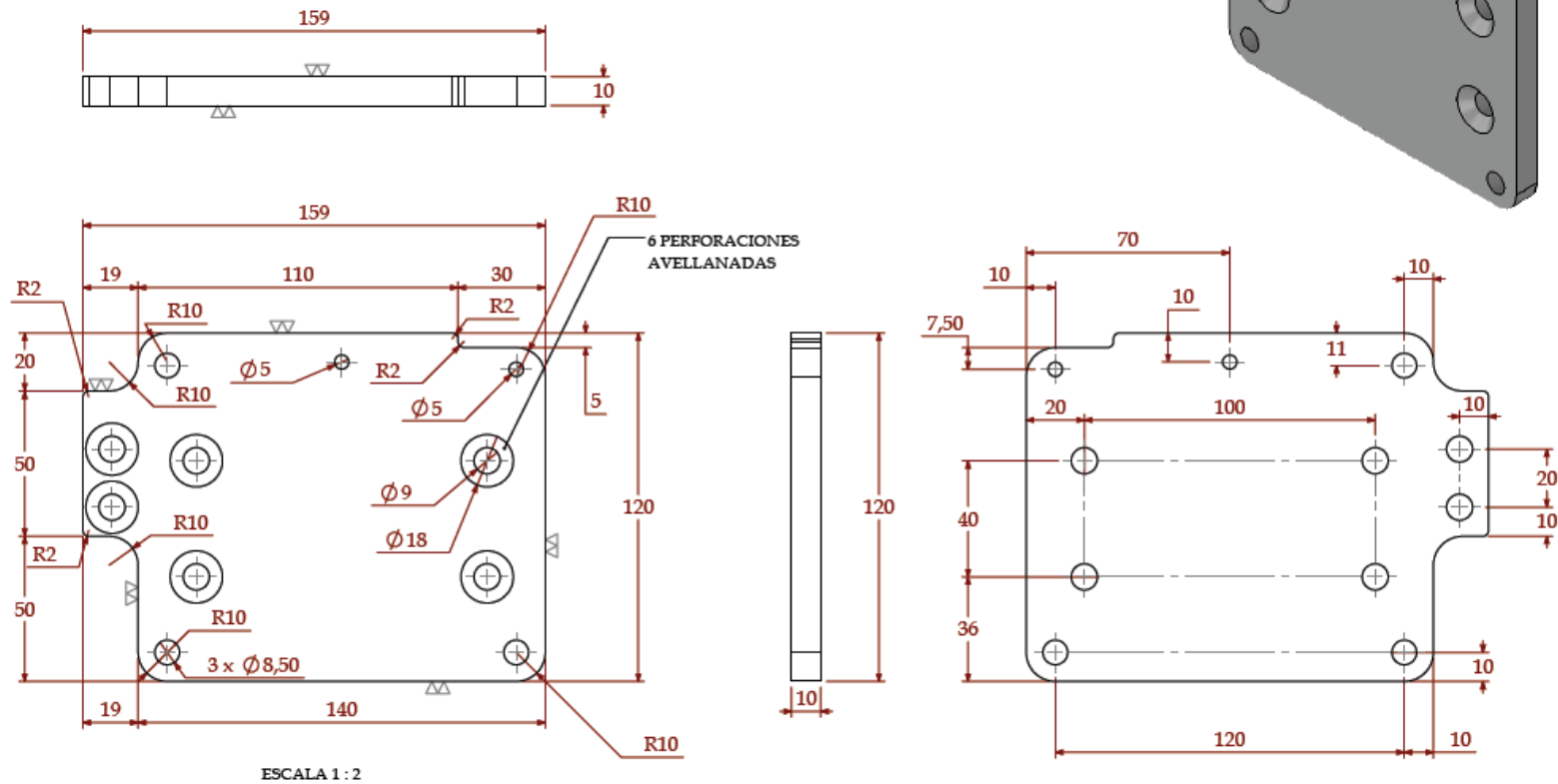
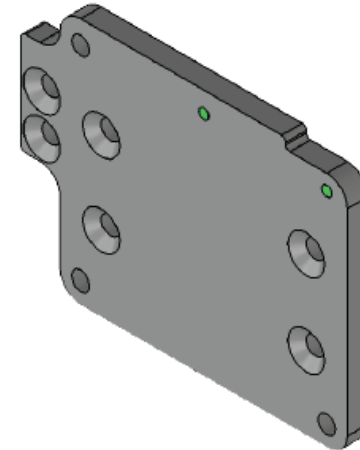


