

# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



## IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SMED EN EL ÁREA DE INYECCIÓN

Opción 2. Titulación Integral -Tesis Profesional

Elaborada por:

Jesús Ledesma Sosa

Que presenta para obtener el título de:

**INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

Asesor:

Ing. Netzahualcóyotl Martínez Cazares

Uriangato, Gto.

Mayo de 2022

# “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SMED EN EL ÁREA DE INYECCIÓN”

Elaborada por:

**Jesús Ledesma Sosa**

Aprobado por. ....

Ing. Netzahualcóyotl Martínez cazares  
Docente de la carrera de Ingeniería electrónica  
Asesor de la tesis profesional

Revisado por. ....

M.C Pedro Durán Reséndiz  
Presidente de academia de la carrera de Ingeniería en sistemas automotrices  
Revisor de la tesis profesional

Revisado por. ....

M.C Mariano Braulio Sánchez  
Coordinador de la carrera de Ingeniería en sistemas automotrices  
Revisor de la tesis profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 06/Mayo/2022

**Asunto:** Liberación de proyecto para la titulación integral

**Ing. J. Trinidad Tapia Cruz**  
**Director Académico y de Estudios Profesionales**  
**ITSUR**  
**PRESENTE**

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Ledesma Sosa Jesús	
Carrera: Ingeniería en Sistemas Automotrices	Núm. de control: T16120210
Nombre del proyecto: Implementación del sistema SMED en el área de inyección	
Producto: Tesis profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

**ATENTAMENTE**

**M. C. Mariano Braulio Sánchez**  
**Coordinador de Ingeniería en Sistemas Automotrices**  
**ITSUR**

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

Ing. Netzahualcóyotl Martínez Cazares Asesor tesis profesional	M.C. Mariano Braulio Sánchez Revisor 1	M.C. Pedro Durán Reséndiz Revisor 2

c.c.p.- Expediente



Instituto Tecnológico Superior  
del Sur de Guanajuato  
COORDINACIÓN INGENIERÍA  
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

Mayo 2022

Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
Subdirección de Vinculación  
Departamento de Difusión y Concertación

DEPARTAMENTO ACADEMICO	CLAVE:MEIT0002E ISA-EGR-2022/13
---------------------------	------------------------------------

Uriangato, Guanajuato, **06/mayo/2022**

**Asunto:** Aprobación de impresión de trabajo profesional

**C. LEDESMA SOSA JESÚS**  
**PRESENTE:**

Por medio de este conducto, le comunico a usted que después de haber sido revisado su trabajo bajo la cual se derivó la Monografía Titulada:

**“Implementación del sistema SMED en el área de inyección”**

La comisión revisora, ha tenido a bien aprobar la impresión de este trabajo.

**ATENTAMENTE**

*“Excelencia en Educación Tecnológica”  
“Tecnología y Calidad para la Vida”*



**M.C. Mariano Braulio Sánchez**  
**Jefe de División de Ingeniería en Sistemas Automotrices**

Instituto Tecnológico Superior  
del Sur de Guanajuato  
Calle de la Industria No. 2000  
Uriangato, Guanajuato, Gto. C.P. 36900

C.c.p Unidad de Servicios Escolares  
C.c.p Coordinación de Ingeniería en Sistemas Automotrices  
C.C.p Archivo Consecutivo



Ave. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez, Uriangato, Guanajuato, C.P. 36900  
Tels. (445) 45 7 74 65 al 71 Ext. 715, e-mail: [promoción@itsur.edu.mx](mailto:promoción@itsur.edu.mx)  
[tecnm.mx](http://tecnm.mx) | [itsur.edu.mx](http://itsur.edu.mx)



**Título de la tesis:**

Implementación del sistema SMED en el área de inyección.

**Resumen**

La presente tesis tiene como finalidad exponer la realización y el proceso de la implementación del metodología SMED (Single Minute Exchange of Die o cambio de matriz en un solo dígito de minuto) la cual es una herramienta de Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta, esto en el área de inyección de plástico en la empresa industrial KOSTAL Mexicana S.A. de C.V. planta Acámbaro (KOMEX II). En si como tal SMED no es aplicar algo directo al proceso, pueden ser "x" ideas que pueden ser aplicadas, en este caso se realizó un sistema de auto purgado para los moldes de inyección e instalarlo en una máquina de bajo tonelaje, el cual se diseñó e implemento en la misma. Para esto fue necesario conocer las máquinas de inyección, los tipos termorreguladores que se tienen, los moldes que hay en planta, la preparación antes de cambio de molde, el proceso del cambio para la inyección, así como el fin del cambio, la parte mecánica, electrónica, neumática e hidráulica que lleva la máquina de inyección y termorreguladores.

En ese proyecto se utilizaron conocimientos y herramientas adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería en sistemas automotrices, como lo son electrónica analógica, electrónica digital, mecánica de fluidos, automatización, control, diseño asistido por computadora en este caso el manejo del software SolidWorks, programación, control estadístico de elementos automotrices y circuitos neumáticos e hidráulicos, solo por mencionar algunas y las cuales fueron de gran importancia para la elaboración de este proyecto.

Durante el termino y la instalación del sistema de auto purgado de los moldes en la maquina 160 de bajo tonelaje se pudieron comparar los tiempos en los que se realiza el cambio de producción logrando ahorrar un tiempo significativo entre cada cambio haciendo más rápido el cambio de herramental y así lograr un tiempo de fabricación más corto.

**Abstract:**

The purpose of this thesis is to expose the implementation and process of the implementation of the SMED methodology (Single Minute Exchange of Die or cambio de matriz en un solo digito de minute in Spanish) which is a Lean Manufacturing or Lean Manufacturing tool, this in the plastic injection area in the industrial company KOSTAL Mexicana S.A de C.V Acámbaro plant (KOMEX II).

In itself, SMED is not applying something directly to the process, there may be "x" ideas that can be applied, in this case an auto purge system was made for the injection molds and installed in a low tonnage machine, which was designed and implemented in it. For this it was necessary to know the injection machines, the thermoregulator types that are available, the molds that are in the plant, the preparation before changing the mold, the process of the change for the injection, as well as the end of the change, the mechanical part, electronic, pneumatic and hydraulic that carries the injection machine and thermoregulators.

In this project, knowledge and tools acquired throughout the engineering career in automotive systems were used, such as analog electronics, digital electronics, fluid mechanics, automation, control, computer-aided design in this case, the management of SolidWorks software, programming, statistical control of automotive elements and pneumatic and hydraulic circuits, just to mention a few and which were of great importance for the development of this project.

During the completion and installation of the auto purge system of the molds in the 160 low tonnage machines, it was possible to compare the times in which the

production change is made, saving significant time between each change by making the change of faster tooling. and this achieve a shorter manufacturing time.

### **Palabras claves**

- SMED
- Máquina de inyección
- Termorregulador
- Molde de inyección de plástico
- Arduino
- Electroválvulas
- Manifold
- Válvula check
- SolidWorks
- Purgar
- Niples
- Manufactura
- Procesos

**keywords**

- SMED
- Injection machine
- Thermoregulator
- Plastic injection mold
- Arduino
- Solenoid valve
- Manifold
- Check valve
- SolidWorks
- Purge
- Nipple
- Manufacturing
- processes

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor el ingeniero Netzahualcóyotl Martínez Cazares por su apoyo en la realización de este proyecto, así como la presente tesis y guiarme en cada una de las etapas y asimismo alcanzar los resultados que se pretendían alcanzar.

También quiero agradecer a la empresa KOSTAL mexicana S.A de C.V. planta Acámbaro por confiar en mí y darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales en su complejo, así como brindarme las herramientas y el apoyo para poder realizar este proyecto, no hubiese sido posible haber llegado a esto sin su ayuda y fe en mí; Al igual que agradezco a mis compañeros técnicos e ingenieros de KOSTAL por capacitarme y aclarar todas las dudas que iban surgiendo a lo largo de este tiempo.

Por ultimo no pueden faltar amigos que creyeron en mí, compañeros de la facultad, profesores que a lo largo de mi carrera estuvieron para instruirme, a mi padre José Jesus Ledesma Guzmán y mi madre Ma. Emma Sosa Ruiz que aunque ellos no tuvieron la oportunidad de tener una carrera universitaria me alentaron para que yo lograra terminar una, a mi demás familia que estuvo ahí en algún momento para darme ánimos y apoyarme en lo que pudieron, a mi novia Karla Fernanda García Grajeda que siempre estuvo ahí para lo que necesitara, para apoyarme y ayudarme en todo tipo de sentido.

A todos ellos y tal vez algunas otras personas que no mencione, pero que pusieron su grano de arena para que esto fuera posible les digo:

Muchas gracias.

## Tabla de contenido

Índice de imágenes.....	11
Índice de tablas .....	13
Capítulo 1 .....	14
Introducción.....	14
1.1 Descripción de la empresa .....	15
1.2 Descripción del área de trabajo .....	19
Capítulo 2 .....	21
Marco teórico (Antecedentes).....	21
2.1 El primer polímero .....	21
2.2 Primera máquina de inyección de plástico .....	22
2.3 Manufactura flexible .....	24
2.4 SMED .....	25
2.5 Funcionamiento del SMED .....	26
2.6 Cambio de moldes en una máquina de inyección de plástico .....	31
2.7 Purga del sistema de enfriamiento de un molde .....	34
Capítulo 3 .....	40
Planteamiento del problema .....	40
3.1. Identificación.....	40
3.2. Justificación.....	40
3.3. Alcance.....	41
Capítulo 4 .....	42
Objetivos .....	42
4.1 Objetivos generales.....	42
4.2 Objetivos específicos.....	42
Capítulo 5 .....	43
Metodología .....	43
5.1 Análisis de datos y costos.....	43
5.2 Diseño del sistema en CAD.....	45

5.3 Materiales y costos .....	49
5.4 Etapa de control del sistema.....	51
5.5 conexión e instalación del sistema.....	56
5.6 Identificación de cogido de colores.....	59
Capítulo 6 .....	63
Resultados .....	63
Capítulo 7 .....	64
Análisis de Resultados.....	64
Capítulo 8 .....	65
Conclusiones y trabajo a futuro .....	65
Referencias bibliográficas .....	66
Bibliografía .....	66
Anexos .....	67

