

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL PRODUCTO CEMD EN LA EMPRESA ASMD”

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Carlos Ernesto Moreno Molina

Director:

Dr. Enrique de la Vega Bustillos

Hermosillo Sonora, México

2018



(Página dejada intencionalmente en blanco)

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Hermosillo

SECCIÓN: DIV. EST. POS. E INV.
No. OFICIO: DEPI/230/18.
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS.

02 de Julio de 2018

C. CARLOS ERNESTO MORENO MOLINA,
P R E S E N T E.

Por este conducto, y en virtud de haber concluido la revisión del trabajo de tesis que lleva por nombre “**DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL PRODUCTO CEMD EN LA EMPRESA ASMD**”, que presenta para el examen de grado de la MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, y habiéndola encontrado satisfactoria, nos permitimos comunicarle que se autoriza la impresión del mismo a efecto de que proceda el trámite de obtención de grado.

Deseándole éxito en su vida profesional, quedo de usted.

ATENTAMENTE

DR. ENRIQUE JAVIER DE LA VEGA BUSTILLOS
DIRECTOR

DR. FRANCISCO OCTAVIO LÓPEZ MILLÁN
SECRETARIO

DR. GERARDO MEZA PARTIDA
VOCAL

M.C.O. ROSA IRENE SÁNCHEZ FERMÍN
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



S.E.P.

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE HERMOSILLO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO

RISF/momv*



Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro, C.P. 83170
Hermosillo, Sonora. Tel. (662) 2-606500 Ext. 136
e-mail: depi_hermosillo@tecnm.mx
www.tecnm.mx
www.ith.mx



ISO 9001:2015
Sistema de Gestión de Calidad Certificado

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia, la paciencia para entender todo y la fuerza para poder sobrepasar este reto.

Mi esposa Marcia Duarte y mis hijos Alessandra y Ernesto, mi más grande pilar de vida. Ustedes son lo más importante de mi vida. Me motivan a ser mejor padre, mejor esposo y para siempre superarme para poder brindarles lo mejor. Gracias por toda la paciencia durante este escalón en mi vida, por aguantar todo ese tiempo que estuve lejos de ustedes dedicándoselo a mi educación.

Mi madre María de Lourdes Molina, por darme la vida, por motivarme y por darme esta herramienta que es el estudio.

Mi padre Ernesto Moreno (QEDP) que desde el cielo me está mirando y que estaría orgulloso de este logro.

Mis hermanos Karla y Héctor que siempre soy un motivador importante para seguir y crecer como persona.

Mis maestros, por todas esas enseñanzas, no nomas educacionales sino también de vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis tres colaboradores, a ese equipo de trabajo que durante todo el trayecto me dieron soporte, Olivia Alcantar, Juan Manuel Flores, Jesús Gerardo.

A mi director de tesis, el Dr. Enrique de la Vega Bustillos por su soporte.

A mi maestro, el Dr. Germán Alonso Ruiz Domínguez por todas las enseñanzas estos cuatro semestres en los que me dio clase.

Al equipo de trabajo de la planta, que me ayudaron en la realización del lanzamiento.

.

RESUMEN

El trabajo de tesis aborda una implementación para el lanzamiento de un producto constituido por partes plásticas moldeadas dentro de la empresa para su posterior ensamble. Este lanzamiento se considera viable debido a que se puede tener un producto final de manera más controlada con estándares de calidad elevados. La realización de este tipo de implementaciones servirá a futuro ya que, al momento de estandarizar el proceso de implementación, se pudiera fácilmente replicar a otros arranques de proceso futuros, y así tener un sistema más controlado y robusto.

El cliente tiene requerimientos en base a manufactura y consideraciones de calidad específicas en documentos oficiales, los cuales fueron proporcionados como base. En base a estos requerimientos y consideraciones se utiliza el apoyo de técnicas de moldeo avanzadas y métodos de manufactura para el correcto lanzamiento del producto. Estructurando la implementación en estas técnicas, se asegurará alta calidad y procesos estables, para poder llegar a la meta productiva necesaria.

Especificando el diseño de las piezas plásticas, los moldes son diseñados y fabricados en una filial de la misma empresa, tomando en cuenta los materiales a utilizar para moldear las piezas plásticas, tolerancias dimensionales proporcionadas por el cliente, y las características de los moldes. La línea de ensamble del producto, línea de prueba y la línea de empaque son diseñadas en la planta por los ingenieros de manufactura y fabricadas utilizando a proveedores locales. Se tiene siempre en consideración los requerimientos de la norma ISO 9001 para cumplir con las especificaciones internas de la planta y las del cliente.

Todas las estaciones de la línea de ensamble tienen su documentación completa y actualizada. Se debe considerar documentación por operación. Esta documentación es accesible para todos los operarios y se realiza de manera que cualquier persona pueda entender y realizar la operación sin dificultad. Los operarios son entrenados con la documentación de las líneas de ensamble.

Se trabaja con la siguiente metodología: trabajo en paralelo el desarrollo del área de moldeo y el desarrollo del área de manufactura. Por una parte, se realiza el diseño moldes para su construcción y aprobación. Por otra parte, se realiza el diseño y construcción de la línea de ensamble y empaque.

Después de tener los moldes liberados, se obtienen las piezas plásticas las cuales son consideradas para la corrida de prueba y liberación. Se realizan diversas pruebas de línea para poder confirmar que se encuentra en condiciones óptimas para correr. Basados en pruebas de calidad, datos arrojados al momento del ensamble de producto final y estándares, se toma la decisión de un correcto arranque de producto.

Palabras Claves:

Moldeo, Manufactura, Calidad, Control de Procesos, Lanzamiento

ABSTRACT

This thesis focuses on the implementation for launching a product in a facility made from molded plastic parts that are assembled in a manufacturing line. This launch is considered doable since the facility can have a final product assembled in a controlled manner and with high quality standards. Creating this type of implementation is purposed to have a future impact. Since there is a standardization of a process in the implementation, there can be a replicate of the process to other projects that may need to launch, making the project more efficient and robust.

The client has requirements that are based on manufacturing and quality specifications in official documentation. This requirement is supplied by the client and the product must meet all of them in order to consider it manufacturable. Based on this, the facility uses advanced molding and manufacturing techniques to assure high quality and stable processes, to reach the productive goal.

Getting some detail on the design of the molded plastic parts, molds are designed and built in a satellite plant in another country. To assure the correct design materials used for plastic parts have to be considered, as well as the dimensional tolerances supplied by the client and the characteristics of the molds. The product assembly line, test line and packing line are designed by the facility manufacturing engineers and built using external local suppliers. Requirements like ISO 9001 are always considered to reach the internal and our client's specifications.

All workstations on the production assembly line have their documentation always updated. Documentation for each and every operation and workstation should be always considered even for operations that are considered outside the production assembly line. This documentation is at the reach of every operator and are created so that can any person can understand and do the operation without any issue, anyone can access the documents. Operators are trained with that documentation in each station of the production assembly line.

There is a method involved to work in the project: at the same time, molds and manufacturing lines are being developed. The design of the molds is made for construction and approval. At the same time, the design and development of the production assembly line and packing line is developed.

After testing is made and molds are approved for run, plastic parts for the production line are obtained. These plastic parts are used to produce the trial run and approve the production assembly line. Different tests are made to the production assembly line to confirm that it is on an optimal condition to run. Based on a quality evaluation of the assembled final product, the information about the production run and the production standards, a decision is made to evaluate if it is a correct product approval run or there is a need to create another run.

Keywords:

Molding, Manufacturing, Quality, Process Control, Launch

ÍNDICE

ÍNDICE	i
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.1.1. Misión, Visión y Valores	3
1.1.2. Código de Ética.....	4
1.1.3. Organigrama	4
1.2. Planteamiento del problema	5
1.3. Preguntas de investigación.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general:.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	6
1.5. Hipótesis.....	6
1.6. Justificación	7
1.7. Delimitaciones	9
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO	10
2.1. El Marco Teórico.....	10
2.1.1. La Ingeniería Inversa.....	10
2.1.1.1. El Proceso de la Ingeniería Inversa	11
2.1.1.1.1. Escaneo	12
2.1.1.1.2. Ajuste de Reconstrucción.....	13
2.1.1.1.3. Ajuste de Superficies	13

2.1.1.2.	Creación de Prototipos	14
2.1.1.2.1.	El Proceso	14
2.1.1.2.2.	Modelado por Inyección.....	15
2.1.1.3.	Ingeniería Inversa en la Manufactura	16
2.1.2.	Moldeo por Inyección de Plástico	16
2.1.2.1.	Máquinas de Moldeo.....	16
2.1.2.2.	El Proceso de Moldeo	18
2.1.2.3.	Calidad del Moldeo	19
2.1.2.4.	Moldes de Inyección de Plástico	20
2.1.3.	Manufactura	24
2.1.3.1.	Proceso de Manufactura	25
2.1.3.2.	Sistemas de Producción	26
2.1.3.3.	Líneas de Producción	28
2.1.3.4.	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	29
CAPÍTULO 3 MATERIALES Y MÉTODOS		31
3.1.	Estructura del Método.....	31
3.2.	Materiales	31
3.2.1.	Lista de Materiales (BOM).....	32
3.2.2.	Equipo de Desarrollo.....	33
3.3.	Metodología	36
3.3.1.	Planeación	37
3.3.1.1.	Declaración de la Misión.....	38
3.3.1.2.	Listado de Necesidades del Cliente.....	39
3.3.1.3.	Listado de Especificaciones.....	39

3.3.1.4.	Evaluación del Efecto Ambiental	40
3.3.2.	Prototipo.....	41
3.3.3.	Fabricación.....	41
3.3.3.1.	Desarrollo de Moldeo por Inyección de Plástico	41
3.3.3.1.1.	Fabricación de Moldes.....	42
3.3.3.1.2.	Prueba de Moldes.....	42
3.3.3.1.3.	Proceso de Moldeo.....	43
3.3.3.1.4.	Prueba de Estabilidad de Proceso de Moldeo.....	44
3.3.3.2.	Desarrollo de Manufactura.....	46
3.3.3.2.1.	Diseño de la Línea de Manufactura	46
3.3.3.2.2.	Diseño de la Línea de Empaque.....	47
3.3.3.2.3.	Diseño de la Línea de Prueba	47
3.3.3.2.4.	Fabricación y Validación	47
3.3.4.	Corrida de Prueba.....	48
3.3.5.	Corrida de Manufactura	49
3.3.6.	Evaluación de Resultados.....	49
CAPÍTULO 4 DESARROLLO.....		51
4.1.	Planeación.....	51
4.1.1.	Listado de Necesidades del Cliente	51
4.1.2.	.. Listado de Especificaciones del Cliente	52
4.1.3.	Evaluación del Efecto Ambiental.....	53
4.1.4.	Presupuesto del Proyecto	56
4.1.5.	Tiempos de Desarrollo	56
4.2.	Prototipo	57

4.3.	Fabricación	58
4.3.1.	Desarrollo de Moldes por Inyección de Plástico.....	58
4.3.1.1.	Prueba de Moldes.....	59
4.3.1.2.	Proceso de Moldeo.....	61
4.3.1.3.	Prueba de Estabilidad del Proceso de Moldeo	62
4.3.2.	Desarrollo de Manufactura	68
4.3.2.1.	Diseño de la Línea de Manufactura, Empaque y Prueba	68
4.3.2.2.	Fabricación y Validación del proceso de Ensamble.....	71
4.4.	Corrida de Prueba (TSPR)	71
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		74
5.1.	Conclusiones	74
5.1.1.	Sobre los moldes de inyección de plástico.....	74
5.1.2.	Sobre la línea de manufactura	75
5.2.	Recomendaciones.....	76
ANEXOS.....		77
I.	Formato de Inspección de Moldes.....	77
a.	Hoja 1. Formato de Inspección de Moldes	77
b.	Hoja 2. Formato de Inspección de Moldes	78
II.	Formato de Corrida de Prueba TSPR.....	79
a.	Hoja 1. Portada.....	79
b.	Hoja 2. Descripción de Equipamiento.....	80
c.	Hoja 3. Plan de Actividades y Secuencias.....	81
d.	Hoja 4. Plan de Evaluación de Prueba	81
e.	Hoja 5. Verificación de Actividades.....	82

f.	Hoja 6. Validación de Fallas Inducidas	83
g.	Hoja 7. Control de Variables	84
h.	Hoja 8. Control de Atributos	84
i.	Hoja 9. Resumen de No Conformidades	85
j.	Hoja 10. Evaluación de Disponibilidad de Equipo	86
k.	Hoja 11. Evaluación de Desempeño del Equipo	87
l.	Hoja 12. Evaluación de Proceso (OEE)	88
m.	Hoja 13. Plan de Acciones Correctivas	88
n.	Hoja 14. Hoja de Aprobación del Proceso	89
III.	Formato de Transferencia de Material	90
IV.	Formato de Defectos de Línea	91
	BIBLIOGRAFIA	92

Índice de Figuras

Figura 1-1 Organigrama general de la empresa (elaboración propia).....	4
Figura 2-1 Pasos del desarrollo del proyecto (elaboración propia)	10
Figura 2-2 Proceso de físico a digital (Raja & Fernandes, 2008)	11
Figura 2-3 Diagrama de transformación de objeto a modelo CAD (adaptación (Raja & Fernandes, 2008))	12
Figura 2-4 Ejemplo de transformación de rango de imagen a imagen 3D (Raja & Fernandes, 2008)	12
Figura 2-5 Ejemplo de ajuste de reconstrucción (Raja & Fernandes, 2008)	13
Figura 2-6 Ejemplo de ajuste de superficie (Raja & Fernandes, 2008)	13
Figura 2-7 Proceso de rápido prototipado (Raja & Fernandes, 2008)	15
Figura 2-8 Modelo esquemático del proceso ThermoJet (Raja & Fernandes, 2008)	15
Figura 2-9 Máquina de moldeo de husillo (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012)	17
Figura 2-10 Secuencia de movimiento de inyección (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012).....	17
Figura 2-11 Factores que afectan la calidad final de una pieza (Zhou).....	20
Figura 2-12 Ejemplo de un molde de dos placas (LANXESS Corporation, 2007).	21
Figura 2-13 Molde de dos placas con sus componentes básicos (Goodship, 2004)	22
Figura 2-14 Molde de tres placas y sus componentes básicos (Goodship, 2004)	22
Figura 2-15 Componentes de un molde estándar de dos placas (LANXESS Corporation, 2007)	23
Figura 2-16 Puntos de vista de manufactura: a) Tecnológico b) Económico (Groover, 2010)	24
Figura 2-17 Clasificación del proceso de manufactura (adaptación (Groover, 2010)).....	25
Figura 2-18 Ejemplo de una línea de ensamble manual (Groover, 2010).....	28
Figura 2-19 Ejemplo de una línea de ensamble automatizada (Groover, 2010) ...	29
Figura 3-1 Fases del proyecto (Ulrich & Eppinger, 2013)	31

Figura 3-2 Fases de desarrollo (elaboración propia).....	37
Figura 3-3 Declaración de la misión (elaboración propia)	38
Figura 4-1 Efectos ambientales potenciales (adaptación (Ulrich & Eppinger, 2013))	54
Figura 4-2 Desarrollo de tiempos de proyecto y materiales (elaboración propia) 56	
Figura 4-3 Modelo de producto ensamblado (ASMD)	57
Figura 4-4 Registro de moldes en la base de datos.....	61
Figura 4-5 Dimensiones solicitadas para Switch Knob	63
Figura 4-6 Evaluación estadística para Switch Knob	63
Figura 4-7 Dimensiones solicitadas para Ignition Knob	63
Figura 4-8 Evaluación estadística para Ignition Knob	63
Figura 4-9 Dimensiones solicitadas para Lens.....	64
Figura 4-10 Evaluación estadística para Lens	64
Figura 4-11 Dimensiones solicitadas para Rotate Switch Cam.....	64
Figura 4-12 Evaluación estadística para Rotate Switch Cam	64
Figura 4-13 Dimensiones solicitadas para Spring Support	65
Figura 4-14 Evaluación estadística para Spring Support	65
Figura 4-15 Dimensiones solicitadas para Top Housing	65
Figura 4-16 Evaluación estadística para Top Housing.....	65
Figura 4-17 Dimensiones solicitadas para Bottom Housing.....	66
Figura 4-18 Evaluación estadística para Bottom Housing.....	66
Figura 4-19 Dimensiones solicitadas para Bottom Heater Box	66
Figura 4-20 Evaluación estadística para Bottom Heater Box.....	66
Figura 4-21 Dimensiones solicitadas para Upper Heater Box.....	67
Figura 4-22 Evaluación estadística para Upper Heater Box	67
Figura 4-23 Dimensiones solicitadas para End Cap	67
Figura 4-24 Evaluación estadística para End Cap	67
Figura 4-25 Línea de manufactura acoplada (ASMD, 2017)	69
Figura 4-26 Línea de manufactura desacoplada (ASMD, 2017)	70
Figura 4-27 Requisitos solicitados para temperatura	72

Figura 4-28 Evaluación estadística de temperatura	72
Figura 4-29 Requisitos por atributos solicitada	73
Figura 4-30 Evaluación por atributos del producto.....	73

Índice de Tablas

Tabla 3-1 Listado de materiales BOM (elaboración propia)	33
Tabla 3-2 Equipo de diseño de producto y moldes (elaboración propia)	34
Tabla 3-3 Equipo para producción de piezas plásticas (elaboración propia)	35
Tabla 3-4 Equipo para línea de producción (elaboración propia).....	36
Tabla 3-5 Listado de necesidades (elaboración propia).....	39
Tabla 3-6 Tabla de especificaciones (elaboración propia)	40
Tabla 3-7 Formato de Análisis Dimensional (elaboración por ASMD)	45
Tabla 4-1 Necesidades del Cliente (elaboración propia).....	51
Tabla 4-2 Especificaciones del cliente (elaboración propia)	52
Tabla 4-3 Tabla de especificaciones ponderadas (elaboración propia)	53
Tabla 4-4 Directrices del proyecto (adaptación (Ulrich & Eppinger, 2013)).....	55

INTRODUCCION

La manufactura se enfoca en la creación de un producto específico o bien material. Su proceso consiste en la transformación de materia prima en un producto terminado para así poderlo distribuir a gran escala. Toda esta producción pasa por varias fases por las cuales se diseña el producto para después manufacturarlo dependiendo de las necesidades del cliente y así poderlo distribuir al mercado.

Hoy en día, la industria manufacturera ha tomado un gran auge en la vida de las personas. La necesidad de altas demandas de productos debidas a la alta cantidad de población y al consumismo que nos envuelve, obliga a las empresas a realizar procesos más robustos y hasta en veces automatizados, para poder tener volúmenes más altos de un producto para su distribución. Los productos deben salir al mercado en cantidades más grandes para poder abarcar todo el mercado y, debido a la competencia, siempre se debe estar innovando.

En el presente, se hace referencia al problema existente en la empresa ASMD con su nuevo cliente MGD. El enfoque principal de la empresa ASMD se encuentra en el desarrollo de productos novedosos para el mercado, ofreciendo así a sus clientes, no solo un producto nuevo para introducirlo al mercado, sino también la manufactura de los mismos. Es importante poder obtener un lanzamiento exitoso de producto ya que de eso dependerá también el desarrollo de otras opciones de productos con el mismo cliente.

Para poder lograr el arranque estable de un proyecto, un significativo grupo de procesos deben tomarse en cuenta. Todo proceso se desarrolla de manera coordinada y dividida entre un grupo de personas, cada una realizando sus labores perfectamente definidas, todo esto guiado por un coordinador de proyecto. Todo este desarrollo debe documentarse para aplicarse en posteriores lanzamientos de producto.

CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

La empresa ASMD es fundada en el año de 1919 en Trento Italia, enfocada en soluciones para el cuidado del hogar y control de plagas. En 1930 se posiciona como el mayor productor de papel matamoscas en Europa. Para el año de 1960, ASMD se adentra en la producción de mechas repelentes para mosquitos y para 1975, tan solo 15 años después, se convierte en la empresa manufacturera más grande de dispositivos anti-mosquito la cual innovó en el mercado de aparatos de enchufe y vaporizadores repelentes.

En 1981 la empresa trabaja para poder producir el primer aparato insecticida eléctrico certificado para su venta en Estados Unidos y para el año de 1985, empiezan a innovar con la comercialización de productos en la categoría del cuidado del aire (aromas ambientales). Gracias a estos avances, para 1990 la empresa ASMD llega al billón de productos fabricados desde que su fundación.

Debido al desarrollo constante de nuevos productos y la alta productividad de su planta, en 1998 ASMD toma la decisión de situarse en América del Sur, específicamente en Brasil. Este movimiento estratégico permitiría facilitar producción para todo el continente, especialmente a Estados Unidos. ASMD cierra el año de 1999 con 100 diferentes patentes para soluciones de sus diversos clientes.

Continuando su posicionamiento y como estrategia de mercado, se decide desarrollar el crecimiento del corporativo hacia el Medio Oriente y es así como nace, en el 2002, ASMD China en Shenzhen, provincia de Cantón. Para el 2003, y debido a la alta demanda de productos en América, se decide adquirir a otra empresa manufacturera con la cual ASMD se posiciona en España, India y México al mismo tiempo.

En el 2006, una firma de capitalización británica adquiere la mayoría de las acciones de ASMD. Con la nueva administración y como estrategia de negocio, en el 2007, ASMD abre sus puertas en Bulgaria con una planta de producción, con la cual se fortalece la producción de la demanda de todo el Continente Europeo.

Debido al crecimiento del volumen de ventas en Norte América, se toma la decisión en el 2010 de cambiar las instalaciones de México por unas más grandes. Así mismo y debido a los volúmenes antes mencionados, en el 2012 se cambian también las instalaciones de Brasil e India. Para el 2013, y debido a la alta competitividad del mercado, ASMD abre sus puertas en Singapur. Esta última planta se encuentra enfocada solamente al desarrollo de nuevos productos y pruebas.

Hoy en día, ASMD cuenta con 6 plantas industriales, 4 centros de desarrollo y 2 canales de innovación situados en 8 puntos estratégicos. Se enfoca en estrategias de innovación, desarrollo de productos y su manufactura. Se encuentran enfocados en ser el mejor socio de negocios para desarrollo de hogar, salud y cuidado personal, proporcionando innovación y soluciones efectivas a buen costo de productos. Cada cliente decide el nivel de colaboración para cada uno de sus proyectos, por eso, ASMD puede actuar desde socio de manufactura, hasta como experto desarrollador. Todo esto es gracias a los equipos multidisciplinarios que se tienen para poder transformar los conceptos en productos listos para ser manufacturados con costos competitivos.