PLANO No: 2

HOJA: 1



- * TODAS LAS PERFORACIONES SON PASANTES
- * MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
- * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
- * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405



PIEZA: LÁMINA ACOPLE BASE DOSIFICACIÓN - ALIMENTADOR

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304

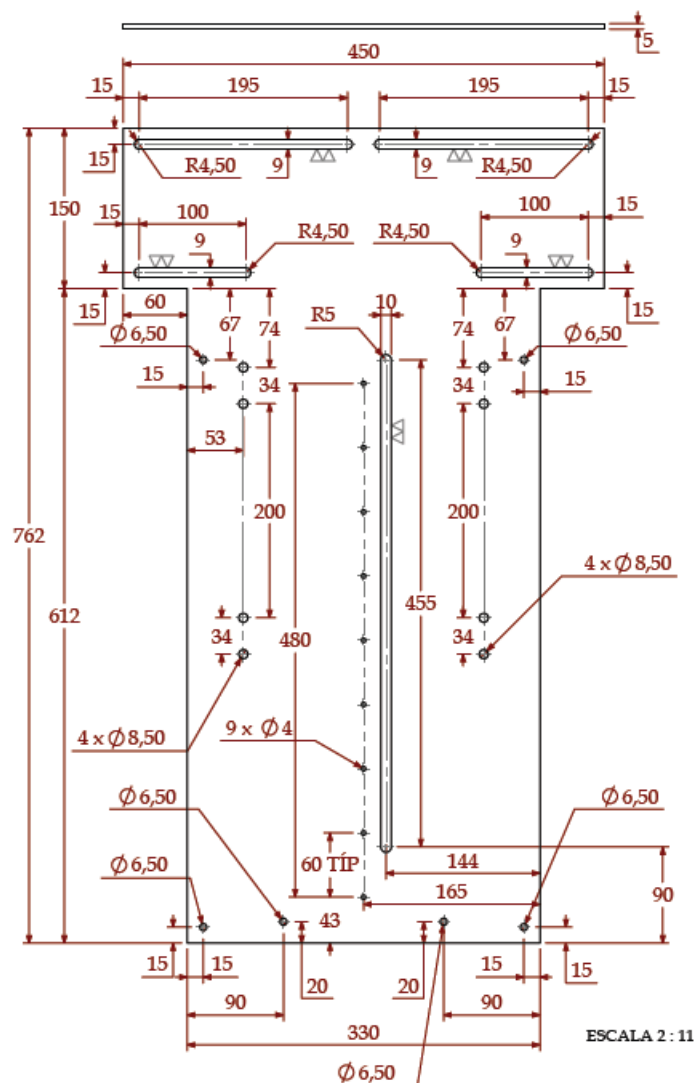
CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO: NINGUNO

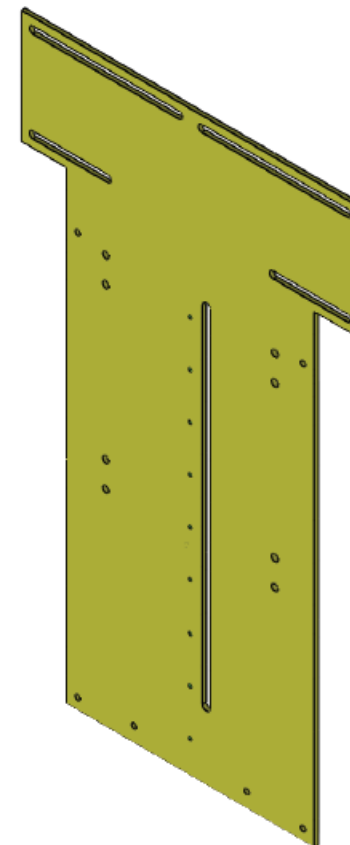


PLANO No: 10

HOJA: 1



- * TODAS LAS PERFORACIONES Y RANURAS SON PASANTES
- * MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
- * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
- * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405