## Índice de imágenes

Ilustración 1 Familia Kostal.....	15
Ilustración 2 Organigrama de Kostal .....	16
Ilustración 3 Matriz Kostal en Alemania .....	17
Ilustración 4 Kostal en el mundo. ....	18
Ilustración 5 Kostal en México.....	18
Ilustración 6 Inauguración Kostal Acámbaro. ....	19
Ilustración 7 Monómeros y polímeros.....	21
Ilustración 8 Primera máquina de inyección de plástico.....	22
Ilustración 9 Máquinas de inyección hoy en día. ....	23
Ilustración 10 ¿Cómo nos ayuda el SMED?.....	25
Ilustración 11 Etapas del SMED.....	31
Ilustración 12 Termorreguladores configurados a 100°C .....	34
Ilustración 13 Termorreguladores configurados a 120°C .....	35
Ilustración 14 Conexiones de mangueras desde los termorreguladores a los manifolds.....	36
Ilustración 15 Conexiones de mangueras de los manifolds hacia el molde a refrigerar.....	36
Ilustración 16 Purgado de un molde.....	38
Ilustración 17 conexiones de refrigeración en la parte debajo del molde .....	38
Ilustración 18 conexiones de refrigeración en la parte debajo del molde .....	39
Ilustración 19 Manifold .....	45
Ilustración 20 Modelado de manifold en SolidWorks.....	46
Ilustración 21 Vista lateral de electroválvula.....	46
Ilustración 22 Vista frontal de electroválvula .....	47
Ilustración 23 Modelado de una electroválvula en SolidWorks.....	47
Ilustración 24 Vista lateral del sistema de auto purga en SolidWorks .....	48
Ilustración 25 Vista isométrica del sistema de auto purga realizado en SolidWorks .....	48
Ilustración 26 Vista isométrica del sistema de auto purga realizado en SolidWorks .....	49
Ilustración 27 Etapa de control del sistema.....	51
Ilustración 28 código de Arduino para etapa de control del sistema. ....	52
Ilustración 29 Código en Arduino para etapa de control del sistema.....	53
Ilustración 30 Código en Arduino para simular electroválvulas con leds.....	54
Ilustración 31 Armado de circuito en protoboard. ....	55

Ilustración 32 Armado de circuito en protoboard .....	55
Ilustración 33 conexiones de electroválvulas .....	56
Ilustración 34 conexiones de electroválvulas .....	56
Ilustración 35 instalación del sistema en maquina 160 .....	57
Ilustración 36 instalación del sistema en maquina 160 .....	57
Ilustración 37 instalación del sistema en maquina 160 .....	58
Ilustración 38 instalación del sistema en maquina 160 .....	58
Ilustración 39 Manifold antes de la mejora. ....	59
Ilustración 40 Manifolds en el proceso de la mejora.....	60
Ilustración 41 Mejora terminada en los manifolds. ....	61
Ilustración 42 Grafico de resultados de identificación de colores. ....	63
Ilustración 43 Grafica de máquinas donde se logró instalar el sistema auto purga	64

## Índice de tablas

Tabla 1 Actividades .....	20
Tabla 2 Pasos para realizar un cambio de molde. ....	33
Tabla 3 Diagrama hombre máquina de los tiempos empleados durante el purgado de un molde.....	44
Tabla 4 Resumen del capital por ahorrar durante un cambio de molde en una máquina .....	44
Tabla 5 Costos de materiales.....	50
Tabla 6 Maquinas a las que se realizó identificación de colores .....	62

## **Capítulo 1**

### **Introducción.**

(alianza automotriz, 2011) menciona que la industria automotriz se ha convertido en un sector muy importante y estratégico para la economía mexicana, pues es la segunda industria más importante, solo después de la petrolera.

Asimismo, la industria automotriz representa una gran fuente de empleos, pues por la demanda de la industria se van abriendo cada vez más complejos de las distintas compañías que hay.

KOSTAL mexicana S.A. de C.V. extensión II (KOMEX II) filial que está en la ciudad de Acámbaro, Guanajuato, se dedica a diseñar, manufacturar, ensamblar y probar elementos electrónicos y electromecánicos (como arneses eléctricos, switches para ventanas, paneles de switches, entre otros componentes fabricados a base de moldeo por inyección de plástico), para clientes automotrices muy importantes tales como GM, CHRYSLER, MERCEDEZ BENZ, FORD, AUDI, entre otros.

Tanto en KOSTAL como otras empresas manufactureras se puede aplicar el dicho “el tiempo es oro” pues no se debe de dejar de producir, al menos que se vaya a realizar un cambio de herramental, y es por ello que con la metodología SMED, el principal objetivo es disminuir el tiempo entre cambio de herramental para así intentar que quede en un solo dígito de minuto.

Este proyecto se realizó en el área de inyección de plástico, donde se buscó optimizar el tiempo entre cambio de herramental con el diseño de un sistema de auto purgado para los moldes, el cual ahorra tiempo, así como también posibles accidentes a la hora de purgar un molde de forma manual.

## **1.1 Descripción de la empresa**

(Millán, 2015) menciona en su informe técnico que El grupo KOSTAL es una empresa familiar independiente con sede en Alemania. En 1912 Leopold Kostal fundó la empresa matriz en Lüdenscheid iniciando la producción de enchufes e interruptores para el uso doméstico e industrial. En 1927 la empresa entró en el mercado de electricidad de automoción con un interruptor direccional de desarrollo propio. Pocos años más tarde, en el 1935, Kurt Kostal se integró en la empresa como segunda generación de la familia Kostal. La dirección conjunta de estas dos generaciones dio como resultado un claro enfoque de Leopold KOSTAL KG hacia el desarrollo y producción de productos para el automóvil. Leopold Kostal, el fundador de la empresa, falleció en 1961 a la edad de 77 años. Algo más de diez años después, en 1972, el Dipl.-Kfm. Helmut Kostal, nieto de Leopold Kostal, se integró en la empresa como tercera generación. Al fallecer Kurt Kostal en 1981, su hijo Helmut tomó el cargo de la empresa dirigiéndola más y más hacia la demanda internacional, llegando en 1995 a establecer las cuatro divisiones comerciales de Leopold Kostal GmbH. Actualmente la empresa es dirigida por el hijo de Helmut Kostal, Andreas Kostal desde comienzos del 2011.



*Kurt Kostal con su hijo Helmut y su padre Leopold.*



*Andreas con su padre Helmut Kostal*

*Ilustración 1. Familia Kostal. (Millán, 2015)*

A continuación, se muestra el organigrama de Kostal Mexicana S.A. de C.V. donde podemos ver que el presidente general de la compañía es el Dr. Walter Maisel:

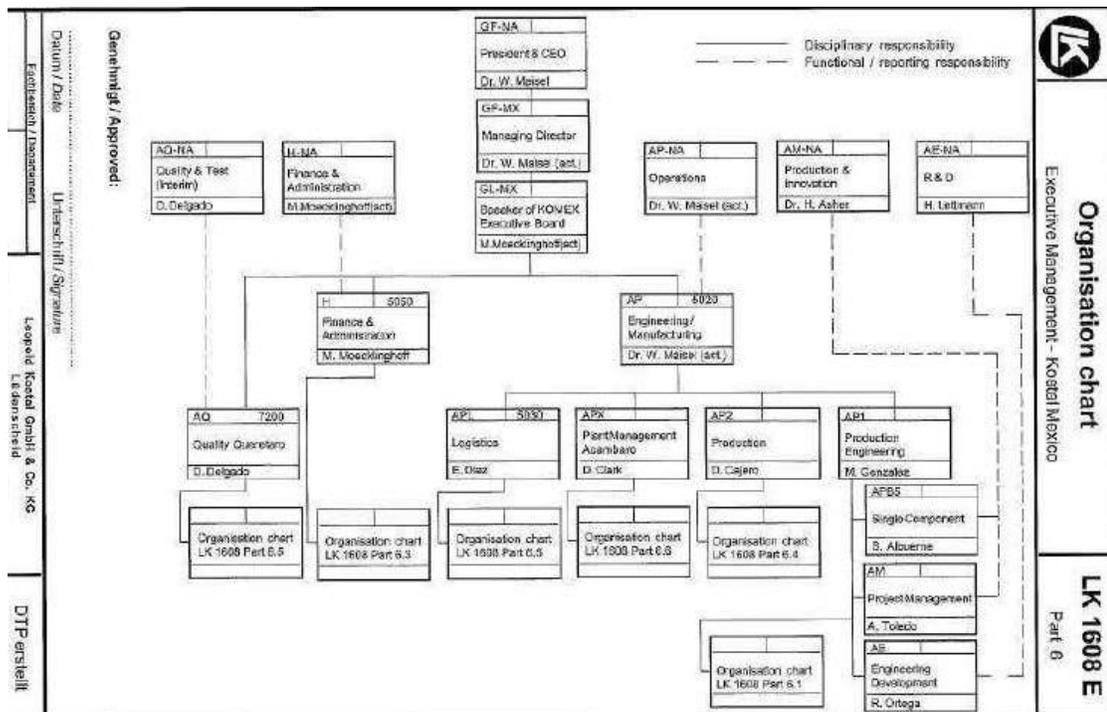


Ilustración 2. Organigrama de Kostal. (Millán, 2015)

## Misión

Kostal Mexicana es una empresa establecida para generar beneficios económicos, financiar su propio crecimiento y dar oportunidad de desarrollo profesional y humano a todo su personal, a través de ejercer un liderazgo tecnológico en la fabricación y desarrollo de productos automotrices para el mercado NAFTA.

## Visión

Kostal Mexicana es una empresa líder en la fabricación de productos y sistemas electrónicos, electromecánicos y mecatrónicos, mundialmente reconocida por su alta calidad y atención al cliente y por los resultados logrados con la excelencia de todo su personal comprometido con la mejora continua.

## Valores

Innovación a la introducción de nuevos productos y métodos de trabajo, Orientación a resultados enfocados y direccionados para alcanzar la meta, trabajo en equipo, compromiso con lo que se dice y se hace y comunicación abierta con confianza.

La empresa Kostal Mexicana está dada de alta ante hacienda como una empresa de Sociedad Anónima de Capital Variable; por lo cual, su nombre es Kostal Mexicana, S.A. de C.V.

Existen filiales en todas partes del mundo, la primera y sede principal se encuentra en Lüdenscheid, Alemania, y es conocida como “Leopold Kostal GmbH & Co. KG”



*Ilustración 3, Matriz Kostal en Alemania. (Millán, 2015)*

También se cuenta con filiales como en los países de Brasil, Bulgaria, China, Corea del Sur, España, Estados Unidos, Francia, Grecia, India, Inglaterra, Irlanda, Italia, Japón, Ucrania, México, y Republica Checa.



importantes, particularmente todos los líderes de producción de automóviles, forman parte de nuestros clientes.

Para ofrecer a estos clientes la experiencia internacional de una empresa con estructura global y a su vez dar la flexibilidad de una empresa familiar de tamaño medio, trabajan en 39 emplazamientos mundiales unos 16.000 colaboradores, garantizando competencia y flexibilidad cerca del cliente. El grupo KOSTAL se divide en cuatro divisiones comerciales: Eléctrica de Automóvil, Eléctrica Industrial, Sistemas de contratación y Tecnología de ensayos.



*Ilustración 6. Inauguración Kostal Acámbaro. (Millán, 2015)*

### **1.2 Descripción del área de trabajo**

El desarrollo del proyecto se realizará en el área de inyección de la empresa Kostal planta Acámbaro. Para lograr los objetivos planteados se desarrollarán varias actividades, en la tabla 1 se muestran detalladamente las actividades.