1.1.1. Misión, Visión y Valores

Misión: Ser el socio de negocios global preferido por soluciones con innovación y costo-beneficio por las marcas líderes del mercado.

Visión: Cada día haciendo tu casa un mejor lugar para vivir.

Valores: El trabajo en equipo, la integridad, la pasión y la excelencia; los cuales promueve como objetivo de la vida diaria deseando siempre realizar las cosas mejor.

1.1.2. Código de Ética

Un acercamiento ético hacia los negocios es un elemento clave para asegurar la operación efectiva y mantener una credibilidad ante sus trabajadores, proveedores y clientes.

La empresa ASMD trata de transformar los valores éticos con los que se rige para tener una ventaja competitiva. Se adopta un código de ética y de conducta con el que define los principios de justicia, lealtad, integridad y transparencia en la conducta, manera de operar y en las relaciones, tanto internas como con los proveedores y clientes. Todos los trabajadores están sujetos al código de ética, incluyendo al personal corporativo y sus colaboradores.

1.1.3. Organigrama

La empresa está organizada de acuerdo a la figura 1.1, donde se presenta el organigrama de la misma.

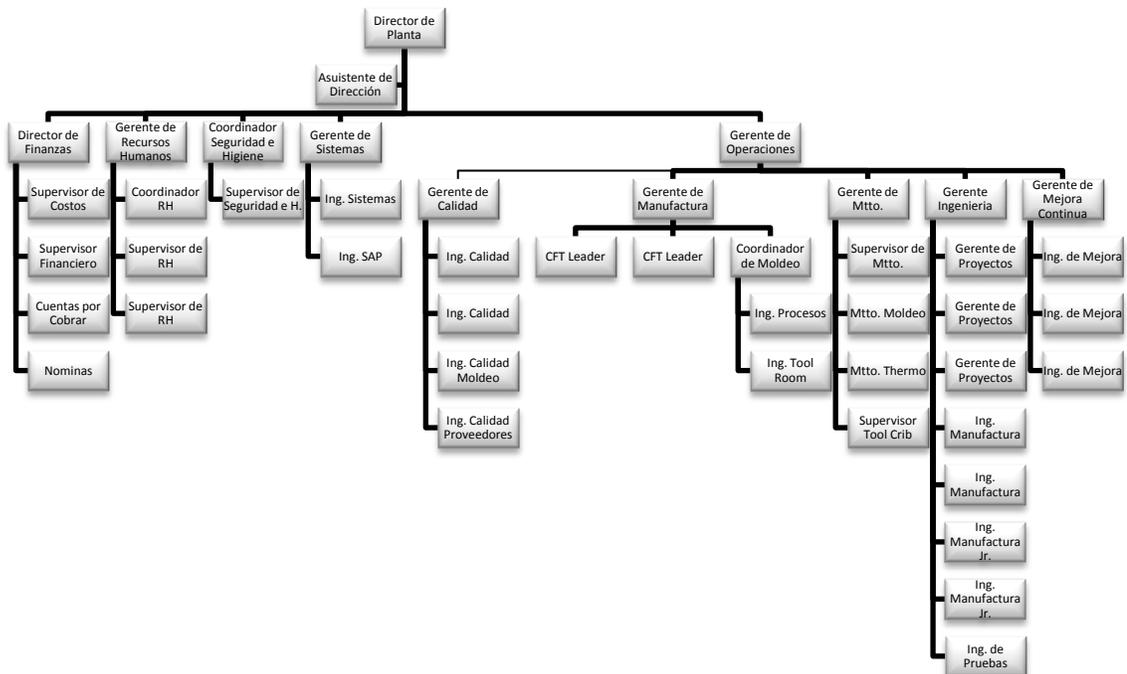


Figura 1-1 Organigrama general de la empresa (elaboración propia)

1.2. Planteamiento del problema

Para desarrollar un producto se deben evaluar varios factores y tomar en cuenta varias consideraciones. Todo un equipo de personas se encuentra detrás de ese desarrollo, cada uno encargado de cierta parte. Todos ellos tienen bien definido su rol dentro del proyecto y existe una persona que funge como coordinador de proyecto, que va dando seguimiento a los diferentes pasos del proceso para que se ejecuten de manera adecuada y en tiempo.

El cliente MGDL tiene un desarrollo con una variante a lo que normalmente se realiza como desarrollo en ASMD. Este cliente requiere cambiar el lugar de elaboración de su producto CEMD, pero para poder llegar a realizar esto, se necesita crear desde su fase de inicio el producto, basándose en el que se encuentra actualmente en el mercado, ya que no se cuenta con documentación que ayude con el desarrollo del mismo.

Toda la información sobre el producto y su desarrollo se debe basar con respecto a un producto físico. En base a este producto ya funcional se debe de realizar el análisis para poder desarrollar una copia exacta del producto, para así poder tener una creación de componentes y de la línea de producción en la cual se debe ensamblar, probar y empacar el producto final.

1.3. Preguntas de investigación

¿Cómo se puede desarrollar un producto con su documentación de una pieza física?

¿Cómo se validará el proceso de los moldes de inyección de plástico?

¿Qué consideraciones se deben tomar en cuenta para el diseño de la línea de ensamble?

¿Cómo se demuestra la estabilidad de la línea de producción?

1.4. Objetivos

Como parte del desarrollo se considera presentar los siguientes objetivos para el proyecto.

1.4.1. Objetivo general:

Aumentar el control de calidad de la corrida de prueba de piezas plásticas y de los productos de prueba en la línea de ensamble para así, cerciorarse que presenten condiciones estables para la producción normal.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Validar cosméticamente y funcionalmente las piezas plásticas después de ser moldeadas.
- Realizar dimensional de las piezas plásticas para validar las especificaciones con respecto a plano.
- Realizar dimensionales por muestreo durante la corrida de prueba de piezas plásticas para corroborar la estabilidad del proceso de moldeo.
- Verificar el correcto ensamble de los diferentes componentes en la línea de manufactura.
- Verificar la correcta formulación de tinta y estampado en la estación de impresión con almohadilla.
- Validar el rango de temperatura de funcionamiento del producto terminado en la corrida de prueba.
- Verificar que todas las características de inspección calidad se cumplan.

1.5. Hipótesis

“Liberación y puesta en marcha del producto CEMD implementando sistemas de control de calidad para proporcionar una producción estable de componentes y producto terminado dentro de los estándares solicitados por el cliente”.

1.6. Justificación

Desde ya hace años se ha empezado a observar la importancia que tiene, desde el punto de vista económico, la gestión adecuada de la manufactura y distribución de un producto. Las empresas, influenciadas por la economía actual, buscan maneras de considerar procesos productivos más robustos, tratando de obtener menores costos de producción, esto para poder seguir en constante competencia dentro del mercado actual.

En la actualidad, todo proyecto está estructurado y desarrollado en fases, por lo cual la organización del mismo es sumamente importante. Cada fase representa un paso a seguir con el que se va a ir estructurando el producto hasta llegar a tener el producto terminado. Debido a que todo el desarrollo se realiza en base a un producto ya existente, pero del que no se tiene documentación, las fases del desarrollo del producto (Ulrich & Eppinger, 2013) varían a lo que normalmente se maneja en un desarrollo de proyecto.

El origen de este desarrollo reside en que el cliente pretende cambiar de ubicación y de proveedor su producto CEMD para poder obtener ciertos beneficios para su empresa. Este cambio involucra desarrollar moldes y una línea de ensamble y pruebas completamente nuevas ya que las actuales, por contrato con el proveedor antiguo, se quedarán en su actual ubicación y no podrán ser transferidas junto con el proyecto. Este desarrollo se realizará solo considerando piezas físicas ya que no se cuenta con documentación ni planos para diseño.

Una de las principales consideraciones que presenta el cliente CEMD para el cambio de proveedor, es el poder desarrollar un producto de una manera ordenada y documentada, para así poder tener un lanzamiento rápido y estable. Aunque la consideración principal parezca sencilla, conlleva un trasfondo complejo ya que el correcto desarrollo y lanzamiento del producto dará la pauta para desarrollo de nuevos productos dentro de ASMD a futuro.

La industria es uno de los principales actores en la manufactura de producto con altos volúmenes. Día con día nacen más empresas manufactureras que ofrecen producción con procesos automatizados y robustos, ofreciendo también altos niveles de calidad en su manufactura. Ya que es necesario solventar la oferta del mercado, mayor fabricación de productos por hora deben ser considerados. Implementando mejoras en la forma de producir las partes plásticas y en la línea de manufactura nueva, ASMD propone aumentar su producción total por hora para poder estar por encima de la nueva demanda requerida por el cliente.

En la actualidad, México repunta como uno de los países de menores costos para hacer negocios, despuntando como uno de los lugares más competitivos en costos de mano de obra. En este país, la relación precio-calidad de mano de obra es altamente competitiva y difícil de igualar. Como otro de los beneficios que tiene el cliente es poder tener esta mano de obra más barata y con mejor calidad a la que en la actualidad se tiene con el otro proveedor. El ahorro de costos podrá ayudar en destinar recursos para el desarrollo de nuevos productos.

Sonora es un Estado fronterizo con Estados Unidos y las relaciones entre su vecino Estado de Arizona son cercanas y estrechas. Su puerto fronterizo ha sido diseñado para facilitar el paso de manufactura y mercancías desde México hacia Estados Unidos. En la actualidad, CEMD es producido y embarcado desde Indonesia por lo que el tiempo de entrega es considerablemente alto y su logística pudiera llegar a ser bastante complicada. Teniendo en cuenta que ASMD se encuentra ubicada en la capital Hermosillo, Sonora, el tiempo en el que pudiera tener producto terminado en las bodegas del cliente se reduciría considerablemente. El cliente también sería beneficiado con esta colocación estratégica debido a que el dispositivo principal de ignición es patentado, producido y distribuido por ellos, por lo que el costo y tiempo de entrega de su materia prima sería menor.

1.7. Delimitaciones

La meta de este desarrollo reside en poder efectuar la correcta implementación del uso de controles robustos de calidad por la empresa ASMD y solicitados por el cliente para su producto CEMD. Se debe asegurar que, en las fases de prueba del producto, se alcancen y mantengan los niveles óptimos para así, poder reflejar estos resultados en las corridas normales de producción.

El proyecto tendrá como alcance el desarrollo de un producto que en la actualidad se encuentra en el mercado, en sus etapas de diseño y fabricación. En base a corridas prototipo se definirán ajustes para permitir una corrida estable en el área de moldeo y en la línea de manufactura. Estas corridas de prueba nos deben proporcionar datos de estabilidad de proceso, eficiencia y niveles de scrap con los que se puede considerar que se encuentra en los niveles óptimos para realizar la producción.

Todo este desarrollo se encuentra limitado por los cambios de especificaciones que requiera modificar el cliente. Este producto ya se encuentra en el mercado en la actualidad y el cliente desea realizar modificaciones que impulsaran una mejor funcionalidad del mismo en base al sistema de ignición y cambios en los materiales y proveedores para obtener un mejor ahorro de costos. Toda especificación y proceso del producto CEMD será delimitado y evaluado por el cliente.

CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y MARCO TEÓRICO

2.1. El Marco Teórico

Para un mejor entendimiento del proyecto, se planea desarrollar cada uno de los temas o fases conforme se realizan o desenvuelven. Cada una de ellas tiene sus consideraciones a tomar para poder tener un desarrollo exitoso del proyecto. A continuación, se presenta la figura 2-1 la cual nos muestra a grandes rasgos las fases del proyecto.

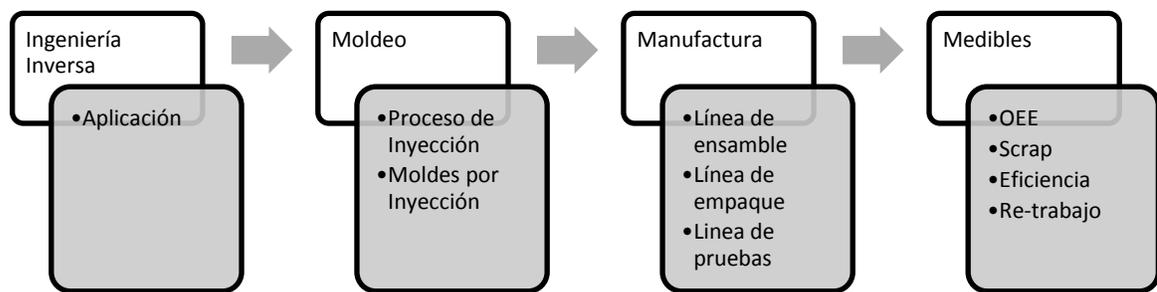


Figura 2-1 Pasos del desarrollo del proyecto (elaboración propia)

2.1.1. La Ingeniería Inversa

En la actualidad la ingeniería ha crecido de manera exponencial en las aplicaciones. Debido a estos crecimientos, también las aplicaciones se han hecho más robustas y complicadas en base a la estructura y funcionalidad. Debido a que hoy en día el tiempo es un factor primordial en los desarrollos, se ha tomado como idea el modificar procesos o productos ya existentes, adaptándolos a la necesidad, en lugar de crear algo desde el inicio.

La ingeniería inversa comprende esas actividades enfocadas a re-descubrir la funcionalidad, estructura y comportamiento de un artefacto dado (Telea, 2012), con el enfoque de tomar esta información para uso o la adaptación del artefacto. Durante la última década ha estado enfocada a tres principales áreas de aplicación las cuales son el desarrollo de software, la creación de piezas y en aplicaciones médicas y de la ciencia.

Tomando como enfoque a la creación de piezas, la ingeniería inversa provee una solución ya que el modelo físico o artefacto es la fuente de toda la información del modelo CAD. Esto es conocido como el proceso de físico a digital (Raja & Fernandes, 2008) como se puede apreciar en la figura 2-2. Este proceso reduce el tiempo de desarrollo del producto para un rápido lanzamiento.



Figura 2-2 Proceso de físico a digital (Raja & Fernandes, 2008)

2.1.1.1. El Proceso de la Ingeniería Inversa

Existen varios métodos para poder realizar ingeniería inversa a un objeto físico. Uno de los diversos métodos existentes para poder obtener la información de un objeto es por medio de escaneo para capturar información 3D de ese objeto físico y de ahí transformar esa información en un modelo CAD. Para poder realizar esta transformación, existen ciertos pasos que se deben seguir (Raja & Fernandes, 2008). La figura 2-3 muestra el diagrama sugerido para poder llegar al objeto en un modelo CAD. Varios de estos pasos son áreas de desarrollo en temas de desarrollo de visión computacional.

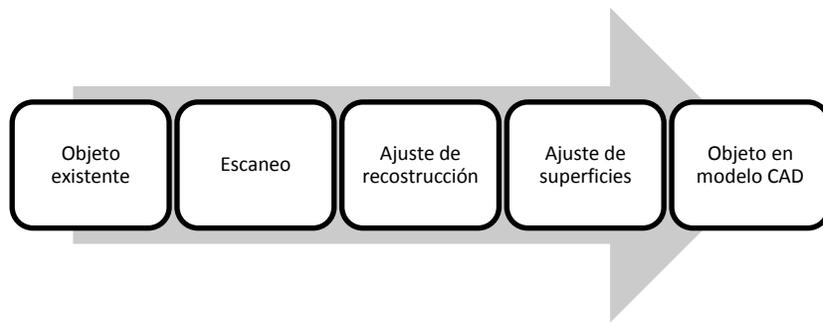


Figura 2-3 Diagrama de transformación de objeto a modelo CAD (adaptación (Raja & Fernandes, 2008))

2.1.1.1.1. Escaneo

El primer paso para obtener el modelo CAD es el escaneo, con el cual se realizará la recolección de datos. Para todo esto debemos primero realizar la calibración del rango de imagen. La figura 2-4 nos muestra cómo es la transformación de un rango de imagen a una 3D. La calibración determina la relación entre el valor del rango y la posición horizontal y vertical de un pixel indicada colocada dentro de un sistema de coordenadas sobre alguna medición indicada.

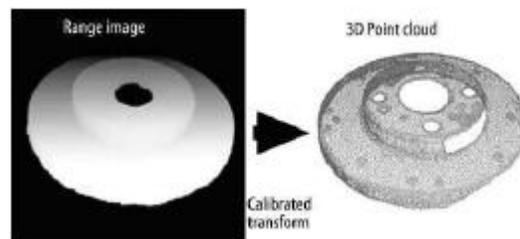


Figura 2-4 Ejemplo de transformación de rango de imagen a imagen 3D (Raja & Fernandes, 2008)

Después de la calibración se debe validar el registro ya que se debe asegurar que no exista información faltante. Para poder prevenir información faltante se debe mover el scanner alrededor del objeto para poder obtener diferentes ángulos de visibilidad. Estos diferentes ángulos crean diferentes sistemas coordinados y el registro es el proceso con el cual estos sistemas son entrelazados.

2.1.1.1.2. Ajuste de Reconstrucción

Ya que se tiene todo el registro, el siguiente paso es realizar un ajuste de reconstrucción que modele la superficie del objeto. La figura 2-5 muestra un ejemplo de un ajuste de reconstrucción. Para la reconstrucción, el muestreo define el número de puntos en la nube y la distancia entre ellos en el objeto para así tener una relación entre el tamaño de los datos y la cobertura del objeto. El algoritmo del ajuste reconstrucción ayuda a reducir al mínimo el impacto del error de medición.

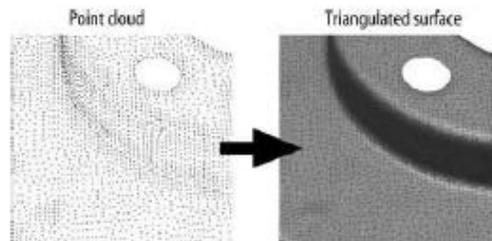


Figura 2-5 Ejemplo de ajuste de reconstrucción (Raja & Fernandes, 2008)

2.1.1.1.3. Ajuste de Superficies

Terminado el ajuste de reconstrucción, el último paso para el producto final es el ajuste de superficies. Este último proceso tiene varias formas y es completamente dependiente de la aplicación que se utilizará. Existe un método (Eck & Hoppe, 1996) para recuperar ranuras o espacios de los rangos de escaneo que ayudan con la representación paramétrica de la superficie. Se debe dividir el objeto en diferentes parches de la superficie y luego modelar cada parche subsecuente con su superficie parametrizada. La figura 2-6 muestra el ajuste de superficies basada en una retícula de control para obtener el producto final.

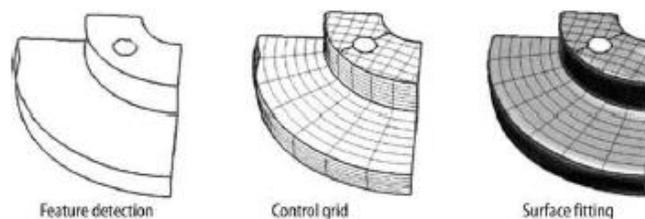


Figura 2-6 Ejemplo de ajuste de superficie (Raja & Fernandes, 2008)

2.1.1.2. Creación de Prototipos

El método de rápida creación de prototipos es comúnmente utilizado para poder tener prototipos tangibles en lugar de solo basarse en dibujos en dos dimensiones. Estos prototipos pueden ser utilizados para tener una idea detallada del producto e inclusive para realizar alguna prueba funcional o dimensional. Esto nos permite analizar la pieza en etapas muy tempranas del desarrollo del producto y nos reduce el costo de diseño.

2.1.1.2.1. El Proceso

Según (Raja & Fernandes, 2008), la figura 2-7 nos muestra los pasos para obtener un rápido prototipo. La técnica del rápido prototipado debe seguir los siguientes pasos:

- a. Crear el modelo CAD creando un nuevo diseño o escaneando uno ya existente.
- b. Convertir el CAD a formato STL ya que se ha convertido en el formato estándar para así poder tener mejor consistencia.
- c. Dividir el archivo STL en capas seccionadas con un cierto grosor predefinido.
- d. Generación de una estructura de soporte, siempre y cuando lo necesite.
- e. Producir el modelo capa por capa. Estas capas son reconstruidas una a la vez en la máquina.
- f. Post-procesado. En este paso se limpia y pule el modelo y se remueve la estructura de soporte.



Figura 2-7 Proceso de rápido prototipado (Raja & Fernandes, 2008)

2.1.1.2.2. Modelado por Inyección

Existen diversos métodos o técnicas que pueden ser utilizados para un prototipado. Una de las comúnmente utilizadas para la creación de piezas manipulables es la del modelado por inyección. Conocido por sus siglas en inglés MJM (Multijet Modeling) utiliza cabezales de impresión para depositar material en capas sucesivas y delgadas. La figura 2-8 muestra el ejemplo de un tipo de impresora MJM, la ThermoJet.

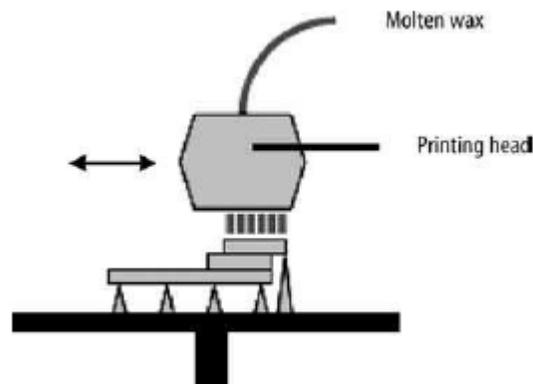


Figura 2-8 Modelo esquemático del proceso ThermoJet (Raja & Fernandes, 2008)

2.1.1.3. Ingeniería Inversa en la Manufactura

La ingeniería inversa juega un rol importante en la industria basada en la manufactura. Según (Kumar, Jain, & Pathak, 2013) su aplicación primordial en la industria es el recrear o copiar una parte que proviene de una original o trazar los eventos de lo que paso. Otra de las aplicaciones importantes en la industria es para producir refacciones para reparaciones y remplazos. Existe también la aplicación de la ingeniería inversa debido a la falta de documentación original, esto es, cuando el cliente no tiene la información digital necesaria o el CAD del componente original.

2.1.2. Moldeo por Inyección de Plástico

El moldeo por inyección de plástico es uno de los procesos más utilizados en la actualidad. Basados en la explicación de (Harper, 2006) es una técnica de procesamiento para convertir termoplásticos en todo tipo de productos con diferentes aplicaciones como la automotriz, médica, electrónica, recreativa, entre otras.