PIEZA: PLACA PRINCIPAL - ALIMENTADOR

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304

CANTIDAD: 1

TRATAMIENTO: NINGUNO

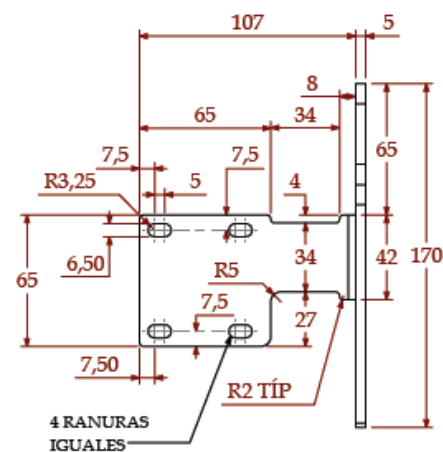
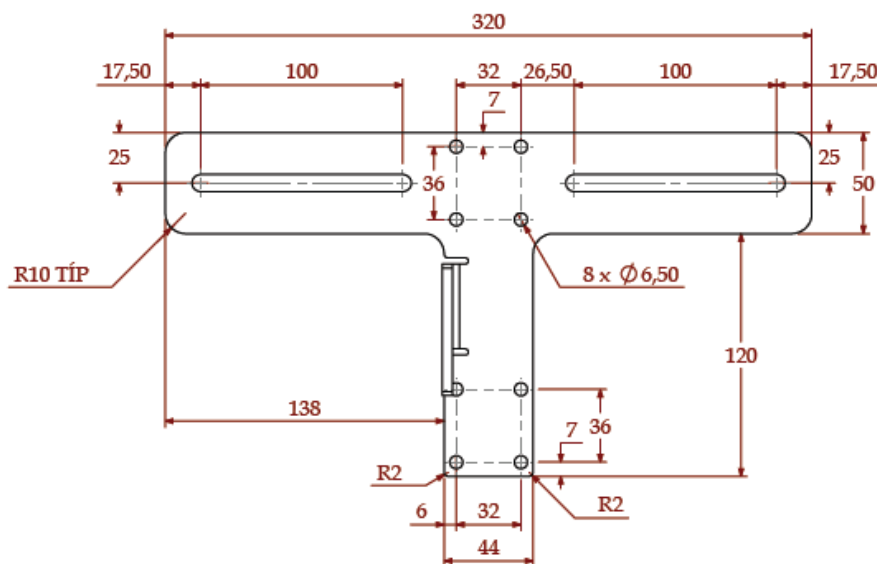
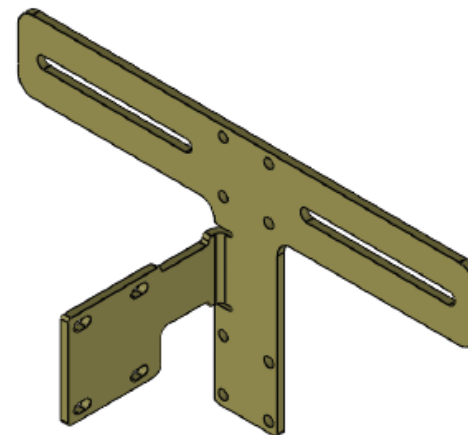
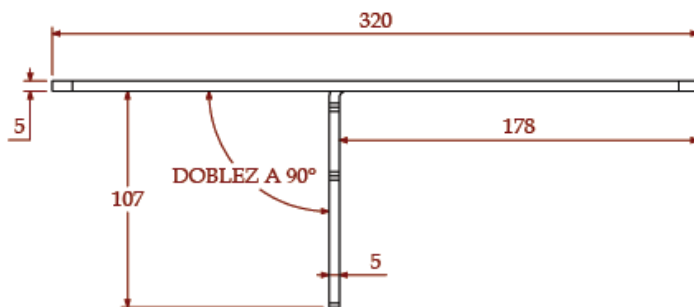