Actividad	Descripción de actividad detallada
Realizar diagrama Hombre Máquina	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar investigación documental sobre los diagramas hombre máquina.</li><li>• Conocer el área de inyección y los productos que se fabrican.</li><li>• Conocer el personal del área y las actividades que realizan.</li><li>• Observar los tiempos de cambio de moldes y ajustes de las máquinas de inyección.</li></ul>
Identificación de código de colores	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar las conexiones del termostato a los manifold e identificar con colores para rápida identificación a la hora de conectar al sistema de enfriamiento del molde, así como al purgar el mismo.</li></ul>
Diseño e implementación de sistema de auto purgado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseñar el sistema de auto purga en CAD.</li><li>• Programar en Arduino.</li></ul>

*Tabla 1 Actividades*

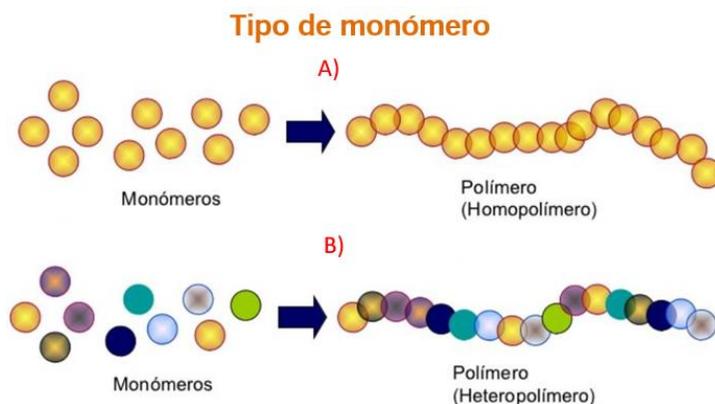
## Capítulo 2

### Marco teórico (Antecedentes).

#### 2.1 El primer polímero

(PRIVARSA, 2017) menciona que el poliéster elaborado con glicerina y ácido tartárico, fue el primer polímero de condensación producido en 1847 por Jacob Berzelius, antes de la inyección de plástico, a quien se le atribuye la creación de términos químicos como catálisis, polímero, isómero y alótropo, con sus definiciones originales.

El término “polímero” lo comenzó a utilizar con la finalidad de distinguir a los compuestos orgánicos de mayor peso molecular, pero que compartían las mismas fórmulas empíricas que otros de menor peso. Los compuestos grandes eran los polímeros de los pequeños.



*Ilustración 7. Monómeros y polímeros. (Villanueva, 2015)*

En 1862, Alexander Parkes presentó un nuevo material derivado de la celulosa en una exposición internacional llevada a cabo en Londres, al que llamó Parkesina, el cual se podía calentar, moldear y enfriar manteniendo su forma. Sin embargo, era muy frágil y costoso.

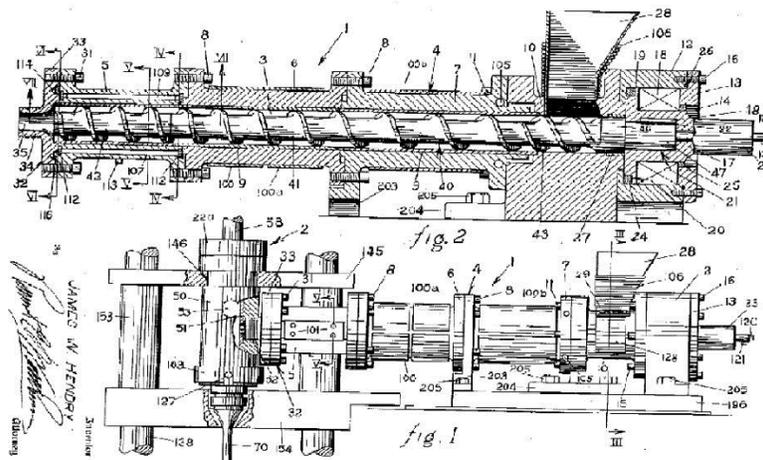
Los hermanos John e Isaiah Hyatt desarrollaron en 1868 un material plástico que superaba al de Parkes, llamado celuloide. En 1872 patentaron la primera máquina

de moldeo por inyección de plástico en la historia, con un proceso muy simple en comparación con las máquinas actuales.

## **2.2 Primera máquina de inyección de plástico**

(PRIVARSA, 2017) menciona que durante algunas décadas la industria de inyección de plástico no avanzó mucho, pero con la demanda de productos en serie de bajo costo y gran volumen que se derivó de la Segunda Guerra Mundial, los productos de plástico moldeado se hicieron muy populares. En 1920 se construyó en Alemania una máquina para la producción de piezas de materiales termoplásticos, mediante el proceso de inyección, dicha máquina era totalmente manual, posteriormente, en 1927 y en el mismo país, se desarrolló una máquina para inyección de plásticos accionada por cilindros neumáticos, pero no tuvo mucho éxito debido a que se requería de máquinas con presiones superiores.

La primera máquina de inyección de plástico con husillo fue creada por James Watson Hendry en 1946, la cual permitía tener mayor control de la velocidad y calidad del producto terminado, además de mezclar materiales de color o reciclados con los materiales vírgenes.



*Ilustración 8 Primera máquina de inyección de plástico. (PRIVARSA, 2017)*

Hendry perfeccionó su proceso de moldeo, que sigue siendo la base de los equipos en la actualidad, al integrar sistemas que permitieron producir piezas huecas y complejas, que ofrecían mayores posibilidades de diseño, reducción de tiempos, costo, peso y residuos. A las máquinas manuales siguieron máquinas accionadas hidráulicamente, cuya construcción alcanzó su verdadero desarrollo hasta el término de la segunda guerra mundial. Eran equipos que no requerían complicados y costosos sistemas hidráulicos para operar, por su sencillez se podían instalar en pequeños locales. A partir de ese momento, el desarrollo y la evolución técnica fue sorprendente. Actualmente, se cuenta con máquinas totalmente automáticas que no requieren de la intervención del operador.

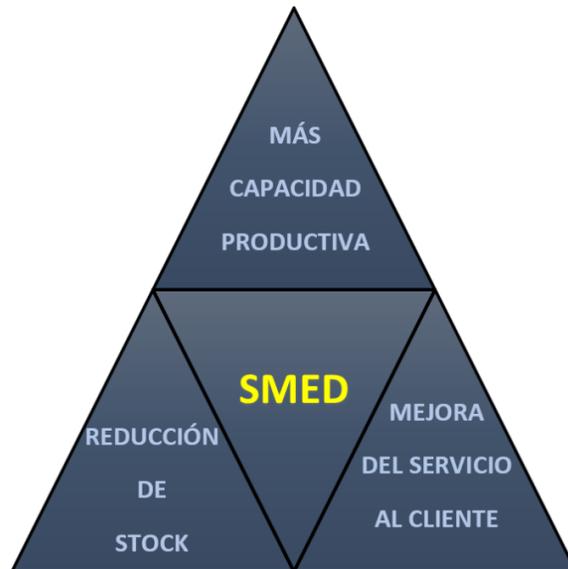


*Ilustración 9 Máquinas de inyección hoy en día. (engel de mexico, 2016)*

### **2.3 Manufactura flexible**

En el artículo de internet de (Badii, 2004) podemos leer que el concepto de manufactura flexible, manufactura avanzada o simplemente manufactura de clase mundial, consiste en un conjunto de herramientas que ofrecen a la empresa de transformación industrial diferentes alternativas para el incremento de la productividad y como una consecuencia posterior de la posición competitiva de la empresa. Antes de seguir más adelante con el concepto de la manufactura flexible es necesario identificar las variables relacionadas al proceso de transformación. Un proceso es un conjunto de etapas secuenciales en las cuales existen cuatro funciones principales: 1) manufactura: cambio o valor agregado al producto, 2) inspección: comparación de un objeto contra un estándar, 3) transportación: implica un movimiento de materiales de un lugar a otro, y 4) demoras: periodo de tiempo durante el cual se espera hasta ser requerido por otra etapa secuencial de proceso. Típicamente las actividades de inspección, transportación y demoras, en donde no se realiza una transformación directa, pueden ser consideradas como sobre costos, e inclusive podríamos hablar de gastos, ya que durante estas etapas, muy difícilmente se puede agregar valor, por lo tanto será necesario analizar en detalle por qué debe realizarse una parada de producción e inspeccionar el producto, transportarlo o inclusive detener su transformación hasta que otro proceso subsiguiente lo requiera. Uno de los sobre costos, es el tiempo de preparación, debido a que, mientras se cambia el procesamiento de un producto a otro, se pierde tiempo, por lo tanto, es un desperdicio. El SMED, está enfocada a reducir e inclusive a eliminar el tiempo muerto, por cambios de un producto a otro, comúnmente conocido como "Set-Up".

## **2.4 SMED**



*Ilustración 10 ¿Cómo nos ayuda el SMED? (INSTITUTO DE PRODUCTIVIDAD EMPRESARIAL APLICADA, 2017)*

Según (Lean, 2018) , SMED es el acrónimo en lengua inglesa de Single Minute Exchange of Die, que en español significa “cambio de matriz en menos de 10 minutos”.

El SMED nació de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que pasaban por las prensas de estampación, optimizando para ello el tiempo de cambio empleado en pasar de una matriz a otra.

Hoy en día el SMED se aplica a las preparaciones de toda clase de máquinas. Para hablar sobre el SMED conviene tener claros una serie de conceptos:

- Tiempo de cambio: es el tiempo desde que se fabrica la última pieza del producto saliente hasta la primera pieza OK del producto entrante. Por tanto, durante el tiempo de cambio la máquina está parada.

- Preparación: operaciones necesarias para el cambio de referencia. Toda preparación es desperdicio (MUDA), ya que no aporta valor para el cliente.
- Preparación interna: operaciones de la preparación que sólo pueden realizarse con máquina parada.
- Preparación externa: operaciones de la preparación que pueden realizarse con la máquina en marcha.

El SMED sirve para reducir el tiempo de cambio y para aumentar la fiabilidad del proceso de cambio, lo que reduce el riesgo de defectos y averías.

La reducción del tiempo de cambio de referencia puede aprovecharse de dos maneras:

- Para incrementar el OEE y la Productividad. Manteniendo tanto la frecuencia de cambio de las referencias como el tamaño de los lotes.
- Para reducir el stock en proceso. Incrementando la frecuencia de cambio de las referencias y reduciéndose el tamaño de los lotes.

Desde el punto de vista del Lean Manufacturing siempre interesará reducir los niveles de stock.

El incremento del OEE y Productividad quedará vinculado a lo justa que vaya nuestra capacidad para satisfacer la demanda del cliente.

## **2.5 Funcionamiento del SMED**

En 1969 el padre del SMED, el Dr. Shigeo Shingo, definió sus fundamentos al conseguir reducir el tiempo de cambio de una prensa de 1000 toneladas de 4 horas a 3 minutos, de ahí surgió lo de “menos de 10 minutos”.

Aunque en la definición de SMED se hable de reducir los tiempos de preparación en menos de 10 minutos, esto no siempre será posible.

La realización del SMED sigue 7 pasos:

### 1) Preparación Previa:

Esta etapa consta de dos partes:

#### 1.1) INVESTIGAR:

Conocer el producto, la operación, la máquina, la distribución en planta (layout), las instrucciones de la preparación existentes...

Obtener datos históricos de los tiempos de preparación (estos datos serán sólo útiles si la situación en la que se tomaron es comparable a la de partida).

Observar la preparación.

#### 1.2) CREAR UN EQUIPO:

Se trata de constituir un equipo, darle la formación necesaria sobre los fundamentos del SMED y darle a su vez los medios necesarios para poder realizarlo.

Sobre el equipo deberá estar constituido por:

- Persona/s con experiencia en la preparación.
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones técnicas
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones organizativas.

Sobre los medios:

- Videocámara con baterías y tarjetas de memoria suficientes.
- Plano de la distribución en planta con un tamaño que permita ser manejado.