El proceso se define como el método en producir partes con plásticos derretidos por calor, esto realizado con la ayuda de una máquina de moldeo. La forma del producto final es definida por un molde colocado en la máquina. Se cuenta con tres operaciones básicas las cuales son primero elevar la temperatura del plástico a un punto de fluidez. Después se debe inyectar al molde y se debe dejar reposar y enfriar el plástico dentro del molde cerrado. Por último, se debe expulsar la pieza plástica del molde después de haberlo dejado reposar en el molde.

2.1.2.1. Máquinas de Moldeo

Para poder lograr el proceso de moldeo por inyección de plástico, uno de los componentes que se requiere es la máquina. Hoy en día la maquina comúnmente utilizada es la máquina de husillo como la mostrada en la figura 2-9. Como lo explica (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) estas máquinas proporcionan un calentamiento uniforme del material.

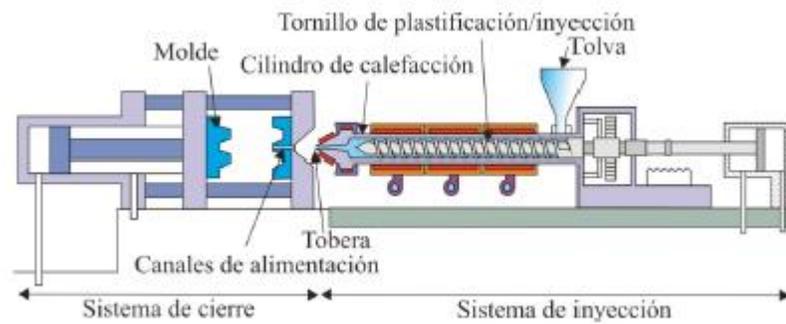


Figura 2-9 Máquina de moldeo de husillo (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012)

La inyección del material se maneja desde la cámara de plastificación. El husillo produce un movimiento axial hacia adelante para realizar el proceso de inyección del material fundido. En la figura 2-10 se puede apreciar la secuencia de inyección de plástico para la fabricación de una pieza. El tornillo actúa como pistón de inyección del material para que este llegue hasta el molde y pueda formar la pieza plástica.

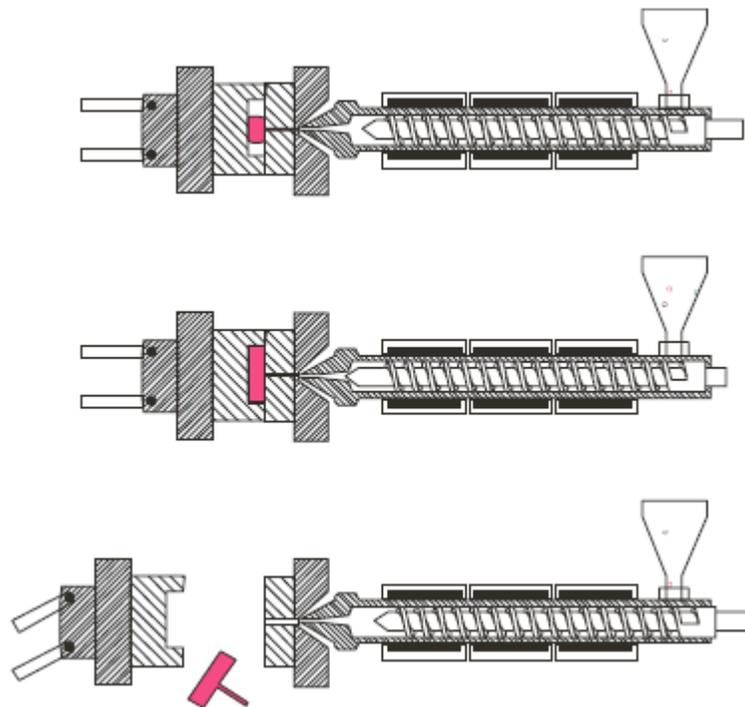


Figura 2-10 Secuencia de movimiento de inyección (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012)

2.1.2.2. El Proceso de Moldeo

La máquina de moldeo funciona con un proceso para poder producir la pieza plástica el cual es definido como ciclo. Definido por (Zhou) es un proceso repetitivo en el cual un polímero derretido (plástico) es inyectado a una cavidad o cavidades de un molde, empacado bajo presión y enfriado hasta estar lo suficientemente solidificado. Como resultado, este polímero duplica la forma de la cavidad del molde.

El proceso de moldeo es de gran importancia ya que puede producir piezas funcionales, complejas y de alta precisión de manera repetitiva en una operación relativamente automática. Esto permite la manufactura de gran cantidad de piezas de diferentes tamaños y formas las cuales pueden llegar a tener características especiales como llegar a tener tolerancias dimensionales cerradas.

El ciclo de moldeo definido por (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) está constituido por los siguientes pasos:

- a) Tiempo de cierre de molde.
- b) Tiempo de avance de la unidad de inyección.
- c) Tiempo de llenado o de inyección.
- d) Tiempo de compactación.
- e) Tiempo de retroceso de la unidad de inyección.
- f) Tiempo de enfriamiento.
- g) Tiempo de apertura del molde.
- h) Tiempo de extracción de la pieza.
- i) Tiempo de molde abierto.

Los tiempos que cada uno de estos procesos se tardan son variables dependiendo del tamaño de la pieza, tipo de la pieza, el material que se esté utilizando para fabricar la pieza y el procesamiento que lleve. Las variables que afectan el procesado de la pieza son:

- a) Temperatura de inyección.
- b) Temperatura del molde.
- c) Presión inicial.
- d) Presión de sostenimiento.
- e) Presión posterior.
- f) Tiempo de inyección inicial.
- g) Tiempo de sostenimiento.
- h) Tiempo de enfriamiento.

Dependiendo del requerimiento de la pieza, las condiciones y el tipo de material, va a ser el tipo de procesamiento de inyección que se utilizará para que este sea eficiente. Las condiciones de procesamiento van a influir directamente en la productividad del moldeo. Para poder tener una producción estable y de calidad se deben de siempre monitorear y controlar ciertos parámetros críticos como es la rotación del husillo, la velocidad de inyección, el cambio de la fase de llenado a la fase de sostenimiento, el tiempo de enfriamiento y las temperaturas del molde y barril.

2.1.2.3. Calidad del Moldeo

Según (Zhou), en el desarrollo de cualquier producto plástico es importante entender que todos los factores que influyen en el proceso de manufactura afectan la calidad de la pieza plástica. Estas características pueden ser propiedades del plástico, características del producto, configuración del molde, condiciones de proceso y el control de proceso. La figura 2-11 podemos ver un esquema de los factores que influyen en la calidad de una pieza plástica.

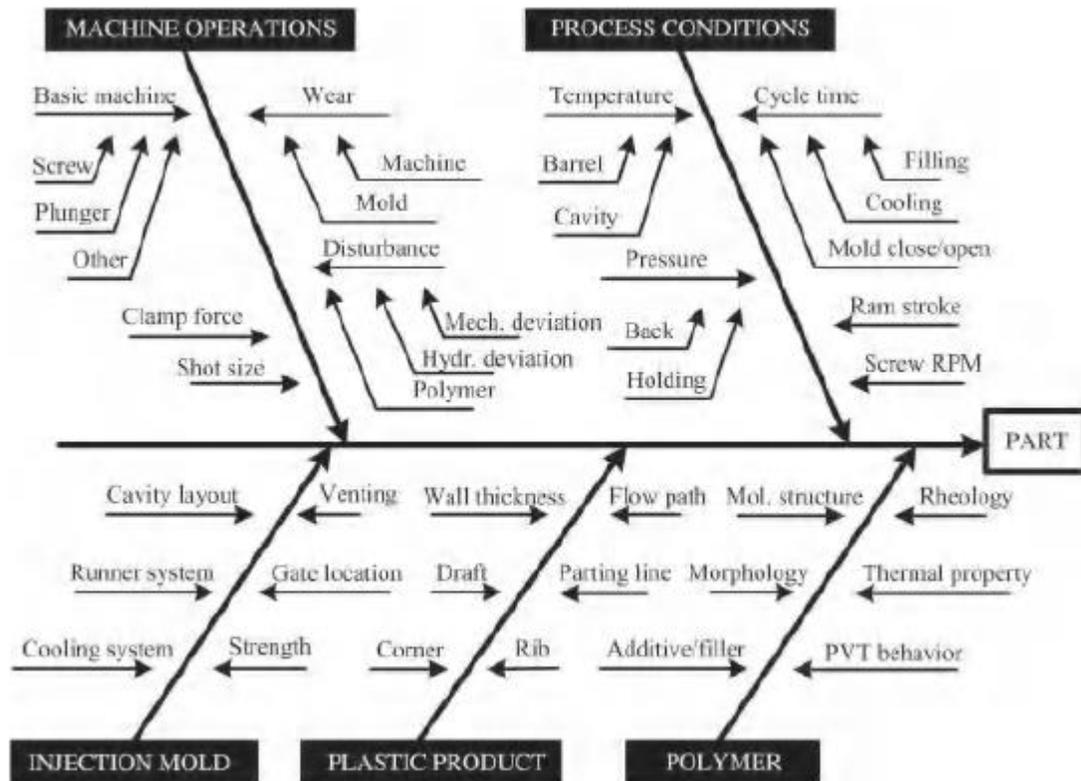


Figura 2-11 Factores que afectan la calidad final de una pieza (Zhou)

Según (Zhou) uno de los retos esenciales en el control de la calidad es la falta de descripción cuantitativa de la compleja relación entre la calidad final de la pieza y la condición que se tiene del proceso. Otro reto es como poder medir la calidad de las piezas en relación a las variables del proceso. El control del proceso y su monitoreo son capaces de proporcionar soporte continuo para poder tener una mejor calidad y llegar a un mayor nivel de control de desempeño a un menor costo de producción.

2.1.2.4. Moldes de Inyección de Plástico

Una parte muy importante del proceso de moldeo es el molde, el cual es el que proporciona la forma, dimensiones y textura de acabado al plástico derretido. El diseño de estos moldes varía en base al tipo de material que se va a utilizar y el componente que se debe formar. El diseño del molde es sumamente importante para mantener una buena producción de partes con calidad.

Según (LANXESS Corporation, 2007) en su el nivel más básico, el molde está compuesto por dos partes principales: la cavidad y el núcleo. El núcleo forma la mayoría de la superficie interna de la parte, mientras que la cavidad forma la mayoría de la superficie externa. Por lo general, el núcleo y las cavidades se separan para poder liberar la pieza formada.

Tanto (LANXESS Corporation, 2007) como (Goodship, 2004) coinciden en que la configuración más sencilla y común es la del molde de dos placas. En la figura 2-12 podemos apreciar a grandes rasgos un molde de dos placas abierto en la línea de unión. Una de las placas del molde es denominada como placa fija mientras que la otra se denomina placa móvil. En la placa fija se encuentra colocado un bebedero, mientras que la placa móvil contiene todos los mecanismos de botado. En la figura 2-13 podemos apreciar una representación esquemática de un molde en las cuales se puede apreciar donde se ubican cada uno de los componentes.

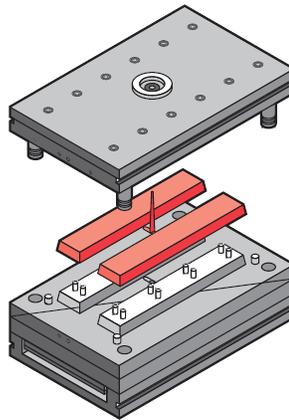


Figura 2-12 Ejemplo de un molde de dos placas (LANXESS Corporation, 2007)

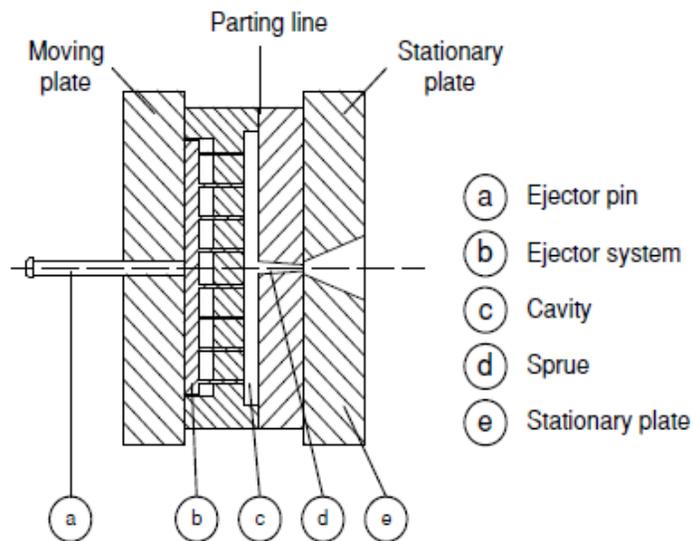


Figura 2-13 Molde de dos placas con sus componentes básicos (Goodship, 2004)

El molde de tres placas normalmente es utilizado (Goodship, 2004) cuando se consideran cavidades múltiples y la labor debe ser semi o completamente automática. La figura 2-14 muestra el esquema de un molde de tres placas. Este molde contiene una placa extra que por lo general de un lado consta de la colada y del otro lado consta de una de las caras del molde.

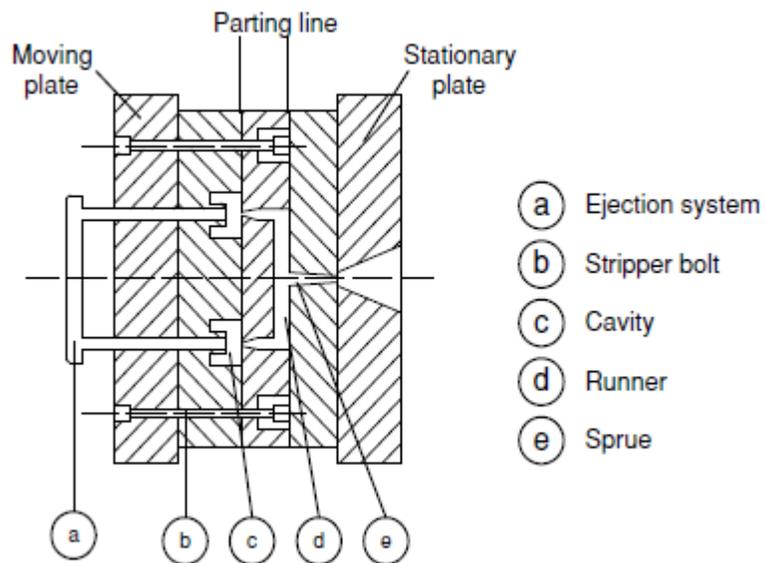


Figura 2-14 Molde de tres placas y sus componentes básicos (Goodship, 2004)

Generalizando las partes de un molde y tomando como referencia a (LANXESS Corporation, 2007) podemos encontrar varios componentes dentro de un molde. La figura 2-15 muestra de manera resumida la localización de varios de esos componentes dentro de un molde de dos placas.

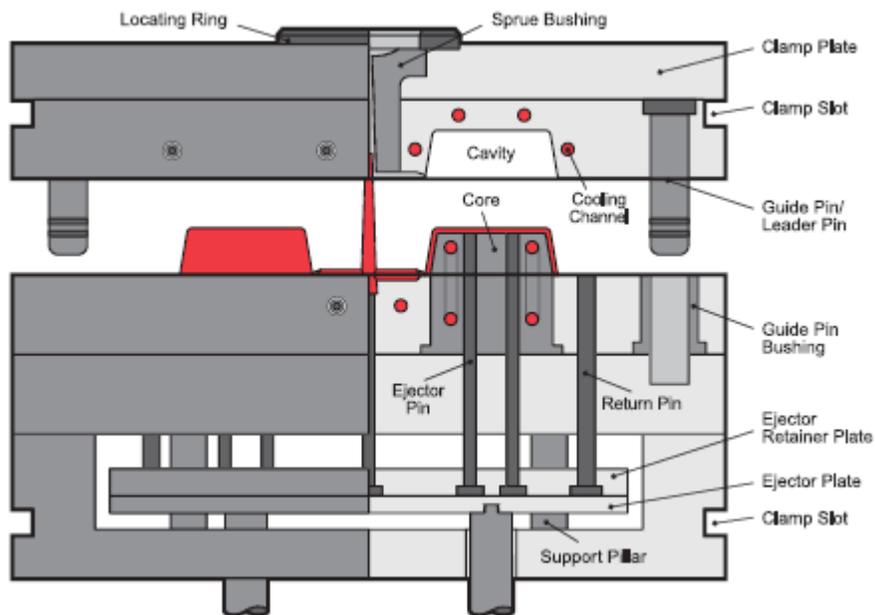


Figura 2-15 Componentes de un molde estándar de dos placas (LANXESS Corporation, 2007)

El molde cuenta con un anillo localizador y un bebedero colocados en la parte central de la placa fija del molde y un sistema de botado de piezas en el lado móvil del mismo. Ambas placas cuentan con ranuras para poder sujetarlas a la máquina de moldeo. La placa móvil cuenta con unos orificios por donde pasan barras que conectan al sistema de expulsión con la máquina de moldeo. En las esquinas de la placa fija se cuenta con pines guía, los cuales tienen la función de alinear correctamente ambas placas al momento del cierre del molde. Los pines de regreso se encuentran situados en la placa de eyección para proteger el sistema de botado y colocarlo en posición para el siguiente ciclo. Dentro de la placa fija y móvil se encuentran las cavidades que darán forma a la pieza plástica, las cuales pueden estar cortadas directamente en las placas, insertadas a la base de la placa o insertadas como una unidad completa de cavidades.

Existen varios estudios que involucran mejoras en los moldes para así tener un mejor desempeño. Una mejora propuesta por (Lakkannan, Mohan Kumar, & Kadoli, 2016) es realizar el diseño del bebedero del molde dependiendo del material a utilizar. Ajustando el ángulo de las paredes y el diámetro del bebedero se optimiza el flujo del material a través del molde. Otra sugerencia por (Moayyedian, Abhary, & Marian, 2015) es realizar estudios en las coladas de los moldes y así poder modificarlas para tener una reducción de desperdicios y una mejora en los ciclos del molde.

2.1.3. Manufactura

Una de las actividades más importantes de todos los tiempos es la fabricación de cosas. Basados en el principio de (Groover, 2010) la manufactura puede ser definida desde el punto de vista tecnológico o el económico. Hablando del punto de vista tecnológico, se basa en la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades, y/o la apariencia de un material para realizar parte o productos.

Desde el punto de vista económico, la manufactura es la transformación de materiales en productos de mayor valor por medio del procesamiento y/o ensamble. El enfoque es el de agregar valor al material modificando sus propiedades o combinándolo con otros materiales que a su vez pudieran haber llegado a ser alterados o modificados también. En la figura 2-16 se puede apreciar ambos puntos de vista de manufactura en una manera gráfica.

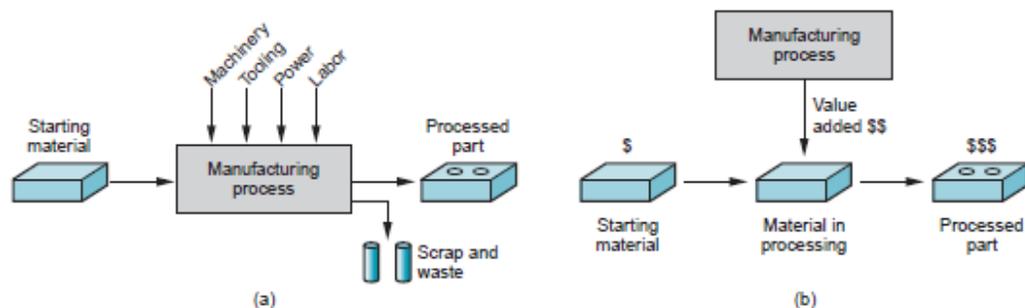


Figura 2-16 Puntos de vista de manufactura: a) Tecnológico b) Económico (Groover, 2010)

Todo proceso de manufactura consta de sistemas para poder transformar los materiales y en estos sistemas se cuenta con un rango limitado de trabajo. Uno de los puntos más importantes al realizar la manufactura, es la capacidad con la que se cuenta y según (Groover, 2010) tres factores importantes intervienen en esto. La capacidad tecnológica de procesamiento es la que limita los tipos de materiales de acuerdo al avance tecnológico de la maquinaria que se utiliza. Las limitaciones físicas del producto son las cuales consideran las dimensiones geométricas del producto y su peso para tomar la decisión de poder producirlo. La capacidad de producción es la que limita en la cantidad de volumen total que se puede producir.

2.1.3.1. Proceso de Manufactura

Basado en (Groover, 2010) los procesos de manufactura pueden ser divididos en dos tipos básicos: operación de procesamiento y operación de ensamble. En las operaciones de procesamiento transforman un material de un estado específico a uno más avanzado mientras que la operación de ensamble une dos o más componentes para crear uno nuevo. En la figura 2-17 se puede apreciar a detalle la clasificación del proceso de manufactura.

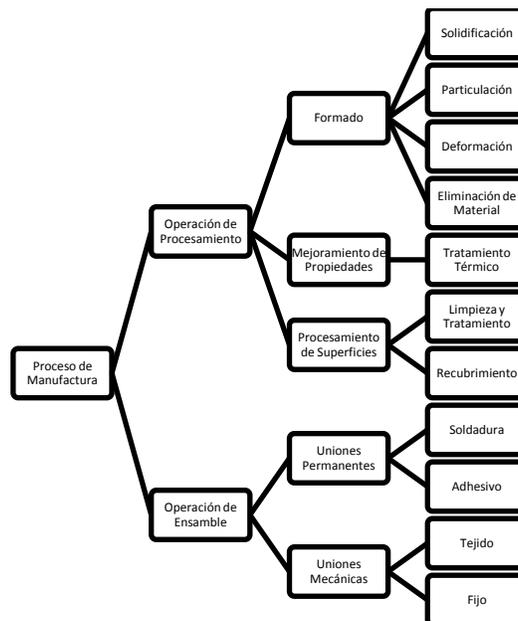


Figura 2-17 Clasificación del proceso de manufactura (adaptación (Groover, 2010))

Por lo general, el proceso de manufacturado de un producto requiere de más de una operación de procesamiento para poder transformar el material inicial en el producto final. Estas operaciones de transformación deben ser realizadas en cierto patrón específico para poder obtener un producto final adecuado ya que, por lo general, estos productos deben cumplir con ciertas especificaciones solicitadas por el cliente.

2.1.3.2. Sistemas de Producción

Para poder tener un adecuado proceso de manufactura se debe considerar un sistema que permita lograr eficientemente la producción. Basado en (Groover, 2010) estos sistemas de producción se dividen en dos categorías: Instalaciones de producción y sistema de soporte de manufactura.