PLANO No: 5

HOJA: 1

- * TODAS LAS PERFORACIONES Y RANURAS SON PASANTES
- * MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
- * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
- * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405

ESCALA 1 : 3



PIEZA: ACOPLE GUÍA A CILINDRO - ALIMENTADOR

MATERIAL: ACERO INOCIDABLE TIPO 304

CANTIDAD: 1

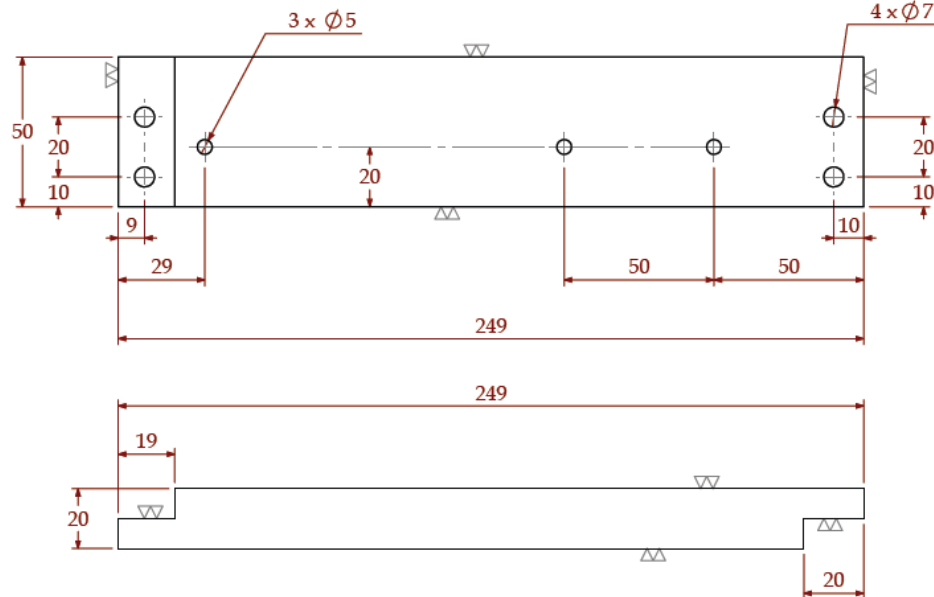
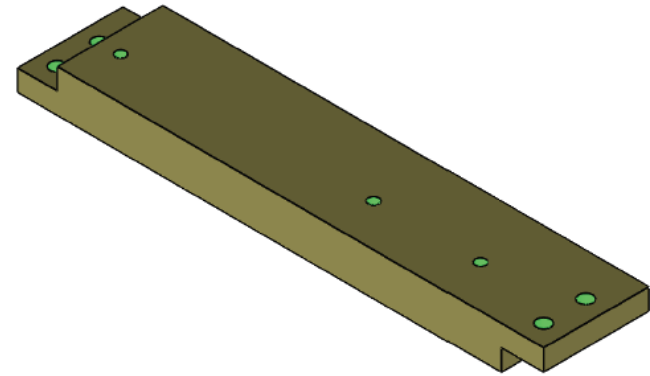
TRATAMIENTO: NINGUNO



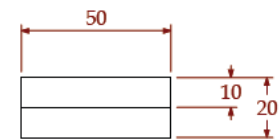
PLANO No: 11

HOJA: 1

MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS



ESCALA 1 : 2



- * TODAS LAS PERFORACIONES SON PASANTES
- * MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
- * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
- * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405