- Papel y lápiz.
- Calculadora.
- Un lugar de reunión para analizar en equipo todos los datos y que permita poder visualizar las grabaciones.

2) Analizar la actividad sobre la que va a centrar el taller SMED:

Se trata de filmar en detalle todas y cada una de las actividades que se realizan durante el proceso de cambio de referencia. En el caso de que intervengan en él varias personas todas deberán ser grabadas.

El inicio de la grabación se dará tras el fin de fabricación de la última pieza de la referencia saliente y el final de grabación se dará con el inicio de fabricación de la primera pieza OK de la referencia entrante.

Si la máquina no extrae una pieza OK se considera que seguimos dentro de la preparación y en estos casos, la comprobación de la calidad de la primera pieza fabricada puede ser considerada como la última operación de la preparación.

Una vez realizadas las grabaciones y ya en una sala, el equipo del taller SMED usará las grabaciones para detallar todas las actividades de las que consta el proceso de cambio de referencia, indicando a su vez su duración. De esta forma se obtiene el tiempo de ciclo estándar del proceso.

3) Separar lo interno de lo externo

En esta fase todos los miembros del equipo van repasando todas y cada una de las anteriores actividades para identificar aquellas que pueden ser externas.

En este punto conviene recordar lo indicado al inicio de este post. Una actividad externa es aquella que se puede realizar con la máquina en marcha y por tanto su tiempo de ejecución no afecta al tiempo de ciclo total del proceso.

De ahí la importancia de convertir cuantas más actividades se puedan del proceso de cambio de referencia en externas.

#### 4) Organizar las actividades externas

Como las actividades externas se pueden hacer con la máquina parada, en esta etapa el equipo debe de hacer un ejercicio de planificación con el objeto de que todas las actividades externas estén preparadas en el momento vaya a comenzar el proceso de cambio de referencia.

El resultado de esta etapa suele ser una CHECK-LIST a realizar en la zona donde se está haciendo el taller SMED.

Algunas de las consideraciones que suele recoger esta lista:

¿Qué preparaciones necesitan ser hechas de antemano?; ¿qué herramientas y piezas necesitan estar a mano de los operarios que hacen el cambio?; ¿dónde deben colocarse las herramientas y piezas?; ¿están las herramientas y piezas en buenas condiciones?; ¿dónde deben colocarse el elemento (útil, matriz, etc.) después de desmontarse?; ¿Cómo serán transportadas las herramientas y piezas?, etc.

#### 5) Convertir lo interno en externo

Para cada una de las actividades que se han decidido convertir en externas el equipo debe definir el plan de acción a seguir para lograr esa conversión.

De esta forma para cada actividad se debe indicar que se va hacer, quien lo va hacer y cuando debe tenerlo terminado.

6) Reducir los tiempos de las actividades internas

En esta fase el equipo debe de plantear ideas de mejora para reducir los tiempos de ejecución de las actividades internas.

Una vez que se ha definido una idea de mejora y esta ha sido aceptada por todos, el equipo debe definir el PLAN DE ACCIÓN a seguir para implementar esa idea de mejora.

7) Realizar el Seguimiento

Una vez terminado el taller SMED por primera vez es vital realizar el seguimiento para ver si el nuevo estándar definido sufre desviaciones y en caso de que así sea, poder tomar acciones correctoras.

De esta forma el seguimiento que se suele hacer se apoya en 2 soportes:

Registrar todas las incidencias que se han dado durante la semana. Sobre la Checklist se puede hacer.

Registrar todos los tiempos de cambio que se dan durante la semana para luego, en una gráfica, representar los valores máximos, mínimo y medio de cada semana. La evolución de los datos desvela las desviaciones.



Ilustración 11 Etapas del SMED. (Carbonell, 2013)

## 2.6 Cambio de moldes en una máquina de inyección de plástico

Realizar un cambio de molde es frecuente en la industria del plástico debido a que los moldes requieren de un mantenimiento preventivo y correctivo. La frecuencia del mantenimiento de los moldes varía según sus características. Otro factor que se considera para realizar un cambio de molde es la demanda de piezas; si se requiere una pieza en especial, el cambio será programado y realizado a la brevedad.

Realizar un cambio de molde implica una serie de pasos que pueden ser seguidos en orden o aleatoriamente, el seguir los pasos ayuda a realizar con eficiencia un cambio de molde (Tabla 2). Cambiar un molde es un proceso en el que se debe emplear un tiempo determinado. La duración de un cambio de molde depende de las habilidades del técnico montador y la herramienta disponible. Realizar un cambio de molde en el menor tiempo posible es de gran ventaja para las empresas porque su producción es constante y sus ganancias se mantienen.

## Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE UN CAMBIO DE HERRAMENTAL (MOLDE PARA INYECCION DE PLASTICO).
Recibir orden de cambio de molde.
Recoger documentación.
Recoger orden de producción y etiquetas de pizarrón.
Buscar molde en carritos de preparación o rack.
Llevar molde con documentación y orden a máquina.
Llevar carrito de herramienta a máquina.
Recoger documentación del molde anterior y comenzar a llenar la hoja de orden de cambio.
Colocar nueva documentación en pizarrón.
Colocar grúa viajera sobre máquina para terminar con la preparación del molde.
Poner grúa viajera en posición para desmontar molde anterior.
Solicitar a supervisor llave de seguridad de la máquina para desbloquear acceso.
Apagar los termos de flujo de agua. En el panel de control pulsar el botón indicado para que la máquina realice el último ciclo de inyección y se pare.
Poner la máquina en modo ajuste, con la máquina en modo ajuste, se mueve hacia atrás el husillo, se abre el molde y se desconectan las calefacciones (en caso de moldes con colada caliente).
Cerrar el molde.
Realizar purga en molde del fluido anticongelante.
Quitar las mangueras de flujo de anticongelante
Realizar las desconexiones eléctricas necesarias (Noyós).
Quitar cilindro de refrigeración fría de la placa índice y ponerlo en patín.
Colocar seguros viajeros en el molde.
Colocar cáncamo y enganchar el molde con el puente de la grúa, tensar y aflojar clamps.
Sacar el molde para colocarlo en el carrito de preparación.

Llevar el molde a taller mecánico.
Regresar a máquina para montar nuevo molde previamente preparado.
Levantar molde con la grúa para colocarlo sobre máquina.
Centrar molde y nivelarlo (para evitar fugas de material).
Clampear molde sin quitar la grúa.
Retirar la grúa y abrir molde.
Colocar cilindro de refrigeración para placa índice.
Colocar mangueras de termorreguladores (entradas, salidas y placas).
Colocar mangueras hidráulicas (noyó 1 y 2, placa índice).
Meter parámetros a la máquina de acuerdo a la hoja de ajuste.
Retirar la remanencia e inyectar material.
Rectificar llenado de pieza que este dentro de un 95 % a un 98%
Meter remanencia y comparar piezas con las piezas master.
Programar robot para el apilado de las piezas.
Llenar documentación necesaria y llevar a CEP las piezas para su liberación conforme a la orden de cambio.
Realizar movimiento en el SAP del molde que se bajó y el que se subió a maquina

*Tabla 2 Pasos para realizar un cambio de molde.*

## **2.7 Purga del sistema de enfriamiento de un molde**

Los moldes para inyección de plásticos tienen un sistema de refrigeración interno que atempera el molde para darle mayor fluidez al plástico inyectado, el sistema de refrigeración utiliza agua de chiller que es suministrada desde unos termostatos que se encargan de aumentar o disminuir la temperatura del agua de chiller (ilustración 12 y 13). Esta temperatura se programa de acuerdo al polímero que se está inyectando durante el proceso.



*Ilustración 12 Termostatos configurados a 100°C*



*Ilustración 13 Termostatores configurados a 120°C*

El trayecto del agua de chiller va desde los termostatores hacia unas mangueras que llegan a unos manifolds que realizan la distribución del agua dentro del sistema interno que tiene el molde (ilustraciones 14 y 15).



*Ilustración 14 Conexiones de mangueras desde los termostatos a los manifolds.*



*Ilustración 15 Conexiones de mangueras de los manifolds hacia el molde a refrigerar.*

El flujo realiza un ciclo dentro del molde, cuando un molde se cambia el sistema de refrigeración del molde está lleno de agua de chiller y es necesario sacar ese fluido para poder realizar el mantenimiento del mismo, a este proceso se le llama purga del molde.

La forma de realizarlo es desconectando todas las mangueras que están conectadas al molde desde los manifolds. Como se puede observar en la ilustración 15 los manifolds tienen conectadas dos mangueras hacia el molde, una es por donde entra el agua y la otra por donde sale. Cuando se purga un molde lo primero que se realiza es desconectar estas dos mangueras, pero solo del manifold y a una de ellas conectar una pistola de aire para sacar el agua a presión. El agua saldrá por la otra manguera que estará dentro de un recipiente donde se acumula el agua (Ilustración 16).



*Ilustración 16 Purgado de un molde.*



*Ilustración 17 conexiones de refrigeración en la parte debajo del molde*  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



*Ilustración 18 conexiones de refrigeración en la parte debajo del molde*

## **Capítulo 3**

### **Planteamiento del problema**

#### **3.1. Identificación.**

En el área de inyección se presenta un área de mejora, ésta es la disminución de tiempo durante el cambio de herramental. Un cambio de molde tarda más de 90 minutos aproximadamente. El tiempo varía de acuerdo al tonelaje de los moldes y las máquinas; entre mayor es el tonelaje del molde mayor es el tiempo que se utiliza para el cambio porque los moldes de mayor tonelaje son más complejos y tienen más conexiones. Se pretende bajar el tiempo mencionado aproximadamente 20 minutos. Cabe mencionar que por día se hacen aproximadamente 5 cambios de molde. Una de las actividades donde mayor tiempo se invierte es en la purga del molde, el tiempo promedio para purgar un molde es de 20 minutos y se debe hacer manualmente. Purgar un molde es peligroso porque las temperaturas del agua de enfriamiento son elevadas y puede provocar quemaduras en los técnicos. Esta actividad es la que requiere mayor atención, por tal razón se realizara un sistema de auto purga que permita disminuir su tiempo de realización.

#### **3.2. Justificación.**

Desarrollar el proyecto es relevante para la empresa porque de obtenerse buenos resultados la producción aumentaría debido al tiempo ahorrado en cada cambio de molde. Cuando se hace un cambio de molde la maquina deja de producir y al ocurrir esto la economía de la empresa se ve afectada porque hay ocasiones donde se paran líneas de ensamble por falta de piezas, ahí los operadores detienen sus actividades y se les debe pagar, entre más tiempo una maquina está parada la economía de la empresa será más afectada. Cabe mencionar que por día se hacen aproximadamente 5 cambios de moldes. El tiempo ahorrado podrá ser utilizado por los ingenieros y técnicos para realizar otras actividades o incluso hacer otros

cambios de moldes y dar mantenimiento a los mismos. Implementar el proyecto en especial el sistema de auto purga será de gran relevancia para la empresa porque se estará innovando y en base a él se podrán desarrollar sistemas mejores y más compactos.

### **3.3. Alcance.**

La elaboración del proyecto puede dar buenos resultados, para ello deberá de tenerse el material necesario en tiempo y forma. Si se logran obtener buenos resultados al implementarlo el proyecto podrá ser aplicado a todas las máquinas de la empresa y posteriormente a otras plantas de la empresa.