Según (Gupta, Gupta, & Mittal, 2009) la ubicación de la planta es de suma importancia para su funcionamiento. Deben realizarse varias consideraciones importantes como:

1. El terreno correcto para colocar la planta.
2. Fácil acceso al camino para transporte.
3. Suficiente energía y agua debe ser disponible.
4. Punto logísticamente correcto en el cual el cliente se encuentre accesible.
5. Suficiente mano de obra y personal calificado.
6. Estar situado de preferencia en algún área industrial.
7. Tener permisos ambientales para el correcto funcionamiento.
8. Disponibilidad de materia prima.

Otro factor sumamente importante es la distribución dentro de la planta. El layout de la planta es ese acomodo funcional de los diferentes departamento y maquinaria que la producción se pueda realizar de manera eficiente. Esta eficiencia ayudará en obtener mejores beneficios económicos con mejores tiempos de productividad. Reflejando la opinión de (Gupta, Gupta, & Mittal, 2009), existen tres tipos de layout:

1. Layout de proceso o funcional, en el cual toda la maquinaria o procesos similares se encuentran agrupados.
2. Layout de producto o línea, en el cual se proporciona un acomodo dependiendo de la secuencia en que el producto es procesado.
3. Layout combinado o grupal, el cual considera una combinación de acomodo por proceso y por producto.

Para poder operar eficientemente, se debe de tener un sistema de soporte de manufactura. La mayoría de este sistema de soporte no se encuentra directamente en contacto con la producción del producto, pero estos planean y controlan su avance a través de la fabricación. Por lo general, se consideran varios departamentos de soporte (Groover, 2010):

- Ingeniería de manufactura.
- Planeación de producción.
- Control de calidad.

En la actualidad existen varias tendencias en la manufactura (Groover, 2010) que, aparte del sistema de soporte, ayudan en el proceso y su eficiencia. Estas tendencias son motivadas debido a diversos acontecimientos económicos y tecnológicos en el mundo. Estas tendencias se encuentran categorizadas como:

1. Manufactura Lean y Seis Sigma.

Estos programas son enfocados para mejorar la eficiencia y la calidad en la manufactura. La manufactura Lean tiene su principio en realizar un mayor número de operaciones con un menor número de recursos. Esto significa que con menos trabajadores y menor cantidad de equipo se puede llegar a tener una mayor cantidad de producción en un menor tiempo, contemplando un nivel más alto de calidad en el producto final. Seis Sigma tiene como objetivo el reducir la variabilidad del proceso y así obtener mejor desempeño de producción con mayor calidad.

2. Globalización y outsourcing.

La globalización se enfoca en poder tener mejor flujo de materiales y servicios, capital, tecnología y gente a través de las naciones. Estos beneficios hacen que las naciones se conviertan en importantes productores dentro de una economía global. El outsourcing va de la mano en términos de la globalización y se refiere a la utilización de contratistas externos para poder realizar cierto tipo de labores dentro de una empresa.

3. Manufactura de conciencia ambiental.

Una de las principales afectaciones de la manufactura es el deshecho de producción. La manufactura de conciencia ambiental se refiere a cierto tipo de programas los cuales buscan efficientizar el uso de los materiales y los recursos naturales para así tener una menor cantidad de desperdicios. Esto se encuentra enfocado a realizar procesos que sean amigables con el medio ambiente, así como productos que afecten lo menor posible en el impacto ecológico. Varios enfoques pueden ser adaptados para poder hacer de la manufactura un proceso con conciencia ambiental.

4. Micro-fabricación y nanotecnología.

La micro-fabricación es el proceso requerido para fabricar partes las cuales tienen una característica de tamaño en el rango de los micrómetros. La nanotecnología se refiere a los materiales o productos cuya cualidad es el tamaño en el rango de los nanómetros.

2.1.3.3. Líneas de Producción

Parte importante en la realización de un producto es la línea de ensamble. Estas líneas de ensamble son consideradas cuando se pretende manufacturar grandes cantidades de un mismo producto. Según (Groover, 2010) las líneas de producción consisten en una serie de estaciones de trabajo acomodadas para que el producto se mueva de una estación a la siguiente, y que en cada una de las estaciones se realice una porción del trabajo necesitado para poder obtener el producto final. El objetivo primordial de tener líneas de ensamble es poder incrementar la eficiencia al mejor costo.

Existen varios tipos de líneas de producción, dependiendo de la necesidad de producción. Uno de los más comunes tipos es la línea de ensamble manual la cual consiste en varias estaciones colocadas en secuencia. Trabajadores en cada estación realizan una operación específica para al final poder obtener el producto final. En la figura 2-18 podemos ver una porción de una línea manual de ensamble, en la que cada trabajador realiza cierta operación en su estación para después pasarla a la siguiente estación.

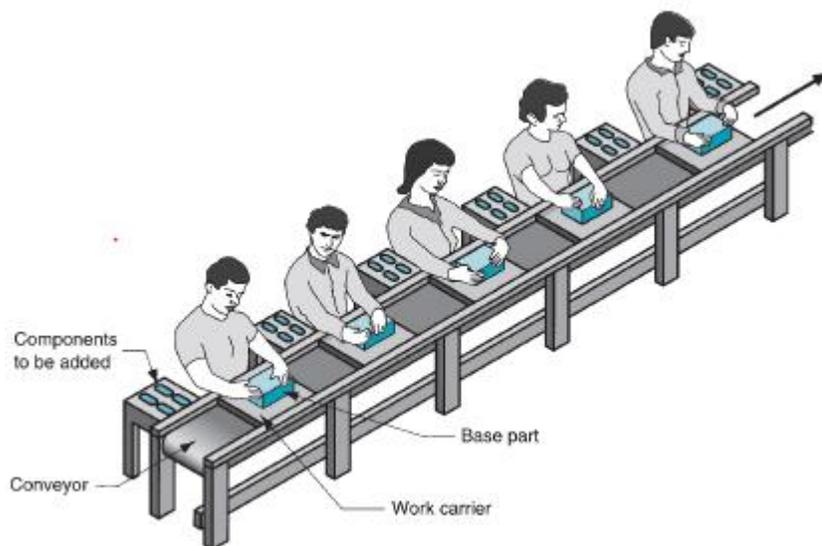


Figura 2-18 Ejemplo de una línea de ensamble manual (Groover, 2010)

Otro tipo de línea de producción es la automatizada, la cual consiste en estaciones automáticas conectadas entre sí con un sistema de transferencia de partes. Esta línea de ensamble no cuenta con trabajadores directos en la línea y todas las operaciones son realizadas automáticamente. La figura 2-19 muestra una línea de producción automatizada, en la que maquinaria realiza las operaciones de ensamble.

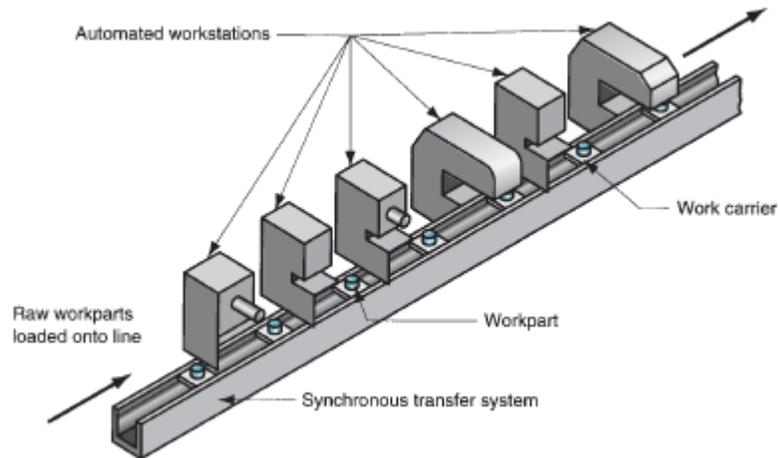


Figura 2-19 Ejemplo de una línea de ensamble automatizada (Groover, 2010)

2.1.3.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Según (Scodanibbio, 2009) el OEE es una medida del valor agregado a la producción por cierta maquinaria en un periodo de tiempo determinado. Este es un factor crítico al momento de medir la productividad, la eficiencia y en ciertos casos, la capacidad. El OEE es un métrico que se enfoca en que tan efectiva una operación de manufactura es utilizada. En esencia (Stamatis, 2010) es una medida que identifica el potencial del equipo, identifica y registra perdida e identifica una ventana de oportunidad.

El principal objetivo del OEE se encuentra en poder aumentar la productividad, decrementar los costos, incrementa la concientización sobre la necesidad de productividad de una maquinaria e incrementa la vida útil del equipo. El OEE se mide multiplicando la disponibilidad y funcionamiento del equipo por el rango de calidad del producto que se manufactura.

Disponibilidad: $([\text{tiempo disponible} - \text{tiempo caído}] / [\text{tiempo neto}]) \times 100$

Funcionamiento: $([\text{ciclo ideal y total de corrida}] / [\text{tiempo de operación}]) \times 100$

Calidad: $([\text{total de piezas} - \text{defectos}] / [\text{total de piezas}]) \times 100$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Funcionamiento} \times \text{Calidad}$$

Para poder obtener una mejora en el resultado del OEE, se deben implementar mejoras en los tres componentes considerados para su cálculo. Todas estas medidas deben ser controladas y validadas.

En base a disponibilidad:

- Reducir el tiempo caído no programado.
- Identificar y eliminar las causas comunes.
- Analizar y mejorar problemas de confiabilidad.
- Utilizar mantenimiento tipo TPM.
- Dar prioridad al mantenimiento preventivo.

En base a Eficiencia:

- Mejorar el funcionamiento para mantenerlo en el ciclo ideal.
- Identificar los tiempos reales y mejorar los tiempos y ciclos.
- Asignar recursos para identificar fallos.
- Identificar y arreglar procesos que no se encuentren balanceados.
- Identificar cualquier operación no controlada y estandarizarla.

En base a calidad:

- Identificar, medir y mejorar el re-trabajo y desperdicio.
- Identificar áreas problema e implementar controles para los errores.
- Identificar y sobre límites de muestra.
- Aplicar recursos para la solución de problemas.

CAPÍTULO 3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Estructura del Método

Para poder llevar a cabo un proyecto en forma estructurada, se debe tener una base que seguir. Es la metodología se requiere para fundamentar los pasos a seguir y no omitir partes mientras se realiza el desarrollo. Se considera la propuesta de (Ulrich & Eppinger, 2013) como base con la cual desarrolla el producto. Como podemos observar en la figura 3-1, el desarrollo del producto se divide en seis fases y empieza en su fase de planeación, considerada fase cero ya que precede a la aprobación del proyecto para después pasar por las siguientes fases que son desarrollo de concepto, diseño en el nivel sistema, diseño de detalle, pruebas y refinamiento e inicio de producción.

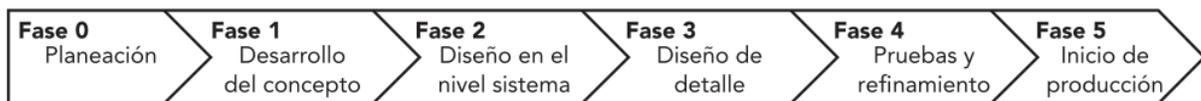


Figura 3-1 Fases del proyecto (Ulrich & Eppinger, 2013)

3.2. Materiales

Se necesitan materiales y maquinaria para poder desarrollar un proyecto. Estos materiales tienen propiedades y características que los hacen únicos y aptos para poder realizar su aplicación correspondiente. Para poder tener un producto final, una serie de materiales deben de ir unidos o ensamblados entre sí, estos materiales se registran en una lista de materiales.

La lista de materiales también es conocida como BOM por sus siglas en inglés *Bill of Materials* la cual contiene un listado de materias primas, subconjuntos, conjuntos intermedios, componentes, y las cantidades de cada uno de ellos para poder, al unirlos, obtener un producto final. Estas listas pueden comúnmente ser vistas como la fórmula, listado de ingredientes o receta para realizar un producto final.

3.2.1. Lista de Materiales (BOM)

Para poder realizar el ensamble del producto final, varios componentes deben ser considerados. A continuación, se presenta un listado de componentes dentro del producto final:

No.	PARTE	CANTIDAD	PESO (gr.)	ESPECIFICACION	GRUPO DE MATERIAL
1	TOP HOUSING (PRINT)	1	37.53	PP, CB5108H OLIVE PMS#5743C (PPD 29904)	Plástico
2	BOTTOM HOUSING	1	42.72	PP, CB5108H OLIVE PMS#5743C (PPD 29904)	Plástico
3	END CAP	1	9.98	ABS,PA717C,BLACK	Plástico
4	SWITCH KNOB	1	2.10	PC,IUPIILON S2000UR, BLACK(DY-B0080T)	Plástico
5	IGNITION BUTTON	1	0.69	PP, CB5108H OLIVE PMS#5743C (PPD 29904)	Plástico
6	LENS	1	0.51	PC, IUPIILON S2000UR, CLEAR	Plástico
7	TOP HEAT EXCHANGER BOX	1	22.66	NYLON66+30% GF, DNG 1130 BLACK(NUF-3807)	Plástico
8	BOTTOM EXCHANGER BOX	1	9.64	NYLON66+30% GF, DNG 1130 BLACK(NUF-3807)	Plástico
9	TOP HEAT PLATE	1	9.68	AL,A1100P	Metálico
10	BOTTOM HEAT PLATE	1	7.14	AL,A1100P	Metálico
11	EXCHANGE LINER	1	1.49	EXPANDED ALUMINUM, t0.6mm	Metálico
12	ROTATE SWITCH CAM	1	0.43	PC,IUPIILON S2000UR, BLACK(DY-B0080T)	Plástico
13	GAS REGULATOR	1	5.91	CUSTOMER SUPPLIED MATERIAL	Plástico
14	SPRING SUPPORT	1	0.74	POM,IUPITAL F30-03,NATURAL	Plástico
15	BURNER TUBE + SCREEN (BURNER TUBE)	1	2.86	BRASS,C3604 SUS 304, Dia 0.112 X 100 MESH	Metálico

No.	PARTE	CANTIDAD	PESO (gr.)	ESPECIFICACION	GRUPO DE MATERIAL
16	SILICONE TUBE (ID 3.0)	1	0.44	SILICONE, OD5.8xID3.0mm	Plástico
17	E-RING	1	0.12	CARBON SPRING STEEL, ETW-3.5, t=0.6mm.	Metálico
18	SWITCH LEVER	1	0.78	SUS304, 0.6t	Metálico
19	SWITCH SPRING	1	0.44	SUS 302/304, OD.Dia6.3xL24.5, Dia0.45 WIRE	Metálico
20	TAPPING SCREW M2.3x8, STEEL PAN HEAD, Ni-PLATED	2	0.04	TAPPING SCREW M2.3x8, STEEL PAN HEAD, Ni-PLATED	Metálico
21	TAPPING SCREW M2.3x13, STEEL PAN HEAD, Ni-PLATED	6	0.33	TAPPING SCREW M2.3x13, STEEL PAN HEAD, Ni-PLATED	Metálico
22	TAPPING SCREW M2.6x8, STEEL TRUSS HEAD, Ni- PLATED	3	0.24	TAPPING SCREW M2.6x8, STEEL TRUSS HEAD, Ni-PLATED	Metálico
23	IGNITER	1	3.33	CUSTOMER SUPPLIED MATERIAL P02-02(CHINA CERAMIC,2.2x4.5 mm) WIRE L=55 mm	Electronico
24	LEAD WIRE	1	0.21	OD1.1~1.2,(Strand 17/0.12), BLACK	Electronico
25	CERAMIC TUBE + Electrode wire + Silicon tube (OD 2.8)	1	0.28	CER. TUBE: STEATITE(MgO-SiO ₂),OD2.0xID0.6xL18.5mm ELEC. WIRE: FCHW-1 (NTK,NO.30),32.0LxDia0.50mm. SIL. TUBE: SILICONE,TSE2527U (OD2.7-3.0mmxID1.4-1.7mm)	Electronico
26	GAS CARTRIDGE	1	-	CUSTOMER SUPPLIED MATERIAL GAS TANK	Gas
27	IMPREGNATED MAT	3	-	INSECTICIDE FILM	Insecticida

Tabla 3-1 Listado de materiales BOM (elaboración propia)

3.2.2. Equipo de Desarrollo

Una parte primordial del desarrollo del producto final es el equipo y software utilizado con el que el personal se apoyará para poder crear y construir el producto. Se deben contar con equipos para todo el desarrollo del producto. Estos equipos pueden estar considerados en tres diferentes fases:

- Diseño de producto y moldes.
- Producción de piezas plásticas.
- Producción de producto final.

Para el diseño del producto y moldes, se considerará equipo remoto, ya que estos equipos se encuentran en plantas hermanas, donde se desarrollarán estas fases. A continuación, se presentan los equipos considerados para la realización de las fases:

No.	EQUIPO	CANTIDAD	GRUPO DE MATERIAL
1	SCANNER 3D	1	Equipo
2	IMPRESORA 3D	1	Equipo
3	COMPUTADORA	7	Equipo
4	NX	7	Software
5	OFFICE	7	Software
6	FRESADORA	5	Equipo
7	RECTIFICADORA	6	Equipo
8	TORNO	4	Equipo
9	CNC	5	Equipo
10	EROCIONADORA	3	Equipo
11	WIRE EDM	2	Equipo
12	SOLDADORA LASER	1	Equipo
13	SOLDADORA ARGON	1	Equipo
14	PULIDORAS	10	Equipo
15	AUTOCAD	7	Software

Tabla 3-2 Equipo de diseño de producto y moldes (elaboración propia)

No.	EQUIPO	CANTIDAD	GRUPO DE MATERIAL
1	COMPUTADORA	8	Equipo
2	OFFICE	8	Software
3	MOLDE DE INYECCION DE PLÁSTICO	9	Equipo
4	MOLDEADORA	9	Equipo
5	CONTROLADOR	9	Equipo
6	CARGADOR	9	Equipo
7	SECADOR DE RESINA	4	Equipo
8	ROBOT DE MOLDEADORA	1	Equipo
9	CONVEYOR	9	Equipo
10	MESA DE TRABAJO	9	Equipo
11	CMM	1	Equipo
12	OPEN DMIS	1	Software
13	COMPARADOR OPTICO	1	Equipo
14	QUICK SCOPE	1	Equipo
15	CABINA DE COLOR	1	Equipo
16	BASCULA CONTADORA	1	Equipo
17	VERNIER	4	Equipo
18	SOLIDWORKS	2	Software

Tabla 3-3 Equipo para producción de piezas plásticas (elaboración propia)

No.	EQUIPO	CANTIDAD	GRUPO DE MATERIAL
1	COMPUTADORA	4	Equipo
2	OFFICE	4	Software
3	AUTOCAD	3	Software
4	SOLIDWORKS	1	Software
5	LINEA DE PRODUCCIÓN	1	Equipo
6	PRUEBA	1	Equipo
7	LINEA DE EMPAQUE	1	Equipo
8	PAD PRINTER	1	Equipo
9	CONVEYOR	3	Equipo
10	MESA DE INSPECCION	1	Equipo
11	VERNIER	1	Equipo
12	SAP	1	Software

Tabla 3-4 Equipo para línea de producción (elaboración propia)

3.3. Metodología

Es importante mencionar que, debido a las características que tiene el producto y la forma de desarrollo, las etapas de no son consideradas en su totalidad y se debe considerar cierta diferencia ya que el producto se desarrolla de un producto ya tangible. Basados en esta estructura, la figura 3-2 presenta las fases del desarrollo del proyecto.

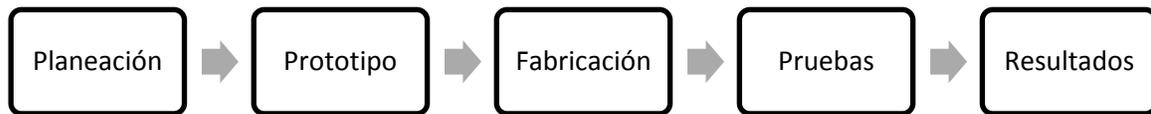


Figura 3-2 Fases de desarrollo (elaboración propia)

3.3.1. Planeación

La base principal del proyecto reside en la planeación del mismo. En esta, la primera fase del proyecto, se especifican cada uno de los pasos que se van a seguir y los tiempos para realizar cada uno de estos pasos. Estos tiempos en cada uno de los pasos que se encuentran considerados en el proyecto deben ser lo más preciso posible, para así establecer exactamente la duración global del proyecto. En los proyectos se debe de tener algún tiempo de holgura dentro del proyecto para poder tener protegida la fecha de entrega final.

Por lo general, para llevar un correcto desarrollo y planificación del proyecto, se debe considerar a un coordinador de proyecto. El coordinador de proyecto realizará un esquema detallado de pasos a seguir y definirá el orden del proyecto en base a especificaciones detalladas por el cliente. En este esquema, para cada uno de los pasos, se asignará una persona como responsable. Esta persona deberá colaborar con el coordinador del proyecto para poder asignar el tiempo adecuado para la realización del paso, así como de encargarse de la coordinación para que el paso termine en tiempo y forma.

Aparte de los pasos a seguir, en este listado de proyecto se pueden incluir también otras consideraciones. Una de las consideraciones extras pudiera llegar a ser los materiales. Agregando los materiales al listado del proyecto se puede tener una clara visualización de los tiempos de llegada del material, los cuales se encuentran condicionados por los tiempos de entrega de los diferentes proveedores, así como los tiempos de traslado e importación.

3.3.1.1. Declaración de la Misión

Un pilar principal dentro de la planeación del proyecto es poder concretar con el cliente, toda la documentación necesaria. Las especificaciones principales del producto quedan plasmadas en la declaración de la misión. La tabla 3-3 nos muestra dentro de la declaración de la misión los datos claves del proyecto.

Descripción del Proyecto
Dispositivo portátil que utiliza gas y una membrana fabricada con insecticida. Este aparato funciona como repelente para mosquitos.
Propuesta de Valor
Repelente para mosquitos con un radio de protección mayor a lo convencional. No se requiere de utilización de baterías para funcionar. Dispositivo durable y de calidad.
Objetivos Claves de Negocio
Obtener un alto volumen anualizado de producto. Tener producción con alto nivel de calidad. Reducción de tiempos de entrega del producto. Bajo nivel de olor a insecticida.
Mercado Primario
Consumidor dedicado a la práctica de cacería. Consumidor dedicado a la práctica de pesca. Consumidor que practica campismo.
Mercado Secundario
Consumidor casual. Consumidor con actividades al aire libre.
Suposiciones y Restricciones
Utilización de gas para poder funcionar. Manejo de insecticida. Durabilidad del repelente. Durabilidad del gas. Manual de funcionamiento.
Suposiciones y Restricciones
Utilización de gas para poder funcionar. Manejo de insecticida. Durabilidad del repelente. Durabilidad del gas. Manual de funcionamiento.
Involucrados
Compadores y usuario final. Servicio web de ventas. Distribuidores y revendedores. Operación de logística y distribución. Operación de manufactura.