PIEZA: GUÍA INFERIOR PARA CUBIERTOS - ALIMENTADOR



MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304

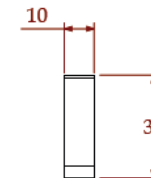
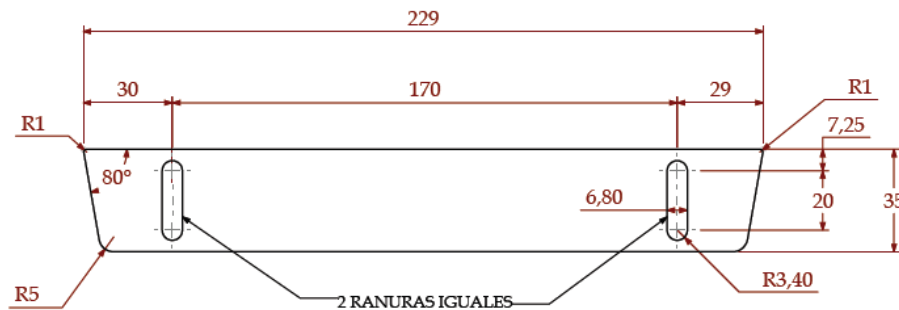
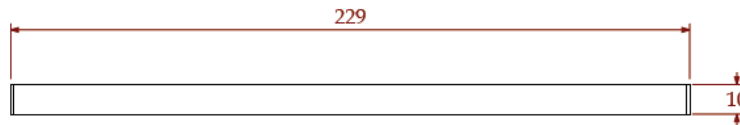
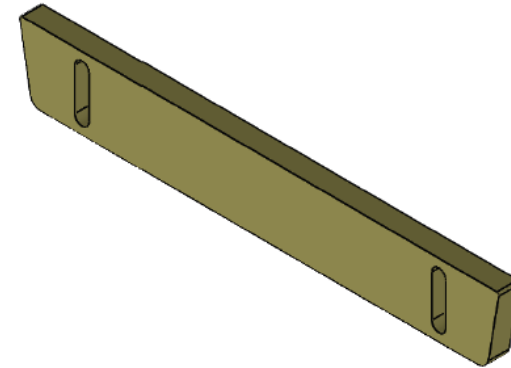
CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO: NINGUNO

PLANO No: 7

HOJA: 1

MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS



ESCALA 1 : 2

- * TODAS LAS RANURAS SON PASANTES
- * MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
- * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
- * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405

PIEZA: GUÍA SUPERIOR PARA CUBIERTOS - ALIMENTADOR



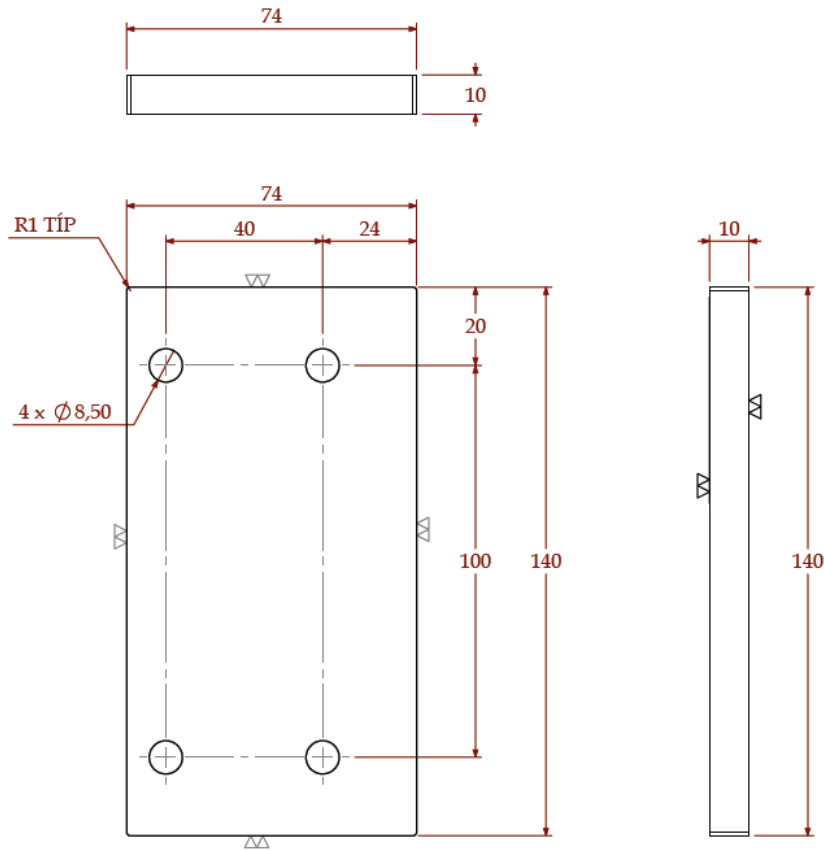
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304

CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO: NINGUNO

PLANO No: 1

HOJA: 1



ESCALA 2 : 3

* TODAS LAS PERFORACIONES SON PASANTES
 * MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
 * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
 * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405

PIEZA: LÁMINA APOYO BASE PRINCIPAL DOSIFICACIÓN - ALIMENTADOR

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304

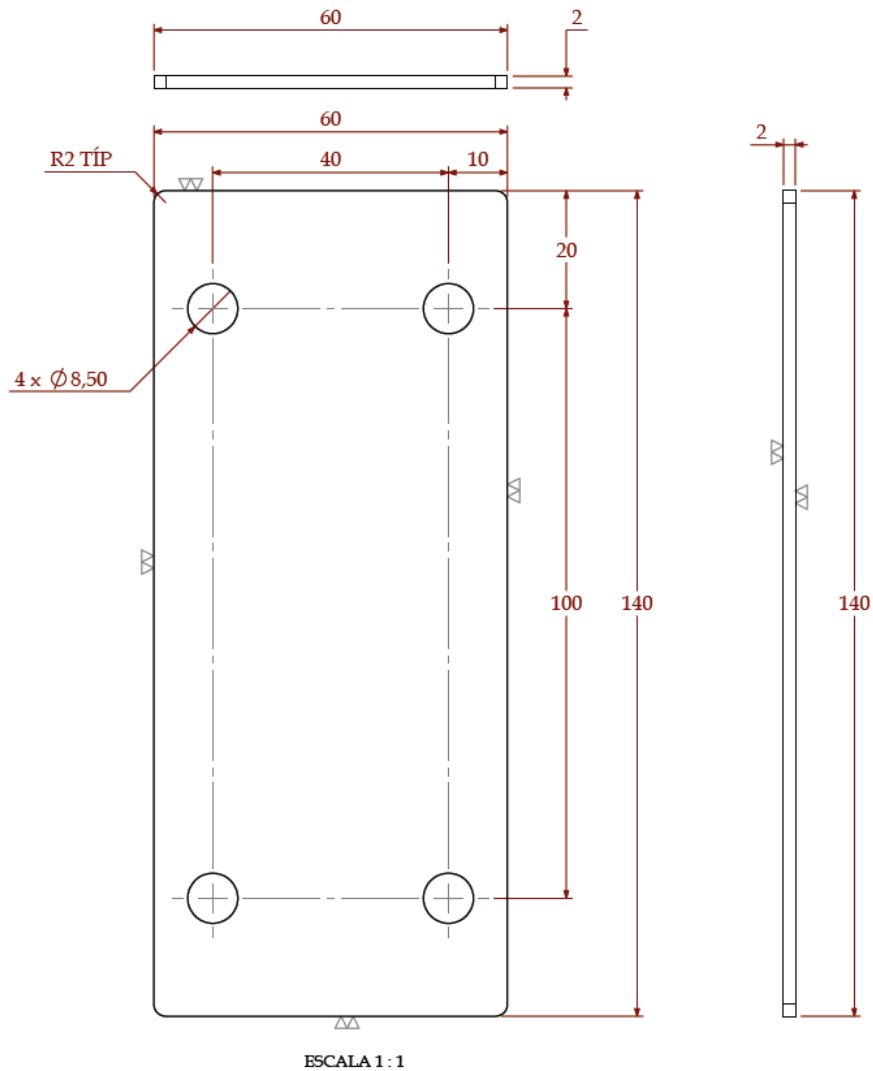
CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO: NINGUNO



PLANO No: 9

HOJA: 1



* TODAS LAS PERFORACIONES SON PASANTES
 * MEDIDAS EN mm EXCEPTO LAS INDICADAS
 * ELIMINAR ARISTAS VIVAS
 * TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS, SEGÚN NORMA JIS B0405

PIEZA: LÁMINA INTERMEDIA BASE PRINCIPAL DOSIFICACIÓN - ALIMENTADOR

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE TIPO 304


CANTIDAD: 2

TRATAMIENTO: NINGUNO



PLANO No: 8

HOJA: 1

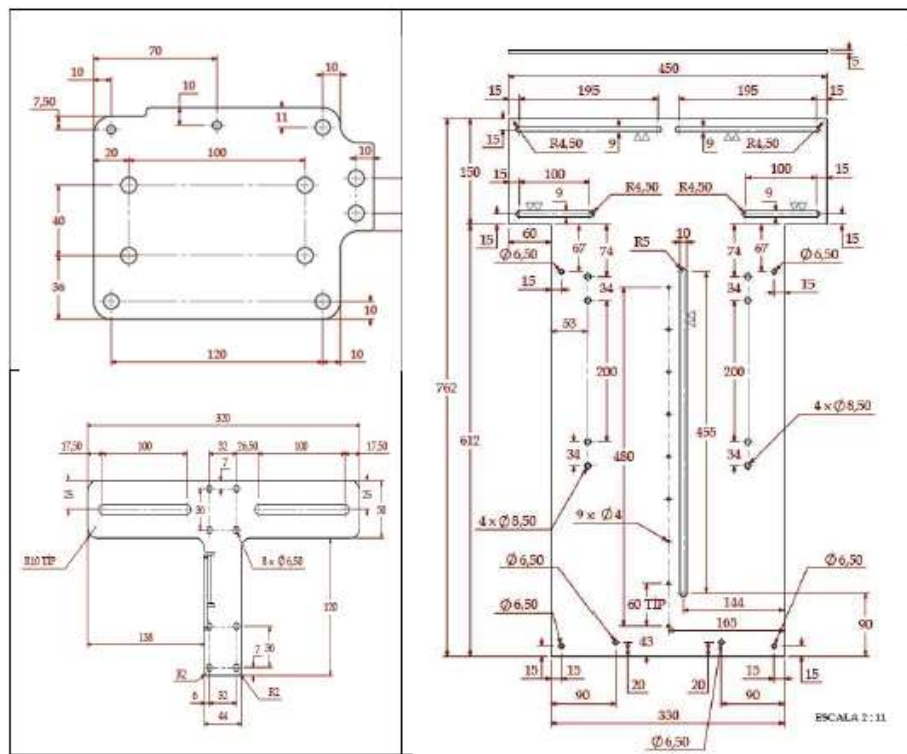
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Cotizaciones de elementos comerciales proveedores nacionales.

Señores
 INCAMETAL
 Ing. Juan Pablo Espinosa.
 Medellín, 17 de enero de 2019

Adjunto cotización según solicitud **corte laser para lamina inox 304 según planos:**

1. corte laser para lamina inox 304 según planos.



Las condiciones comerciales serían las siguientes:

- Costo --> \$ 2.850.000.00 más IVA.
- Tiempo de entrega --> 30 días .
- Forma de pago --> 60% con el pedido y saldo a la entrega.
- Lugar de entrega --> en planta.

Octavio Vélez
octavio.a.velez@gmail.com
 Cel: [300 512 49 28](tel:3005124928)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FESTO

LANDERS Y CIA S.A.S.
 CR 53 30 27 ZONA IND DE BELEN
 MEDELLÍN - Colombia
 NIT 8909000982

Orden de Compra: PARA INCAMETAL	Contacto: JUAN ESPINOSA
------------------------------------	----------------------------


Cotización
17524231

NIT: 8909000982	Teléfono 43500060/4350...	Fax: 43505253/435120
--------------------	------------------------------	-------------------------

Fecha:
31/01/2019

Forma de entrega: Entregas General	Condición de pago: 45 días después fecha factura
---------------------------------------	---

Validez:
20/02/2019



Busca ahorrar tiempo y costos?
 Eche un vistazo a nuestra Tienda Virtual Festo!
 Esta cotización se encuentra disponible en la tienda virtual. Simplemente haga clic en el link que aparece a continuación, regístrese con su usuario y contraseña para ordenar sus productos.
<https://www.festo.com/quote-es-co/0017524231>
 Si no se encuentra registrado para acceder a nuestro portal, haga clic en el siguiente link para aprender más de él.
<http://www.festo.com/es-co/signup>

Página:
1 de 1

No. de cliente:
26000861

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 CILINDRO AND-16-20-APA Plazo de Entrega: 9 Días hábiles	***30483	1.284.781,00	1 PZ	1.284.781,00
Item 2 CILINDRO STN-20-NA-200-DN Plazo de Entrega: 9 Días hábiles	***19786	3.065.653,00	1 PZ	3.065.653,00
Sub Total				4.350.434,00
IVA 19,00 %				826.582,00
Total				5.177.016,00
Valores en Pesos Colombianos.				

Festo S.A.S.

Vereda La Punta Autopista Medellín
 Km 6,3 Costado Sur
 TENJO
 Colombia
 Tel: +57 1 8857788
 Fax:
 NIT: 800.081.585-1
www.festo.com/co

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Formato: OP_CV_F_01

SISTEMAS DE MONITOREO AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL SIMAC SAS
 Nit: 800.275.257-8
 IVA REGIMEN COMUN
 NO SOMOS AUTORETENEDORES NI GRANDES CONTRIBUYENTES

Cotización No.: 6725
 Fecha de Emisión: 25.01.2019
 Válida Hasta: 26.01.2019
 Teléfono: 2235314 ext 102

DESCRIPCIÓN

De acuerdo a su amable solicitud, SIMAC S.A.S Empresa radicada en Medellín con 22 años de experiencia en la Automatización Industrial, distribuidor e integrador autorizado de las marcas Siemens, Ruggedcom y Rittal, le oferta los siguientes servicios de Ingeniería y/o productos.

Cotización

INCAMETAL_suministro e instalacion de logo V8 y sensores inductivos telemecanique
 INCAMETAL S.A
 Ing. Juan Pablo Espinoza

# Item	Cantidad	Precio Unit.	Total
1 PLC LOGO! 0BA8 24RCE	1	655000.00	655000.00
2 Osisense XS612B1PAM12	2	180000.00	360000.00
Subtotal:			1015000.00
Total (en \$):			1015000.00

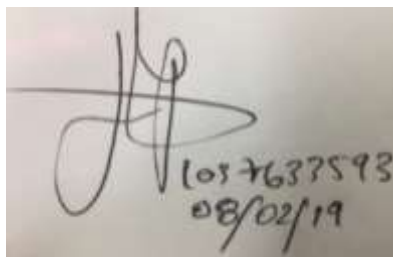
Condiciones Comerciales

- Tiempo de entrega: Por definir
- Validez de la oferta: 30 días
- IVA no incluido se facturará el vigente
- Si la cotización es aprobada favor enviar orden de compra por vuelta de correo.
- SIMAC se compromete con la seguridad y salud en el trabajo de sus empleados, contribuyendo con la protección del medio ambiente y la gestión energética. Cumpliendo con todos los requisitos de ley en la prestación y la ejecución de los servicios.
- Garantía: 1 año para suministros y equipos, y 2 meses para servicio técnico de ingeniería.

SIMAC SAS
 Nit: 800.275.257-8
 CALLE 35 D N. 90-22
 MEDELLÍN -
 COLOMBIA

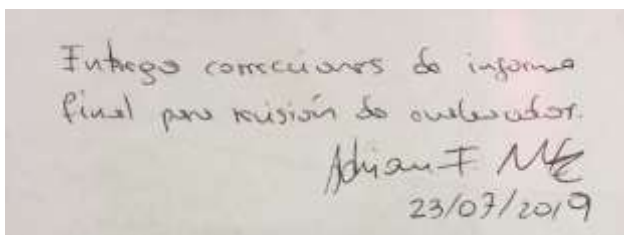
Tel.: 2534614
 Fax.: 2539314 OP. 104
 Web: www.simac.com.co
 Email: comercial@simac.com.co

Cotización No.: 6725, Página 1 de 1



1037637593
08/02/19

FIRMA ESTUDIANTES _____



Entrego correcciones de informe
final para revisión de asesorador.
Adrian F ME
23/07/2019

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: 8 de febrero de 2019

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD



Jorge SIERRA

RECHAZADO ___ ACEPTADO ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____