## **Capítulo 4**

### **Objetivos**

#### **4.1 Objetivos generales.**

Reducir los tiempos de montaje y desmontaje de moldes al menos un 10%.

#### **4.2 Objetivos específicos.**

- Conocer y comprender el proceso de montaje y desmontaje de los moldes de inyección.
- Lograr identificar las conexiones de termorregulador-manifold-molde.
- Desarrollar propuestas para el diseño de un sistema de auto purga del sistema de enfriamiento de los moldes.
- Diseñar el sistema en CAD.
- Realizar la programación del sistema
- Instalar el sistema de autopurga en todas las maquinas de la planta.

## Capítulo 5

### Metodología

Este proyecto se realizó en el área de inyección de la empresa manufacturera Kostal Mexicana S.A. de C.V. donde el cambio de herramental toma un tiempo significativo, por lo tanto, se busca reducir este.

#### 5.1 Análisis de datos y costos

Para desarrollar el proyecto y analizar su viabilidad se realizó un diagrama hombre maquina donde se observaron los beneficios en cuanto a la disminución del tiempo. Posterior a ello se hizo una estimación sobre el capital que se pretende ahorrar con la implementación del proyecto (Tablas 3 y 4).

#### DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE MAQUINA

Tema del diagrama: proceso de purgado del sistema de refrigeración del molde.

Maquina: 260

Fecha: 23 de septiembre de 2021

Descripción del elemento	Técnico		Máq.	
Preparar contenedor para liquido (buscar y llevar a la maquina donde se realizará el cambio).	1:20 min		1:20 min	
Preparar niples para purgado.	1:30 min		1:30 min	
Bajar temperaturas a los termorreguladores.	9:50 min		9:50 min	
Apagar los termorreguladores.	0:30 min		0:30 min	

Conectar manguera de aire a la máquina.	1:20 min		1:20 min
Desconectar las mangueras de entrada y salida de los manifold, a la vez conectar el niple a la manguera de salida del molde e introducirla al contenedor. Posteriormente conectar la manguera de aire a la manguera de entrada del molde y dar presión de aire.	3:37min		3:37min
Desconectar todas las mangueras conectadas al molde.	1:30 min		1:30 min

<b>Tiempo empleado para purgar el molde</b>	<b>18:17 min</b>
---	------------------

Tabla 3 Diagrama hombre máquina de los tiempos empleados durante el purgado de un molde.

<b>Resumen Del Diagrama Hombre Máquina</b>	
Tiempo ciclo de producción de la pieza.	25 Seg.
Costo de la pieza.	\$14.00
Tiempo de máquina parada.	18.17 min
Cantidad de piezas sin producir.	44
Cantidad monetaria perdida	\$616.00

En la tabla 4 se observó la pérdida que existe durante el tiempo muerto por la purga de un *Tabla 4 Resumen del capital por ahorrar durante un cambio de molde en una máquina* molde y se estimó el ahorro que se puede realizar al implementar el proyecto, esa estimación solo se realizó de una máquina y cabe mencionar que en la empresa hay 23 máquinas y diario hay 5 cambios de moldes y el valor de las piezas cambia por lo cual solo se hizo una prueba para analizar el impacto económico y determinar su viabilidad.

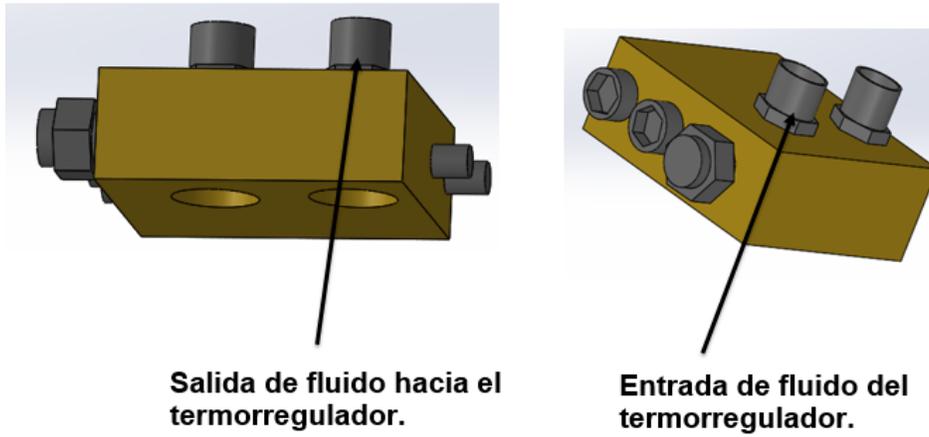
Al hacer la prueba anterior se concluyó que era viable aplicar el proyecto.

## **5.2 Diseño del sistema en CAD**

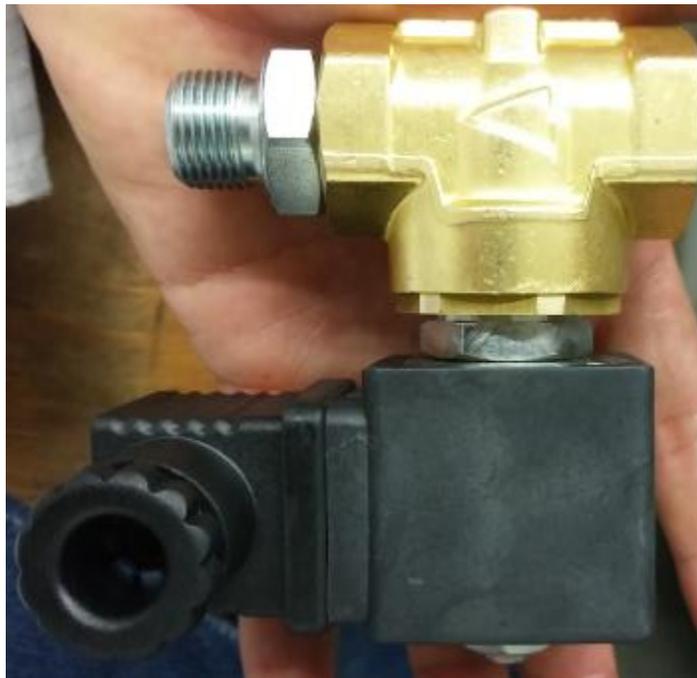
Para evitar pérdida de material a utilizar se diseñó el prototipo del sistema de auto purga y cada uno de los elementos que van de la mano en CAD, utilizando el software SolidWorks.



*Ilustración 19 Manifold*



*Ilustración 20 Modelado de manifold en SolidWorks*



*Ilustración 21 Vista lateral de electroválvula*



Ilustración 22 Vista frontal de electroválvula

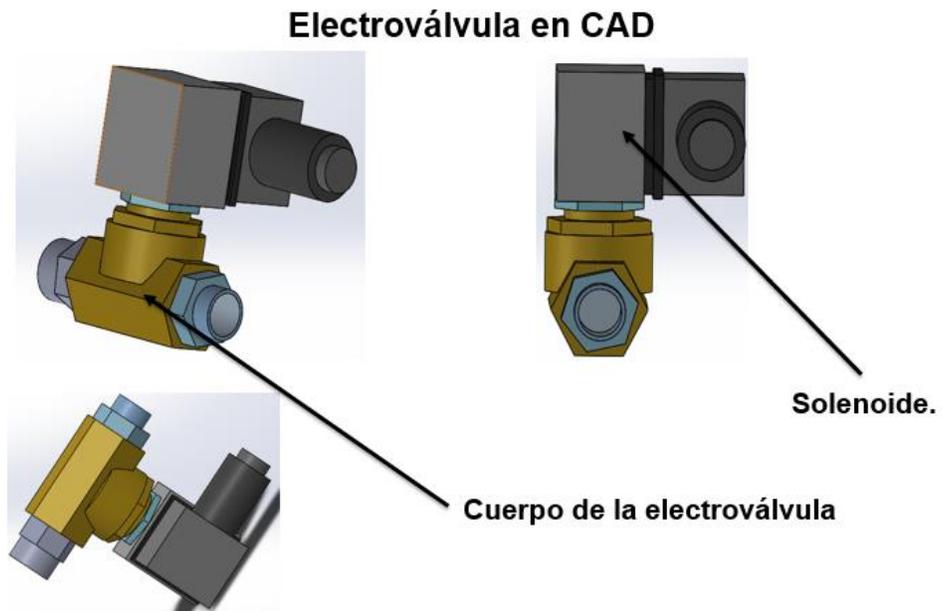


Ilustración 23 Modelado de una electroválvula en SolidWorks.

Después de diseñar y modelar todas las piezas necesarias, se realizó el ensamble para proponer el sistema.