Figura 3-3 Declaración de la misión (elaboración propia)

3.3.1.2. Listado de Necesidades del Cliente

Para poder obtener las especificaciones del cliente, es necesario primero poder entender las necesidades. Una vez obtenidas las necesidades, estas se deben enlistar para después definir el impacto que tiene en el producto cada necesidad, calificándolo en escala del 1 al 5, en donde 5 es el que se considera con mayor impacto. Para plasmar estas necesidades se considerará la tabla 3-5.

No.	Necesidad	Impacto
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Tabla 3-5 Listado de necesidades (elaboración propia)

3.3.1.3. Listado de Especificaciones

Una vez obtenidas todas las necesidades, enlistadas y categorizadas, se debe proseguir a crear la lista de especificaciones. Este listado debe reflejar las necesidades en forma de característica métrica, para poder tener un rango de medición de cumplimiento de las necesidades. Así como las necesidades, estas características deben ser registradas en una tabla y ponderadas del 1 al 5. La diferencia es que se debe agregar una columna donde se va a especificar cuál es la necesidad a la que va enfocada esa especificación y una columna donde se especifica la unidad de medida. La tabla 3-6 será considerada para llevar un registro de las especificaciones.

No.	No. De Necesidad	Métrica	Impacto	Unidades
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Tabla 3-6 Tabla de especificaciones (elaboración propia)

3.3.1.4. Evaluación del Efecto Ambiental

En esta fase de la planeación, todo el proyecto es enfocado en obtener toda la información para los cumplimientos ambientales. Para poder lograr esto, se debe aplicar el desarrollo diseño para el ambiente (DPA) y así obtener mejoras en el producto a realizar y en las especificaciones de los materiales a utilizar. Todo este proceso tiene como beneficio el obtener una mejor durabilidad del producto y obtener una mejoría en la facilidad de mantenimiento. Se deben considerar los siguientes puntos:

- Impulsores internos ambientales.
- Impulsores externos ambientales.
- Metas ambientales.
- Efectos ambientales potenciales.
- Directrices.
- Evaluación de los efectos ambientales.

3.3.2. Prototipo

Esta fase del proyecto esta direccionada en obtener el modelo del producto físico. Por lo general, de un diseño electrónico se obtiene un modelo físico del producto, para poder tener una idea más tangible de cómo terminará y se verá el producto terminado. En el caso del proyecto, Se tiene un producto físico ya en el mercado, pero se debe realizar un modelado en 3D para poder tener los datos electrónicos.

Para poder obtener el prototipo en este caso, primero que nada, un producto ya tangible se debe desensamblar y separar en componentes. Todos los componentes deben ser escaneados en 3D para tener su modelo electrónico. Una vez obtenidos los modelos 3D en la computadora, se realizarán ajustes para poder obtener las mejoras sugeridas por el cliente. Una vez obtenido esto, poder se podrá imprimir en 3D un prototipo del nuevo producto ya presentando las mejoras. Toda esta fase será realizada en una planta hermana de la empresa, donde se sitúa el departamento de desarrollo de productos.

3.3.3. Fabricación

En la fase de la fabricación se deben considerar dos puntos diferentes. Por un lado, se tiene todo lo que es el desarrollo del moldeo por inyección de plástico, que va desde el desarrollo de los moldes hasta la producción de las piezas plásticas. Por otro lado, se tiene todo el desarrollo de manufactura que contempla desde el desarrollo de la línea de manufactura hasta la línea de empaque.

3.3.3.1. Desarrollo de Moldeo por Inyección de Plástico

El desarrollo de moldeo abarca varios procesos que son divididos de la siguiente manera:

- Fabricación de moldes.
- Prueba de moldes.
- Proceso de moldeo.
- Prueba de estabilidad de proceso de moldeo.

3.3.3.1.1. Fabricación de Moldes.

Se considerará la fabricación de nueve moldes para inyección de plástico. Para poder lograr esto, se debe de trabajar con los diseños del modelo 3D de los componentes para así, tomando en cuenta el tipo de plástico a utilizar, obtener un diseño de los moldes en computadora. Después del diseño del molde en computadora, se debe evaluar el flujo de plástico en simuladores para poder corroborar el correcto funcionamiento de los mismos. Una vez corroborado el funcionamiento se procede a la fabricación de los planos de molde.

Después de verificados los planos y tomando en cuenta el material que se utilizará para la fabricación de los moldes, se procederá a su fabricación. Todos los bloques e insertos deben ser probados y validados para su ensamble correcto. Terminadas todas las piezas, los moldes deben ser ensamblados y preparados para ser probados.

3.3.3.1.2. Prueba de Moldes.

Existen pruebas que se deben realizar antes de considerar que los moldes se encuentran listos para la para sus corridas productivas normales. Cada uno de los moldes debe ser probado varias veces hasta que todos los requisitos sean aprobados y las piezas que produzca sean avaladas como aptas para utilización en una producción normal.

La primera parte de la validación es solo considerando el correcto funcionamiento del molde. El molde será montado en una inyectora de plástico y se probarán los mecanismos, sistemas, flujos del agua y su comportamiento al momento de aplicarle temperaturas al corredor del molde (parte interna del molde). En esta primera validación, el molde será montado y desmontado varias veces y varios ajustes serán realizados a las diferentes partes del molde antes de poder entrar en la segunda parte de la validación.

Una vez ajustados los mecanismos del molde y teniendo la certeza de que se tiene un óptimo funcionamiento del mismo, se deberá seguir la evaluación de las piezas plásticas que este molde producirá. El molde se pondrá a funcionar para producir piezas y estas piezas serán evaluadas para corregir cualquier imperfección.

Ya que se tengan todos los ajustes deseados se deberá efectuar una tercera validación, la cual consistirá en una corrida de prueba con el cliente del molde (en este caso ASM) para que se evalúe su funcionabilidad total. Se volverá a evaluar el funcionamiento del molde y las piezas que este molde produzca. Por lo general, el cliente define el tiempo total en el que el molde correrá (en este caso 8 horas) para encontrar posibles fallos con corridas prolongadas. Toda esta evaluación quedará documentada en un formato de verificación, como se muestra en el anexo 1. Formato de Inspección de Moldes. Una vez aprobado el molde, estará listo para su embarque y pasar a la creación del proceso en donde correrá la producción normal.

3.3.3.1.3. Proceso de Moldeo.

Una vez liberado el molde para poder realizar producción, se procede en la realización del proceso de moldeo. En esta etapa se realiza la correcta configuración y documentación de parámetros de la máquina moldeadora y periféricos del molde para poder siempre tener las piezas plásticas dentro de dimensión y sin problemas de calidad.

Para lograr esta configuración, el ingeniero de proceso realizará cálculos sobre el área proyectada del molde y el tamaño de disparo de plástico para poder tener un aproximado en su arranque de proceso. Se deben realizar varias configuraciones para poder obtener lo que se denomina como tiro de molde (una pieza de cada una de las cavidades que se consideran del molde, así como de las coladas en dado caso de tener). Este tiro deberá ser pesado pieza por pieza para evaluar el balanceo del molde. Si una cavidad pesa considerablemente más o considerablemente menos que las demás, significará que se debe hacer otra configuración para poder tener un llenado uniforme de plástico dentro del molde.

Ya que se tiene el proceso establecido, las piezas deberán ser dimensionadas basándose en los planos que se tengan autorizados por el cliente. Las dimensiones deberán estar dentro de tolerancia para poder autorizar la corrida de prueba. En dado caso de que no se encuentren dentro de especificación deberá ajustarse el proceso.

3.3.3.1.4. Prueba de Estabilidad de Proceso de Moldeo.

Después de obtener el proceso óptimo en el que todas las dimensiones se encuentren dentro de especificación, se pasará a realizar la prueba de estabilidad del proceso. En esta prueba se considerará correr el molde durante 8 horas, tomando 10 muestras del proceso las cuales estarán distribuidas de la siguiente manera:

- 2 tiros al arranque del proceso.
- 1 tiro a la primera hora de la corrida.
- 1 tiro a la segunda hora de la corrida.
- 1 tiro a la tercera hora de la corrida.
- 1 tiro a la cuarta hora de la corrida.
- 1 tiro a la quinta hora de la corrida.
- 1 tiro a la sexta hora de la corrida.
- 1 tiro a la séptima hora de la corrida.
- 1 tiro a la octava y última hora de la corrida.

En dado caso de tener alguna variación grande o significativa en el proceso, la prueba debe pararse para evaluar la situación y realizar los ajustes que el ingeniero de procesos considere pertinentes. Si el proceso llegara a ser parado, la prueba deberá reiniciarse, esto es, arrancarse desde el inicio otra vez, desechando las muestras obtenidas con anterioridad. Estas piezas deben ser desechadas ya que si se consideran, presentaría una variación a la hora de evaluar la estabilidad del proceso.

Las muestras que se obtendrán de la corrida de estabilidad de proceso deberán dejarse reposar durante 24 horas para permitir que el plástico se enfríe y así tener menor variación al momento de dimensionarlas. Todas las muestras serán pesadas y dimensionadas para así poder definir si el proceso se mantiene estable o existe variación la cual no nos permitirá poder realizar corridas largas con calidad. Estos dimensionales deberán documentarse para poder tener un registro. La tabla 3-7 muestra el formato en donde se registrarán todos los dimensionales a realizar y con la cual se obtendrá un análisis estadístico que ayudará a tomar la decisión de la estabilidad del proceso creado.

Medición Requerida:			
Tipo de Medición:			
Instrumento:			
Unidad de medida:			
Medición Nominal			
Tolerancia inferior (-)			
Tolerancia superior (+)			
Límite inferior:			
Limite superior:			
Cantidad de piezas:			
Cpk requerido:			

Análisis estadístico			
Total Analizado	0	0	0
Promedio (m)			
Desviación Stnd. (s)			
Coef. de Variación			
Min	0.00	0.00	0.00
Max	0.00	0.00	0.00
Muestras debajo límite	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0
Cp			
Cpk			

Número de Muestra	Valor	Valor	Valor
--------------------------	--------------	--------------	--------------

Tabla 3-7 Formato de Análisis Dimensional (elaboración por ASMD)

Una vez realizado el dimensional, se evaluará la estabilidad del proceso. Si el proceso se mantiene estable durante la corrida de prueba, se considerará que el molde estará listo para sus corridas productivas normales. En dado caso de que el proceso no se mantenga estable durante la corrida, se deberá realizar ajuste al proceso y comenzar de nuevo con la toma de muestras y evaluación.

3.3.3.2. Desarrollo de Manufactura

El desarrollo de manufactura será donde se considere todo el ensamble de las piezas para poder obtener el producto final. Tres pasos deberán ser considerados para poder completar la fase de desarrollo de manufactura, los cuales serán desarrollados a la par del desarrollo de moldeo:

- Diseño de la línea de manufactura.
- Diseño de la línea de empaque.
- Diseño de la línea de prueba.
- Fabricación y validación.

3.3.3.2.1. Diseño de la Línea de Manufactura

Para poder ensamblar el producto es necesario una línea de manufactura. Una vez que se obtienen las piezas prototipo, un grupo de ingenieros de manufactura deberá analizar la mejor opción de ensamble del producto. Se deben realizar varias opciones y buscar la mejor propuesta de ensamble.

Una vez obtenido el mejor método de ensamble posible se deberá proseguir a analizar, dentro del área que se tiene destinada, como se acomodará la línea. Se deberá también evaluar el acomodo de cada una de las estaciones para después plasmar todo el diseño en AutoCAD. Este diseño se deberá adaptar también al diseño que se tiene de la planta. Este documento queda registrado y actualizado dentro de la planta ASMD ya que, para la planta, es un proceso auditable.

3.3.3.2.2. Diseño de la Línea de Empaque

Después de terminado el diseño de la línea de manufactura, se deberá diseñar la línea de empaque. Con los datos que se tienen sobre el tipo de empaque y configuración de producto, se debe adaptar una línea de empaque donde se pueda realizar de una manera ordenada y simple las diferentes configuraciones de empaque de producto.

Debido a las diversas configuraciones de empaque que tiene solicitadas el cliente MGD, se deberá diseñar una estación en la que se puedan empaquetar todas las configuraciones, sin realizar cambios relevantes en la línea. El diseño de la línea de empaque debe estar acoplado a la línea de ensamble para que estas trabajen a la par en dado caso de que se requiera. Una vez diseñada se debe de agregar en el diseño de AutoCAD de la línea de ensamble y documentar.

3.3.3.2.3. Diseño de la Línea de Prueba

Uno de los requerimientos más importantes del cliente es la prueba de su producto. Uno de los retos importantes es tomar la decisión si deberá ser una prueba separada de la línea de manufactura y empaque o, que esta prueba se encuentre acoplada y sea parte de la línea de manufactura. En esta línea se deben considerar todos y cada uno de los puntos solicitados por el cliente, así como los métricos a evaluar. Al igual que la línea de ensamble y de empaque, los ingenieros deberán analizar las opciones viables para cumplir con requisitos.

3.3.3.2.4. Fabricación y Validación

Una vez obtenidos los diseños y tomada la decisión de la colocación de las líneas, se deberá proseguir a la fabricación de las líneas. Para esto se debe considerar a tres proveedores y cotizar la fabricación con cada uno de ellos. Cada uno de los proveedores deberá presentar su propuesta y tiempos de fabricación, tiempos de ensamble, así como los costos involucrados. El proveedor será definido en base a los puntos mencionados.

Para el seguimiento de la fabricación se deberán hacer juntas constantemente con el proveedor para ver los avances. El tiempo de avance se deberá estar evaluando para evitar contratiempos de entrega. Una vez terminada cada línea un equipo multidisciplinario deberá evaluar la línea con el proveedor y dar el visto bueno para poder utilizarse. Una vez autorizada la línea deberá ser llevada a la planta para su ensamble final.

Ya ensamblada la línea esta se deberá evaluar funcionalmente para asegurar que el ensamble fue el correcto. Todos los ajustes deberán ser realizados antes de la corrida de prueba final. Quedando la línea de manufactura lista se deben preparar los periféricos y utensilios extras. Uno de los periféricos claves en la manufactura es la impresora de cojín la cual tendrá la función de rotular el logo del producto en el plástico. Se evaluarán varias mezclas de tinta para saber cuál es la indicada en base a durabilidad de adherencia de tinta.

3.3.4. Corrida de Prueba

Una vez ensambladas y probadas las líneas se deberá preparar todo para realizar una corrida de prueba. Los operarios deberán ser colocados en sus estaciones de trabajo y deberán ser entrenados para poder entender el proceso que realizarán. Se deberán de realizar los pasos de manera repetida para que el operario pueda obtener el entendimiento y la habilidad de su estación de trabajo. Una vez entendidos los procesos y pasos a seguir, el equipo deberá estar listo para la corrida de prueba.

En esta corrida de prueba se deberá validar que toda la línea de ensamble opera de manera correcta. El coordinador del proyecto deberá definir el tiempo de la corrida y los tiempos de productividad. Ya obtenidos los datos todo el equipo deberá correr la línea de manufactura con las piezas de prueba, simulando una corrida normal de producción. Esta corrida de prueba deberá ser documentada para poder entregar al cliente para su verificación y aprobación. Todos los puntos obtenidos en esta corrida deberán estar correctamente documentados para su análisis en el Anexo II. Formato de corrida de prueba TSPR.

3.3.5. Corrida de Manufactura

Obteniendo la autorización de la corrida de prueba por parte de cliente, se deberá esperar a recibir la primera orden de fabricación. Una vez colocada en el sistema la primera orden de fabricación, se deberá establecer la fecha de la primera corrida productiva para cliente. El equipo de planeación deberá programar, dependiendo de la cantidad de producto final solicitado, la forma en la que se correrá la línea de manufactura. Estos datos de corridas de manufactura se deberán tomar en cuenta considerando la cantidad de piezas que debe y puede producir por hora la línea de manufactura. En esta primera corrida productiva se debe de considerar una rampa de producción, la cual está definida para que el equipo de operarios vaya obteniendo la habilidad necesaria para poder tener el ritmo adecuado de producción.

En la primera corrida de manufactura, todo el equipo deberá estar presente. El equipo debe evaluar como la línea de manufactura se deberá comportar, así como las operaciones externas a la manufactura directa del producto. Cualquier ajuste necesario deberá considerarse y realizarse para ayudar a la correcta producción. Los datos productivos, de desperdicio y re-trabajo deberán ser registrados para su posterior evaluación.

3.3.6. Evaluación de Resultados

Terminando la primera corrida productiva se deberá reunir el equipo de trabajo para evaluar los resultados. Este proceso deberá ser en una junta oficial con todo el equipo de trabajo y gerencia al final de la corrida. El principal dato por analizar es la producción, ya que es el principal medible del cliente. Se debe evaluar la cantidad de piezas producidas por hora y este dato se debe comparar contra el estándar establecido por planeación. Este estándar a utilizar debe ser el que se encuentra considerando la rampa de habilidad de los operarios. La rampa de habilidad es el aumento productivo paulatino debido a la habilidad del operario para producir una unidad.

Otro de los rubros a evaluar debe ser el desperdicio, también conocido como *scrap* el cual es su término en inglés. En esta sección se debe evaluar, después de la corrida de prueba, cuantas piezas o componentes malos salieron, los cuales ya no se pueden recuperar para volver a utilizar. Se debe analizar el motivo por el cual las piezas serán desechadas ya que se debe reducir al mínimo esta cantidad. Todas estas piezas deben ser registradas en el Anexo III. Formato de transferencia de material.

Como parte de los rechazos de producción se deben contemplar las piezas que van para re-trabajo. Estas deben ser aquellas que no tienen un correcto ensamble pero que pueden ser manipuladas para corregir el error y volver a utilizar como buenas. Se debe verificar que tipo de error es el que se está presentando en cada uno de los productos y de cual estación proviene, esto para validar recurrencia y corregir el defecto. Todos los defectos deben quedar documentados en Anexo IV. Reporte de defectos de línea.

CAPÍTULO 4 DESARROLLO

4.1. Planeación

Para poder obtener una correcta planeación del proyecto se tuvo que recopilar una serie de información. El coordinador de proyecto estuvo en constante contacto con el cliente viendo detalles precisos del proyecto para poder así documentar y ayudar con todo el desarrollo.

4.1.1. Listado de Necesidades del Cliente

Uno de los datos recopilados fueron las necesidades del producto. Se creó una tabla donde se definieron necesidades y se colocó una ponderación del 1 al 5 donde 5 se tomó como una necesidad de importancia primaria. Estas ponderaciones fueron para darles importancia a cada una de las necesidades y obtener el enfoque adecuado. La tabla 4-1 nos muestra un listado de las necesidades del cliente.

No.	Necesidad	Impacto
1	El aparato no requiere baterías.	3
2	El aparato mantiene un rango de temperatura estable.	5
3	Los cartuchos son fáciles de remplazar.	1
4	El aparato es seguro de utilizar.	4
5	El aparato es fácil de guardar.	1
6	El aparato es portátil.	2
7	El aparato es duradero.	1
8	El aparato funciona en diversos tipos de clima.	3
9	La vida útil de funcionamiento es larga.	2
10	El repelente es libre de olores.	3
11	El aparato cumple con normas mundiales de calidad.	5
12	El aparato cuenta con diseño dinámico.	1
13	El rango de repelente es mayor a los aparatos convencionales.	4
14	El aparato se encuentra libre de materiales dañinos.	5
15	El aparato cumple con normas de seguridad.	5

Tabla 4-1 Necesidades del Cliente (elaboración propia)

4.1.2. Listado de Especificaciones del Cliente

Una vez obtenidas las necesidades del cliente, se prosiguió a obtener con esos datos las especificaciones. Se creó una tabla donde se estipularon las especificaciones y se colocó una ponderación del 1 al 5 donde 5 se tomó como una necesidad de importancia primaria. En esta tabla también se incluyó la unidad de medida, esto para poder tener una cuantificación de la necesidad. La tabla 4-2 nos muestra un listado de las especificaciones del cliente, su unidad de medición y dirección a la necesidad que van ligadas.

No.	No. De Necesidad	Métrica	Impacto	Unidades
1	2, 9	Temperatura de trabajo.	5	°C
2	3, 12	Tiempo de cambio de cartucho.	1	S
3	9	Tiempo de duración de cartucho.	2	H
4	9	Tiempo de duración de membrana.	2	H
5	10	Concentración de olor.	3	ou/m ³
6	6	Peso máximo.	2	Gr
7	4, 14, 15	Norma RoSH.	5	binario
8	4, 14, 15	Norma California Proposición 65.	5	binario
9	4, 14, 15	Norma ECHA para REACH.	5	binario
10	11	Norma ISO 9000.	5	binario
11	7, 12	Soporte de caídas.	1	Cm
12	12	Diversidad de color.	1	lista
13	1	Uso de baterías.	3	binario
14	5, 6	Dimensiones máximas.	2	Mm
15	8	Humedad ambiental.	3	%
16	8	Temperatura ambiental.	3	°C
17	13	Alcance del producto.	4	m ²

Tabla 4-2 Especificaciones del cliente (elaboración propia)

Teniendo la lista de especificaciones con los métricos estipulados, se pasó a llenar los datos del producto con cada uno de los métricos solicitados por el cliente. La tabla 4-3 nos muestra los datos obtenidos del producto para cada uno de los métricos que se presentan en la tabla 4-2.

No.	No. De Nec.	Métrica	Impacto	Unidades	CEMD
1	2, 9	Temperatura de trabajo.	5	°C	150-190
2	3, 12	Tiempo de cambio de cartucho.	1	s	15
3	9	Tiempo de duración de cartucho.	2	h	48
4	9	Tiempo de duración de membrana.	2	h	12
5	10	Concentración de olor.	3	ou/m ³	1
6	6	Peso máximo.	2	gr	280
7	4, 14, 15	Norma RoSH.	5	binario	SI
8	4, 14, 15	Norma California Proposición 65.	5	binario	SI
9	4, 14, 15	Norma ECHA para REACH.	5	binario	SI
10	11	Norma ISO 9000.	5	binario	SI
11	7, 12	Soporte de caídas.	1	cm	90
12	12	Diversidad de color.	1	lista	Verde Negro Gris Cammo Árbol Cammo Militar
13	1	Uso de baterías.	3	binario	NO
14	5, 6	Dimensiones máximas.	2	mm	50 X 254 X 200
15	8	Humedad ambiental.	3	%	90
16	8	Temperatura ambiental.	3	°C	-15-50
17	13	Alcance del producto.	4	m ²	25

Tabla 4-3 Tabla de especificaciones ponderadas (elaboración propia)

4.1.3. Evaluación del Efecto Ambiental

Debido a que el producto final considera el manejo de gas para su correcto funcionamiento, así como de una tablilla insecticida para repeler a los insectos, es necesario tener ciertas consideraciones ambientales para el correcto cumplimiento de las necesidades del cliente.

Se consideraron factores como impulsores internos, impulsores externos, las metas ambientales y un análisis de los efectos ambientales potenciales para tener un completo conocimiento de los aspectos ambientales a considerar por petición del cliente. Los puntos obtenidos son los siguientes:

Impulsores internos:

- Cumplir con las normas ambientales para aumentar la calidad del producto.
- Mejorar el prestigio y renombre de la empresa.
- Obtener reducción de costos de fabricación.
- Eliminación de materiales considerados como de alto riesgo.

Impulsores externos:

- Cumplir con las políticas ambientales regionales consideradas.
- Obtener proveedores comprometidos con cumplir las políticas ambientales.

Metas ambientales:

- Cumplir con la norma RoSH.
- Cumplir con la norma *California Proposition 65*.
- Cumplir con la norma ECHA para REACH.
- Cumplir con la norma ISO14001.
- Disminuir desechos y desperdicios por la manufactura del producto.

Efectos ambientales potenciales:

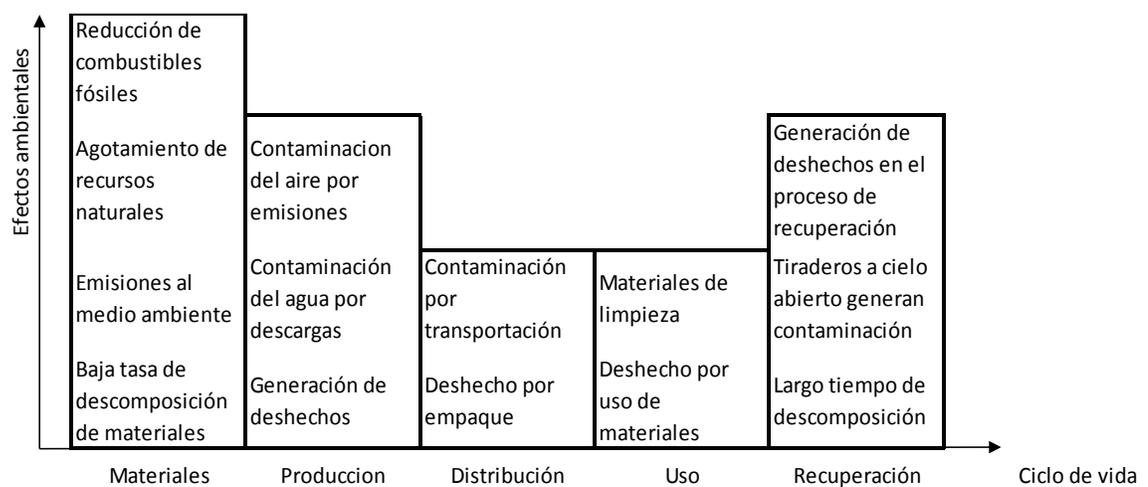


Figura 4-1 Efectos ambientales potenciales (adaptación (Ulrich & Eppinger, 2013))

Directrices:

Etapa del Cico de Vida	Directrices de Diseño para el Ambiente	
Materiales	Sustentabilidad de recursos Insumos y salidas saludables	> Especificar recursos renovables > Detallar materiales reciclables > Protección para emisiones y descargas
Producción	Uso mínimo de recursos	> Emplear la menor cantidad de pasos de manufactura > Reducción de la cantidad de componentes > Especificar materiales y componentes ligeros
Distribución	Empleo mínimo de recursos	> Reducción de empaque > Utilizar empaques reutilizables y reciclables > Eliminación de volúmenes no necesarios de material
Uso	Eficiencia de recursos de uso	> Eficiencia de uso de líneas > Control de consumo de energía
	Durabilidad adecuada	> Garantizar la vida estética y técnica > Facilidad de reparación > Garantizar mantenimiento mínimo > Reducción de los modos de falla
Recuperación	Desensamblaje, separación y purificación	> Garantizar que los materiales incompatibles se separen con facilidad

Tabla 4-4 Directrices del proyecto (adaptación (Ulrich & Eppinger, 2013))

Evaluación de los efectos ambientales:

1. Análisis de los materiales. Validar pesos y toxicidad de los plásticos, así como el peligro que conlleva la utilización de gas.
2. Contenido reciclado. Consideración sobre los materiales que constituyen contenido postindustrial o posterior al consumidor.
3. Desensamblaje. Validar la facilidad que se tiene para realizar el ensamble y desensamble de producto final y componentes.
4. Reciclabilidad. Análisis de la cantidad de materiales contenidos en el producto final que sean reciclables.

4.1.4. Presupuesto del Proyecto

Para el proyecto se consideró una inversión inicial de \$353,000.00 USD de los cuales \$199,000.00 USD fueron dedicados para la fabricación de moldes por inyección de plástico. El resto fue enfocado hacia la fabricación y equipamiento de la línea de ensamble, empaque y prueba de funcionamiento.

Los volúmenes de venta por año están considerados de la siguiente manera:

- 500,000 unidades de volumen de producción para el primer año.
- 800,000 unidades de volumen de producción para el segundo año.
- 1,000,000 unidades de volumen de producción a partir del tercer año.

4.1.5. Tiempos de Desarrollo

El coordinador de proyecto aunado al equipo multidisciplinario desarrolló una estructura cronológica para poder llevar un registro de tiempo de procesos y llegada de materiales. La figura 4-2 muestra de manera resumida los tiempos de proceso y llegadas de materiales específicos.

Id	Task Name	Duración	Comienzo	Fin	Precede	Limite de comienzo
1	Thermacell-Mosquito Repellent	112 días	lun 1/2/17	mar 6/6/17		lun 1/2/17
2	Materials Supply	100 días	lun 1/2/17	vie 5/19/17		lun 1/2/17
3	TOP HOUSING / BOTTOM HOUSING /TOP AND BOTTOM EXCHANGE BOX / END CAP	48 días	mar 2/28/17	jue 5/4/17		mar 2/28/17
9	IGNITION BUTTON / SWITCH KNOB / SPRING SUPPORT / ROTATE SWITCH CAM / LENS	42 días	mar 2/28/17	mié 4/26/17		mar 2/28/17
15	REGULATOR ASSEMBLY	2 sem.	lun 2/20/17	vie 3/3/17		lun 2/20/17
16	TOP / BOTTOM HEAT PLATE	44 días	jue 2/23/17	mar 4/25/17		jue 2/23/17
21	SWITCH LEVER	15 días	vie 1/13/17	jue 2/2/17		vie 1/13/17
25	EXCHANGER LINER-2	60.5 días	lun 2/13/17	lun 5/8/17		lun 2/13/17
29	BURNER TUBE	10 días	lun 2/13/17	vie 2/24/17		lun 2/13/17
31	CERAMIC TUBE ASSEMBLY	72 días	mié 2/8/17	jue 5/18/17		mié 2/8/17
35	SWITCH SPRING	41 días	lun 2/6/17	lun 4/3/17		lun 2/6/17
38	E-RING	45 días	lun 2/6/17	vie 4/7/17		lun 2/6/17
42	SILICONE TUBE (ID 3.0)	12 días	lun 2/6/17	mar 2/21/17		lun 2/6/17
45	LEAD WIRE	41 días	mar 2/7/17	mar 4/4/17		mar 2/7/17
52	TAPPING SCREWS	31 días	lun 1/2/17	lun 2/13/17		mar 4/25/17
54	FOAM PAD	65.5 días	lun 2/6/17	lun 5/8/17		lun 2/6/17
58	CARTRIDGE	15 días	lun 1/30/17	vie 2/17/17		lun 1/30/17
61	REPELLENT MAT	8 sem.	lun 2/6/17	vie 3/31/17		lun 2/6/17
62	DISPLAY BOX	30 días	mié 1/4/17	mar 2/14/17		mié 1/4/17
66	INSERT PACKAGE-1 and 2	1 día	lun 2/6/17	lun 2/6/17		lun 2/6/17
67	WARRANTY CARD	45 días	mar 2/14/17	lun 4/17/17		mar 2/14/17
72	INSTRUCTION BOOK-US	20 días	lun 2/6/17	vie 3/3/17		lun 2/6/17
75	SHRINK WRAPPED-1	1 día	lun 2/6/17	lun 2/6/17		lun 2/6/17
76	SHIPPING CARTON	63 días	lun 2/6/17	mié 5/3/17		lun 2/6/17
81	RATING LABEL	61 días	lun 2/6/17	lun 5/1/17		lun 2/6/17
85	CLEAR TAPE (2Ins.)	1 día	lun 2/6/17	lun 2/6/17		lun 2/6/17
86	CLEAR TAPE (18mm.)	1 día	vie 3/3/17	vie 3/3/17		mar 6/6/17
87	RUBBER RING	1 día	lun 2/6/17	lun 2/6/17		lun 2/6/17
88	TSPR	1 sem	lun 5/29/17	vie 6/2/17		mar 5/30/17
89	SOP	1 día	lun 6/5/17	lun 6/5/17	88	mar 6/6/17

Figura 4-2 Desarrollo de tiempos de proyecto y materiales (elaboración propia)

4.2. Prototipo

Para obtener el diseño del producto se tuvo que realizar ingeniería inversa al producto final. En el centro de desarrollo de diseño, el producto final proporcionado por el cliente, fue desensamblado en su totalidad para evaluar cada uno de los componentes por separado. Después de la evaluación se realizó un escaneo 3D de todos los componentes que conforman el producto final. Estos escaneados se pasaron a un modelo 3D para poder ser ajustados y así poder unirlos. Con esta unión de componentes podemos simular un ensamble del modelo del producto final. Varias pruebas tuvieron que ser realizadas, para poder obtener un ensamble correcto de todos los componentes. La figura 4-3 muestra el modelo final, uniendo todos los componentes, para obtener una vista del producto final.



Figura 4-3 Modelo de producto ensamblado (ASMD)

Una vez ajustado y validado el ensamble del modelo, se fabricó un prototipo de cada una de las piezas en una impresora 3D. Estas piezas fueron utilizadas para validar el ensamble físico. Varios ajustes debieron ser realizados al modelo para poder reimprimir componentes y así tener un correcto ensamble final.

4.3. Fabricación

Una vez obtenido el diseño de los componentes, se realizaron los planos dimensionales de cada uno de los componentes. Estos planos contienen las dimensiones críticas para cada uno de los componentes y las tolerancias geométricas, las cuales fueron evaluadas por el ingeniero de calidad de moldeo en conjunto con el gerente de proyecto y el cliente.

Ya validados los planos por el ingeniero de calidad de moldeo y aprobados por cliente, se pasó el modelo 3D al departamento de fabricación de moldes, situado en China para su diseño y realización. Otra copia del modelo 3D y una impresión del modelo prototipo fueron proporcionados al departamento de ingeniería para empezar a trabajar con el diseño de la línea de manufactura.

4.3.1. Desarrollo de Moldes por Inyección de Plástico

Proporcionados los 3D al departamento de fabricación de moldes, se consultó con el cliente el tipo de material con el que serían fabricados cada uno de los componentes de los moldes. Tomando en consideración esto, un equipo especializado de diseño se dio a la tarea en realizar el diseño de cada uno de los moldes de plástico.

Una vez terminado el diseño y el modelo 3D de los moldes por inyección de plástico, estos fueron evaluados emulando el flujo de plástico para asegurar el correcto funcionamiento. Debido a estas simulaciones, varios ajustes fueron realizados a los corredores del molde y así reducir al mínimo las posibles fallas. Una vez aprobados los diseños de los moldes, estos diseños fueron plasmados en planos y para poder estar listos para su fabricación.

Los planos de los moldes ya impresos se entregaron al área de maquinado para la fabricación del molde. El proceso fue tardado y laborioso ya que la fabricación de un molde conlleva varios detalles minuciosos. Una vez terminadas todas las piezas, se les aplicó acabado a las cavidades de los moldes dependiendo de la especificación del cliente. Ya con acabado en las cavidades, el molde estuvo listo para ensamblarse por completo por primera vez.

Lo primero que se realizó una vez armado cada molde fue probar las líneas de agua. Estas líneas atraviesan las cavidades de los moldes y fluye agua de un lado a otro para enfriar el metal. Esta prueba se realizó para asegurar que todos los empaques funcionaran de manera correcta y que no existiera alguna fuga que pudiera comprometer el producto o el funcionamiento de los moldes. Después de esta validación los moldes estuvieron listos para la primera corrida de prueba definida como T0.

4.3.1.1. Prueba de Moldes

En la T0 se validó el funcionamiento del mecanismo de cada uno de los moldes. Estos fueron montados en máquinas de prueba, dependiendo del tonelaje diseñado para cada uno de ellos, para después probar si abrían y cerraban correctamente. Después de ahí, se validó el sistema de botado y por último que el corredor caliente funcionara correctamente. Una vez validado el sistema, se procedió a llenar por primera vez de plástico los moldes. Se sacaron varias piezas para validar el funcionamiento de llenado.

Una vez terminada la T0, se bajaron los moldes y se evaluaron todos los resultados. Todos los moldes fueron desensamblados y limpiados para después realizar los ajustes necesarios en los mecanismos. Después de ajustados los mecanismos, se realizó el primer dimensional de un juego de piezas. Enfocados en los resultados de la corrida de prueba T0 y del dimensional obtenido, se realizaron correcciones a los errores que se presentaron. Ya ajustados los moldes y reparados los detalles, estos fueron preparados para la corrida de validación T1.

En la corrida T1 se volvieron a montar los moldes en máquinas de prueba. Primero, se validaron los ajustes realizados al sistema de cierre de molde y al botado de piezas. Seguido de esto, se corrieron los moldes inyectando plástico para validar su llenado y comportamiento. Esta vez, a diferencia del T0, se corrió durante un tiempo prolongado para detectar algún detalle debido al uso continuo.

Al finalizar la T1, al igual que en la T0, todos los resultados de la corrida de prueba de moldes debieron ser validados. Después de la evaluación, los moldes volvieron a ser desensamblados para realizar por segunda vez ajustes de detalles. Esta vez, tres juegos de piezas fueron dimensionados y el reporte fue mandado al ingeniero de calidad para su evaluación. Las piezas dimensionadas, más otros diez juegos de piezas, fueron mandados a la planta para evaluar ensambles y detalles, así como para utilizarse como piezas de pruebas.

Las piezas fueron evaluadas por el ingeniero de calidad y el gerente de proyecto. Se consideraron los dimensionales que se mandaron, realizados por el departamento de metrología de China, para evaluar cualquier ajuste de tamaño. Se revisaron todas las piezas para validar su integridad y se buscó algún defecto que pudiera llegar a tener por parte del proceso de moldeo, ya sea de llenado incompleto, flujo, entre otros. Se entregó retroalimentación a China para realizar modificaciones en los moldes y preparar todo para la corrida T2.

Para la corrida T2 el ingeniero de calidad fue trasladado a China para realizar toda la evaluación junto con el equipo de diseño y fabricación de moldes. Los moldes fueron montados en las máquinas de prueba. Esta vez se validaron todos los puntos importantes de los moldes basados en el formato del Anexo I. Formato de inspección de moldes. Una vez registradas las dimensiones de los moldes, checado todos los puntos importantes y teniendo todo el Formato de inspección de moldes capturado, se prosiguió a correr los moldes.

En la T2 se validó el llenado y balanceado de los moldes, así como la integridad de las piezas producidas. Las piezas fueron verificadas para asegurar que no tuvieran imperfecciones y asegurar el correcto ensamble de cada una de ellas. Una vez verificados todos los moldes, estos se empaclaron para mandarse y prepararse para las corridas de prueba y productivas.

4.3.1.2. Proceso de Moldeo

Una vez llegados los moldes a la planta, estos fueron preparados en el taller de moldes para correr. Los moldes fueron verificados y limpiados por el equipo de taller. Estos moldes fueron registrados en la base de datos de moldes de la planta antes de pasarlos a producción, la figura 4-4 nos muestra el registro de los moldes en la base de datos. Después de ser preparados, los moldes fueron entregados al ingeniero de procesos para su montaje en las maquinas productivas.

Numero de Parte ZMX	Descripción de Molde	Letra de Molde	Numero de Cavidades	Pedimento	Número de Molde MP2 MX	Número de Proveedor	Marca de Hot Runner	Número de Hot Runner	Peso de Molde	Dimensiones (mm)		
64058	Switch Knob	A	8	3849 7002065	M-160	A1479	Mold Master	5280397-10	329 kg	400	300	399
64059	Ignition Button	A	16	3849 7002065	M-161	A1480	Mold Master	5280393-10	265 kg	350	300	399
64060	Lens	A	8	3849 7002065	M-162	A1481			105 kg	200	300	256
64066	Rotate Switch Cam	A	16	3849 7002065	M-163	A1484	Mold Master	5280394-10	263 kg	350	300	369
64067	Spring Support	A	16	3849 7002065	M-164	A1485	Mold Master	5280395-10	300	400	300	384
64056 / 64055	Top Bottom Housing	A	4+4	3849 7005203	M-165	A1477	Mold Master	5279950-10	2083	750	750	547
64062	Bottom Heat Box	A	8	3849 7005206	M-166	A1483			430	550	350	319
64061	Upper Heat Box	A	8	3849 7005203	M-167	A1482			530	350	600	359
64057	End Cap	A	8	3849 7005203	M-168	A1478	Mold Master	5280396-10	854	550	400	519

Figura 4-4 Registro de moldes en la base de datos

El ingeniero de proceso después validó los sistemas y funcionamiento una vez más, para asegurar la integridad de los moldes. Junto con el ingeniero de calidad, el ingeniero de procesos realizó el proceso funcional productivo, fue llenando el molde hasta obtener piezas sin defecto y de ahí se fueron ajustando los parámetros de la máquina para mantener al producto fabricándose correctamente. El ingeniero de calidad validó una medida crítica para asegurar que las piezas estuvieran correctamente fabricadas.

Después de asegurada la dimensión, las piezas se dejaron reposar durante 24 horas para poder dimensionarlas. En este proceso se dimensiona en su totalidad una sola pieza para asegurar que todas y cada una de las medidas consideradas en los planos se encuentren dentro de especificación y lo más ajustadas hacia la nominal.

Debido a que se encontraron dimensiones fuera de especificación o cargadas hacia el mínimo de tolerancia, se tuvieron que hacer ajustes al proceso y volver a validar hasta tener las dimensiones correctas. Una vez que se aseguraron las medidas, se prosiguió a la corrida de prueba de estabilidad del proceso.

4.3.1.3. Prueba de Estabilidad del Proceso de Moldeo

En esta corrida de prueba se validó si el proceso era el adecuado para poder correr continuamente sin variaciones. Para esta validación se corrió el proceso de cada uno de los moldes durante 8 horas continuas, tomando muestras como fue especificado por el procedimiento. En el transcurso de las primeras horas de varios de los moldes los procesos tuvieron variación considerable por lo que se tuvo que ajustar el proceso.

Una vez ajustado el proceso se reinició el muestreo de piezas. Las piezas que ya habían sido obtenidas tuvieron que descartarse ya que los dimensionales pudieran llegar a presentar una variación considerable. Ya que se obtuvieron todas las muestras, estas se dejaron reposar por 24 horas para obtener mejor enfriamiento y así poder empezar a dimensionarlas y validar si el proceso era estable.