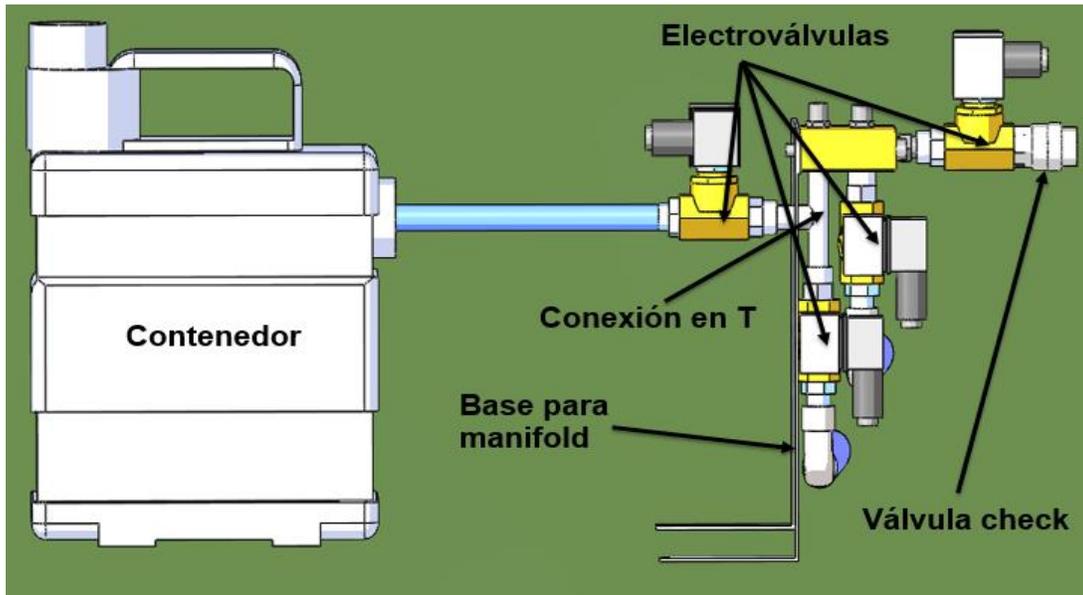


Ilustración 24 Vista lateral del sistema de auto purga en SolidWorks

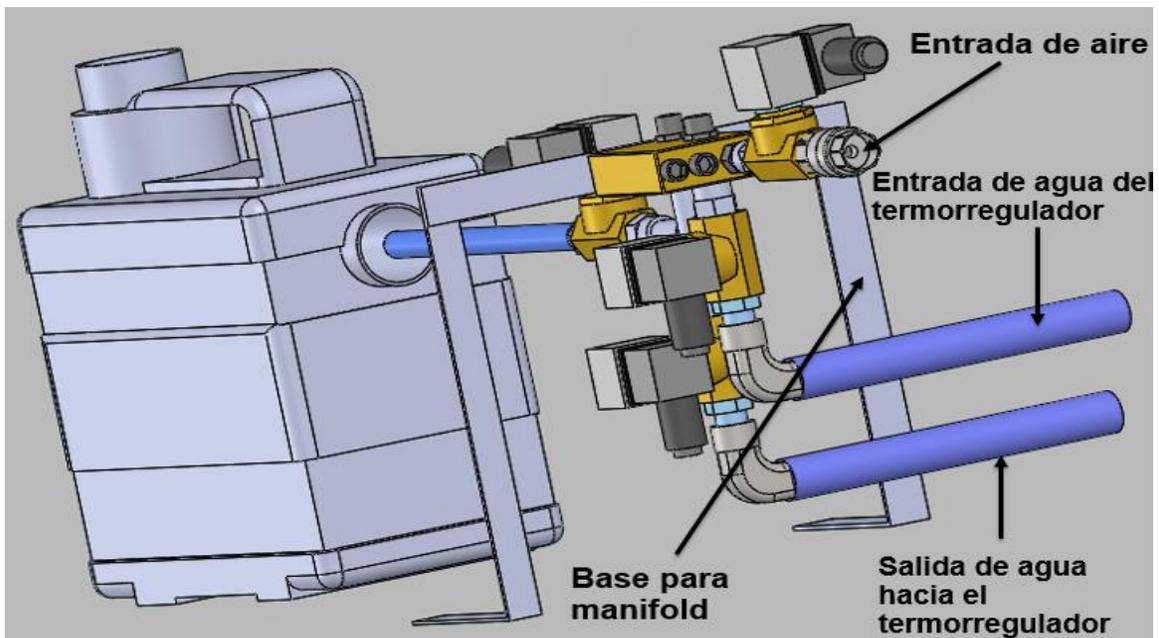
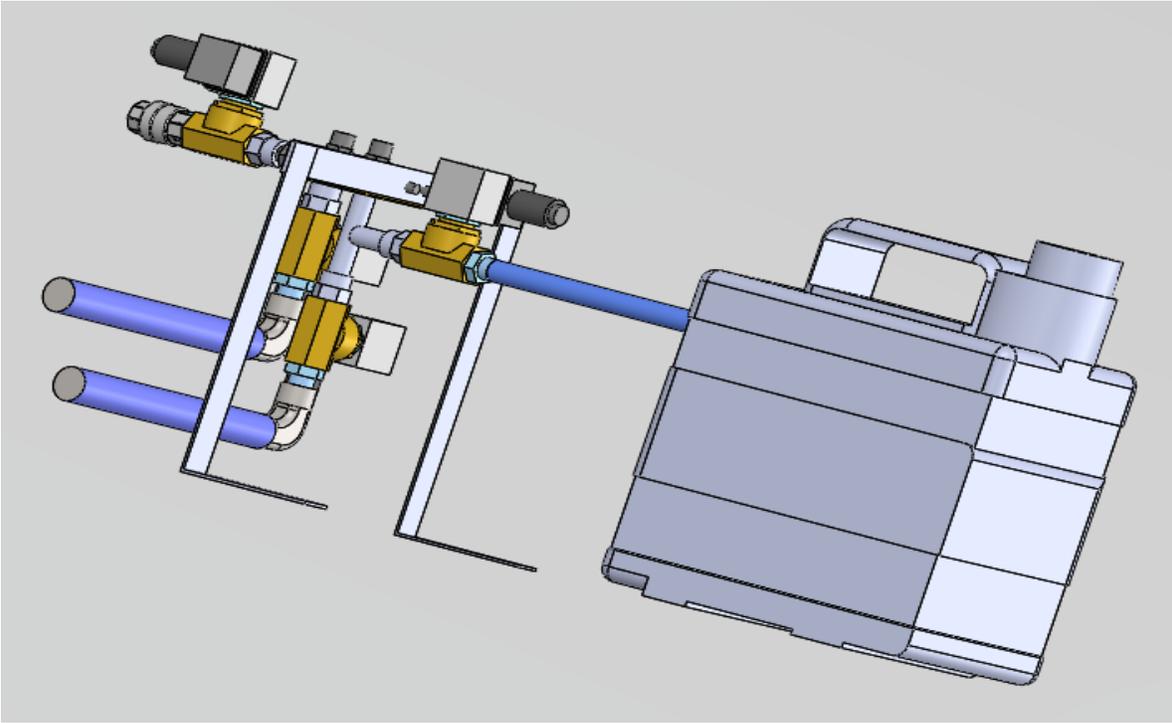


Ilustración 25 Vista isométrica del sistema de auto purga realizado en SolidWorks



*Ilustración 26 Vista isométrica del sistema de auto purga realizado en SolidWorks*

### 5.3 Materiales y costos

Para desarrollar el sistema se hizo una propuesta y se seleccionaron los materiales para realizar un estudio de costos (Tabla 5).

#### Materiales

- 1 Manifold
- 4 electroválvulas CAMOZZI con conector y bobina de 24V
- 1 conexión en T.
- 1 válvula check.
- 1 botón pulsador.
- Un conector de 3/8 a 1/4 para conectar una manguera de aire
- 1 contenedor de 1 galón de capacidad.

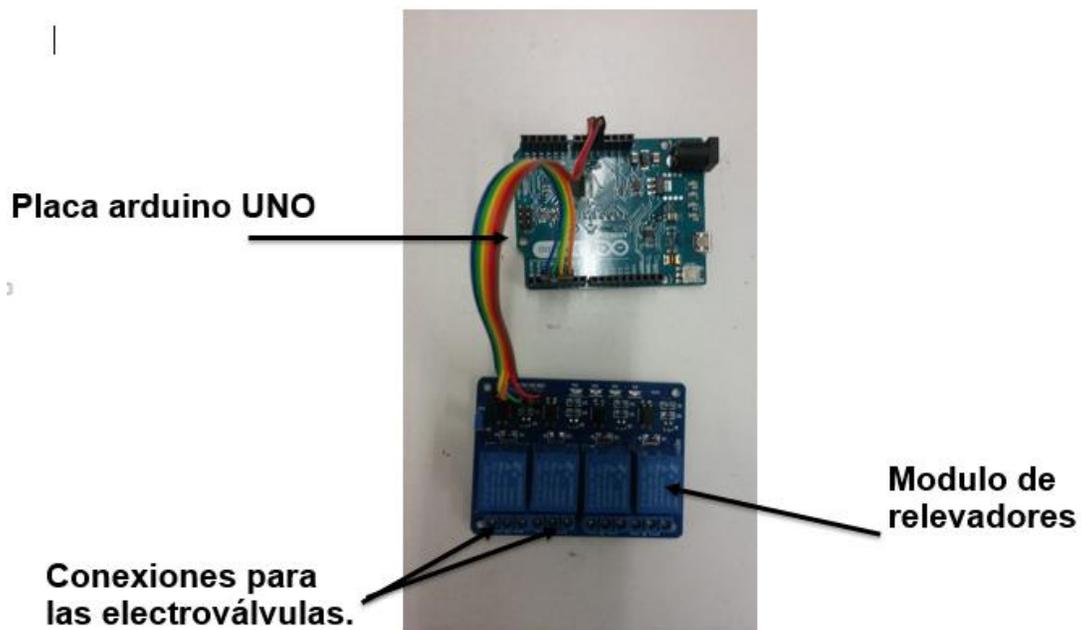
- 1 manguera neumática de 1/4 de diámetro por 50 cm de largo.
- 1 manguera Hidráulica de 13 por 1200.
- 1 placa Arduino uno.
- 1 módulo de relevadores de 10 A
- 2 botones pulsadores.

Material para 1 manifold	precio
4 electroválvulas CAMOZZI con conector y bobina de 24 V.	\$4,617.00 MXN
1 conexión en T.	\$50 MXN
1 botón pulsador.	\$100 MXN
1 contenedor para liquido de 1 galón de capacidad.	\$65 MXN
1 válvula check.	\$950 MXN
50 cm de solera.	\$80 MXN
1 placa Arduino uno	\$313 MXN
1 módulo de relevadores de 10 A.	\$160 MXN
4 botones pulsadores	\$42.67 MXN
total	\$6,377.67 MXN
Total, por maquina	\$25,510.68 MXN

*Tabla 5 Costos de materiales*

## 5.4 Etapa de control del sistema

El sistema será controlado por la placa de programación Arduino UNO y un módulo de relevadores de 10 amperes (ilustración 27).



*Ilustración 27 Etapa de control del sistema*

Se realizó un programa en el Arduino para accionar los relevadores (ilustración 28 y 29)

```
/ Programa: Prueba Módulo Rele Arduino - Botones

// Puerto conectado al pin IN1 del módulo
int puerto_rele1 = 5;
// Puerto conectado al pin IN2 del módulo
int puerto_rele2 = 6;
// Puerto conectado al pin IN3 del módulo
int puerto_rele3 = 7;
// Puerto conectado al pin IN4 del módulo
int puerto_rele4 = 8;

// Puerto conectado al boton 1
int puerto_boton1 = 1;
// Puerto conectado al boton 2
int puerto_boton2 = 2;
// Puerto conectado al boton 3
int puerto_boton3 = 3;
// Puerto conectado al boton 4
int puerto_boton4 = 4;

// Almacena el estado del rele - 0 (LOW) o 1 (HIGH)
int estadorele1 = 1;
int estadorele2 = 1;
int estadorele3 = 1;
int estadorele4 = 1;
```

*Ilustración 28 código de Arduino para etapa de control del sistema.*

```
void setup ()
{
  // Define los pines para el rele como salida
  pinMode (puerto_rele1, OUTPUT);
  pinMode (puerto_rele2, OUTPUT);
  pinMode (puerto_rele3, OUTPUT);
  pinMode (puerto_rele4, OUTPUT);

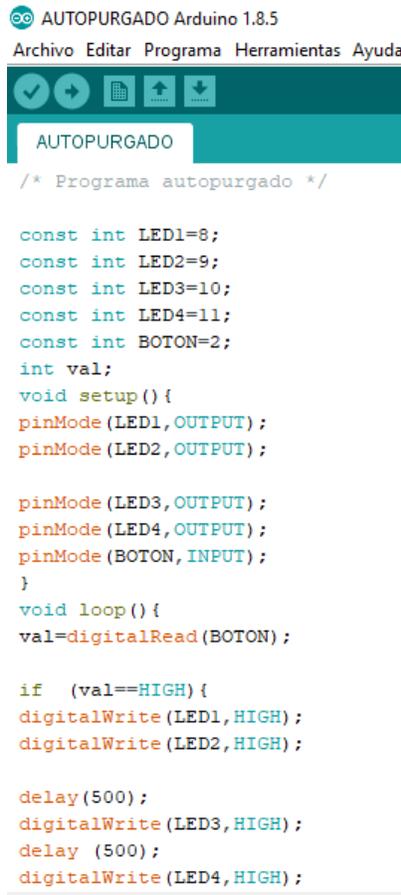
  // Define los pines de los botones como entrada
  pinMode (puerto_boton1, INPUT);
  pinMode (puerto_boton2, INPUT);
  pinMode (puerto_boton3, INPUT);
  pinMode (puerto_boton4, INPUT);

  // Estado inicial de los reles - apagados
  digitalWrite (puerto_rele1, HIGH);
  digitalWrite (puerto_rele2, HIGH);
  digitalWrite (puerto_rele3, HIGH);
  digitalWrite (puerto_rele4, HIGH);
}

void bucle ()
{
  // Comprueba el accionamiento del boton 1
  lectura1 = digitalRead (puerto_boton1);
  if (lectura1 != 0)
  {
    while (digitalRead (puerto_boton1) != 0)
    {
      retardo (100);
    }
    // Invierte el estado del puerto
    estadorele1 = ! estadorele1;
  }
}
```