Se realizaron los dimensionales de cada uno de los moldes después de varios intentos y ajustes obteniendo los siguientes resultados:

1. Switch Knob.

Medicion Requerida:	Diametro	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Peso	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Critico	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor
Instrumento:	CMM	C. optico	CMM	VERNIER	C. optico	VERNIER	PIEZA	COLADA
Unidad de medida:	mm	mm	mm	mm	mm	mm	grm	grm
Límite inferior:	28.80	2.00	5.90	3.90	5.10	17.00		
Límite superior:	29.20	2.10	6.00	4.00	5.30	17.40		
Cantidad de piezas:	48	48	48	48	48	48	48	24
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-5 Dimensiones solicitadas para Switch Knob

Total Analizado	48	48	48	48	48	48	48	24
Promedio (m)	29.02	2.05	5.97	3.95	5.20	17.23	2.15	1.25
Desviación Stnd. (s)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.01
Coef. de Variación	0.1%	0.6%	0.1%	0.3%	0.4%	0.2%	2.9%	0.8%
Min	28.99	2.03	5.95	3.94	5.18	17.18	1.92	1.24
Max	29.07	2.07	5.98	3.98	5.30	17.31	2.19	1.27
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	3.92	1.38	2.76	1.47	1.55	1.69		
Cpk	3.63	1.36	1.88	1.37	1.48	1.44		

Figura 4-6 Evaluación estadística para Switch Knob

2. Ignition Knob.

Medicion Requerida:	Diametro	Diametro	Distancia	Distancia	Peso	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Critico	Critico	Menor	Menor
Instrumento:	CMM	CMM	CMM	CMM	PIEZA	COLADA
Unidad de medida:	mm	mm	mm	mm	grm	grm
Límite inferior:	11.41	6.50	18.70	13.70		
Límite superior:	11.51	7.50	19.10	13.90		
Cantidad de piezas:	160	160	160	160	160	40
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-7 Dimensiones solicitadas para Ignition Knob

Total Analizado	160	160	160	160	160	40
Promedio (m)	11.46	7.00	18.76	13.81	0.65	1.37
Desviación Stnd. (s)	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Coef. de Variación	0.1%	0.2%	0.1%	0.1%	1.3%	0.5%
Min	11.43	6.96	18.72	13.77	0.63	1.36
Max	11.49	7.03	18.82	13.87	0.67	1.38
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0
Cp	1.49	10.18	4.25	1.67		
Cpk	1.42	10.08	1.34	1.52		

Figura 4-8 Evaluación estadística para Ignition Knob

3. Lens.

Medicion Requerida:	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Peso	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Critico	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor
Instrumento:	CMM	CMM	CMM	C. Optico	VERNIER	VERNIER	C. Optico	PIEZA	COLADA
Unidad de medida:	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	gram	gram
Límite inferior:	21.33	14.80	12.77	1.12	1.12	6.98	6.98		
Límite superior:	21.43	14.90	12.84	1.24	1.24	7.14	7.14		
Cantidad de piezas:	80	80	80	80	80	80	80	80	10
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-9 Dimensiones solicitadas para Lens

Total Analizado	80	80	80	80	80	80	80	80	10
Promedio (m)	21.39	14.85	12.80	1.19	1.20	7.04	7.05	0.49	3.62
Desviación Stnd. (s)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Coef. de Variación	0.0%	0.1%	0.1%	0.9%	0.8%	0.2%	0.2%	1.4%	0.2%
Min	21.36	14.83	12.79	1.17	1.18	7.01	7.02	0.46	3.61
Max	21.40	14.88	12.81	1.20	1.22	7.07	7.08	0.50	3.63
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	1.77	1.40	1.50	1.96	2.02	1.90	2.06		
Cpk	1.41	1.36	1.35	1.80	1.38	1.42	1.74		

Figura 4-10 Evaluación estadística para Lens

4. Rotate Switch Cam.

Medicion Requerida:	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Peso	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Critico	Critico	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor
Instrumento:	CMM	C. optico	CMM	CMM	C. optico	VERNIER	C. optico	PIEZA	COLADA
Unidad de medida:	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	gram	gram
Límite inferior:	19.00	28.25	1.10	4.10	2.80	3.42	3.87		
Límite superior:	19.40	28.35	1.30	4.20	3.10	3.62	4.07		
Cantidad de piezas:	160	160	160	160	160	160	160	160	40
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-11 Dimensiones solicitadas para Rotate Switch Cam

Total Analizado	160	160	160	160	160	160	160	160	40
Promedio (m)	19.14	28.30	1.20	4.15	2.96	3.53	3.99	0.42	0.79
Desviación Stnd. (s)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Coef. de Variación	0.1%	0.0%	0.8%	0.3%	0.4%	0.6%	0.4%	1.9%	1.4%
Min	19.10	28.27	1.18	4.12	2.95	3.49	3.97	0.40	0.76
Max	19.18	28.33	1.21	4.18	3.00	3.57	4.02	0.44	0.81
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	4.08	1.35	3.28	1.49	3.95	1.54	2.35		
Cpk	2.80	1.34	3.27	1.38	3.69	1.44	1.95		

Figura 4-12 Evaluación estadística para Rotate Switch Cam

5. Spring Support.

Medicion Requerida:	Diametro	Diametro	Distancia	Peso	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Critico	Menor	Menor
Instrumento:	VERNIER	VERNIER	VERNIER	PIEZA	COLADA
Unidad de medida:	mm	mm	mm	grm	grm
Límite inferior:	14.40	17.95	22.90		
Limite superior:	14.60	18.15	23.10		
Cantidad de piezas:	160	160	160	160	80
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-13 Dimensiones solicitadas para Spring Support

Total Analizado	160	160	160	160	80
Promedio (m)	14.51	18.04	23.00	0.72	0.46
Desviación Stnd. (s)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Coef. de Variación	0.1%	0.1%	0.1%	1.0%	1.6%
Min	14.50	18.01	22.97	0.71	0.44
Max	14.52	18.08	23.03	0.77	0.47
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0
Cp	4.56	2.70	2.45		
Cpk	4.06	2.46	2.40		

Figura 4-14 Evaluación estadística para Spring Support

6. Top / Bottom Housing.

Top Housing

Medicion Requerida:	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Critico	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor
Instrumento:	CMM	CMM	CMM	CMM	C. optico	CMM	CMM	CMM	PIEZA
Unidad de medida:	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	grm
Límite inferior:	193.07	80.60	0.25	0.25	0.25	18.62	20.00	6.00	
Limite superior:	193.27	80.90	0.35	0.35	0.35	18.82	20.20	6.20	
Cantidad de piezas:	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-15 Dimensiones solicitadas para Top Housing

Total Analizado	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Promedio (m)	193.17	80.73	0.30	0.30	0.30	18.70	20.10	6.11	35.69
Desviación Sind. (s)	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.88
Coef. de Variación	0.0%	0.0%	1.1%	1.3%	1.1%	0.1%	0.1%	0.3%	2.5%
Min	193.08	80.67	0.28	0.28	0.28	18.67	20.07	6.06	32.71
Max	193.22	80.81	0.30	0.30	0.30	18.73	20.14	6.14	36.31
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	1.40	1.62	5.27	4.40	5.27	1.85	1.44	1.99	
Cpk	1.34	1.41	5.22	4.31	5.22	1.50	1.37	1.75	

Figura 4-16 Evaluación estadística para Top Housing

Bottom Housing

Medicion Requerida:	Distancia	Diametro	Peso						
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Menor						
Instrumento:	CMM	CMM	VERNIER	CMM	CMM	CMM	CMM	CMM	Báscula
Unidad de medida:	mm	mm	gram						
Límite inferior:	194.10	80.34	0.25	21.44	2.40	18.47	3.14	1.81	
Límite superior:	194.40	80.54	0.35	21.64	2.60	18.67	3.34	2.01	
Cantidad de piezas:	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-17 Dimensiones solicitadas para Bottom Housing

Total Analizado	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Promedio (m)	194.24	80.42	0.30	21.51	2.50	18.56	3.23	1.97	37.42
Desviación Stnd. (s)	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.15
Coef. de Variación	0.0%	0.0%	1.4%	0.1%	0.3%	0.1%	0.7%	0.4%	0.4%
Min	194.20	80.38	0.28	21.49	2.46	18.52	3.21	1.95	37.20
Max	194.30	80.45	0.30	21.54	2.52	18.60	3.28	1.98	37.74
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	1.73	1.64	3.91	1.83	4.23	1.48	1.48	4.25	
Cpk	1.59	1.34	3.79	1.35	4.11	1.36	1.37	1.70	

Figura 4-18 Evaluación estadística para Bottom Housing

7. Bottom Heater Box.

Medicion Requerida:	Distancia	Peso	Peso						
Tipo de Medicion:	Critico	Menor	Menor						
Instrumento:	CMM	C. optico	CMM	CMM	C. optico	CMM	CMM	bascula	bascula
Unidad de medida:	mm	mm	mm						
Límite inferior:	65.70	60.85	2.10	2.10	2.05	2.05	33.90		
Límite superior:	65.90	61.05	2.20	2.20	2.20	2.20	34.10		
Cantidad de piezas:	80	80	80	80	80	80	80	80	10
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-19 Dimensiones solicitadas para Bottom Heater Box

Total Analizado	80	80	80	80	80	80	80	80	10
Promedio (m)	65.81	60.98	2.13	2.13	2.13	2.13	34.03	9.86	23.02
Desviación Stnd. (s)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02
Coef. de Variación	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.1%	0.4%	0.1%
Min	65.77	60.97	2.12	2.12	2.12	2.12	33.99	9.76	22.99
Max	65.84	61.01	2.15	2.16	2.15	2.15	34.06	9.92	23.04
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	1.55	2.30	2.07	2.14	2.63	3.18	1.95		
Cpk	1.43	1.51	1.41	1.40	2.42	2.88	1.44		

Figura 4-20 Evaluación estadística para Bottom Heater Box

8. Upper Heater Box.

Medicion Requerida:	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Peso	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Menor	Critico	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor
Instrumento:	CMM	CMM	CMM	CMM	CMM	CMM	CMM	bascula	bascula
Unidad de medida:	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	gram	gram
Límite inferior:	65.88	32.41	38.24	27.15	63.91	33.90	35.80		
Límite superior:	66.08	32.61	38.44	27.25	64.11	34.10	36.20		
Cantidad de piezas:	80	80	80	80	80	80	80	80	10
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-21 Dimensiones solicitadas para Upper Heater Box

Total Analizado	80	80	80	80	80	80	80	80	10
Promedio (m)	65.98	32.51	38.32	27.20	64.00	33.98	36.01	22.41	31.09
Desviación Stnd. (s)	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.10	0.22
Coef. de Variación	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%	0.7%
Min	65.94	32.46	38.29	27.18	63.97	33.93	35.91	22.19	30.87
Max	66.01	32.56	38.36	27.21	64.04	34.02	36.06	22.59	31.35
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	1.37	1.41	1.73	1.47	1.46	1.81	2.05		
Cpk	1.35	1.36	1.40	1.37	1.36	1.42	1.95		

Figura 4-22 Evaluación estadística para Upper Heater Box

9. End Cap.

Medicion Requerida:	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Distancia	Peso	Peso
Tipo de Medicion:	Critico	Critico	Critico	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor
Instrumento:	CMM	C. optico	CMM	CMM	C. optico	CMM	C. optico	bascula	bascula
Unidad de medida:	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	gram	gram
Límite inferior:	26.95	11.90	14.85	2.00	46.56	39.88	52.45		
Límite superior:	27.15	12.10	15.15	2.20	46.86	40.18	52.75		
Cantidad de piezas:	80	80	80	80	80	80	80	80	40
Cpk requerido:	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Figura 4-23 Dimensiones solicitadas para End Cap

Total Analizado	80	80	80	80	80	80	80	80	44
Promedio (m)	27.03	11.98	15.02	2.11	46.79	40.07	52.59	10.35	1.53
Desviación Stnd. (s)	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.05	0.02
Coef. de Variación	0.1%	0.1%	0.2%	0.8%	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%	1.0%
Min	27.00	11.94	14.95	2.08	46.76	40.00	52.56	10.28	1.49
Max	27.05	12.00	15.08	2.14	46.80	40.09	52.66	10.46	1.55
Muestras debajo límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muestras arriba de límite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp	2.11	1.98	1.59	1.98	4.99	1.79	1.48		
Cpk	1.70	1.64	1.36	1.88	2.22	1.35	1.40		

Figura 4-24 Evaluación estadística para End Cap

4.3.2. Desarrollo de Manufactura

Una vez obtenidas las piezas prototipo, se mandaron de China para poder realizar el diseño de la línea de manufactura. Este proceso se realizó a la par de la fabricación de moldes para la reducción de tiempos. Mientras la línea se empezaba a diseñar, el departamento de compras indagó en posibles proveedores locales para la fabricación de la línea.

4.3.2.1. Diseño de la Línea de Manufactura, Empaque y Prueba

Con las piezas prototipo se analizó la posible opción de ensamble para el producto final. Se vieron varios posibles escenarios de ensamble, utilizando diferente orden de ensamble hasta llegar al mejor ensamble posible, en el que todas las piezas se pudieran ensamblar de una manera fácil y sencilla.

Uno de los requerimientos específicos del cliente, y el más importante fue la prueba de temperatura. Los dispositivos deberían encenderse por 15 minutos y después tomar la temperatura que estos arrojaran. Para mantener el flujo continuo de piezas, se tomó la decisión de incorporar esta prueba a la línea de ensamble, así como el proceso de empaque. Se estuvo trabajando con el diseño, considerando la cantidad de operaciones y la cantidad de operarios cotizados hasta poder llegar a un diseño en el que se cumpliera con el requerimiento del cliente.

Es así como se llegó al primer diseño de la línea de manufactura. La figura 4-25 muestra el diseño de la línea de manufactura completo, considerando la línea de ensamble, línea de pruebas y la línea de empaque.

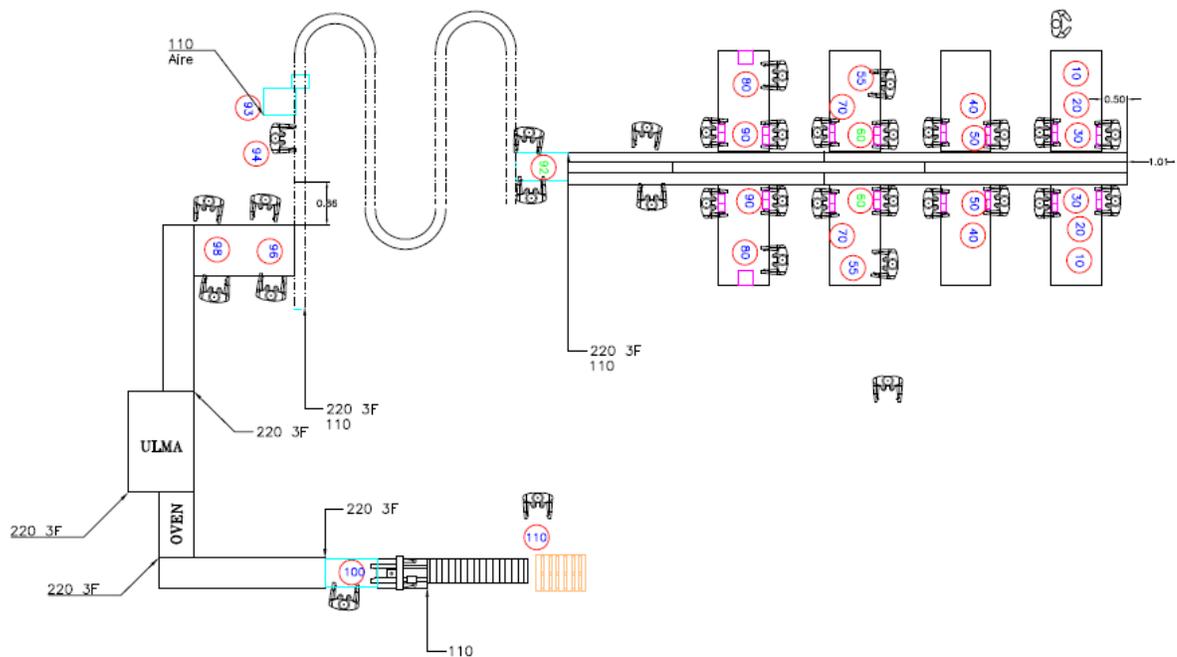


Figura 4-25 Línea de manufactura acoplada (ASMD, 2017)

Una vez completado el diseño de la línea de manufactura se solicitó la cotización a las tres empresas locales seleccionadas por ASMD para participar en la licitación. El departamento de compras estuvo encargado de validar todas las condiciones, precios y tiempos de entrega para poder seleccionar a la empresa adecuada para poder fabricar la línea.

El diseño de la línea de manufactura fue enviado para su validación y aprobación final con el cliente MGD. En esta validación el cliente dio una observación importante, la cual produjo modificaciones en el diseño la línea de manufactura. Debido a que era un lanzamiento de proveedor, con un producto que se tuvo que manufacturar sin documentación del original, se debía realizar una evaluación al 100% por una empresa sorteadora contratada por el cliente después de que el producto estuviera listo para empaque. Por este motivo se tuvo que realizar un segundo diseño de línea de ensamble.

La empresa sorteadora evaluaría todos los productos saliendo de la línea de pruebas y antes de empacarse. Se decidió por esa razón, en el segundo diseño de la línea de ensamble. Se consideró separar la línea de empaque, ya que el tiempo tomado por la empresa sorteadora era mayor al tiempo en el que una pieza era producida (esto basado en las pruebas y evaluaciones solicitadas por el cliente a la empresa sorteadora).

La figura 4-26 muestra la manera en que se remueve la línea de empaque y se consideró solo una sección para realizar un pre-empaque en una caja provisional, esto para que la empresa sorteadora pudiera tener acceso a los productos fabricados. Una vez inspeccionados, los productos debieron ir a la línea de empaque para colocarse como producto final y ser embarcados al cliente.

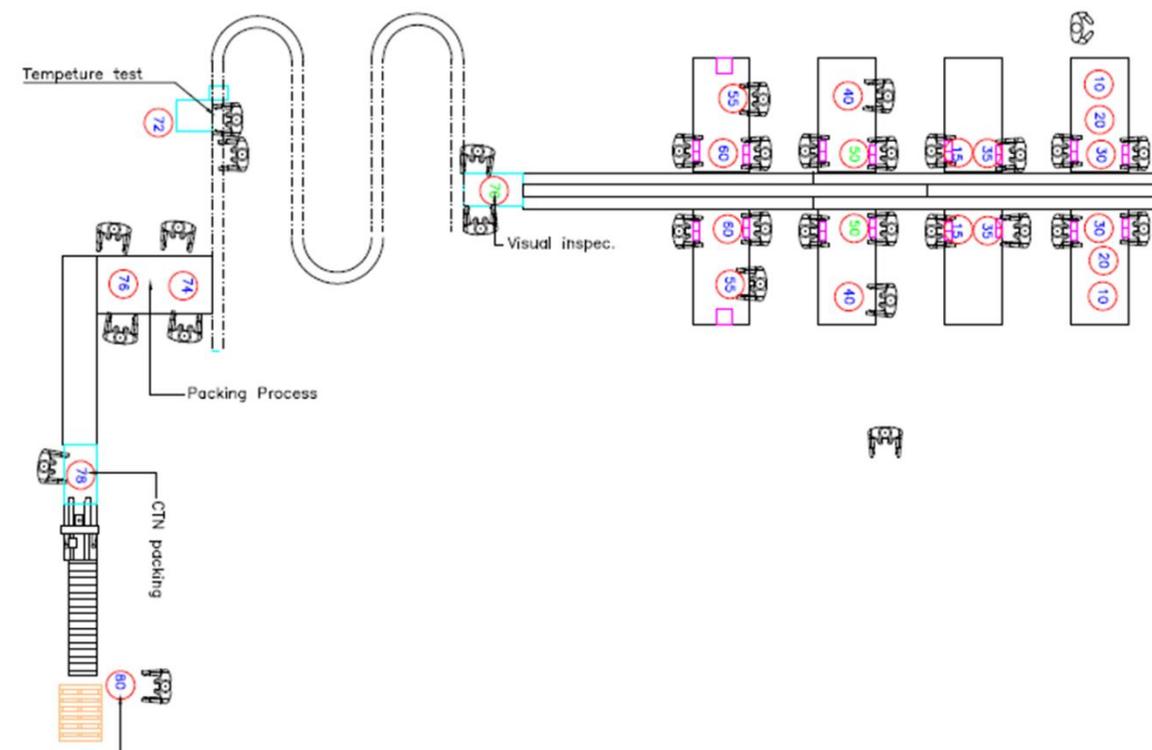


Figura 4-26 Línea de manufactura desacoplada (ASMD, 2017)

4.3.2.2. Fabricación y Validación del proceso de Ensamble

Ya seleccionada la opción de empresa de la licitación, se entregó toda la información sobre las características y medidas de la línea de ensamble, prueba y empaque para su fabricación. Durante la fabricación de la línea, los ingenieros de manufactura junto con el gerente de proyecto estuvieron en constante contacto con el proveedor para asegurar la fabricación y los tiempos. El proveedor fue notificado del cambio debido a la necesidad del cliente y este ayudo a realizar las modificaciones necesarias.

Una vez terminada la fabricación, la línea fue probada en la fábrica del proveedor para así ser trasladada a su ubicación final. Una vez armada, la línea de manufactura fue validada para asegurar que todos los componentes se encontraran en su lugar y todo funcionara correctamente. Los ingenieros de manufactura revisaron todo el proceso para asegurar que todo se encontrara conforme a especificación y dar el visto bueno al proveedor.

Piezas de las primeras pruebas de moldes fueron mandadas de China hacia la planta para poder utilizarlas para las pruebas y entrenamiento. Los ingenieros de manufactura realizaron ayudas visuales del proceso. Con estos documentos entrenaron a los operarios de manufactura conforme a los diferentes pasos que se realizan para ensamblar un producto final. Una vez entrenado el personal, y con toda la documentación necesaria lista, se preparó la línea para realizar la corrida de prueba TSPR.

4.4. Corrida de Prueba (TSPR)

Ya entrenada la gente y preparada la línea, se organizó la corrida de prueba para validar el proceso. En esta fase, que es la validación final del producto, se consideraron todos los aspectos de una corrida normal, producción, retrabajo, defectos, paros de línea, problemas funcionales, entre otros. Todo el equipo de ingenieros estuvo coordinando la corrida y evaluando cada uno de los puntos necesarios.

Al final de la corrida de prueba establecida, se estableció una reunión para evaluar todos los datos obtenidos. Se tomaron todos los reportes productivos y se vieron los puntos de mejora. Toda la información sobre la corrida de prueba se debió documentar en el formato Anexo II. Formato de corrida de prueba TSPR. Este formato, una vez lleno, debió presentarse al cliente para su retroalimentación y aprobación.

De la corrida de prueba se obtuvieron los siguientes resultados:

- 34 operarios directos fueron contemplados para la línea de ensamble.
- La prueba de temperatura se consideró entre 160° y 190° C como aceptable.

Test Name:	Temperature
Defect class:	Critical
Instrument:	Thermometer
Unit of measure:	Critical
Lower tolerance limit:	160.00
Upper tolerance limit:	190.00
Sample size:	80
Cpk success criteria:	1.33
Relevant for ppm (Y/N)	Y

Figura 4-27 Requisitos solicitados para temperatura

Statistical Analysis	
Total checked	80
Average (m)	175.10
St. dev. (s)	3.62
Coeff. of Variation	2.1%
Min	170.00
Max	181.00
Samples under LL	0
Samples above UL	0
Cp	1.38
Cpk	1.37
Calculated NC (ppm)	34
Relevant ppm	34

Figura 4-28 Evaluación estadística de temperatura

- Evaluación por atributos del producto

Test Name:	Assembly Gap	Color variation	Logo verification	Aesthetic
Defect class:	Critical	Minor	Major	Minor
Instrument:	Visual	Vaccum Chamber	Visual	Visual
Sample size:	200	72	200	200
Acceptance criteria:	0	8	2	8
Expected yield:	100.0%	88.9%	99.0%	96.0%

Figura 4-29 Requisitos por atributos solicitada

Results Analysis				
Total checked	200	72	200	200
Total NOK	0	0	1	0
Total OK	200	72	199	200
Calculated NC (ppm)	0	0	5000	0
Yield	100.0%	100.0%	99.5%	100.0%

Figura 4-30 Evaluación por atributos del producto

- Disponibilidad de equipo de 100% de un mínimo solicitado de 95%
- Ritmo de desempeño de la línea de ensamble de 91.3% de un mínimo solicitado de 88%.
- Nivel de calidad de 99.9% de un mínimo solicitado de 98%.
- Nivel de OEE del 91.2% de un mínimo solicitado de 81.9%.
- No existen consideraciones de riesgo de seguridad vistas.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Nos encontramos en un punto en el que el desarrollo tecnológico es avanzado, las poblaciones son altas y el consumismo se encuentra a la orden del día. El poder manufacturar un producto con altos volúmenes de producción y con tiempos reducidos puede llegar a ser la diferencia para que un producto crezca y se posicione en el mercado de manera definitiva.

Se puede ver que, coordinando de una manera efectiva un proyecto, se pueden obtener grandes logros. Cada uno de los pasos fue seguido a detalle por el gerente de proyecto y teniendo constante comunicación con los involucrados. Inclusive mientras se realizaban operaciones de manera remota, siempre se mantuvo comunicación para poder cumplir con los tiempos establecidos del proyecto. Al final, gracias a todo el seguimiento, se pudo tener la línea aprobada para la manufactura del producto CEMD.