*Ilustración 29 Código en Arduino para etapa de control del sistema.*

Se realizó también un código y un circuito en protoboard para simular el accionamiento de las electroválvulas con focos LED (ilustraciones 30, 31 y 32)

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. At the top, the title bar reads 'AUTOPURGADO Arduino 1.8.5'. Below the title bar is a menu bar with 'Archivo', 'Editar', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. A toolbar with icons for check, back, forward, and file operations is visible. The main editor area shows the following code:

```
/* Programa autopurgado */

const int LED1=8;
const int LED2=9;
const int LED3=10;
const int LED4=11;
const int BOTON=2;
int val;
void setup() {
  pinMode(LED1, OUTPUT);
  pinMode(LED2, OUTPUT);

  pinMode(LED3, OUTPUT);
  pinMode(LED4, OUTPUT);
  pinMode(BOTON, INPUT);
}
void loop() {
  val=digitalRead(BOTON);

  if (val==HIGH) {
    digitalWrite(LED1, HIGH);
    digitalWrite(LED2, HIGH);

    delay(500);
    digitalWrite(LED3, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(LED4, HIGH);
```

*Ilustración 30 Código en Arduino para simular electroválvulas con leds.*

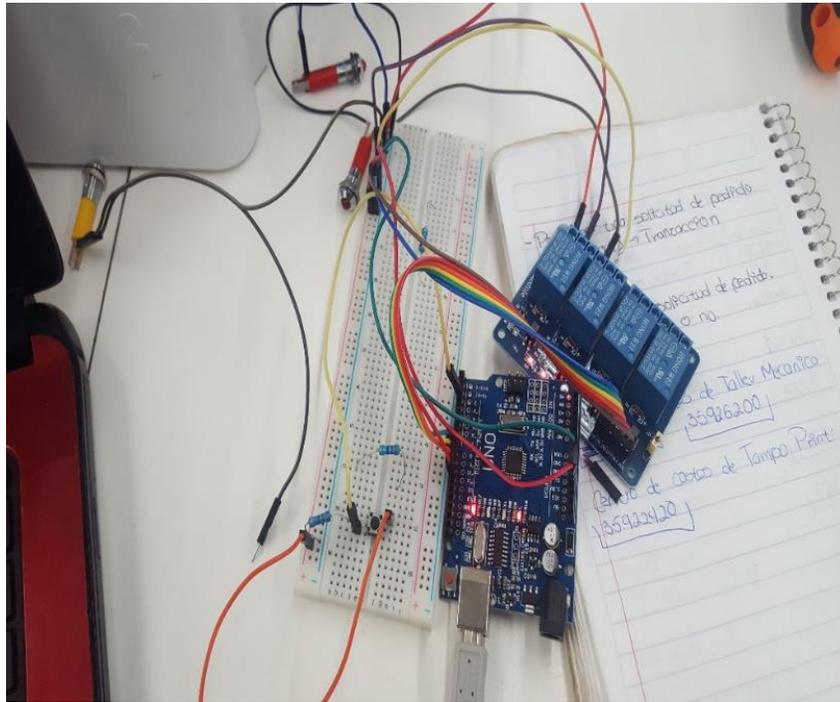


Ilustración 31 Armado de circuito en protoboard.

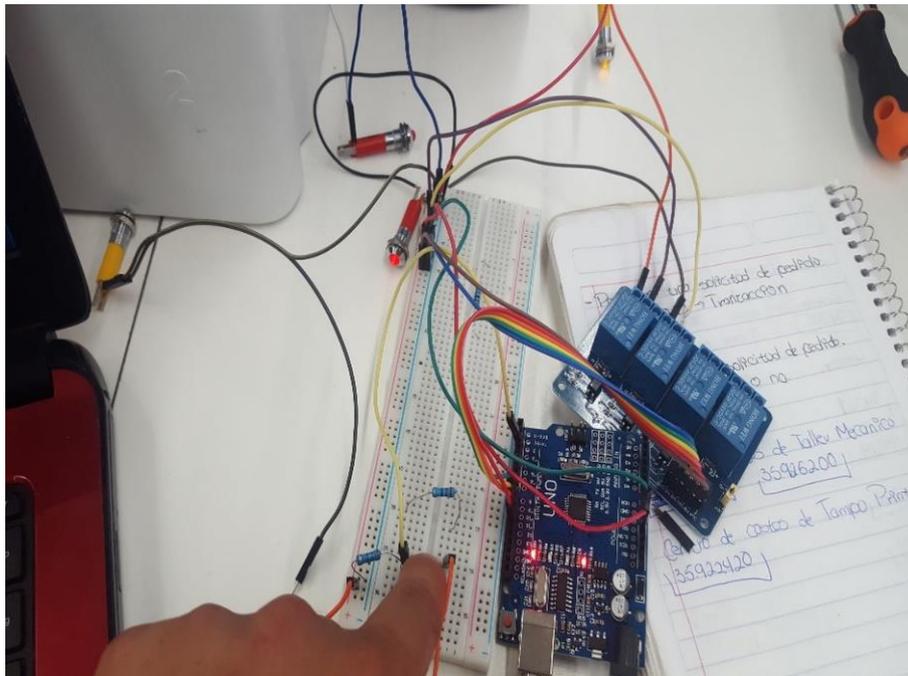


Ilustración 32 Armado de circuito en protoboard

## 5.5 conexión e instalación del sistema

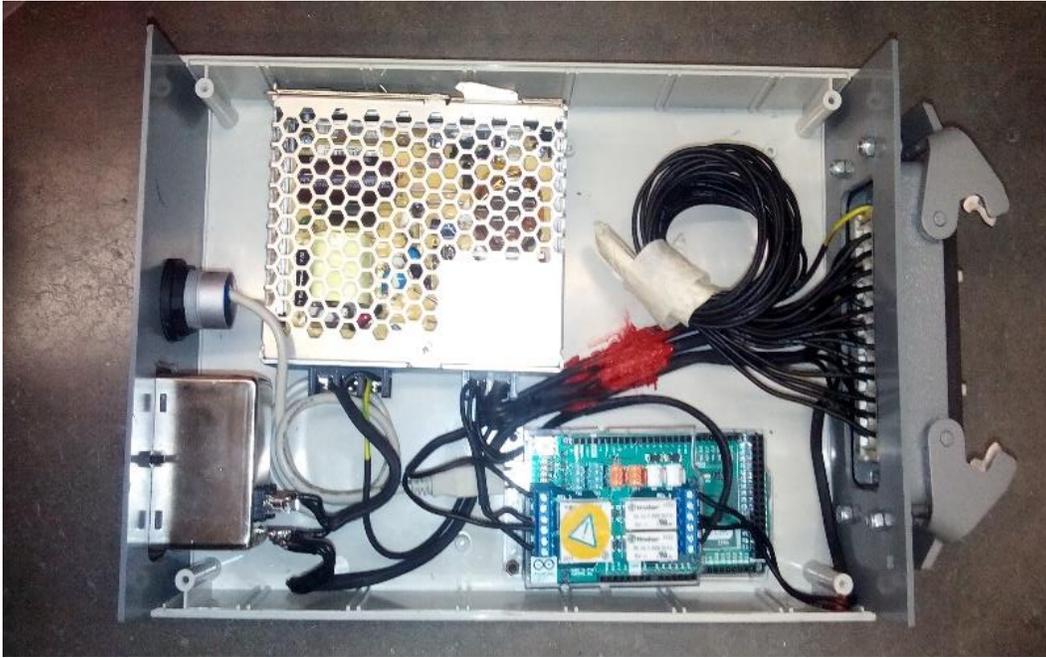
Después de las simulaciones en protoboard se realizó la instalación del sistema en la maquina 160 (ilustraciones 33,34,35,36,37 y 38)



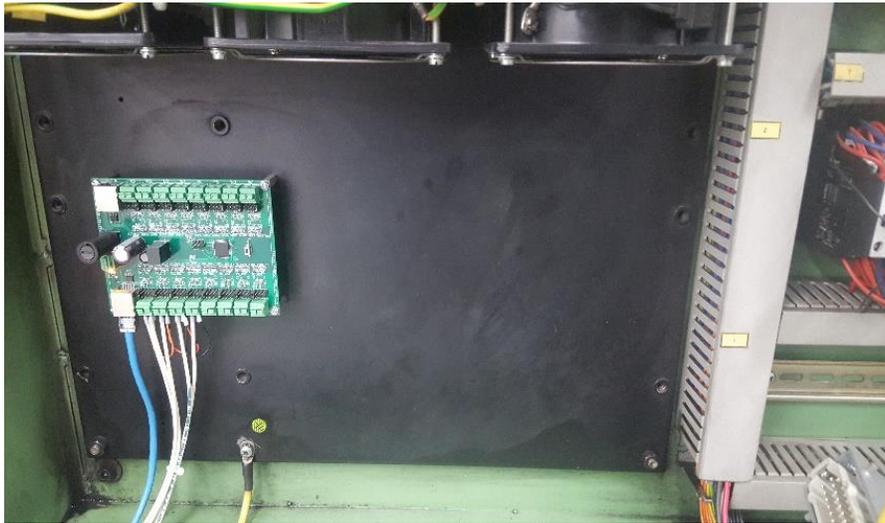
*Ilustración 33 conexiones de electroválvulas*



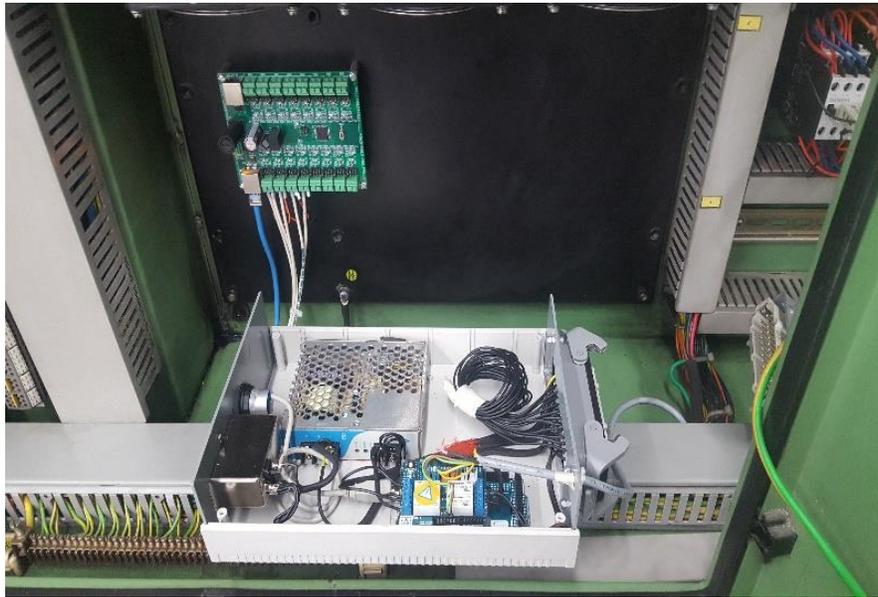
*Ilustración 34 conexiones de electroválvulas*



*Ilustración 35 instalación del sistema en maquina 160*



*Ilustración 36 instalación del sistema en maquina 160*



*Ilustración 37 instalación del sistema en máquina 160*



*Ilustración 38 instalación del sistema en máquina 160*

## **5.6 Identificación de cogido de colores**

Los manifolds son conductos que controlan el flujo de agua que llega de las mangueras de los termostatos, y estos a su vez van conectados por medio de mangueras a los moldes de inyección para su refrigeración.

Si estos no son correctamente identificados puede causar un tiempo muerto significativo, o incluso dañar el molde por ir a una temperatura que no debería de ser.

Por esto mismo, se realizó también la identificación de mangueras que van de los termostatos a los manifolds utilizando códigos de colores, esto para que a la hora de conectar la refrigeración del molde no se perdiera más tiempo al ver que termostato va a qué manifold.



*Ilustración 39 Manifold antes de la mejora.*



*Ilustración 40 Manifolds en el proceso de la mejora.*



Ilustración 41 Mejora terminada en los manifolds.

Se elaboró una tabla donde se indica a que maquina se le realizó este proceso.

Numero de maquina	¿se realizó la identificación de colores?
110	Si
120	Si
130	Si
140	Si
150	Si

160	Si
170	Si
180	Si
190	Si
200	Si
210	Si
220	Si
230	Si
240	Si
250	Si
260	Si
270	Si
280	Si
290	Si
300	Si
310	Si
320	Si
330	Si

*Tabla 6 Maquinas a las que se realizó identificación de colores*

## Capítulo 6

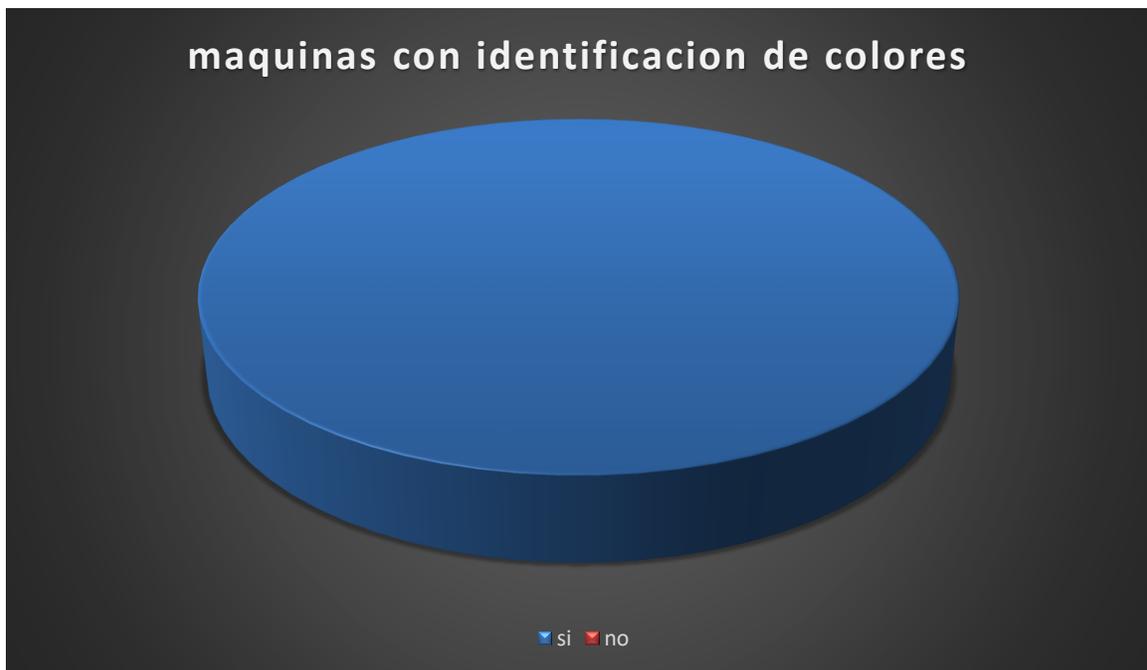
### Resultados

Los resultados fueron algo satisfactorios pues se pudo realizar el sistema de auto purga previamente realizado en software CAD (SolidWorks), programarlo en el sistema Arduino, aunque por tiempo y costos solo se logró instalar en una máquina. (ilustración 33,34,35,36,37 y 38).

Se logro reducir el tiempo un 16% aproximadamente en el cambio de herramental con el sistema de auto purga realizado.

Un cambio de herramental promedio dura 120 minutos sin robot, lo cual sería nuestro 100%, haciendo una regla de 3 obtenemos que los 20 minutos reducidos nos da un 16% lo cual es más que lo que se propuso como objetivo.

Para la identificación de colores para los manifolds se obtuvo un resultado favorable pues se logró realizar en todas las máquinas de la planta, como lo podemos ver en la siguiente gráfica:

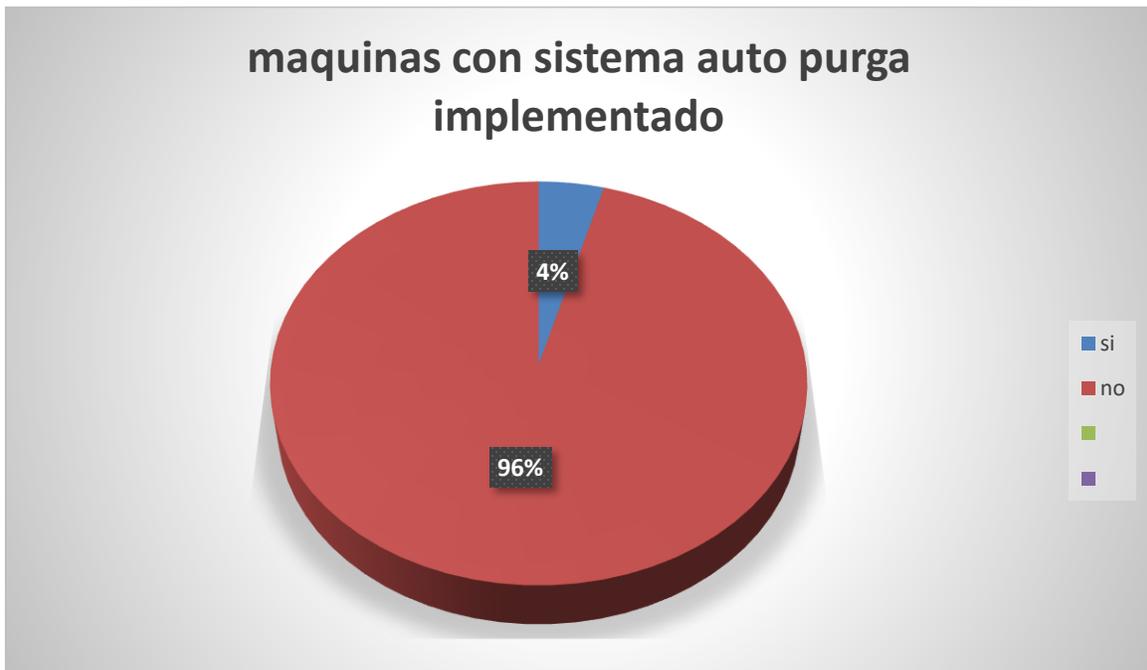


*Ilustración 42 Grafico de resultados de identificación de colores.*

## Capítulo 7

### Análisis de Resultados

El objetivo principal de reducir el tiempo en el proceso de cambio de herramienta se cumplió realizando un sistema de auto purgado e identificando con colores los manifolds, sin embargo, por temas de tiempo disponible y gastos mayores, el sistema de auto purga solo se pudo implementar en una sola maquina



*Ilustración 43 Grafica de máquinas donde se logró instalar el sistema auto purga*

En la ilustración 43 se muestra la gráfica donde se observa dinámicamente el porcentaje de las maquinas a las que se le instaló el sistema auto purga.

Cabe recalcar que este prototipo es algo innovador pues no hay algo igual en la industria.

## **Capítulo 8**

### **Conclusiones y trabajo a futuro**

En conclusión, se obtuvieron buenos resultados en la maquina 160 donde se instaló el sistema, sin embargo, hubiera sido mejor implementarlo en todas las máquinas de la planta, pero por razones como el tiempo y los gastos no se pudo realizar completamente. Con el sistema y la identificación de colores se pudo reducir el tiempo en el cambio de herramental, lo cual fue el objetivo propuesto al inicio de la investigación.

En un plan a futuro claro que se puede seguir con este proyecto, o incluso aportar nuevos, pues la metodología SMED aporta mucho para reducir tiempos en cambio de herramientas y en el área de inyección hay bastantes cosas que atacar.

## Referencias bibliográficas

### Bibliografía

- alianza automotriz. (1 de 4 de 2011). *alianzaautomotriz.com*. Obtenido de <https://alianzaautomotriz.com/mexico-la-importancia-del-sector-automotriz/#:~:text=La%20industria%20automotriz%20se%20ha,casi%20el%20tres%20por%20ciento>.
- Badii, C. J. (2004). *eprints*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/12380/1/SMEDEI%20camino%20a%20la%20flexibilidad%20total.pdf>
- Carbonell, F. E. (27 de Mayo de 2013). *3ciencias*. Obtenido de [www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf](http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf)
- engel de mexico. (23 de septiembre de 2016). *elempaque.com*. Obtenido de <https://www.elempaque.com/temas/Maquina-de-moldeo-por-inyeccion-totalmente-electrica-e-motion-740220-TWP+115275>
- INSTITUTO DE PRODUCTIVIDAD EMPRESARIAL APLICADA. (2017). *ipeaformacion.com*. Obtenido de <https://www.ipeaformacion.com/productividad/las-tecnicas-smed/>
- Lean, P. (2018). *Progressa Lean*. Obtenido de <http://www.progressalean.com/que-es-smed/>
- Millán, S. S. (2015). *Automatización y control de seguridad en almacén y tiempos de entrada y salida en refacciones para mantenimiento*. Queretaro.
- PRIVARSA. (17 de julio de 2017). *privarsa.com.mx*. Obtenido de <https://www.privarsa.com.mx/la-inyeccion-plastico-una-historia-exito/>
- ULISES, R. N. (2017). *aplicacion de la metodologia smed para reducir el tiempo ciclo de un cambio de modelo de inyeccion de un componente d eun HVAC*. TIANGUISTENCO, MÉX.
- Villanueva, I. (Octubre de 2015). *FACYT*. Obtenido de [http://portal.facyt.uc.edu.ve/phd/noticias/cursos/Ivan\\_Villanueva\\_Resinas\\_Alquidicas.pdf](http://portal.facyt.uc.edu.ve/phd/noticias/cursos/Ivan_Villanueva_Resinas_Alquidicas.pdf)

## **Anexos**