Con estos datos, se puede concluir que la hipótesis “Liberación y puesta en marcha del producto CEMD implementando sistemas de control de calidad para proporcionar una producción estable de componentes y producto terminado dentro de los estándares solicitados por el cliente” se comprueba como satisfactoria. El producto fue evaluado por el cliente MGDL y acordó que es un producto que cumple con sus especificaciones, ASMD se encuentra autorizado para la corrida productiva.

5.1.1. Sobre los moldes de inyección de plástico

El manejar la liberación de moldes de una manera más controlada se aseguró el correcto funcionamiento y estabilidad del proceso. El proceso de liberación de moldes crea un aumento en el tiempo de desarrollo del proyecto. Aun así, sabiendo trabajar el proceso en paralelo con el desarrollo de la línea de manufactura, se pudo recuperar tiempo para el lanzamiento.

El realizar varias pruebas de molde antes de liberarlos para la producción asegura el correcto funcionamiento y la larga vida de los moldes. El considerar un formato para la liberación de los moldes ayuda a poder obtener, en un solo documento, todas las características de cada uno de los moldes. Otro beneficio que se tiene con el formato es el poder validar todos los puntos y así no omitir alguna consideración que pudiera llegar a ser crítica para el funcionamiento.

Por primera vez, no solo se realizó un proceso en el que se obtuvieran piezas plásticas que cumplieran con la especificación del cliente, sino que también se evaluó la estabilidad de ese proceso para poder dar una idea de su comportamiento durante el tiempo. Se considero un CPK mayor o igual a 1.33 para poder tomar como estable el proceso y se midió la desviación estándar, así como el coeficiente de variación de las mediciones.

Este último análisis ayudó a asegurar que el proceso se mantenga durante un tiempo prolongado. Teniendo un proceso estable, varias mejoras pueden ser obtenidas de manera indirecta:

- Menor asistencia por parte del equipo técnico para ajustes.
- Menor variación del producto final.
- Menor asistencia por parte del equipo de calidad en validaciones.
- Reducción de scrap.
- Reducción de tiempo muerto.
- Eliminación de paros de molde por defectos y mal funcionamiento.

5.1.2. Sobre la línea de manufactura

Considerando a un equipo multidisciplinario, que se encuentre involucrado directamente en la liberación de la línea de manufactura, se tiene más control sobre la corrida piloto. Este equipo multidisciplinario dio soporte en cada uno de los puntos de evaluación y consideraciones del cliente. También se encargó de desarrollar instrucciones de trabajo y entrenar a los operarios en sus estaciones.

Para la evaluación del correcto funcionamiento de la línea de ensamble, el principal métrico considerado fue el OEE (Eficiencia global del equipo), considerado con un porcentaje mínimo aceptable del 81.9% para este rubro. Para poder obtener este dato, se evaluó el desempeño de la línea, su disponibilidad y la calidad con la que se produjeron las piezas.

Gracias al correcto entrenamiento del personal, la buena documentación y la correcta coordinación del equipo se obtuvo una disponibilidad del 100%, un desempeño del 91.3% y un nivel de calidad del 99.9%. Todo esto ayuda al cálculo del OEE global, obteniendo un resultado del 91.2%.

5.2. Recomendaciones

Cada una de las liberaciones de moldes deberá considerar realizar un estudio del proceso para siempre mantenerlo estable. Preparando lo necesario para la línea de manufactura, teniendo toda la documentación completa y entrenando al personal se pueden obtener mejores resultados y una rampa de arranque mucho menor, ya que la habilidad del operario sería mayor.

ANEXOS

I. Formato de Inspección de Moldes

a. Hoja 1. Formato de Inspección de Moldes

Rev. 00	INSPECCION DE MOLDES PROVEEDOR HOJA 1		IP-636	
Numero de Parte	_____			
Descripcion de parte	_____			
Proyecto / Cliente	_____			
# de Molde Proveedor	_____			
Numero de Cavidades	_____			
Peso del Molde	_____ Kg			
Tipo de rosca p/ argolla	_____ in/mm			
Dimensiones del molde				
Largo (L)	_____ in/mm			
Ancho (B)	_____ in/mm			
Altura Total (HL+HR)	_____ in/mm			
Altura lado Fijo (HR)	_____ in/mm			
Altura lado Movil (HL)	_____ in/mm			
Diam. Anillo centrador	_____ in/mm			
Profundidad hasta sprue	_____ in/mm			
Expulsion Central	() si () no			
Tipo de rosca:	() si () no			
Expulsion Barras	() si () no			
Configuracion (2, 4, 8)	_____			
Tipo de rosca:	_____			
Tacones listos	_____			
Geometria del sprue	Radio: _____			
	Diametro: _____			
	Profundidad: _____			
Colada Caliente:	() si () no			
Numero de zonas:	_____			
Conector estandarizado	() si () no			
Medida tomas de agua	_____ (Estandarizar en caso de ser necesario)			
Numero de core-pulls:	_____ (Incluir valve gates si aplica)			Switch	Hyd	Neu
Core-pull No.	Funcion: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Core-pull No.	Funcion: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipo de Core-Pull	Hidraulico _____	Neumatico _____		

b. Hoja 2. Formato de Inspección de Moldes

Rev. 00	INSPECCION DE MOLDES PROVEEDOR HOJA 2			IP-636
Peso total de Piezas	.....		
Peso total de Coladas	.....		
Peso de Tiro Completo	.....		
Verificaciones de Tiro:				
	Bueno	Malo	N/A	
01.- Funcionamiento de molde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
02.- Expulsión de piezas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Comentario:
03.- Contador de molde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Conteo:
04.- Balanceo de molde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
05.- Enfriamiento de molde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Condiciones Físicas de Molde:				
	Bueno	Malo	N/A	
01.- Cavidades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
02.- Cores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
03.- Ejector pin/sleeves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
04.- Guide pins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
05.- Bushing pins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
06.- Placas moviles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
07.- Placas no moviles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
08.- Lineas de Agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
09.- Angle pins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10.- Sliders	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11.- Resortes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12.- Core pins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13.- Runners	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14.- Venteos correctos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Medida:
15.- Hot Runner (Resistencias, Termocoples)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16.- Diametro sprue estandarizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17.- Anillo centrador estandarizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18.- Conectores hot runner estandarizados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19.- Rosca barras expul estandarizados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20.- Conectores de mangueras estandarizadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Seguridad:				
01.- Dispositivos de seguridad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
02.- Cables, conectores estandarizados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
03.- Candado de seguridad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Validado Por: (Nombre y Firma)				
Fecha				

II. Formato de Corrida de Prueba TSPR

a. Hoja 1. Portada

REC-00556 - Edition 2

Process Qualification Protocol & Report

Plant:
Equipment:
Equipment type:
Project/Product:
Product description:
Product picture:
Activity:
Rationale:

<u>Activities and People</u>	
Activities and Test Plan (sheets 2.Seq and 3.T.plan)	
Issued by: <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Approved by: <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Preliminary Activities (sheet 4.Prel.Chk)	
Made by (Engineering): <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Equipment Safety Checks (sheet 4.Prel.Chk)	
Made by (HSE): <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Line Inducted Failures and Other Checks (sheet 5.Line Chk)	
Made by (Engineering): <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Production Run (sheets 9.Ava , 10.Perf , 11.OEE and 14.Trace)	
Attendants: <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Product Quality Checks (sheets 6.Var , 7.Atr and 8.Def.Pict)	
Made by (Quality): <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Laboratory Checks	
Made by (Quality/D&D): <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Corrective Action Plan (sheet 12.CAPA)	
Made by (Plant): <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Final Report (sheet 13.Appr)	
Issued by: <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>
Verified by: <input type="text"/>	Date: <input type="text"/>

c. Hoja 3. Plan de Actividades y Secuencias

Activities Plan and Sequence

REC-0056 - Edition 2

Please include here the operative activities sequence to be conducted during the "official" production run. All of these activities, being part of the run itself, must be tracked either in terms of results and in terms of impact on the OEE parameters (except Quality). Second part is dedicated to the boundary conditions (personnel involved, test conditions, etc...)

Plant: _____
 Equipment: _____
 Project/Product: _____
 Activity: _____
 Date: _____

Activites Sequence	Product ID	Duration (minutes)	Estimated production	UoM	Workers	OEE Ava relevant?	Run time?	Quality checks	Comments
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Total Test Duration: min Downtime incidence during Runing Time: (shall be max 5%, unless differently agreed with Central Engineering)

Scheduled Operating Time: min Net Running Time: min (= running time * (100%-Downtime incidence))

Running time (downtime included) min Availability target:

Boundary Conditions (describe here if any changes with respect to the standard line layout, features and settings and to the standard workers number)

d. Hoja 4. Plan de Evaluación de Prueba

Qualification Test Plan

REC-0056 - Edition 2

O.E.E success criteria

Availability (%):

Performance rate (%):

Quality Rate (%):

O.E.E. (%): (shall be min 82%, unless differently agreed with TVC)

Plant: _____
 Equipment: _____
 Project/Product: _____
 Activity: _____
 Date: _____

Cat.	Activity / Test Name	Defect Class	Instrument	Product	Who	Dest.?	Var	Atrr	Samples	Success criteria	Notes and comments

f. Hoja 6. Validación de Fallas Inducidas

REC-00556 - Edition 2

Line Inducted Failure and Other Checks

- Check List -

This section includes the controls to be done just after switching on the line and during the test session to verify the proper functioning of the equipment, in terms of standard parameters (temperature, air pressure, etc...) consistency and stability against settings, including moving parts (pick and place, etc...), videocameras and alarm systems, if any. Special section is dedicated to inducted failure tests, aimed to check the line behaviour in case of sudden events.

Plant:

Equipment:

Project/Product:

Activity:

Date:

Inducted Failures		Passed	Failed	N.A.	Comments
A) Pneumatic System	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
B) Electric System	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
C) Automatic Scrap Systems	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
D) Feeding Systems	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Other Activities	Passed	Failed	N.A.	Comments
<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Parameters settings

Parameter and position/equipment	Unit of measure	Setting
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

General Comments about Qualification

g. Hoja 7. Control de Variables

Tests Results - Controls by Variables

Plant: Project/Product:
 Equipment: Activity:

Test Name:									
Defect class:									
Instrument:									
Unit of measure:									
Lower tolerance limit:									
Upper tolerance limit:									
Sample size:									
Cpk success criteria:									
Relevant for ppm (Y/N)									
Statistical Analysis									
Total checked	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Average (m)									
St. dev. (s)									
Coeff. of Variation									
Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Samples under LL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Samples above UL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cp									
Cpk									
Calculated NC (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Relevant ppm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Results Analysis									
Samples No.	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
1									

h. Hoja 8. Control de Atributos

Tests Results - Controls by Attributes

Plant: Project/Product:
 Equipment: Activity:

Test Name:									
Defect class:									
Instrument:									
Sample size:									
Acceptance criteria:									
Expected yield:									
Results Analysis									
Total checked									
Total NOK									
Total OK	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calculated NC (ppm)									
Yield									

i. Hoja 9. Resumen de No Conformidades

NC Products Summary and Pictures

REC-00556 - Edition 2

Plant:
 Equipment:

Project/Product:
 Activity:

Detailed Non Conforming Product Summary (Controls by Attributes only)							Total produced pieces: <input type="text" value="1325"/>
Scrap Origin	Test Name	Non Conformity description	Defect Class	Relevant for ppm?	Tested qty	NC pieces	Estimated ppm
							0

Important: for each defect type, an action plan should be proposed using CAPA sheet. **Total:**

Total relevant for ppm calculation:

NC distribution by Process

Safety	<input type="text" value="0"/>
Critical	<input type="text" value="0"/>
Major	<input type="text" value="0"/>
Minor	<input type="text" value="0"/>
-	<input type="text" value="0"/>

Total (process):

Total for ppm (proc.):

By Process

NC distribution by Quality Control

Safety	<input type="text" value="0"/>
Critical	<input type="text" value="0"/>
Major	<input type="text" value="0"/>
Minor	<input type="text" value="0"/>
-	<input type="text" value="0"/>

Total (QC):

Total for ppm (QC):

By Quality Control

Pictures of Non Conforming Units Found **Important:** please include picture w written description.

j. Hoja 10. Evaluación de Disponibilidad de Equipo

Equipment Availability Analysis - Downtime and Microstops

REC-00556 - Edition 2

Plant:
 Equipment:

Project/Product:
 Activity:

General Information about Line Test

Start date: dd/mm/yyyy End date: dd/mm/yyyy
 Start time: hh:mm End time: hh:mm
 Test duration: min

IMPORTANT: if calculations do not work, change time format to **hh:mm** instead of **hh.mm** (it's a matter of Windows International settings)

Downtime Record

Line Stops (note: stops shorter than 5 minutes are classified by the table as microstops)

Stop time		Type	Description	Restart time		Stop Duration (min)
Date	Time			Date	Time	
1/1/2014	8:00	Line fault	Shell feeding system jammed	1/1/2014	8:10	10

<- Example

Significant stops total time: 0 min

Line MicroStops (i.e.: shorter or equal than 5 minutes)

Microstops total time: 0 min

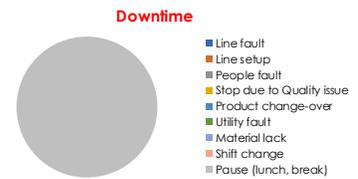
Total number of Microstops: 0

Observations and Comments

Downtime breakdown

	Total time	
Line fault	0	min
Line setup	0	min
People fault	0	min
Stop due to Quality issue	0	min
Product change-over	0	min
Utility fault	0	min
Material lack	0	min
Shift change	0	min
Pause (lunch, break)	0	min
Net test duration (= total deducted by downtime in yellow)	0	min
Equipment working time	0	min
Availability	<input type="text"/>	

Incidence
Pending
0.0% Total



k. Hoja 11. Evaluación de Desempeño del Equipo

Equipment Performance Analysis

REC-0056 - Edition 2

Plant:
Equipment:

Project/Product:
Activity:

General Information

Start time: End time: Test duration: min

Total quantity produced during the test session: (this shall include all the produced pieces, either good and nonconforming)

Equipment speed information

Designed equipment rpm "plate" speed (shots/min) Test rpm (setting) (shots/min) BPU* per shot

BPU* per sale unit Sale unit per shot

*BPU = Base Production Unit Expected throughput rate: 0 pcs/h - considering **100% productivity** - it is the maximum theoretical speed

IMPORTANT: if calculations do not work, change time format to **hh:mm** instead of **hh.mm** (it's a matter of Windows international settings)

Line Throughput Rate Log

Test start date (dd/mm/yyyy): Start time (hh:mm): Pieces counter at test start: pcs

Number of check points: Total number of workers: (not including additional technical support)

Statistical analysis

Actual rate (pcs/h) Weighted Average: Max: Min:

Actual productivity % Weighted Average: Max: Min:

Check point	Measure date (dd/mm/yyyy)	Measure time (hh:mm)	Pieces counter	Not running time - min (all stops longer than 5min)	Act. cumulative produced pieces	Interval (min)	Pieces produced in the interval	Actual rate (pcs/h)	Actual worker productivity (pcs/h/man)	Expected production (at 100% productivity)	Overall rate (pcs/h - since test start)	Actual Productivity (interval)	Overall Productivity (test)
0			0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
1													
2													
#REF!													

I. Hoja 12. Evaluación de Proceso (OEE)

Process Qualification - OEE results summary

REC-00556 - Edition 2

Plant: Project/Product:
 Equipment: Activity:

Overall Equipment Effectiveness

Availability: Performance Rate: Quality Rate:
 Success criteria: Success criteria: Success criteria:
Overall Equipment Effectiveness: (OEE)
 Production run date: Success criteria: ppm calculation:

Summary of Results

Start time: End time: Total Operating Time: min
 Not scheduled for production: min Scheduled Operating Time: min
 Total downtime, set-up and product changeover: min Running Time: min
 Planned hourly productivity: pcs/h Target Output: pcs
 Actual Output: pcs
 Actual hourly productivity: pcs/h
 Calculated scraps by process (incl. pieces to be reworked): pcs
 Calculated scraps by QC (controls by attributes): pcs Conforming hourly productivity: pcs/h
 Calculated scraps by QC (control by variables): pcs Good Output: pcs
 Final ppm:

Explanation of calculation structure

Scraps

By process: ppm
 By QC (attributes): ppm
 By QC (variables): ppm

Explanation:

Actual output: total produced pieces (NC and good)
Automatic line scrap: number of scraps by line
Calculated NC pieces: quantity of statistical NC pieces on line output based on estimated ppm
Calculated good production: line output - calculated defective pieces

m. Hoja 13. Plan de Acciones Correctivas

Corrective Action Plan

REC-00556 - Edition 2

Plant:
 Equipment:
 Project/Product:
 Activity: Date:

No	Issue Type (divided by defect class)	Defect Clas	Root Cause Analysis	Corrective Action	Responsible	Due date (dd/mm/yyyy)	Completion (dd/mm/yyyy)	Completion verification and comments
1								
2								
3								
4								
5								
6								

n. Hoja 14. Hoja de Aprobación del Proceso

Process Approval Sheet

REC-00556 - Edition 2

Plant:	
Equipment:	
Project/Product:	
Activity:	
Production Run Date:	

Activity Summary		(as per sheet 1.Head)
Rationale		
OEE results		
Availability		Performance
Quality		OEE

Process Approval		
Plant General Comments on Qualification Results		
Preliminary/Safety checks:		
Line checks:		
Quality Controls:		
OEE results:		
General comments and request for approval:		
	Name	Date
Plant Operations		
Plant Engineering		
Plant Quality		
Plant HSE		
Technical Validation Committee (TVC) Decisions and Comments		
Positive <input type="checkbox"/>	Partially Positive <input type="checkbox"/>	Negative <input type="checkbox"/>
	Name	Date
Group Operations		
Group D&D		
Group Quality		

Process Final Approval after CAPA (for Partially Positive result only)		
Plant General Comments on Action Plan Completion and Relevant Effectiveness		
	Name	Date
Plant Operations		
Plant Engineering		
Plant Quality		
Technical Validation Committee (TVC) Decisions and Comments		
Process Approved <input type="checkbox"/>	Process Not Approved <input type="checkbox"/>	
	Name	Date
Group Operations		
Group D&D		
Group Quality		

IV. Formato de Defectos de Línea

DEFECTOS DE LINEA

LINEA _____

LOTE _____

FECHA _____

6.00%												
5.50%												
5.00%												
4.50%												
4.00%												
3.50%												
3.00%												
2.50%												
2.00%												
1.50%												
1.00%												
0.50%												
	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00				
	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	22:30				
	23:30	00:30	01:30	2:30	3:30	4:30	5:30	6:30				

Paro de línea

Intervencion MTTO

HORA	PRODUCCION (produccion Buena= A)	Arranque	Daño en línea	Daño de moldeo	Mal ensamble	Mal función	Desface	Error en temperatura	Temperatura Alta	Otros	TOTAL DE DEFECTOS = B	% = (B/ A+B)*100
												DEFECTOS
08:00												
16:00												
23:30												
09:00												
17:00												
00:30												
10:00												
18:00												
01:30												
11:00												
19:00												
02:30												
12:00												
20:00												
03:30												
13:00												
21:00												
04:30												
14:00												
22:00												
05:30												
15:00												
22:30												
6:30												
Total												

NOTA: En caso de utilizar la columna OTROS hay que especificar cual es el defecto que se está presentando de la manera mas clara posible.

TABLA DE ACCIONES

HORA	PROBLEMA	ACCIONES	Responsable

LIDER DE MANUFACTURA

CALIDAD

BIBLIOGRAFIA

- Anders, V. (01 de 01 de 2014). *Etimologiasdechile.net*. Recuperado el 04 de 03 de 2014, de <http://etimologias.dechile.net: http://etimologias.dechile.net/?estrategia>
- Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de Polímeros Procesado y Propiedades*. San Vicente del Raspeig: Universidad de Alicante.
- Eck, M., & Hoppe, H. (1996). Automatic Reconstruction of B-Spline Surfaces of Arbitrary Topological Type. *ACM SIGGRAPH*, 325-334.
- Goodship, V. (2004). *Arburg Practical Guide to Injection Moulding*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, UK: Rapra Technology Limited and ARBURG Limited.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes and Systems*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Gupta, H., Gupta, R., & Mittal, A. (2009). *Manufacturing Process*. Daryaganj, New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers.
- Harper, C. (2006). *Handbook of Plastic Processes*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- IFCT. (01 de 05 de 2014). *Premio Nacional de Calidad*. Recuperado el 01 de 05 de 2014, de Instituto para el Fomento a la Calidad Total, A.C.: http://competitividad.org.mx/images/stories/_MNC_Micro_y_Pequeas_Empresas.pdf
- Kumar, A., Jain, P., & Pathak, P. (2013). Reverse Engineering in Product Manufacturing An Overview. *DAAAM International Scientific Book*, 666-678.

- Lakkannan, M., Mohan Kumar, G., & Kadoli, R. (2016). Computational Design of Mould Sprue for Injection Moulding Thermoplastics. *ScienceDirect*, 37-52.
- LANXESS Corporation. (2007). *Part and Mold Design A Design Guide*. Pittsburgh, PA: Author.
- Moayyediana, M., Abhary, K., & Marian, R. (2015). New Design Feature of Mold in Injection Molding For Scrap. *ScienceDirect*, 241-245.
- Raja, V., & Fernandes, K. (2008). *Reverse Engineering An Industrial Perspective*. London: Springer Science & Business Media.
- Scodanibbio, C. (2009). *World Class TPM - How to Calculate Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Sea Point, Cape Town, Sudafrica: World Class Performance.
- Stamatis, D. (2010). *The OEE Primer Understanding Overall Equipment, Effectiveness, Reliability and Maintainability*. New Yorkm, NY: Taylor and Francis Group, LLC.
- Telea, A. (2012). *Reversing Reverse Engineering Recent Advances and Applications*. Rijeka, Croatia: InTech.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Zhou, H. (s.f.). *Computer Modeling for Injection Molding Simulation, Optimization, and Control*. Wuhan, Hubei, China: John Wiley & Sons, Inc.

NOMBRE DEL TRABAJO

109_MII_Carlos Ernesto Moreno Molina.pdf

AUTOR

Carlos Ernesto Moreno Molina

RECUENTO DE PALABRAS

26019 Words

RECUENTO DE CARACTERES

137266 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

110 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.8MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 16, 2022 2:53 PM GMT-7

FECHA DEL INFORME

Nov 16, 2022 2:55 PM GMT-7**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref