

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD  
DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**TESIS:**

**“PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD  
Y RENDIMIENTO DE UNA PLANTA DE PLÁSTICOS”**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
INGENIERÍA CON MENCIÓN EN GERENCIA E INGENIERÍA DE  
MANTENIMIENTO**

**ELABORADO POR:**

**CHRISTIAN RUBÉN CASTAÑEDA DÍAZ**

**ASESOR:**

**Dr. JUAN VARGAS MACHUCA BUENO**

**LIMA – PERÚ**

**2025**

***Dedicatoria***

A mis padres Segundo y Violeta quienes me impulsaron a seguir adelante en todos los  
ámbitos de mi vida.

### ***Agradecimientos***

Primeramente A Dios por darnos la vida.

A mi hermana Eliana Maribel quien en todo momento estuvo dispuesta a respaldar mi desarrollo profesional.

Al ingeniero Juan Pablo Vargas Machuca Bueno por haberme apoyado en la realización de éste proyecto

## **Resumen**

La presente investigación se realiza en una planta de producción por inyección de plástico en el que se ejecuta un análisis de criticidad para la determinación de los subsistemas más delicados de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia y gravedad de cada componente, teniendo como resultado los moldes y unidades de inyección.

La disponibilidad de planta es mejorada mediante un estudio de confiabilidad y análisis de modos y efectos de fallas a partir de la data histórica de los equipos valiéndose de un entorno de programación en R de los subsistemas escogidas por análisis de criticidad, resultando en una etapa temprana de fallas, mostrando que los intervalos de tiempo de intervención deben ser cambiados para disminuir gastos de mantenimiento y producción, logrando un ahorro de 37% aproximadamente por cada equipo.

Por otro lado, el rendimiento planta es mejorado a través de un análisis de reemplazo y conservación en la gestión de activos de los moldes que son los elementos más delicados en esta industria y entre ellos se analizan los que mayor demanda de producción tienen y finalmente se escoge aquellos que tengan menor valor anual en aquel instante. En todos los casos de estudio los indicadores financieros son favorables lo que demuestra la rentabilidad de aplicar esta técnica.

Finalmente se demuestra que para mejorar los tiempos en cambios de producción, el método más adecuado es el denominado smed.

Palabras clave -- Disponibilidad, rendimiento, confiabilidad, rentabilidad, dirección de activos.

## **Abstract**

This research is carried out in a plastic injection production plant where a criticality analysis is performed to determine the most delicate subsystems according to the frequency of occurrence and severity of each component, resulting in the molds and injection units. Plant availability is improved through a reliability study and failure mode and effect analysis based on historical data of the equipment using an R programming environment of the subsystems chosen by criticality analysis, resulting in an early stage of failure, showing that the intervention time intervals must be changed to reduce maintenance and production costs, achieving a saving of approximately 37% for each piece of equipment. On the other hand, plant performance is improved through a replacement and conservation analysis in the asset management of the molds, which are the most delicate elements in this industry, and among them, those with the highest production demand are analyzed and finally those with the lowest annual value at that moment are chosen. In all the case studies, the financial indicators are favourable, which demonstrates the profitability of applying this technique. Finally, it is shown that to improve production changeover times, the most appropriate method is the so-called smed method.

Keywords -- Availability, performance, reliability, profitability, asset management.

## Índice de Contenidos

Resumen .....	iv
Abstract.....	v
Introducción .....	xiii
Capítulo I. Aspectos generales y metodológicos de la investigación .....	1
1.1. Ámbito De Desarrollo De La Investigación .....	1
1.2. Antecedentes de la Investigación:.....	1
1.3. Identificación y Descripción del Problema de Estudio. ....	12
1.4. Formulación Del Problema.....	13
1.4.1. Problema Principal.....	13
1.4.2. Problemas Secundarios.....	14
1.5. Justificación e Importancia.....	14
1.6. Objetivos.....	14
1.6.1. Objetivo General.....	14
1.6.2. Objetivos Específicos.....	15
1.7. Hipótesis.....	15
1.7.1. Hipótesis General .....	15
1.7.2. Hipótesis Específicas.....	15
1.8. Variables, dimensiones e Indicadores.....	16
1.9. Diseño Metodológico .....	18
1.9.1. Unidad De Análisis .....	18
1.9.2. Fuentes de Información .....	18
1.9.3. Tipo y Nivel de Investigación .....	18
1.9.4. Método de Diseño de Investigación .....	18
1.9.5. Población y Muestra .....	19
1.9.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	19
1.9.7. Análisis y Procesamiento de Datos.....	20
Capítulo II. Marco teórico .....	21
2.1. Descripción Del Proceso De Moldeo Por Inyección. ....	21
2.1.1. Máquina Inyectora .....	21
2.1.2. Etapas Del Proceso De Inyección:.....	26
2.2. Flujos de procesos de manufactura .....	26
2.3. Medidas de rendimiento de los procesos .....	27
2.4. Tiempos de preparación mínimos. ....	28
2.5. Indicadores de Mantenimiento .....	28

2.6.	Tipos de Mantenimiento .....	30
2.7.	Mantenimiento Centrado En Confiabilidad .....	30
2.7.1.	Variables aleatorias: .....	30
2.7.2.	Distribuciones de probabilidad: .....	30
2.7.3.	Filosofía De RCM .....	33
2.7.4.	Preguntas básicas de RCM. ....	33
2.7.5.	Funciones y Parámetros De Funcionamiento.....	34
2.7.6.	Fallas Funcionales.....	34
2.7.7.	Modos De Falla.....	34
2.7.8.	Efectos De Falla .....	34
2.7.9.	Análisis De Modos De Falla y Sus Efectos (AMEF) .....	34
2.8.	Análisis de Criticidad.....	36
2.9.	Reemplazo y conservación .....	40
2.10.	Marco Conceptual.....	48
	Capítulo III. Desarrollo de la Investigación. ....	51
3.1.	Descripción global en el proceso de fabricación y despacho de artículos inyectados.	51
3.2.	Repertorio de equipos de la planta de inyección .....	53
3.3.	Determinación de los equipos críticos de planta mediante análisis de criticidad .....	55
3.3.1.	Frecuencia.....	55
3.3.2.	Gravedad.....	55
3.3.3.	Evaluación de criticidad de los subsistemas. ....	55
3.4.	Implantación del Análisis de Modos y Efectos de Fallas, AMEF.....	75
3.5.	Estudio de confiabilidad .....	75
3.5.1.	Cálculo de confiabilidad usando el modelo matemático de Weibull.....	79
3.5.2.	Cálculo del tiempo medio entre fallas.....	81
3.5.3.	Cálculo de valores de confiabilidad, inconfiabilidad y tasa de fallas. ....	83
3.5.4.	Cálculo de indicadores de disponibilidad .....	86
3.5.5.	Estado actual del mantenimiento de máquinas inyectoras .....	91
3.5.6.	Propuesta en el programa de mantenimiento.....	92
3.5.7.	Cálculos en los importes de parada de máquinas.....	95
3.6.	Análisis y dirección de activos.....	99
3.6.1.	Estudio de reemplazo o conservación del molde cubierta de dosificador:....	101
3.6.2.	Estudio de reemplazo o conservación del molde dosificador: .....	103
3.6.3.	Estudio de reemplazo o conservación del molde cuerpo de inhalador: .....	106
3.6.4.	Estudio de reemplazo o conservación del molde cubierta de inhalador: .....	110
3.6.5.	Estudio de reemplazo o conservación del molde trompo de inhalador: .....	113

3.7. Disponibilidad en cambios de formato de producción .....	116
Capítulo IV. Resultados y contrastación de hipótesis .....	121
Conclusiones .....	126
Recomendaciones .....	128
Referencias.....	129
Anexos.....	133

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Hoja de información .....	35
<b>Tabla 2</b>	Valores del criterio de gravedad. ....	36
<b>Tabla 3</b>	Valores del criterio de frecuencia.....	37
<b>Tabla 4</b>	Valores del criterio de detectabilidad. ....	37
<b>Tabla 5</b>	Tabla de conversión.....	43
<b>Tabla 6</b>	Repertorio de equipos de planta de inyección. ....	54
<b>Tabla 7</b>	Características técnicas de las inyectoras de planta. ....	54
<b>Tabla 8</b>	Evaluación de criticidad. ....	55
<b>Tabla 9</b>	Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 1.....	59
<b>Tabla 10</b>	Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 1. ....	60
<b>Tabla 11</b>	Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 2.....	63
<b>Tabla 12</b>	Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 2. ....	64
<b>Tabla 13</b>	Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 3.....	67
<b>Tabla 14</b>	Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 3. ....	67
<b>Tabla 15</b>	Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 4.....	71
<b>Tabla 16</b>	Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 4. ....	72
<b>Tabla 17</b>	Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 1.....	76
<b>Tabla 18</b>	Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 2.....	77
<b>Tabla 19</b>	Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 3.....	77
<b>Tabla 20</b>	Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 4.....	78
<b>Tabla 21</b>	Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 1..	86
<b>Tabla 22</b>	Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 2..	88
<b>Tabla 23</b>	Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 3..	89
<b>Tabla 24</b>	Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 4..	90
<b>Tabla 25</b>	Inversión incial y precio de venta del activo nuevo cubierta de dosificador.....	102
<b>Tabla 26</b>	Costos operativos del activo nuevo cubierta de dosificador.....	102
<b>Tabla 27</b>	Flujos de efectivo del activo nuevo cubierta de dosificador. ....	103
<b>Tabla 28</b>	Indicadores de rentabilidad del activo nuevo cubierta de dosificador.....	103
<b>Tabla 29</b>	Inversión incial y precio de venta del activo nuevo dosificador. ....	105
<b>Tabla 30</b>	Costos operativos del activo nuevo dosificador. ....	105

<b>Tabla 31</b>	Flujos de efectivo del activo nuevo dosificador .....	105
<b>Tabla 32</b>	Indicadores de rentabilidad del activo nuevo dosificador.....	105
<b>Tabla 33</b>	Inversión incial y precio de venta del activo nuevo cuerpo de inhalador.....	107
<b>Tabla 34</b>	Costos operativos del activo nuevo cuerpo de inhalador.....	108
<b>Tabla 35</b>	Flujos de efectivo del activo nuevo cuerpo de inhalador.....	109
<b>Tabla 36</b>	Indicadores de rentabilidad del activo nuevo cuerpo de inhalador..	109
<b>Tabla 37</b>	Inversión incial y precio de venta del activo nuevo cubierta de inhalador.....	111
<b>Tabla 38</b>	Costos operativos del activo nuevo cubierta de inhalador.....	111
<b>Tabla 39</b>	Flujos de efectivo del activo nuevo cubierta de inhalador.....	112
<b>Tabla 40</b>	Indicadores de rentabilidad del activo nuevo cubierta de inhalador.	112
<b>Tabla 41</b>	Inversión incial y precio de venta del activo nuevo trompo de inhalador.....	114
<b>Tabla 42</b>	Costos operativos del activo nuevo trompo de inhalador.....	114
<b>Tabla 43</b>	Flujos de efectivo del activo nuevo trompo de inhalador.....	115
<b>Tabla 44</b>	Indicadores de rentabilidad del activo nuevo trompo de inhalador.	115
<b>Tabla 45</b>	Actividades internas y externas realizadas en cambios de producción .	116
<b>Tabla 46</b>	Ahorros por aplicación del plan de mantenimiento basado en confiabilidad de las máquinas inyectoras.....	121
<b>Tabla 47</b>	Valores de disponibilidad con sus correspondientes intervalos de mantenimiento propuestos.....	121
<b>Tabla 48</b>	Resumen de resultados en el estudio de gestión de activos críticos.....	122
<b>Tabla 49</b>	Resultados de los valores de los rendimientos de los activos críticos, actuales y propuestos .....	124

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Descripción de circuito hidráulico de una máquina inyectora.....	22
<b>Figura 2</b>	Máquina inyectora.....	23
<b>Figura 3</b>	Partes de un molde de inyección.....	25
<b>Figura 4.</b>	Unidad de cierre de una máquina inyectora.....	25
<b>Figura 5.</b>	Unidad de inyección de una máquina inyectora.....	25
<b>Figura 6.</b>	Plano de montaje en un proceso de manufactura.....	27
<b>Figura 7</b>	Indicadores de confiabilidad para un componente reparable.....	29
<b>Figura 8</b>	Curva de tasa de fallas. ....	32
<b>Figura 9</b>	Descripción de modos de falla. ....	35
<b>Figura 10</b>	Flujos de efectivo anual. ....	41
<b>Figura 11</b>	Curvas de valor anual para determinar la vida útil económica.....	44
<b>Figura 12</b>	Máquina inyectora Haitian MA1600/600. ....	55
<b>Figura 13</b>	Número de paradas de cada subsistema de inyectora 1.....	57
<b>Figura 14</b>	Tiempo total de paradas de cada subsistema de inyectora 1.....	58
<b>Figura 15</b>	Gráfica de subsistemas más críticos de inyectora 1 .....	61
<b>Figura 16</b>	Número de paradas de cada subsistema de inyectora 2.....	62
<b>Figura 17</b>	Tiempo total de paradas de cada subsistema de inyectora 2.....	62
<b>Figura 18</b>	Gráfica de subsistemas más críticos de inyectora 2 .....	64
<b>Figura 19</b>	Número de paradas de subsistemas de máquina inyectora 3. ....	65
<b>Figura 20</b>	Tiempo total de paradas de máquina inyectora 3. ....	66
<b>Figura 21</b>	Gráfica de subsistemas más críticos de inyectora 3. ....	68
<b>Figura 22</b>	Número de paradas de subsistemas de máquina inyectora 4. ....	69
<b>Figura 23</b>	Tiempo total de paradas de máquina inyectora 4. ....	70
<b>Figura 24</b>	Gráfica de subsistemas más críticos de inyectora 4. ....	72
<b>Figura 25</b>	Subsistemas de un equipo inyector de plástico. ....	74
<b>Figura 26</b>	Unidades totales producidas para cada molde. ....	100
<b>Figura 27</b>	Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de cubierta de dosificador. ....	102
<b>Figura 28</b>	Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo dosificador.....	104
<b>Figura 29</b>	Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo cuerpo de inhalador. ....	107

<b>Figura 30</b>	Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo cubierta de inhalador.....	111
<b>Figura 31</b>	Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo trompo de inhalador.....	114
<b>Figura 32</b>	Actividades internas y externas en inyectora 1, antes y despues de aplicación del método smed.....	117
<b>Figura 33</b>	Actividades internas y externas en inyectora 2, antes y despues de aplicación del método smed.....	118
<b>Figura 34</b>	Actividades internas y externas en inyectora 3, antes y despues de aplicación del método smed.....	118
<b>Figura 35</b>	Actividades internas y externas en inyectora 4, antes y despues de aplicación del método smed.....	119

## **Introducción**

La presente investigación se realiza para el análisis de un proceso de inyección con el objetivo de presentar una propuesta de mejora de la Eficiencia Global de manufactura fundamentado en las herramientas del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad.

Actualmente la empresa viene trabajando con un mantenimiento preventivo centrado en tiempos y en general se desconoce que en cualquier planta del mismo rubro se aplique la misma metodología mencionada en el párrafo anterior.

El proyecto se compone de la siguiente manera: los objetivos, la realidad problemática, hipótesis, variables, procesamiento y justificación de la investigación.

El proyecto se hizo con data histórica comprendida en el año 2019 a partir del cual se determina los equipos, sistemas y subsistemas que requieren mayor atención como resultado del análisis de criticidad. Es necesario recurrir a procedimientos estadísticos para determinar el tiempo óptimo medio entre fallas y determinar los intervalos de mantenimiento adecuados para cada sistema crítico. Habiendo determinado el tiempo medio entre fallas óptimo se obtienen los indicadores de clase mundial (disponibilidad, tiempo medio de reparación, tasa de fallos, entre otros). Posteriormente basado en ingeniería económica se determina el momento adecuado de reemplazo de los activos y su correspondiente costo estimado para aquel instante.

# **Capítulo I. Aspectos generales y metodológicos de la investigación**

## **1.1. Ámbito De Desarrollo De La Investigación**

La investigación se desarrolla en una empresa farmacéutica ubicado en el distrito de Breña, departamento de Lima, en una planta de inyectoras de plástico.

## **1.2. Antecedentes de la Investigación:**

Hosseini et al. (2020) en su artículo, Programación de mantenimiento predictivo basado en la disponibilidad para calderas de biomasa de parrilla vibratoria, muestra que las calderas de biomasa son una alternativa en tecnología energética para minimizar los costos de mantenimiento sin perjudicar la disponibilidad; se propone el uso de una variable aleatoria de Weibull y la herramienta de árbol de fallas para analizar la disponibilidad del proceso. El objetivo es disminuir las actividades de mantenimiento con su correspondiente disminución de costos, ya que un constante intervalo de mantenimiento es incierto y puede conllevar un excesivo gasto. Teniendo los parámetros de distribución de Weibull se puede calcular el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación, en consecuencia, se obtiene la disponibilidad para cada intervención. Se tiene como resultado una disminución de las tareas de mantenimiento de 310 a 210 actividades para un intervalo de 10 años, y se refleja una reducción en los trabajos de mantenimiento en 32% durante 10 años y en consecuencia un ahorro en costos

Dolas et al (2014) señalan en su escrito, estimación de la confiabilidad del sistema utilizando la distribución de Weibull, que ésta distribución puede modelar diversos tipos de tasas de comportamientos y solo se necesita encontrar los parámetros de escala, forma y localización. Los métodos usados son el analítico y de máxima verosimilitud. En este artículo se realiza la estimación de confiabilidad de un sistema usando dichos parámetros y la regresión de rango medio para el ajuste de datos. El parámetro beta ( $\beta$ ), muestra la forma de la distribución y el parámetro de vida característica ( $\eta$ ) o alfa ( $\alpha$ ). Si beta es mayor que 1, significa que la ratio de fallas está en crecimiento, si beta es menor que 1, la ratio de fallas

está decreciendo y si beta es igual a 1, la ratio de fallas es constante. Se realiza un modelamiento para la estimación de la confiabilidad, densidad de probabilidad de falla (PDF), función de densidad acumulativa (PDA) y la inconfiabilidad para la aplicación de un motor de compresor diésel según lo que se muestra.

Fuentes et al. (2017) mencionan en su crónica, Implementación de RCM en una máquina de moldeo por inyección de plástico considerando modos de falla correlacionados y muestra de tamaño pequeño ,que el método empleado en este proyecto es caracterizado por la robustez y flexibilidad que brinda la metodología basada en la confiabilidad resultando en ahorros de costos de mantenimiento. El RCM o Mantenimiento Basado en Confiabilidad representa un importante soporte para asegurar la disponibilidad y efectividad en costos. Se asume que los modos de falla son independientes y no siempre se cuenta con la suficiente información, sin embargo, es posible determinar las frecuencias de mantenimiento. La frecuencia de reemplazo sugerida por el método tradicional muestra que debe hacerse cada 115 horas y el costo de mantenimiento anual es 201600 dólares. Mientras que para la válvula termostática aplicando el modelo de copulas indica que debe realizarse cada 275 horas y el costo anual de mantenimiento es 50400 dólares, y comparando con el modelo tradicional se logra un ahorro de 75% en costos de mantenimiento. Las pruebas de correlación de Kendal y Pearson resultan positivas entre los modos de falla, por lo que se sugiere el uso de los modelos multivariados tal como log-normal, Weibull y Gumbel cópula.

Canchaya y Nato (2019), en su estudio basado en la flota de carguío de la minera Miski Mayo, mediante el análisis de confiabilidad, se identificó que más del 65% total de paradas en el 2012 correspondía al sistema hidráulico y eléctrico, siendo éstos los que tienen un mayor efecto en la confiabilidad, en especial el sistema hidráulico con 45% del total de horas de paradas. A partir de esta información con ayuda del método del análisis de ciclo de vida se estima un ahorro de 44857 dólares anuales al calcular los tiempos óptimos de intervención para los elementos hidráulicos críticos. Al evaluar la situación actual se obtuvo que la confiabilidad de la flota tenía un indicador descendente y un indicador de disponibilidad por debajo de lo planificado. A partir del análisis de dispersión logarítmica Jack Knife se

identifica los sistemas crónicos y agudos de los equipos de carguío y se determina las nuevas tareas de mantenimiento mediante el Análisis de Modos y Efectos de Fallas, posteriormente un estudio de confiabilidad y finalmente una investigación de tiempo óptimo de sustitución de cada uno de los elementos se arma el plan de cambio de componentes.

Valverde y Arestegui (2019) exponen su propuesta de mejora de equipos de una planta de chancado que se veía al área de mantenimiento como un gasto y mantenía constante los planes de mantenimiento con intervalos de 30 días sin estudio previo de confiabilidad por lo que se comete el error de intervenciones en momentos inadecuados resultando en desembolsos innecesarios. La situación se agrava debido a que los equipos se encuentran en etapa de envejecimiento. Se elaboró un Sistema de Reporte de Fallas para la obtención de antecedentes de fallas. Se determinó los equipos más importantes para la evaluación de criticidad de éstos en la planta siendo éstos la chancadora y zaranda primaria. Se hizo un análisis de Modos y Efectos de Fallas en los equipos más importantes de la Planta de Chancado para la obtención de causas y efectos de falla. Se estimó el parámetro de forma “beta” de los equipos críticos reconociendo la etapa de ciclo de vida que se ubican siendo ésta en la fase de envejecimiento. Se calculó la confiabilidad y curva característica de los equipos de mayor significancia y se obtuvo que para un intervalo de 30 días las confiabilidades superan el 96% y para valores de MTBF la confiabilidad supera el 98%. Se tomó como meta alcanzar un valor de confiabilidad igual a 85% en la determinación de los intervalos de mantenimiento ya que es un estándar de clase mundial, con ello se tendrá menos paradas por intervenciones anuales.

Vishnu y Regikumar (2016) presentan en su reseña un caso de estudio para seleccionar la estrategia de mantenimiento basado en confiabilidad aplicando un Método de Jerarquía Analítica (AHP) como estrategia de mantenimiento en plantas de transformación, con ayuda de data histórica de procesos en una planta de productos de titanio. Al simular la estrategia se consideró una restructuración del actual programa de mantenimiento. Este método identificó una estrategia de mantenimiento óptimo para cada componente de manera independiente basado en el estudio de Análisis de Modos y Efectos de Fallas, análisis de

criticidad. En los resultados finales se tiene que los equipos críticos necesitan solo mantenimiento preventivo en reemplazo de mantenimiento programado y el mantenimiento de averías es aplicable para todos los demás componentes.

Chinchay y Espinoza (2020) en su investigación de la empresa, ésta cuenta con dos plantas y la línea de producción abarca los procesos de chancado, molienda de crudo, transformación de Clinker, de envase y despacho. Entre los equipos críticos se tiene la ensacadora rotativa, aplicador de bolsas, elevador de cangilones, filtro de mangas y compresora de aire. Se realiza el análisis de modos y efectos de fallas. Con ayuda de software DISMA y RELEST se hacen pruebas estadísticas para el estudio del ciclo de vida, confiabilidad y mantenibilidad. Se realiza el ajuste Kolmogorov Smirnov identificándose que la distribución de probabilidad de Weibull es la que tiene un mayor ajuste de los datos históricos, y es a partir del cual se calcula los parámetros alfa y beta de cada equipo crítico y todos ellos están en su etapa de envejecimiento. Además, se estima el tiempo medio entre fallas, confiabilidad y tasa de fallos de los equipos en estudio siendo los resultados validados ya que los valores extremos están en el intervalo de confianza del 90%. Se usa la data histórica de los años 2015 a 2018 en la aplicación del nuevo plan de mantenimiento para obtener el ciclo de vida de cada equipo crítico observando nuevamente que estos equipos se encuentran en su etapa de envejecimiento. En la propuesta del plan de mantenimiento se busca que el ciclo óptimo para la planeación de los preventivos de los equipos sea a un valor de confiabilidad no menor al 85%, tomando como base un ciclo para 30 días y su correspondiente confiabilidad. Por lo tanto, antes de la propuesta de mejora se tiene que el equipo ensacador a 30 días de tiempo medio entre fallas la confiabilidad es 6.8% que es la más baja de todos los equipos críticos. Después de aplicar el plan de mantenimiento (con data de 2015 al 2018) se tiene que los ciclos óptimos han sido calculados a un valor de confiabilidad no menor de 85% con valores de 91 días para la ensacadora y aplicador de bolsas, 181 días para el elevador de cangilones y colector de polvos, 46 días para el compresor de aire. Para el plan de mantenimiento propuesto los costos anuales son; en el equipo ensacador y aplicador de bolsas, 24000 soles, elevador de cangilones y colector de

polvos, 12000 soles, y el compresor de aire 34000 soles. Como beneficio se tiene un ahorro anual de 208000 soles por una sola línea de envasado.

Espinoza (2021) manifiesta en su proyecto la integración de la metodología basada en confiabilidad y Lean Manufacturing mediante el hallazgo de mudas en la transformación de generación de vapor. El problema radica en la baja confiabilidad en la planta de generación de vapor por probables errores humanos en la producción de leche y las actividades de mantenimiento en la planta de calderos y distribución de vapor; por lo tanto, se encuentra y elimina la causa raíz jerarquizando los puntos de ajuste mediante el método de los 5 por qué?, seguido de la uniformización del nuevo sistema de trabajo, posteriormente la creación de rutinas para mantener los nuevos estándares entrenando al personal y supervisión de la correcta aplicación del estándar.

Rashuamán (2019) presenta en su tesis un modelo de gestión de mantenimiento en el que se clasifican las máquinas y se determinan las que son críticas mediante encuesta. Los ítems seleccionados son: impacto a la producción, impacto en los costos de mantención, nivel de componentes críticos, consecuencias en la calidad y seguridad. Las ponderaciones concedidas a cada componente son según criterios de estimación. La criticidad resultante de cada equipo se basa en un modelo que vincula las reiteraciones de falla por su efecto obteniéndose un valor para cada uno de ellos. Se establecen 3 zonas delimitadas en alta, mediana y baja criticidad, siendo ésta una referencia importante en la determinación de decisiones, dando prioridad al sector de alta criticidad y aumentar la rentabilidad de la compañía. Se establece un modelo de mantenimiento a cada máquina, ya que no sería provechoso administrar todos los tipos de mantenimiento a cada una de ellas, entre las que se encuentran: modelo de mantenimiento correctivo, mantenimiento de baja, media y alta disponibilidad. Para la selección del modelo de mantenimiento se identifica si el equipo es crítico, tiene baja probabilidad de falla o afecta otras actividades, aquellos seleccionados califican en el Modelo de Alta Confiabilidad con una ratio de disponibilidad mayor a 95%. Para los equipos importantes, pero no críticos son dispuestos dentro del Modelo de Mantenimiento Sistémico con una ratio de disponibilidad entre 90 a 94%. Finalmente, para aquellos activos

considerados prescindibles solo será necesario tareas básicas de conservación (inspección y reparación de averías) con una ratio de disponibilidad menor a 90%. Por otro lado, el mantenimiento se podrá tercerizar siempre y cuando se tenga déficit de recursos, con la obligación de ser lo mínimo necesario por su elevado costo.

Allauca (2019) muestra que la dirección de operaciones del hospital Regional del Cusco no es rápida y no tiene un abastecimiento de repuestos eficiente debido a la adquisición de componentes por su bajo precio, sobrecarga de funciones de los trabajadores, además se tiene altos gastos en reparaciones. Entre los procesos que se realizan están el proceso de esterilización, cocción de alimentos y secado. Por lo tanto es necesario implementar un plan de mantenimiento para asegurar la confiabilidad en el trabajo de los equipos del hospital del MINSA, específicamente en los calderos de 50BHP. La baja confiabilidad genera los siguientes eventos: fallas, enfermedades laborales, bajo rendimiento y métodos deficientes. Se espera que con el RCM disminuyan las fallas, mejore el rendimiento de los activos y las tareas de mantenimiento y operaciones. Siguiendo la metodología RCM, se identifican los equipos críticos entre los que se encuentran; quemador, válvulas de seguridad, filtros, bomba de alimentación, soplado de empaquetaduras. El siguiente paso es seguir el método de las 7 preguntas fundamentales del RCM, designar las funciones de los subsistemas del caldero y posteriormente se hace un análisis de modos y efectos de fallas. Finalmente se implementan las tareas de mantenimiento del caldero con la finalidad de mejorar la confiabilidad del sistema. Dentro de las estrategias se tiene mantenimiento preventivo se tiene inspección, limpieza y lubricación; y mantenimiento predictivo, que consiste en análisis de temperatura y gases de combustión. Los modos de fallos son evaluados bajo tres perspectivas, visibilidad, gravedad y probabilidad de ocurrencia, luego el algoritmo del software hace un cálculo dándole un valor de significancia a cada modo de falla. Entre los equipos analizados por software están el motor eléctrico quemador, programador, ventilador de aluminio y tobera de atomización de petróleo, todos ellos del caldero pirotubular intesa, éste se ubica en el subsistema quemador power flame HAC. Entre los resultados se tiene, planificación de mantenimiento útil, estrategias útiles y pruebas en los desarrollos de

mantenimiento, beneficiando al hospital garantizando la seguridad y medio ambiente, disminución de costos, perfeccionamiento en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad, métodos efectivos, prescindir de paradas prolongadas y valiosas del caldero. Se valida lo dicho mediante el software RCM3 de RENOVETEC, estableciendo las funciones, fallas, modos de fallas y el sustento de cada uno de ellos.

Yarin (2021) en su estudio, la empresa en investigación tiene 20 años trabajando en la elaboración de artículos de plástico, siendo la manufactura de geomembranas de alta y baja densidad el primer plano en el análisis del presente proyecto. Se realiza un análisis de causa y efecto de los principios que ocasionan las paradas de máquina con el objetivo de instaurar medidas preventivas y perfeccionar la gestión de mantenimiento en máquinas de fabricación de geomembranas. Mediante el software excell para el procesamiento de datos, se obtiene la distribución de fallas de weibull de los componentes en estudio y se hace una predicción de comportamiento de cada uno de ellos. La ventaja del uso de una distribución de weibull se muestra en que es posible aplicar modelos idénticos a pesar de que la tasa de fallas varíe para cada componente en estudio. Se obtiene 227.8 horas de paradas por mantenimiento con 74 paradas al año en excell obteniéndose como resultado el valor de alfa 8.79 y beta 2.91, al ser éste valor mayor que cero muestra que los equipos están en la etapa de envejecimiento. Según los resultados de confiabilidad se tiene que para 7 horas el valor de confiabilidad de los equipos es 59.81% y probabilidad de falla es 40.19%. Con el motivo de disminuir los correctivos se propone realizar 4 intervenciones preventivas al mes con una duración de 3.95 horas diminuyendo de 6 horas y la intervención del operario debe ser 2 veces al día de 10 minutos cada una. Como consecuencia de la escasa confiabilidad. En la propuesta de mejora, los resultados muestran que debe realizarse mantenimiento preventivo una hora al mes, siendo conveniente hacerlo al inicio de cada turno. El incremento de mantenimientos preventivos tiene como consecuencia una disminución de 227.8 a 159.46 horas en intervenciones correctivas. El beneficio también se ve reflejado en 13 773 226.04 soles, al aumentar la producción de 7160 a 8078 geomembranas al año. El OEE calculado

inicialmente es 56.74% y al eliminar las posibilidades de intervenciones correctivas se estima que el OEE debería estar llegando a 67.25%.

Espinoza (2019) en su argumento muestra una empresa que cuenta con 17 máquinas entre inyectoras y sopladoras, y trabaja casi en su totalidad con polietileno y polipropileno. El principal problema es la presencia de desperdicios que se pretende eliminar con el ciclo PDCA para reducir el gasto y mejorar el rendimiento del trabajo. Éste método abarca recursos como estandarización de actividades, eliminación de desperdicios y compromiso del personal, valiéndose también de procedimientos como polivalencia, 5s, mantenimiento preventivo, la verificación se hace con la prueba de normalidad y gráfico de control para finalmente actuar mediante la documentación del nuevo proceso. El porcentaje de utilización meta de materia prima es 90%, siendo el área de soplado el más afectado. El rendimiento del área de inyección llega al 91% superando al rendimiento esperado. Por otro lado, el porcentaje de no conformidad para la línea de soplado llega a 6.92% superando a la de inyección que es de 4.6%. Aplicando la clasificación ABC multicriterio basándonos en la demanda mensual, precio y costos de producción, los productos con mayor ponderación son los que provienen del área de soplado, específicamente los frascos de 1 litro, por lo tanto el centro de atención será la línea de soplado. Como primer paso de aplicación del PDCA se tiene el diagrama de Pareto en el que se determina que los problemas críticos corresponden a producto contaminado y deformado, asignando el método de los 5 porqué para obtener la causa raíz de éstos. Finalmente, con los diagramas de Ishikawa se logra las acciones correctivas para mano de obra y técnicas de trabajo. En la etapa de hacer (DO) se sugiere la implementación de una cernidora para la separación de partículas grandes del polvillo. Se calcula que casi el 50% de los trabajadores son polivalentes, lo que facilita la adaptación de nuevas actividades y se establece el plan de mantenimiento preventivo a las máquinas de soplado. Se propone reducir el nivel de no conformidad, llevando a hacer solo la molienda de residuos de colada. Con el diseño se logra una disminución de no conformidad de 6.92% a 2% y disminución de la defectuosidad de 19.26% a 5.72%. Aumento en el rendimiento de

86% a 96% y un aumento en la utilización de 79% a 89%. Se comprueba el objetivo mediante ahorro por reducción de productos inconformes.

Quiroz (2018), la empresa de estudio se dedica a la elaboración de café y se tiene dificultades como la falta de acceso de información para el análisis de confiabilidad y disponibilidad. Los equipos críticos que son materia de estudio en proceso de obtención de café son: elevadores de café cereza, trenes de despolpe, sistema eléctrico del área de secado y la caldera. Se propone el método RCM que propicia la mejora en la rentabilidad y confiabilidad de los sistemas, ayuda en la detección de equipos críticos y sus fallas, y técnicas del método AMEF. Además, brinda la conveniencia de planificar las actividades de mantenimiento sin interrumpir la transformación de materia prima. En primer lugar, se evalúan los equipos a ser analizados seleccionando aquellos de mayor importancia, mediante encuesta se calcula la criticidad de ellos calculando el número de prioridad de riesgo (NPR) con los resultados de severidad, ocurrencia y detección. En segundo lugar, se hace un análisis de modos y efectos de falla, determinando las funciones, fallas y sus efectos sobre los equipos más importantes. Con el árbol lógico se hallan las causas de los defectos de los equipos. Se trabajó con la distribución de Weibull para la obtención de los intervalos de mantenimiento idóneos que brinden la mejor disponibilidad a los equipos. Se propuso 3 intervalos para intervención con 70%, 80% y 90% de probabilidad que se produzca un fallo. Finalmente se construye el plan de mantenimiento y se hace la prueba de tiempos de falla, y los intervalos de reparación. Se hace la distribución de las tareas propuestas para tener bajo control cada modo de falla nombrando responsables para cada una de esas tareas. Por lo que la propuesta de un mantenimiento basado en confiabilidad sería ideal para mejorar la gestión del mismo.

Bonilla y Ortiz (2015), muestran el estudio de una planta de fabricación de envases de plástico por inyección, la realidad problemática se evidencia en retrasos en la entrega de producción debido a las fallas provenientes de la planta de inyección. Se propone mejorar el funcionamiento, operación y control de las máquinas de inyección, definiendo la gestión de activos, mantenimiento preventivo y predictivo, y sus beneficios. Se implementan los

indicadores: Entregas a tiempo, para identificar las causas por las que no se ha logrado con los pedidos del cliente. Indicador de tasa de defectuosos: para adaptar los programas de mantenimiento de acuerdo a la información proveniente de las causas de unidades defectuosas inyectadas. Indicador de reclamaciones relacionadas al área de inyección. Índice de criticidad con las variables como frecuencia de falla, tiempo para reparar, impacto en la operación, impacto al medio ambiente, seguridad y salud. El resultado de análisis de criticidad ocurre en las inyectoras. La propuesta de solución se basa en tres fases: personal y competencias; equipo, sistemas y componentes; proceso y documentación. En la codificación se busca estandarizar la nominación de los equipos para ayudar en la trazabilidad de éstos. Luego se propone el plan de mantenimiento para estructurar el mantenimiento y reducir las fallas con sus consecuencias.

Córdova (2019), en su proyecto busca aplicar procedimientos basados en RCM para mejorar los planes de mantenimiento ante problemas eléctricos y excesos en la capacidad de diseño en los equipos, molino SAG. Cada hora de parada en una línea de producción equivale a 50000 dólares. Al aplicar la metodología de mantenimiento en los puntos críticos se logra reducir los tiempos de parada por falla generándose un ahorro en la producción de 382000 dólares equivalente a un 16%. El procedimiento utilizado comienza con definir los criterios de evaluación para obtener los de mayor atención según la escala de Thomas Saaty. Una vez obtenidos los criterios son sometidos a la matriz de ponderación y normalización. Según los indicadores MTBF y MTTR para las líneas 1 y 2, disminuyeron de 13 y 14 a 0 y 2 respectivamente para cada línea.

Rojas (2019), afirma que el procedimiento AMEF sirve para hallar los puntos críticos de un proceso para contener o eliminar sus efectos impidiendo su arribo posterior, previamente se requerirá medir el fallo que pueda aparecer en el producto o servicio analizado. Esta técnica es ampliamente usada en ámbitos de fabricación, montaje, comercialización, sanidad, alimenticio, etc. Es conveniente usar el AMEF en las etapas que se tenga más impedimentos, antes que, a todo, con ayuda de un equipo altamente calificado. Se elabora una calificación de los riesgos asignando valores numéricos a los factores

severidad, frecuencia y la detectabilidad en cada fase del desarrollo empleando una puntuación que puede ir de 1 a 5. El modo de fallo puede ser el resultado de varias causalidades, por lo que es importante distinguir los modos, efectos y causas de falla. Posteriormente se calcula el nivel de gravedad de cada uno. A mayor valor de gravedad mayor será la disconformidad del cliente. Los valores numéricos de cada criterio pueden ir de 1 a 10, o de 1 a 5, dependiendo de la perspectiva del especialista. La mejora de la frecuencia de fallas se logra a través de la modificación en el diseño del producto. Con el factor detectabilidad se puede obtener la facilidad de hallar un fallo en el desarrollo. A mayor dificultad en la detección, mayor será su ponderación. El producto de los criterios gravedad, frecuencia y detectabilidad de ocurrencia resultan en el índice de prioridad de riesgo. Obtenido el IPR, se podrá priorizar los principios que deben ser atendidos para impedir su realización. Sabiendo los problemas principales se puede plantear cambios en el proceso como mayor supervisión en el sistema de valor para impedir la ocurrencia de un fallo. Será necesario el manejo de indicadores para el análisis y comparación de los resultados.

Melchor (2014), muestra un estudio en los recubrimientos para superficies de moldes con el objetivo de optimizar su ciclo de vida. La empresa analizada tiene problemas en las matrices de inyección debiéndose al diseño y naturaleza del material a plastificar. Estos problemas se pueden contrarrestar haciendo simulaciones del flujo de material por ordenador seleccionando los materiales adecuados para fabricar el molde con la dureza correcta para sostener las presiones de inyección. Entre los desgastes más importantes se encuentran por fricción y erosión. Se recomienda el uso de un profilómetro para medir los desgastes. La fabricación de los moldes se realiza con tratamiento térmico por nitruro de cromo (CrN). Los materiales recomendados son aceros al carbón cuya dureza dependerá de cada región del molde, pudiendo ser desde 20 a 60RC. El coeficiente de fricción y dureza superficial son las magnitudes involucradas al desgaste de la superficie del molde. El objetivo es encontrar los estándares de recubrimientos con dureza más alta y coeficiente de fricción mínimo. Después de identificar los factores se realizará el modelo matemático y entre ellos se encuentran los parámetros de regulación del proceso de inyección y características físicas y mecánicas del

molde; además un modelo por regresión estadístico para el desgaste de los revestimientos. Las pruebas son realizadas entre acero D2 (acero al carbono de 58RC) y los recubrimientos TiN.

### **1.3. Identificación y Descripción del Problema de Estudio.**

La planta en estudio cuenta con cuatro máquinas inyectoras y una extrusora; mensualmente se produce aproximadamente 7800 kilogramos de material en forma de artículos inyectados de diversos materiales como polipropileno, compuesto PVC, polietileno de alta y baja densidad.

El rendimiento de los equipos de planta se ve afectada por una mala gestión de activos, debido a que algunos subsistemas de las máquinas como los moldes trabajan al 70% de su capacidad y solo reciben un mantenimiento básico, por lo que hay una afectación en la productividad de la fábrica, puesto que la aceptación es solo hasta el 95% de capacidad, conllevando a un gasto excesivo y continuo en mantenimiento de algunos de los componentes de los equipos de las máquinas de inyección usando operantes de bajo rendimiento. Ésta inapropiada diligencia hace gastar a la empresa alrededor de 5000 dólares anual en mantenimiento correctivo, solamente en un molde. En caso particular para la producción de dosificadores de soluciones oftálmicas, al inicio de un lote de fabricación en éstos se invierte hasta 5560 dólares por mantenimiento, además de pérdidas de producción de 11000 dólares al mes, y en general, todos estos componentes de moldeo de la empresa tienen éste mismo problema.

Por otro lado, la disponibilidad de la empresa se ve afectada debido a la falta de un buen programa de mantenimiento que pueda estar basado en la confiabilidad. Esto se muestra por tiempos de parada de máquina para la intervención de mantenimiento en momentos que podrían no ser necesario, conllevando en gastos evitables de paradas de máquinas por mantenimiento preventivo programado con un costo aproximado de 148727 soles anual solo en el servicio de mantenimiento afectando también los procesos productivos porque en dicho tiempo la empresa deja de ganar 68963 soles anual. Se tiene una parada

global de planta cada 6 meses para intervenciones de conservación de equipos lo que es incorrecto aplicar, puesto que el tiempo medio entre fallas de los componentes de las máquinas varía continuamente. Tampoco se ha hecho un análisis de modos y efectos de fallas de los equipos de planta ni se tiene definido la curva de tasa de fallas de los componentes de los equipos. Estos problemas afectan directamente la disponibilidad y en consecuencia la eficiencia de planta.

Además, la disponibilidad, ante la falta de fiabilidad de los equipos, también se ve afectada por los cambios formato. Éstas paradas pueden durar entre 30 a 120 minutos solamente en cambios para producción y los arranques por inicio de fabricación entre 20 a 180 minutos, en algunas ocasiones puede durar hasta 12 horas cuando no se ha realizado el adecuado cambio de formato afectando considerablemente la Eficiencia de Planta.

Por lo dicho se tiene las coyunturas a continuación:

No se tiene una gestión adecuada en el manejo de los costos de mantenimiento.

No se ha hecho un análisis de modos y efectos de fallas de los equipos de planta. No se tiene definida la curva de tasa de falla de los componentes de las máquinas de planta. No se tiene una curva de confiabilidad definida de los componentes críticos de las máquinas de planta. No se tiene definido con exactitud los componentes críticos de las máquinas de planta, tampoco los criterios de evaluación adecuadas para determinarlos. En conclusión, la realidad problemática de este proyecto radica en la falta de confiabilidad de los equipos de planta y una gestión incorrecta de los equipos de las máquinas de inyección, afectando la disponibilidad y rendimiento de esta empresa, y al ser afectados éstos 2 indicadores la eficiencia global de planta también lo será.

#### **1.4. Formulación Del Problema**

##### ***1.4.1. Problema Principal***

¿En qué forma un plan de mantenimiento influye en la mejora de la disponibilidad y rendimiento de una planta de producción de plásticos?

#### **1.4.2. Problemas Secundarios**

- ¿Cómo influye un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el aumento de la disponibilidad en una planta de plásticos?
- ¿De qué modo un plan de mantenimiento basado en la gestión de activos, mejora el rendimiento del proceso de fabricación en una planta de producción de plásticos?
- ¿De qué manera un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad influye en la disponibilidad en la disminución de tiempos de cambios de formato en una planta de producción de plásticos?

#### **1.5. Justificación e Importancia**

La realización de éste proyecto de investigación se justifica para dar las pautas de mejora de la eficiencia de una planta de producción por moldeo de inyección, mediante el aumento en disponibilidad en el proceso de producción y disminución de costos de mantenimiento y operación, de tal manera que se pueda operar con los estándares requeridos de seguridad y eficiencia. Esta investigación tiene como implicancia práctica el poder ayudar a resolver problemas de las mismas características que se presentan en empresas de igual o similar rubro. Por otro lado, se tiene el beneficio de la utilidad metodológica, ya que el procedimiento obtenido en la presente investigación se podría aplicar también en otras industrias.

Conveniencia: es conveniente para una mejora económica en empresas industriales.

Relevancia social: tiene como beneficiarios a empresas del mismo rubro y clientes directos que trabajen.

#### **1.6. Objetivos**

##### **1.6.1. *Objetivo General.***

Mejorar la disponibilidad y rendimiento de una planta de producción de plásticos mediante un plan de mantenimiento.

### **1.6.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar la influencia de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el aumento de la disponibilidad en una planta de producción de plásticos.
- Comprobar la manera en que un plan de mantenimiento basado en la gestión de activos mejora el rendimiento del proceso de fabricación en una planta de producción de plásticos.
- Definir la influencia de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, en la disponibilidad mediante la disminución de tiempos de cambio de formato en una planta de plásticos.

## **1.7. Hipótesis**

### **1.7.1. Hipótesis General**

Mediante un plan de mantenimiento se mejorará la disponibilidad y rendimiento de una planta de producción de plásticos.

Variable independiente: Plan de mantenimiento

Variable dependiente: Disponibilidad y rendimiento de una planta de producción.

### **1.7.2. Hipótesis Específicas**

- Un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad en una planta de producción de plásticos.

Variable independiente: Un plan de mantenimiento.

Variable dependiente: Disponibilidad de una planta de producción.

- Un plan de mantenimiento basado en la gestión de activos mejora el rendimiento del proceso de fabricación en una planta de producción de plásticos.

Variable independiente: Un plan de mantenimiento.

Variable dependiente: Rendimiento de una planta de producción.

- Un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la disponibilidad en la disminución los tiempos de cambio de formato en una planta de producción de plásticos.

Variable independiente: Un plan de mantenimiento.

Variable dependiente: Disponibilidad en los tiempos de cambio de formato de una planta de producción.

#### **1.8. Variables, dimensiones e Indicadores**

En el Anexo 2 se muestra la Matriz de Operacionalización de Variables..

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	OPERACIONALIZACIÓN		ESCALA DE MEDICIÓN Variables del tipo: Ordinal
			DIMENSIONES	INDICADORES	
Plan de mantenimiento	Conjunto de medios en la operación y mantenimiento para la conservación y buen funcionamiento o reemplazo de un activo.	Nivel de fiabilidad obtenido a partir del historial de ocurrencias con sus tiempos. Análisis comparativo de los valores anuales de los costos de operación y mantenimiento por año obtenido del historial de fabricación de unidades de producción, gastos de mantenimiento y especialistas en diseño y fabricación de activos moldes de inyección. Información obtenida por cuestionarios o encuestas.	Confiabilidad	Número de parada de máquina por subsistema	(Nºparadas/subsistema) %
				Impacto a la producción	
				Impacto a la calidad	
				Flexibilidad	Horas
				Tiempo medio entre fallas	
			Gestión de activos	Inversiones iniciales	dólares
				Valor anual de costo de operación	
Disponibilidad	Es la probabilidad de que los equipos de una instalación industrial se encuentren en condiciones óptimas de desempeño de sus funciones en el momento que se necesiten.	Es la proporción entre el el tiempo medio entre fallas y la suma de éste indicador con el tiempo promedio de reparación. Ambos indicadores obtenidos del historial de ocurrencias por encuestas o cuestionarios.	Disponibilidad	Tiempos entre fallas	Nivel de medición: por razón Horas
				Tiempos entre reparaciones	
Rendimiento	Es la proporción de unidades producidas respecto a las unidades programadas	Es la proporción entre las unidades producidas por un activo nuevo respecto a las unidades producidas por el activo actual. Información obtenida del historial de fabricación de unidades de producción a partir de encuestas o cuestionarios.	Rendimiento	Número de cavidades de activo molde	Nivel de medición: por razón (NºCavidades/molde) segundos
				Ciclo de trabajo	

## **1.9. Diseño Metodológico**

### ***1.9.1. Unidad De Análisis***

La unidad de análisis son subsistemas de los equipos inyectores de una planta de producción de plásticos y se espera contar con la siguiente información:

- Registro de historial de paradas de planta durante del tiempo que abarca el periodo de estudio.
- Registro de costos de mantenimiento y pérdidas de producción.
- Registro de actividades de mantenimiento durante el tiempo de estudio.

### ***1.9.2. Fuentes de Información***

Esta investigación se realizará principalmente con antecedentes primarios provenientes de fuentes oficiales de empresas privadas relacionadas al sector industrial a nivel nacional y regional (Lima). También se utilizará referencias secundarias tales como información pública y de acceso directo proveniente de datos estadísticos e investigaciones de fuentes múltiples.

### ***1.9.3. Tipo y Nivel de Investigación***

#### ***1.9.3.1. Tipo de Investigación***

Aplicada

Debido a que ésta investigación tiene la finalidad la resolución de problemas (Hernández et al.,2014 ).

#### ***1.9.3.2. Nivel de Investigación***

Correlacional.

Debido a que ésta investigación asocia variables (Hernández et al.,2014 ).

### ***1.9.4. Método de Diseño de Investigación***

Hernández et al. (2014), afirman que existen dos tipos de enfoques de investigación, cualitativo y cuantitativo. Este proyecto de investigación tiene una posición cuantitativa:

2. Método o enfoque: cuantitativo.

### 3. No experimental.

Periodo De Análisis:

El periodo de análisis para esta investigación comprende información del año 2019.

#### **1.9.5. *Población y Muestra***

##### **1.9.5.1. *Población y Muestra***

Equipos inyectores de planta de producción.

#### **1.9.6. *Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos***

- **Entrevista:** se obtiene información mediante el contacto directo con la persona de manera directa, y ahondar más en el estudio. (Hernández et al.,2014 )
- **Observación directa:** tiene un uso general porque permite lograr una información veraz. Es necesario realizar un control bajo un procedimiento organizado y si es posible valiéndose de herramientas audiovisuales. (Hernández et al.,2014 )
- **Análisis de documentos:** es una técnica de recopilación de información a partir de datos tomados de diversas fuentes de información existentes, tales como revistas, libros, tesis, entre otros tipos de fuentes de información secundaria. (Hernández et al.,2014 ).
- **Encuesta:** puede ser de manera verbal o escrita. La encuesta escrita consiste en la toma de datos para el encuestado mediante un formato estandarizado.

Para esta investigación se utiliza la técnica de encuestas mediante el cual se recopila la información de las máquinas de planta teniendo como instrumentos los partes de trabajo que serán procesados en la plantilla de ocurrencia de paradas. También se realiza el análisis de documentos que servirán de base para hacer los cálculos y procesamiento de la información obtenida de las encuestas. Finalmente, se obtiene las especificaciones técnicas de los equipos que trabajan con las máquinas inyectoras.

#### ***1.9.7. Análisis y Procesamiento de Datos***

Los datos se obtienen a partir del formato “PARTE DE TRABAJO” propio de la empresa que son procesadas con una macro para la gestión de información, además de las hojas de cálculo en Excel para la obtención de indicadores. También se usa el entorno de Google colab para la programación en Python y R, ambos vinculados en el cálculo y el desarrollo de los parámetros estadísticos similarmente al empleo de las hojas de cálculo.

## **Capítulo II. Marco teórico**

### **2.1. Descripción Del Proceso De Moldeo Por Inyección.**

De acuerdo a Groover (2007), el moldeo por inyección es un proceso continuo en el que se inyecta un polímero, cerámico o metal fundido a un molde a alta presión, el material fundido se solidifica en el molde cristalizándose, finalmente se obtiene la pieza solidificada en el proceso de apertura y expulsión. El moldeo por inyección representa una forma simple de fabricar componentes con formas geométricas complejas siendo necesario principalmente una máquina de inyección y un molde, además de equipos periféricos como calentadores y/o enfriadores de agua, túneles de enfriamiento, robots, deshumedecedores, molinos, entre otros.

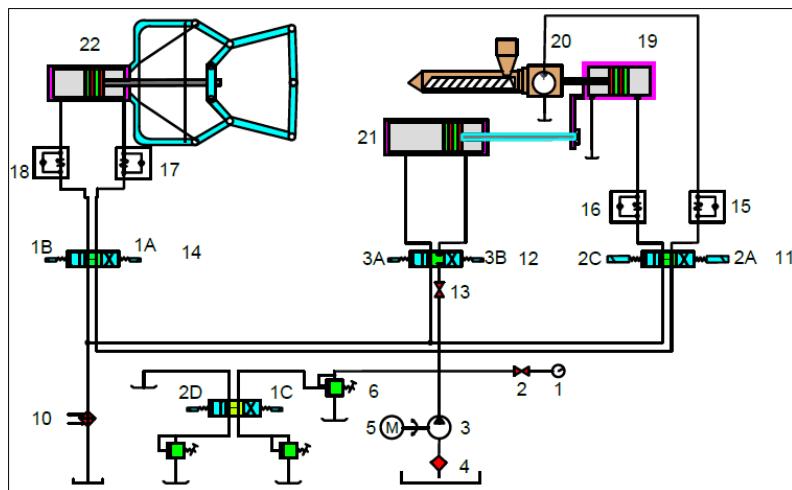
#### **2.1.1. *Máquina Inyectora***

Una máquina de inyección se compone principalmente de una unidad de inyección de plástico y una unidad de cierre o sujetadora de molde. La unidad de inyección consiste en una tubería de acero mecanizada que está unida a un tanque de almacenamiento de pellets en un extremo y en el otro asienta con el bebedero de la parte fija del molde. Internamente se encuentra alojado el tornillo también llamado “gusano” que se encarga de hacer la carga e inyección del material fundido. Este tornillo tiene en un extremo un torpedo montado con una válvula check encargados de empujar el material y permitir el avance en la carga del mismo para el siguiente ciclo de inyección; el otro extremo está sujeto al cilindro encargado de darle los movimientos angulares y axiales al gusano. Este cilindro es accionado por el aceite de transmisión con la presión necesaria para empujar y rotar el tornillo. El aceite de transmisión es succionado por la bomba hidráulica y enviado a los actuadores de la unidad de inyección y unidad de cierre. La unidad de cierre o sujeción consta de los platos móvil y fijo, y sostiene ambas partes del molde manteniéndolas alineadas correctamente. La unidad de cierre mantiene cerrado el molde durante la inyección resistiendo las presiones máximas de ésta; comprende los mecanismos para accionar la placa móvil por pistón hidráulico o por servomotor. En la figura 1 se describe cada

uno de los componentes del sistema hidráulico de una máquina inyectora. Ver figura 1. (Groover, 2007)

**Figura 1**

*Descripción de circuito hidráulico de una máquina inyectora.*

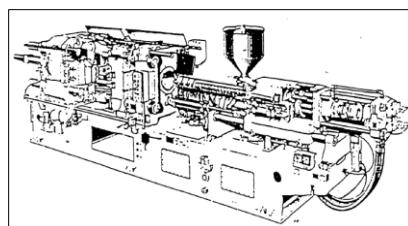


Nota: Adaptado de *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos* (p. 216), por Bodini G. y Cacchi F., 1993, McGraw-Hill.

Bodini y Cacchi (1993), describen el funcionamiento de una máquina inyectora. En la figura 1, la bomba 3 absorbe el fluido hidráulico mediante el filtro 4 hacia el circuito de la máquina. Las electroválvulas 11, 12 y 14 controlan las entradas y salidas del aceite provenientes de la bomba. La válvula 6 regula el límite mayor de presión del sistema. Las válvulas 17 y 18 regulan la rapidez de cierre y apertura del molde; y la velocidad de rotación del tornillo, así como la celeridad de inyección son efectuados por los reguladores 15 y 16. La válvula 13 controla los movimientos axiales de la unidad de inyección. El intercambiador de calor 10 permite el enfriamiento del aceite durante su circulación, de tal manera que el aceite en su retorno transita por el intercambiador antes de llegar al tanque. El manómetro 1 indica la presión del sistema, le sigue la válvula 2 de exclusión del manómetro. El actuador 19 es el pistón hidráulico de inyección y 20 es el motor hidráulico del tornillo. El actuador 21 es el pistón hidráulico que mueve la unidad de inyección en su totalidad, y el pistón 22 regula el cierre y apertura del molde. En la figura 2 se muestra la imagen de una inyectora vista externa.

**Figura 2**

Máquina inyectora



Nota: Adaptado de *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plástico* (p. 215), por Bodini G. y Cacchi F., 1993, McGraw-Hill.

#### **2.1.1.1. Subsistemas**

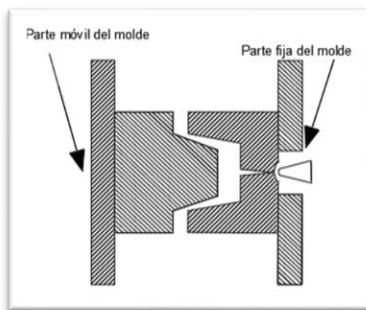
Según Groover (2007), una máquina de inyección se compone de los siguientes subsistemas:

- Unidad de inyección: este componente sirve para fundir, mezclar e inyectar el plástico fundido y suele elegirse de acuerdo al tipo de material a fundir. El polímero necesita elevar su temperatura recibiendo la ayuda de la fricción de éste con la cámara y el husillo. Al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad del polímero, así como aumentar la velocidad radial. La unidad de inyección se encuentra rodeada de resistencias y termocuplas que controlan la temperatura, el esfuerzo mecánico y compresión agregan calor al proceso obteniendo un polímero fundido más eficiente. Ver figura 5. (Groover, 2007)
- 2. Unidad de cierre: consiste en un mecanismo de prensa hidráulica, eléctrica o mecánica que brinda la presión suficiente en el cierre de molde para contrarrestar la fuerza ejercida por la presión con la que el plástico fundido es empujado desde la unidad de inyección. El parámetro más importante de la unidad de cierre es la fuerza para mantener cerrado el molde, este valor generalmente está en toneladas. También son importantes los parámetros, distancia entre columnas, distancia mínima y máxima entre platos (en la apertura), tamaño de las placas y carrera de expulsión. Estos indicadores son necesarios para el diseño de los moldes. Ver figura 4. (Groover, 2007)

3. Sistema hidráulico: las partes móviles de las máquinas de inyección se encuentran accionadas por un sistema hidráulico (en su mayoría). Esta unidad se compone de una bomba que mediante unos distribuidores circula el aceite de transmisión a los cilindros actuadores produciendo los movimientos en los componentes de la máquina. (Bodini & Cacchi, 1993)
4. Flujómetros: controladores de caudal de agua que regulan el ingreso y salida de agua a los canales de refrigeración del molde.
5. Válvula de carga: es un actuador que regula el flujo de aceite hidráulico del tanque hacia el motor hidráulico de carga del husillo.
6. Válvula de inyección: es un actuador que regula el flujo de aceite de transmisión al pistón que proporciona movimientos axiales al husillo.
7. Tablero de mando: aloja a los componentes eléctricos y electrónicos que dirigen los controles de máquina inyectora (de movimiento, presión, velocidad, temperatura, posición y caudal) hacia los equipos periféricos con los que trabaja la máquina.
8. Túnel de enfriamiento: es una máquina que complementa el proceso de inyección que tiene la función de terminar con el enfriamiento de las piezas inyectadas externamente con el fin de reducir el ciclo propio de la inyectora.
9. Horno deshumedecedor: es un sistema periférico a la máquina inyectora que se encarga de extraer la humedad de la materia prima antes de fundirse.
10. Molde: están hechos de aceros especiales altamente resistentes para soportar la presión del cierre e inyección. Ver figura 3.
11. Abastecedor de material: está conformado por una bomba de vacío, tanque de almacenamiento de pellets y un controlador que envía una señal de salida con ayuda de un temporizador que permite el paso de material del exterior a la máquina.
12. Seguridades de máquina: son actuadores que envían una señal de cierre de flujo de aceite al motor hidráulico de la máquina.

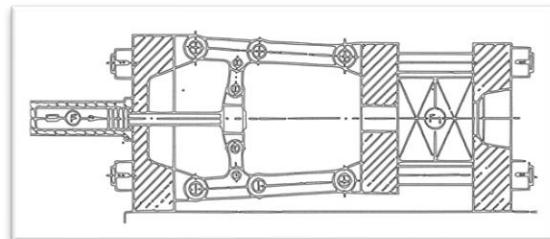
**Figura 3**

*Partes de un molde de inyección.*



**Figura 4.**

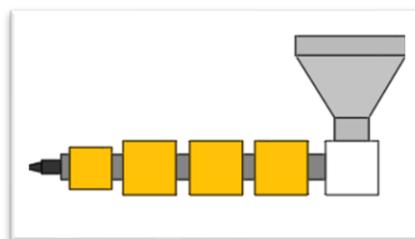
*Unidad de cierre de una máquina inyectora.*



*Nota:* Adaptado de *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plástico* (p. 189), por Bodini G. y Cacchi F., 1993, McGraw-Hill.

**Figura 5.**

*Unidad de inyección de una máquina inyectora.*



### **2.1.2. *Etapas Del Proceso De Inyección:***

El ciclo de moldeo por inyección se compone de las siguientes partes:

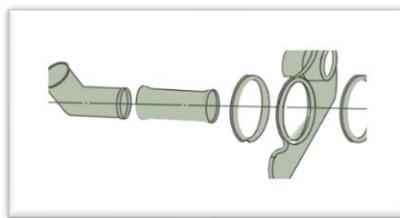
13. Carga de material en la unidad de inyección; la materia prima desciende a la unidad de plastificación para ser fundida e inyectada al molde.
14. Inyección de material; se inyecta la materia prima fundida con el empuje del husillo desde la cámara de plastificación hacia la cavidad del molde.
15. Compactación; es la retención de la materia prima fundida en el molde por parte del husillo a alta presión.
16. Enfriamiento; en esta etapa se realiza la solidificación y endurecimiento de la materia prima dentro del molde, simultáneamente se realiza la carga de material en la unidad de plastificación para el siguiente ciclo de trabajo.
17. Apertura de molde; consiste en el desplazamiento de la parte móvil del molde para la expulsión de la pieza inyectada y endurecida.
18. Expulsión; consiste en el retiro definitivo del producto terminado durante el proceso del moldeo por inyección ya sea por mecanismo de pistón, por aire comprimido y/o por extracción de robot externo.
19. Cierre de molde; desplazamiento del plato móvil de la unidad de cierre de la inyectora hasta que se realice la alta presión de cierre y continuar con el siguiente ciclo.

## **2.2. Flujos de procesos de manufactura**

Chase et al. (2009), definen a los flujos de procesos de manufactura como procedimientos empleados para tasar las transformaciones a los que son sujetas las materias primas y partes de un ensamblaje en el transcurso por el centro de manufactura. En la figura 6 se muestra un ejemplo de un plano para el proceso de manufactura de un conector mecánico.

## Figura 6.

Plano de montaje en un proceso de manufactura.



Nota: Adaptado de *Administración de Operaciones* (p. 209), por Chase R., Jacobs F. y Aquilano N., 2009, McGraw-Hill.

Las herramientas usadas para comenzar una producción son gráficos y planos de montaje, láminas de ruta y flujo de proceso.

### 2.3. Medidas de rendimiento de los procesos

Las medidas de desempeño de los procesos productivos se interrelacionan unas con otras. Entre los más importantes se encuentra la Eficiencia, que mide la relación entre la producción verdadera de un proceso respecto a una referencia

$$\text{Tiempo de operación} = \text{tiempo de preparación} + \text{tiempo de corrida} \quad (1)$$

Tiempo de procesamiento: Tiempo promedio en pasar por el sistema, una unidad

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{tiempo de procesamiento}}{\text{tiempo de valor agregado}} \quad (2)$$

Tiempo de ciclo= tiempo medio entre la fabricación de unidades.

$$\text{Índice de procesamiento} = \frac{1}{\text{tiempo de ciclo}} \quad (3)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción estándar}} \quad (4)$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos}}{\text{Insumos}} \quad (5)$$

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tiempo activo}}{\text{tiempo disponible}} \quad (6)$$

## **2.4. Tiempos de preparación mínimos.**

La reducción de los periodos de cambios de producto se puede realizar distinguiendo las actividades internas de externas. Las tareas internas se realizan mientras la máquina no esté trabajando y las tareas externas se realizan cuando la máquina está en operación. Se requiere disminuir las acciones internas y/o los tiempos de duración de éstas convirtiéndolas en externas. Ésta técnica es muy recomendada cuando se requiere producir lotes combinados pequeños en un sola línea. (Chase et al., 2009).

## **2.5. Indicadores de Mantenimiento**

De acuerdo a Parra y Crespo (2012), los indicadores de mantenimiento comunican el desempeño del negocio simplificando la toma de decisiones, facilitan la alineación del proceder y acciones de todos los integrantes de la compañía. Entre ellos tenemos:

Tiempo promedio hasta el fallo (MTBF): Es el tiempo promedio de funcionamiento hasta el fallo de un activo. Se calcula de acuerdo a la Ecuación 7:

$$MTBF = \frac{(sumatoria\ de\ tiempos\ entre\ fallas)}{número\ de\ fallas} \quad (7)$$

Tiempo promedio fuera de servicio (MDT): Es el tiempo en que un activo deja de ejercer su función principal.

Tiempo medio de reparaciones (MTTR): Es el tiempo promedio en que un activo es reparado. Se puede calcular de acuerdo a la Ecuación 8:

$$MTTR = \frac{(sumatoria\ de\ tiempos\ de\ reparación)}{número\ de\ fallas} \quad (8)$$

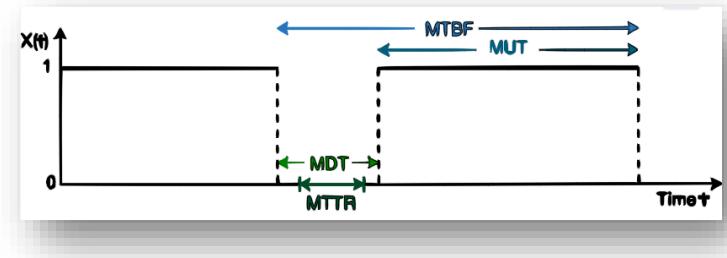
Para valores de MTTR altos, se refleja una baja mantenibilidad. La Ecuación 7 muestra el cálculo del tiempo medio entre fallas para una distribución exponencial. En el capítulo 6, en el estudio de confiabilidad se estudiará nuevamente éste parámetro para una variable aleatoria de Weibull.

Disponibilidad (D): Es el porcentaje de tiempo de trabajo de un equipo con respecto al tiempo total programado, ver la Ecuación 9.

$$D = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (9)$$

En la figura 7 se aprecia la interacción de los indicadores de mantenimiento mencionados.

**Figura 7**  
*Indicadores de confiabilidad para un componente reparable.*



Frecuencia de fallos (FF): Muestra la cantidad de averías por unidad de tiempo.

Costos de indisponibilidad por fallos (CIF): Muestra la pérdida económica por unidad de tiempo de un activo al dejar de ejercer su función principal.

Valor económico agregado (VEA): Muestra el nivel de ganancias expresado en términos monetarios con respecto al tiempo. (Parra & Crespo, 2012)

Acuña (2003), define a la disponibilidad como un indicador de trabajo en condiciones normales de un equipo.

Tasa de fallas ( $\lambda(t)$ ): razón de fallas; representa la cantidad de fallas en un periodo de tiempo. Para una variable aleatoria de Weibull éste parámetro se designa por  $h(t)$ .

Redundancia: es un componente que realiza las funciones que pueden realizar otros en caso que sea retirado del sistema.

Vida útil: periodo en la que un equipo trabaja con una tasa baja de fallas y que es aceptado por el usuario. (Acuña, 2003).

## **2.6. Tipos de Mantenimiento**

Según Amendola (2002), los tipos de mantenimiento más frecuentes son:

Mantenimiento correctivo:

Permite la reparación de las fallas ocurridas. Puede ser de alto coste pudiendo ocurrir esporádicamente. (Amendola, 2002)

Mantenimiento preventivo:

Inspección e intervención a intervalos constantes. Entre las desventajas que presenta se encuentran las ocurrencias de fallas en instantes fuera de los intervalos de mantenimiento. (Amendola, 2002)

Mantenimiento predictivo:

Permite la detección temprana de fallos para evitar resultados que pueden ser catastróficos. La ventaja especial de este mantenimiento se debe a que los equipos no necesitan detener su trabajo para la inspección. (Amendola, 2002)

## **2.7. Mantenimiento Centrado En Confiabilidad**

### **2.7.1. Variables aleatorias:**

Acuña (2003), define a las variables aleatorias como funciones que se utilizan para hacer distribuciones de probabilidad en el cálculo de probabilidades de sucesos. Si la distribución de probabilidad de un conjunto de datos es conocida entonces es posible predecir su ocurrencia. (Acuña, 2003)

Una variable aleatoria es una función que representa un número real con cada elemento de su espacio muestral. (Ben et al., 2016)

### **2.7.2. Distribuciones de probabilidad:**

Para una variable aleatoria continua  $x$  se obtiene la función de densidad probabilística  $f(x)$  dado por el conjunto de pares ordenados  $(x, f(x))$ , tal que  $f(x) \geq 0$ , para todos los valores reales de  $x$ ; y  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$ . (Ben et al., 2016).

La distribución cumulativa  $F(x)$  de la variable aleatoria continua  $x$  cuya función de densidad probabilística  $f(x)$ , cumple con las siguientes propiedades:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt \quad \text{para } -\infty < x < \infty$$

$$0 \leq F(x) \leq 1$$

$$F(-\infty) = 0 \text{ and } F(\infty) = 1$$

(Ben et al., 2016).

### **Distribución de Weibull:**

Es frecuentemente usado en estudios de ciclo de vida y en ingeniería de mantenimiento y confiabilidad. Dependiendo del parámetro de forma  $\beta$ , la función de tasa de fallas puede ser constante, creciente o decreciente; y  $\theta$  es el parámetro de escala. La función de probabilidad de Weibull se define como la Ecuación 10:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \left(\frac{\beta}{\theta}\right) * \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (10)$$

(Ben et al., 2016)

De acuerdo a Fuentes et al., (2017):

Función de distribución acumulativa ( $F$ ): función de distribución cumulativa de la función de densidad de probabilidad  $f(t)$  viene dado por la Ecuación 11:

$$F(t) = \int f(t)dt \quad (11)$$

También puede expresarse como la Ecuación 12:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (12)$$

(Fuentes et al. 2017)

Función de confiabilidad( $R$ ): también llamada función de supervivencia. Es la probabilidad que un componente opere sin fallar después de un tiempo  $t$ . Se expresa como la Ecuación 13:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int f(t)dt \quad (13)$$

(Fuentes et al. 2017)

También puede expresarse por la Ecuación 14:

$$R(t) = e^{-(\frac{t}{\theta})^\beta} \quad (14)$$

(Fuentes et al. 2017)

Función de tasa de fallas( $h(t)$ ): llamado función de riesgo y es también designado por  $z(t)$ ; para una variable aleatoria exponencial se denota por  $(\lambda)$ . Es la probabilidad de ocurrencia de una falla por unidad de tiempo (fallas/unidad de tiempo). Viene dado por la Ecuación 15:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (15)$$

(Fuentes et al. 2017)

Otra forma de representar es por la Ecuación 16:

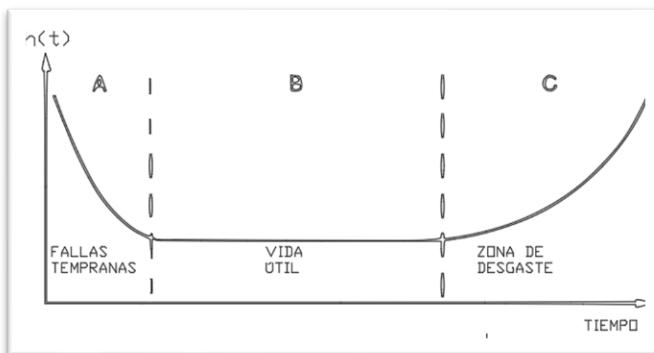
$$h(t) = \left(\frac{\beta}{\theta}\right) * \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \quad (16)$$

(Fuentes et al. 2017)

Donde  $\beta$  es el parámetro de forma y  $\theta$  es el parámetro de escala.

La figura 8 muestra una curva de tasa de fallas estándar, también llamada curva de bañera. Se distinguen tres zonas; en la región A se manifiesta fallas tempranas de diseño; la región B muestra fallas aleatorias y constantes y la zona C que ocurren fallas por desgaste debido a la edad del equipo. (Ben et al., 2016)

**Figura 8**  
Curva de tasa de fallas.



Nota: Adaptado de *Maintenance Engineering* (p. 36), por Ben Daya, M., Kumar, U. y Prabhakar Murthy, D.N., 2016, John Wiley & Sons.

Tiempo medio entre fallas (MTBF): se define como el tiempo promedio de un conjunto de valores de tiempos entre fallas. Puede calcularse por la Ecuación 17.

$$MTBF = \int_0^{\infty} tf(t)dx = \int_0^{\infty} R(t)dx \quad (17)$$

(Fuentes et al. 2017)

Disponibilidad: es el porcentaje entre el tiempo medio entre fallas y la suma de éste con el tiempo medio de reparación. (Hosseini et al.,2020). Se calcula con la Ecuación 18.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (18)$$

### **2.7.3. Filosofía De RCM**

Conforme a lo que Moubray (1997) dice, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es un enfoque sistemático para definir un programa de mantenimiento planificado con tareas rentables mientras se preservan las funciones críticas de la planta.

### **2.7.4. Preguntas básicas de RCM.**

El desarrollo de RCM trabaja con las siete preguntas siguientes:

- Cuáles son las funciones y parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional.
- De qué manera el activo falla en cumplir dichas funciones.
- Cuál es la causa de cada falla funcional.
- Qué sucede cuando ocurre cada falla.
- En qué forma es importante cada falla.
- Qué acciones se pueden tomar para prevenir o predecir cada falla.
- Que se debe hacer si no se encuentra una tarea proactiva conveniente.

(Moubray, 1997)

### **2.7.5. Funciones y Parámetros De Funcionamiento**

Para que los usuarios puedan seguir manteniendo sus activos trabajando es necesario establecer lo que el usuario desea que el activo haga y definir las funciones que debe realizar en su contexto operacional vinculados con los parámetros de funcionamiento. (Moubray, 1997)

### **2.7.6. Fallas Funcionales**

Los estados de falla o fallas funcionales suceden cuando el activo no es capaz desempeñarse de acuerdo a lo solicitado por el usuario. El activo no puede realizar su trabajo tal cual el usuario lo deseé cuando se produce una falla funcional. Para la aplicación de herramientas en el control de una falla es necesario adelantarse en la identificación del tipo de fallas que puedan ocurrir, determinando las causas que conllevan a la falla o el tipo de eventos que puedan producirla. (Moubray, 1997)

### **2.7.7. Modos De Falla**

Identificación de hechos que puedan producir cada estado de falla. En estas causas de falla se debe incluir aquellas que son causadas por errores humanos y diseño. (Moubray, 1997)

### **2.7.8. Efectos De Falla**

Describen las consecuencias de cada modo de falla, amenaza, daños físicos, perjuicios a la producción. Además, como afectan a la organización en las operaciones (calidad, servicio al cliente, seguridad, ambiente, entre otros) que conllevan a costos por reparación. (Moubray, 1997)

### **2.7.9. Análisis De Modos De Falla y Sus Efectos (AMEF)**

Constituye la herramienta principal del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. Se debe realizar el AMEF con la siguiente secuencia: Explicar las funciones de los activos del área seleccionada; definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo; definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional y establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla. (Moubray, 1997)

### 2.7.9.1. Formato De Información

En éste documento se recopila los cuatro pasos mencionados anteriormente en la sección “Análisis y modos de efectos de falla” para la aplicación del RCM, es decir, las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y los efectos de las fallas, el análisis sintetizado se denomina “Análisis de Modos y Efectos de Fallas” (AMEF). (Moubray, 1997).

**Tabla 1**

*Hoja de información*

HOJA DE INFORMACIÓN	SISTEMA/ACTIVO	Nº	RECOPILADO POR	FECHA	NOTA
	SUB- SISTEMA/COMPONENTE	REF.	REVISADO POR	FECHA	DE
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla)		

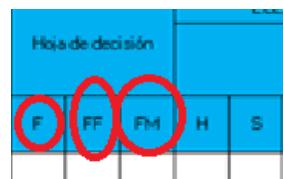
*Nota:* Moubray (1997, p.93). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*,

Las columnas F, FF y FM hacen referencia al modo de falla que se estudia en esa línea.

Ver figura 9.

**Figura 9**

*Descripción de modos de falla.*



The diagram shows a 'Hoja de decisión' (Decision Sheet) on the left and a 'Descripción de modos de falla' (Failure Mode Description) table on the right. The table has columns: F (Función Primaria), FF (Fallas Funcionales), MF (Modo de Falla), and Descripción del Modo de Falla. The first row is a header. The second row contains values: 1, A, and 1. The third row contains 1.A.1 and its description: '1.A. El husillo inyecta por'. The columns F, FF, and MF are circled in red on both the sheet and the table.

F	FUNCIÓN PRIMARIA	FF	FALLAS FUNCIONALES	MF	DESCRIPCIÓN DEL MODEO DE FALLA
1	1. Hacer una inyección de	A		1	
			1.A. El husillo inyecta por	1.A.1	Falla de la unidad de nitrógeno y/o

*Nota:* Adaptado de *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (p.87), por Moubray J., 1997, Aladon.

### 2.7.9.2. Parámetros Para Fallas Potenciales y Funcionales

Una falla potencial es aquella cuya ocurrencia puede ser detectada y controlada antes de producirse una falla funcional. Una falla funcional impide el funcionamiento del activo. Es necesario establecer los parámetros máximo y mínimo de cada función. La falla potencial ocurre

cuando cualquiera de estos parámetros no se ha cumplido. La falla funcional conlleva al incumplimiento total de la función mencionada. (Moubray, 1997)

## 2.8. Análisis de Criticidad

Rojas (2019), a través de éste estudio se puede determinar el nivel de resultados que ocasionaría cada modo de fallo. A mayor resultado numérico, mayor será la incomodidad del cliente y para mejorarlo la empresa debe aplicar sus propios métodos.

Normalmente los valores usados para el índice de gravedad (G) van de 1 a 10, en algunas ocasiones de 1 a 5, dependiendo los criterios que asuma la empresa. (Rojas, 2019).

En la tabla 2 se muestran los valores para el criterio de gravedad.

**Tabla 2**

*Valores del criterio de gravedad.*

Gravedad	Criterio	Cuantificación
Muy baja Efectos inapreciables	No se producen efectos importantes en el objeto de estudio.	1
Baja Efectos intrascendentes que apenas se pueden sentir.	Pequeño deterioro que produciría un ligero problema en el cliente.	2-3
Medio Consecuencias de importancia moderada.	Se produce un daño apreciable en el rendimiento del proceso y posible inconformidad en el cliente.	4-6
Elevado	Se produce un daño crítico e inhabilita el sistema. Mayor grado de inconformidad del cliente.	7-8
Muy elevado	Grado de afectación muy alta en el proceso.	9-10

*Nota:* Adaptado de *Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE)*, Rojas ( 2019).

La frecuencia (F) de fallo se define como la posibilidad que se produzca un modo de fallo.

Como medida correctiva se debe modificar el diseño del proceso mediante prevención identificando a que se produzca un modo de fallo Ver la tabla 3. (Rojas, 2019)

**Tabla 3***Valores del criterio de frecuencia.*

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy bajo Difícil de ocurrencia	No ha sucedido anteriormente pero podría ocurrir.	1
Bajo	Fallos aislados, es poco posible que suceda.	2-3
Moderado	Fallo sucedido ocasionalmente en procesos parecidos.	4-5
Alta	Fallo sucedido con frecuencia en procesos parecidos.	6-8
Muy alta	El fallo es casi ineludible. El fallo se produce con frecuencia	9-10

Nota: Adaptado de *Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE)*, Rojas ( 2019).

Con el criterio detectabilidad (D) se puede determinar la facilidad o dificultad en identificar un fallo en el proceso. Cuanto más difícil sea detectar un fallo, mayor será el valor correspondiente para éste criterio. La tabla 4 muestra algunos valores de detectabilidad. (Rojas, 2019).

**Tabla 4***Valores del criterio de detectabilidad.*

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alto	El efecto del fallo es visible	1
Alto	Las consecuencias son visibles con fácil detección.	2-3
Mediana	Las consecuencias son detectables con posibilidad de no alcanzar al cliente.	4-6
Pequeña	Difícil detección con métodos normales	7-8
Improbable	Los efectos no se pueden detectar el comienzo pero es muy probable que el cliente lo perciba.	9-10

Nota: Adaptado de *Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE)*, Rojas ( 2019).

Posteriormente se calcula el Índice de prioridad de riesgo (IPR) multiplicando los tres factores antes mencionados. Éste resultado servirá para priorizar las causas de falla y evitar su ocurrencia tal como se muestra en la ecuación. (Rojas, 2019).

$$IPR = D \cdot G \cdot F$$

Quiroz (2018), en su investigación comienza identificando los equipos críticos mediante el producto de la frecuencia de fallos por la consecuencia.

$$\text{Criticidad} = F * C$$

$$C = (IO * FL) + CR + ISMA$$

En la que:

F: frecuencia.

C: consecuencia.

IO= Impacto operacional. FL= Flexibilidad operacional. CR= Costo de reparación. ISMA= Impacto en seguridad y medio ambiente.

Habiendo identificado los equipos críticos de planta se calcula el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) de los modos de fallo para los equipos críticos obtenidos anteriormente. El valor de NPR se obtiene mediante el producto de los factores severidad, ocurrencia y detección:

$$NPR = S * O * D$$

S: severidad.

O: ocurrencia.

D: detección.

Rashuamán (2019), no considera el impacto ambiental debido a que su empresa en estudio éste ámbito está bajo control. En otro análisis descubre que el criterio; nivel de evaluación de repuestos críticos, puede reemplazar a la pauta; tiempo medio de reparación. El autor señala que es el tiempo de búsqueda del repuesto es quien determina el tiempo de reparación.

En caso de carecer algún criterio importante considerar el valor de uno para todos los participantes en dicha pauta.

El resultado se obtiene multiplicando la frecuencia de falla por su consecuencia, según la siguiente fórmula:

$$\text{Criticidad} = F * C$$

En el que :

C: consecuencia

F: frecuencia.

$$\begin{aligned}
 \text{Consecuencia} = & (\text{Impacto Productivo} * \text{Nivel De Repuestos Cruciales}) \\
 & + \text{Impacto Costo De Restauración} + \text{Impacto a la Seguridad} \\
 & + \text{Impacto a la Calidad}
 \end{aligned}$$

Los factores considerados para ésta ecuación son; impacto productivo, nivel de repuestos cruciales, impacto a los costos de restauración, impacto de calidad e impacto a la seguridad y los valores que pueden tomar cada uno de ellos están en el rango de 1 a 10.

Criterios de evaluación son:

- Frecuencia de falla: cantidad de falla del equipo por unidad de tiempo.
- Impacto a la producción: proporción de producción afectada por la ocurrencia de la falla.
- Nivel de repuestos cruciales: destreza en la respuesta ante una intervención de mantenimiento.
- Impacto en los costos de restauración: costo de mano de obra y provisiones.
- Impacto a la calidad: probabilidad de aceptación o rechazo de fabricación de una pieza.
- Impacto en la seguridad: eventualidad de ocurrencia de accidentes a las personas.

Allauca (2019), en su investigación realiza un análisis de criticidad sobre cada modo de fallo. Valiéndose en el software RCM3-RENOVETEC, utiliza tres campos en el que el usuario realiza el estudio que facilite escoger las opciones adecuadas sobre un fallo específico. Éstos criterios son visibilidad, gravedad (que incluye los factores seguridad, impacto ambiental, calidad, producción y costo de reparación) y probabilidad de ocurrencia que se relaciona con la frecuencia de fallos.

Después de haber seleccionado las opciones pertinentes, el software procesa la información incorporada y calcula el nivel del criticidad.

Con ello concluimos que no existe una ley que establezca los criterios a tomar en cuenta en el cálculo de criticidad, sin embargo se puede inferir que todos los autores que usan éste método mantienen una semejanza en el cálculo de criticidad siendo éste el producto del factor frecuencia de fallas por el factor consecuencia. Ver la Ecuación 19.

$$\text{Criticidad} = (\text{Frecuencia De Fallas})x(\text{Consecuencia}) \quad (19)$$

Y a su vez el factor consecuencia es el producto de los Factores Impacto Productivo (o Impacto Operacional) por el factor Flexibilidad (o Nivel De Repuestos Cruciales); sumado por los factores Impacto Costo de Restauración (o Costo de Reparación) más el factor Impacto a la Seguridad y Medio Ambiente (o Impacto a la seguridad) más el factor Impacto a la Calidad (algunos autores omiten éste factor).

La ecuación general que se trabajará para el cálculo de criticidad será según se indica por la Ecuación 19:  $CRITICIDAD = F \times C$

Donde:

F: frecuencia.

C: Consecuencia

Y el factor Conscuencia se obtiene por la Ecuación 20

$$C = IO \times FL + CR + ISMA + IC \quad (20)$$

Consecuencia = (Impacto Operacional)xFlexibilidad+(Costo de Reparación)+(Impacto a la Seguridad y Medio Ambiente)+(Impacto a la Calidad).

Por otro lado para el estudio de modos de falla se emplea el indicador Número de Prioridad de Riesgo (NPR), siendo éste el producto de los factores Severidad (o Gravedad) por el factor Ocurrencia (o Probabilidad de Ocurrencia) por el factor Visibilidad (o Detección), tal como se muestra en la Ecuación 21.

$$\text{Número de Prioridad de Riesgo} = Severidad \times Ocurrencia \times Detección \quad (21)$$

## 2.9. Reemplazo y conservación

De acuerdo con Blank y Tarquin (2006), las razones para hacer un cambio de activo:

Ineficiencia por daño o utilidad que conlleva a elevados costos de fabricación y reelaboración.

Alteración de parámetros que perjudica las especificaciones del cliente.

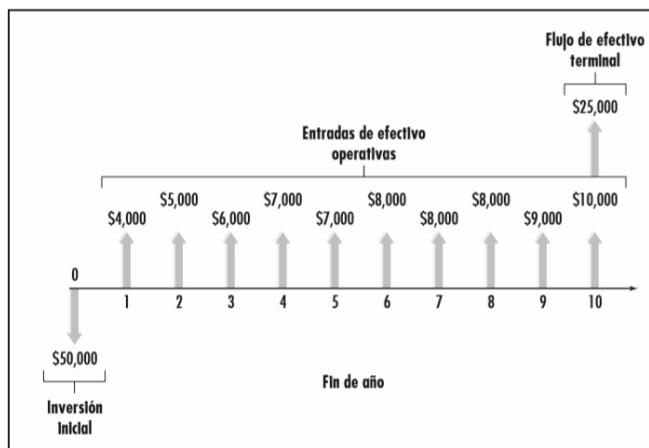
Antigüedad u obsolescencia de un activo debido al avance tecnológico de uno más recientemente fabricado. (Blank & Tarquin, 2006)

Lawrence (2007), el administrador tiene una postura de oposición al riesgo, buscando rendimientos más altos que podrían incrementar la inseguridad.

Terminología:

Flujos de efectivo: son los flujos de caja que incluyen la inversión y los ingresos posteriores. En la figura 10 se muestra un ejemplo de secuencia de flujos de caja que incluye la inversión principal, ingresos de efectivo y el flujo de efectivo final. (Lawrence, 2007).

**Figura 10**  
*Flujos de efectivo anual.*



Nota: *Principios de administración financiera* (p. 322), por Lawrence J., 2007, Pearson.

Inversión principal: es el desembolso inicial para un proyecto. (Lawrence, 2007)

Ingresos de efectivo: entradas de dinero aplicados los impuestos en el transcurso de un proyecto. (Lawrence, 2007)

Flujo de efectivo final: flujo de caja final aplicados impuestos: sucede en el año final de un proyecto. (Lawrence, 2007)

Inversión inicial: es igual a la inversión actual para obtener el nuevo activo menos los ingresos de efectivo seguidamente de aplicar los impuestos procedentes de la liquidación del activo actual. Para obtener la inversión inicial debe considerarse que ésta se realiza al inicio de la planificación. Se calcula con la diferencia entre las entradas y salidas que acontecen en el tiempo cero. (Lawrence, 2007)

Entradas de efectivo operativas: es igual al ingreso de efectivo útil del activo entrante menos los ingresos de efectivo operativos del activo actual. (Lawrence, 2007)

Flujo de efectivo terminal: es igual al flujo de caja seguidamente de aplicar los impuestos previstos al finalizar el activo entrante menos los flujos de efectivo seguidamente de aplicar los impuestos previstos al finalizar el activo actual. (Lawrence, 2007)

Defensor(D): es el activo establecido en el presente. (Blank & Tarquin, 2006)

Retador(R): es el activo que busca desplazar al defensor. (Blank & Tarquin, 2006)

Valor de mercado: es el valor presente del defensor, obtenido por tasadores especialistas en la industria. (Blank & Tarquin, 2006).

Valores anuales (VA): constituyen el valor comparativo entre defensor y retador más importante, asumiendo que los ingresos para ambos casos son iguales.

Costo inicial de defensor(P): es el valor de la inversión inicial del defensor. (Blank & Tarquin, 2006)

Costo inicial de retador: es el valor que debe recuperarse al hacer el reemplazo entre retador y defensor. (Blank & Tarquin, 2006).

Vida útil económica (VUE): representa el tiempo para el cual el VA toma el costo más bajo. Para realizar un reemplazo es necesario calcular la vida útil económica tanto del defensor como del retador. El cálculo de la vida útil económica viene dado de la siguiente manera:

Valor anual del retador (VAR): Es el valor anual del activo retador en el cual éste toma su importe más bajo. (Blank & Tarquin, 2006).

Valor anual del defensor (VAD): Es el valor anual del activo defensor en el cual éste toma su importe más bajo. (Blank & Tarquin, 2006).

La Ecuación 22 muestra el valor anual total de costos durante el tiempo en que el activo sea útil, éste es la diferencia entre la recuperación de capital y el valor anual de costos de operación. (Blank & Tarquin, 2006).

$$VAt = RECUPERACIÓN DE CAPITAL – VALOR ANUAL DEL COSTO DE OPERACIÓN$$

(22)

La Ecuación 22 se puede expresar de la siguiente manera:

$$VAt = RC – VA \text{ del COA} \quad (23)$$

$$VAtotal = -P(A/P, i, k) + S_k(A/F, i, k) - [\sum_{j=1}^{j=k} COA_j (P/F, i, j)](A/P, i, k) \quad (24)$$

Donde:

VAt: valor anual total.

P: inversión inicial.

S<sub>k</sub>: valor de rescate.

COA: costo de operación anual en el año j.

Los términos de la Ecuación 24 se obtienen de acuerdo a las fórmulas de la tabla 5.

**Tabla 5**

*Tabla de conversión*

Notación estándar	Fórmula	Descripción	Cálculo en excell
(A/P,i,n) A=A(A/P,i,n)	$A = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$	Cálculo del valor anual de acuerdo al valor presente.	PAGO(i%,n,P)
(A/F,i,n) A=F(A/F,i,n)	$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$	Cálculo del valor anual de acuerdo al valor final	PAGO(i%,n,F)

---

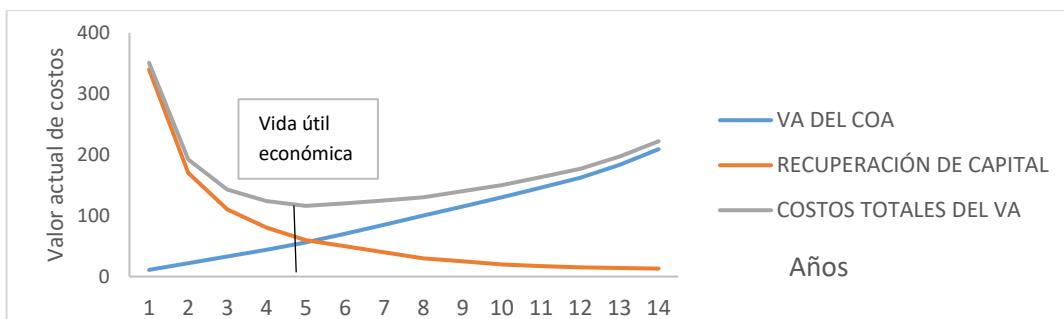
$(P/F,i,n)$	$P = F \left[ \frac{1}{(1 + i)^n} \right]$	Cálculo del valor presente con respecto al valor final.	$VA(i\%,n,F)$
$P=P(P/F,i,n)$			

Nota: Adaptado de (Blank , 2006, p.47). *Ingeniería económica*.

En el análisis de reemplazo, los participantes, el defensor y retador compiten por mantener su posición o reemplazar al que se encuentra actualmente, respectivamente. Si el retador logra reemplazar al defensor, el estudio habrá terminado en ese instante. Si el defensor logra mantener su posición, el análisis puede extenderse hasta una cantidad de años( $nD$ ) igual al valor en que el VAD ocurre (tome el importe más bajo). Después de un año, actualizar los valores del costo inicial, valor comercial y el COA, y se debe elegir entre los valores VAD actualizado y VAR, se toma el menor de ambos con su correspondiente periodo n. Ver en la figura 11 que el valor de recuperación de capital se va perdiendo conforme transcurren los años, mientras que los costos de operación anuales aumenta, sumando ambos valores se obtienen los costos totales y se aprecia que en el año 5 se tiene el menor valor en costos. (Blank & Tarquin, 2006).

**Figura 11**

Curvas de valor anual para determinar la vida útil económica..



Nota: Adaptado de *Ingeniería económica* (p. 297), por Blank L. y Tarquin A., 2006, McGraw-Hill.

El método de valor anual es útil para comparar activos de vida diferentes y sirve para todos los ciclos de vida. Para el caso de vidas perpetuas el costo se anualiza y si se trata de una vida limitada, el valor anual del ciclo de vida es igual al valor anual equivalente ilimitado. Este

análisis es idóneo para activos con un gran porcentaje de costos de operación y mantenimiento.

(Blank & Tarquin, 2006)

La depreciación muestra la forma de pérdida de valor de un activo por uso y antigüedad.

Es una forma de recuperación de capital mediante valores en libros o disminución de utilidad. El término depreciación también recibe el nombre de recuperación de capital. (Blank & Tarquin, 2006).

Términos usados en la depreciación:

- Depreciación en libros: es un método aplicado en una empresa para hacer supervisión del valor de un activo durante su vida. (Blank & Tarquin, 2006).
- Costo inicial o base( $P$ ), puede denotarse por  $B$  y es el costo inicial total del activo.
- Valor en libros ( $VL$ ), constituye la inversión remanente obtenida después de sustraer a la base los cargos de depreciación hasta el momento. Éste valor se obtiene al final de cada año. (Blank & Tarquin, 2006)

Se define como la significancia puntal contable de un activo, y es la diferencia entre el valor del activo instalado y la devaluación acumulada. (Lawrence, 2007)

- Periodo de recuperación ( $n$ ): se mide en años y representa la vida depreciable del activo. (Blank & Tarquin, 2006).
- Valor de mercado ( $VM$ ): representa el valor económico del activo en el mercado.
- Valor de rescate ( $S$ ): es valor aproximado de intercambio y también es un valor de mercado en la etapa final de la vida productiva del activo. Valdrá cero si no se determina un valor de rescate. En intervalos más cortos que la vida útil,  $S$  tendrá el valor comercial finalizando el periodo de estudio. (Blank & Tarquin, 2006).
- Tasa de depreciación: es la porción del costo anterior que se pierde debido a la depreciación en cada año ( $t$ ). Este valor puede ser constante o variar cada año o por periodo.

Entre los métodos de depreciación mas usados están el de línea recta (LR), saldo decreciente (SD), SMARC y suma de dígitos anuales (SDA), que disminuyen el valor de rescate con más rapidez que el método de línea recta. (Blank & Tarquin, 2006).

Depreciación de unidad de producción (UP). Es un método de depreciación acelerado que reduce casi toda la base en el primer tercio del intervalo de restablecimiento. Éste procedimiento es factible cuando el valor decreciente de un activo se justifica en el uso y no en el tiempo.

La depreciación se calcula de acuerdo a la siguiente Ecuación 25:

$$D_t = \frac{\text{uso verdadero en el año } t}{\text{uso total en transcurso de vida}} * (\text{base} - \text{valor de rescate}) \quad (25)$$

(Blank, L. y Tarquin, A., 2006)

Conforme a Parra y Crespo (2012), los costos de operación se definen como la necesidad de hacer el diseño altamente mantenable para evitar perjuicio económico y satisfacer la disponibilidad deseada al usuario.

Los costos afectados por la confiabilidad que se deben a fallas repentinias pueden ser catalogadas de la forma que a continuación se describe:

Costos de mantenimiento correctivo: costos de mano de obra, consumibles y repuestos ante una parada imprevista. (Parra & Crespo 2012).

Costos de penalización: costos debidas a pérdidas de producción. (Parra & Crespo 2012).

Los costos que produce un activo industrial se calculan según la Ecuación 26 que a continuación se muestra:

$$CTCV(P) = \sum CI + CO + CMP + TCPf + CMM \quad (26)$$

Los componentes de ésta ecuación se trabajan en valor actual. (Parra & Crespo 2012).

i: tasa de interés.

T: periodo de vida útil.

CTCV(P): costo total de ciclo de vida.

CI: costo actual de compra.

CO: costos de operación.

CMP: costo de conservación preventiva.

TCPf: Total de costos por confiabilidad.

CMM: Costos de mantenimiento mayor.

Este método tiene como objetivo hacer el estudio del efecto de los fallos más importantes, haciendo una identificación de éstos en primer lugar. Posteriormente se establece un valor para cada tipo de fallo según la ocurrencia de ésta. Luego se calcula el efecto en costos anuales (que puede ser por operaciones, seguridad o medio ambiente). Por último, se obtiene el valor actual del efecto de los costos totales. (Parra & Crespo 2012).

Para la obtención de costos se sigue la siguiente secuencia:

1. Se identifica los fallos según los tipos.
2. Se estima la regularidad de ocurrencia de fallos por año  $\delta f$ , dada por la Ecuación 27

$$\delta f = \frac{N}{T} \quad (27)$$

Donde N: es la cantidad total de fallos.

T: es la cantidad total de años de vida útil esperada.

3. Se obtiene los costos relacionados para cada patrón de fallo ( $C_f$ ) conforme a la Ecuación 28. Sus unidades son en entidades monetarias por fallo. En estos costos se considera los de insumos, personal y operaciones. (Parra & Crespo 2012).

$$C_f = \sum MTTR_f \times Cpe_f \quad (28)$$

Donde:

$Cpe_f$ : costos de penalización  $\left( \frac{\$}{hora} \right)$

$MTTR$ : tiempo medio para reparación  $\left( \frac{horas}{fallo} \right)$

4. Obtener los costos netos de fallos anuales  $TCP_f$  (\$/año), según la Ecuación 29:

$$TCP_f = \sum C_f \times \delta f \quad (29)$$

Se determina los costos netos por avería en valores actuales  $PTCP_f$  (\$) de acuerdo con la Ecuación 30.

i: Tasa de descuento.

$$PTCP_f = TCP_f * \frac{(1+i)^T - 1}{i * (1+i)^T} \quad (30)$$

Debería complementarse a los costos de confiabilidad con aquellos provenientes de inversión, operaciones y mantenimiento, y con la tasa de interés escogida se calcula el valor actual, así como los años de vida útil. Finalmente se hace la comparación con los costos netos de otras propuestas tasadas. (Parra & Crespo 2012).

## 2.10. Marco Conceptual

Cámara: unidad de plastificación en el que se funde y mezcla la materia prima. Se compone de una tubería de acero recubierta de resistencias y termocuplas que controlan la temperatura en la unidad de inyección.

Cabezal: es una pieza mecanizada que cubre el extremo de la cámara y une la parte fija del molde con la unidad de plastificación de manera sellada evitando fugas de material entre ambos elementos.

Parte fija del molde: es un subsistema del molde generalmente llamada “parte hembra”, que está asentado al cabezal de la unidad de plastificación y se encuentra amarrado al plato fijo de la inyectora

Plato fijo: es una plancha de acero mecanizada que compone la unidad de cierre de la inyectora y contiene los helicoides de amarre para la parte fija de molde. El plato fijo carece de movimientos relativos a la máquina.

Parte móvil del molde: es un subsistema del molde generalmente llamada “parte macho” y está amarrado al plato móvil de la unidad de cierre de la inyectora.

Plato móvil: es una plancha de acero mecanizada que resguarda los helicoides de amarre de la parte móvil del molde. El plato móvil es una parte de la unidad de cierre cuyos movimientos son impulsados por transmisión hidráulica o eléctrica.

Husillo: es un eje de acero inoxidable sometido a tratamiento térmico también llamado tornillo sinfín alojado en la cámara e impulsado por transmisión hidráulica para brindar los movimientos necesarios de carga e inyección a la materia fundida en la unidad de plastificación.

Garganta: es un componente de la unidad de inyección ubicado en la entrada de materia prima y a la unidad de plastificación que regula la temperatura en el acceso de materia prima a la cámara.

Inyección: proceso por el cual el material fundido es desplazado de la cámara al molde

Plastificación: proceso en el que se carga material para el siguiente ciclo.

Carga: material termoplástico fundido disponible a ser inyectado. Es también llamado proceso de plastificación.

Compactación: etapa en el proceso de inyección en el cual el material inyectado en el molde recibe la presión necesaria hasta tomar la forma de la cavidad de las zonas moldantes.

Enfriamiento: etapa en el ciclo de inyección en el cual el material fundido inyectado en el molde disminuye su temperatura.

Descompresión: etapa posterior al proceso de carga e inactividad del husillo hasta el proceso de inyección en el siguiente ciclo. En esta fase se libera la presión interna de la cámara de plastificación.

Alta presión: proceso posterior a la etapa de cierre de molde en el que el plato móvil es asegurado con la presión suficiente de soportar la presión de inyección y compactación por parte del husillo.

Prensada: fabricación de unidades inyectadas en un tiempo equivalente al ciclo de trabajo.

Cambio de formato: transición de un tipo de producto de fabricación a otro.

Subsistema: es un subconjunto o parte de un equipo.

Activo retador: máquina o parte de una máquina que por sus características técnicas y económicas busca ocupar el lugar que desempeña un equipo de similares características que funciona con anterioridad.

Activo defensor: máquina o parte de una máquina que por sus características técnicas y económicas busca mantener el lugar que desempeña con anterioridad ante un equipo de similares características que busca reemplazarlo.

Smed: técnica usada para acelerar los cambios de producción.

Simulacion Montecarlo: es un procedimiento de simulación para la obtención de resultados eventuales en circunstancias de la vida cotidiana.

## **Capítulo III. Desarrollo de la Investigación.**

### **3.1. Descripción global en el proceso de fabricación y despacho de artículos inyectados.**

La compañía tiene una planta con 4 inyectoras y una extrusora, juntas producen 7800 kilogramos de material en forma de artículos inyectados al mes. Esta cantidad depende de varios factores como una caída en la demanda en los meses festivos, aprovechando éstos días para hacer mantenimiento preventivo por parada de Planta.

El control de calidad durante el proceso de fabricación comienza desde las pruebas de molde o pruebas piloto, en el que se hace la asignación molde-máquina. A esto le acompaña el tipo de material que se inyectará y sus proporciones estableciéndose los parámetros de regulación con los que se trabajará durante toda su vida útil. Para observar las variaciones que puedan afectar la calidad de los artículos inyectados se realizan los controles de calidad que aseguren la funcionalidad y aspecto basados en los requerimientos del cliente.

Las actividades realizadas se encuentran respaldadas por el Sistema de Gestión de Calidad según la ISO 9001 e ISO 13485 que constituye un conjunto de normas aplicables a las organizaciones de todo tipo de negocio que busca el cumplimiento de especificaciones del cliente. El proceso de fabricación en la transformación del plástico por inyección se compone por las siguientes etapas:

#### ***Recepción***

Se recibe la materia prima en forma de pellets y se resguarda en los almacenes en paletas de 50 sacos de material de 25 kilogramos cada una. Entre los materiales más usados se tiene: polipropileno, compuesto PVC, polietileno de alta y baja densidad.

***Preparación:***

Se realiza la preparación de material en el área de mezclado que consta de un mezclador de 2hp con una capacidad de 100 kg. Se tiene las fórmulas que indican la proporción de cada aditivo que forman parte del insumo base para iniciar los procesos de inyección. Simultáneamente se realiza la preparación de los moldes que consiste en un mantenimiento básico operacional y mantenimiento correctivo como resultado de los requerimientos solicitados de producciones anteriores. Las actividades de preparación en cambio de formato se realizan simultáneamente tanto por el personal operativo y de mantenimiento con el fin de evitar paradas prolongadas durante los cambios de molde.

***Producción.***

La etapa de inyección es el periodo central de la producción, éste inicia a partir del momento en que el área de Calidad emite la aprobación de las primeras piezas inyectadas apoyándose en los patrones del cliente (apariencia, color, transparencia, peso, rebaba, entre otros). Una hora después se manifiesta el resultado de las pruebas funcionales (fuerzas de apertura y cierre, par de torsión, fuerzas de separación y anclaje, entre otros). En caso las pruebas funcionales no sean aprobados el menor tiempo posible la máquina parada se toma la primera opción en la mayoría de los casos, de ser necesario se maneja tolerancias en los defectos que no puedan ser corregidos variando los parámetros de la máquina. Los parámetros que varían con más frecuencia son las presiones y velocidades en la inyección. El tiempo de enfriamiento solo se varía en caso de problemas funcionales y éste puede ser compensado variando la temperatura de refrigeración del molde o con el caudal de agua de refrigeración en el mismo.

Durante el proceso de producción el personal de mantenimiento realiza inspecciones diarias a todas las máquinas de planta registrando las anormalidades de acuerdo a su cronograma de revisión. El supervisor de mantenimiento incluye las observaciones encontradas por el personal técnico en la programación de actividades de mantenimiento preventivo que

posteriormente en coordinación con operaciones deberá realizarlos de acuerdo a su nivel de criticidad.

Por Calidad, se hace la acción correctiva y ésta puede ser de dos formas, modificando los parámetros de regulación de la máquina o haciendo alguna corrección en el molde.

**Molienda.**

La molienda es realizada por el mismo personal operativo durante su turno de trabajo. Sólo se muelen aquellos artículos que están libres de contaminación (manchas de grasa y puntos negros de quemadura provenientes de la calefacción), de tal forma que este material vuelve al proceso de inyección como parte de reciclaje. El material sobrante es guardado en el almacén para producciones posteriores en los que se inyecten materiales oscuros, generalmente en artículos en los que el control de calidad no sea muy estricto en aspecto físico tales como la inyección de tapones oscuros.

En el anexo 3 se muestra gráficamente el proceso productivo en planta de inyección.

**3.2. Repertorio de equipos de la planta de inyección**

La tabla 6 muestra los el repertorio de equipos que trabajan en una planta de inyección.

**Tabla 6***Repertorio de equipos de planta de inyección.*

Equipo	Función
Máquina de inyección	 Fundir, mezclar, inyectar, enfriar y expulsar el plástico moldeado.
Abastecedor de materia prima	 Transporta la materia prima desde el tanque de almacenamiento hasta la unidad de calentamiento dehumedecedor de material.
Horno deshumedecedor	 Reduce el porcentaje de humedad de materia prima.
Calentador de agua	 Controla la temperatura de agua proveniente de la torre de enfriamiento hacia molde.
Torre de enfriamiento.	 Recibe el agua proveniente del proceso con el fin de transferir la temperatura proveniente de éste al medio ambiente. El agua retorna al proceso con temperatura de ambiente.

Nota: Elaboración propia.

**Tabla 7***Características técnicas de las inyectoras de planta.*

Equipo	Máquina inyectora	
Marca	HAITIAN	
Modelo	MA1600/600	
Capacidad de inyección	230	gramos
Potencia de motor	18.5	kw
Presión de cierre	1600	KN
Tipo de cierre	Rodillera	
Distancia entre barras	470 x 470	mm
Peso	5.5	toneladas
Potencia de calefacción	9.75	Kw
Movimiento de apertura de molde	430	mm
Espesor / altura de molde mínimo	330 – 330	mm
Diametro_Tornillo	40	mm
Presión de inyección	237	MPa
Capacidad de tanque de aceite	350	litros
Velocidad de tornillo	0-255	rpm

Nota: la empresa

**Figura 12**

Máquina inyectora Haitian MA1600/600.



### **3.3. Determinación de los equipos críticos de planta mediante análisis de criticidad**

De acuerdo a la NTP 679, se buscará determinar los subsistemas más importantes en éste estudio basandonos en el análisis de criticidad. Los criterios que se tomarán en cuenta son la frecuencia de ocurrencia y consecuencia (gravedad).

#### **3.3.1. *Frecuencia.***

Cuantifica la cantidad de veces que se repite un fallo.

#### **3.3.2. *Gravedad.***

Mide el daño que podría generar el modo de fallo. El valor de criticidad se obtiene mediante la multiplicación de los factores de Frecuencia por consecuencia.

#### **3.3.3. *Evaluación de criticidad de los subsistemas.***

Bonilla y Ortiz (2015), en su artículo realizan un formulario de criticidad para los equipos de una planta de máquinas de inyección de plástico en el que incluye factores como; frecuencia, impacto a la producción, impacto a la seguridad, costo de reparación, salud y medio ambiente. Estos principios serán tomados como base para la obtención de los componentes críticos. Ver tabla 8.

**Tabla 8***Evaluación de criticidad.*

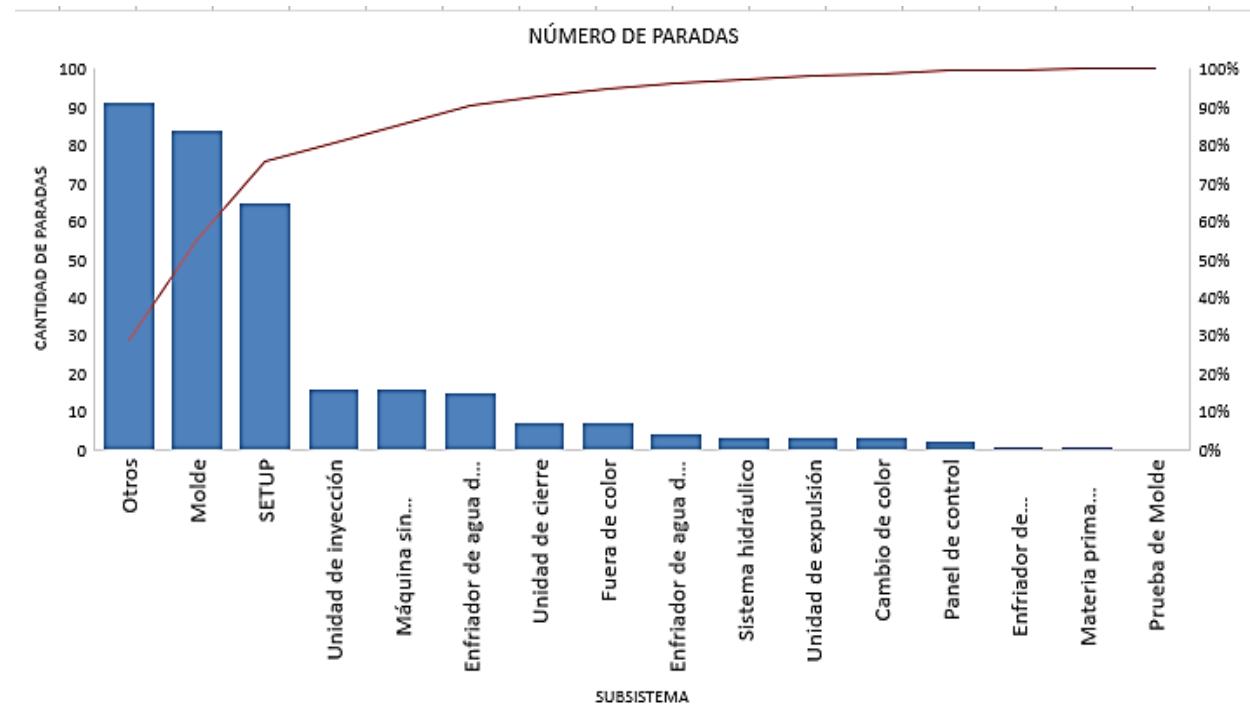
Formato de criticidad			Puntuación	
<b>1 FRECUENCIA</b>			<b>F</b>	
Muy baja (improbable)	0	25	2	u
Baja	26	-	50	4
Moderada	51	-	75	6
Alta	76	-	100.00	8
Muy alta	101	-	más	10
<b>2 GRAVEDAD</b>				
2.1 Impacto a las operaciones			IO	
Afectación mínima	0	-	1.00	2.00
El 25% del impacto	1.00	-	2.00	4.00
El 50% del impacto	3.00	-	4.00	6.00
El 75% del impacto	5.00	-	7.00	8.00
Afectación total	8.00	-	10.00	Más
2.2 Valor técnico económico			VTE	
Valor mínimo	0	-	1000	2.00
Menos de 3 mil dólares	1000	-	3000	4.00
Entre 3 y 15 mil dólares	3000	-	15000	6.00
Entre 15 y 35 mil dólares	15000	-	35000	8.00
Más de 35 mil dólares	35000	-	Más	10.00
IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE				
2.3 NA				
Impacto al equipo	IE	1	0	0
		0		
Impacto al operador	IOP	1	0	
		0		
Impacto a la seguridad cercana	ISA	1	0	
		0		
Impacto al medio ambiente	IMA	1	0	
		0		
2.4 FLEXIBILIDAD			FE	
No existe opción de repuesto	3	0.00	0.00	
Hay opción de repuesto compartido	2	0.00		
Función de repuesto disponible	1	0.00		
2.5 IMPACTO A LA CALIDAD				
Nada de merma	0	-	1%	2.00
Nivel bajo en merma	2%	-	3%	4.00
Nivel medio de merma	4%	-	5%	6.00
Nivel alto de merma	6%	-	7%	8.00
Rechazo total de producción	8%	-	10%	10.00

### **3.3.3.1 Evaluación de valores de criticidad de subsistemas de inyectora 1.**

De acuerdo a los tiempos de parada se tiene de la inyectora 1, el subsistema molde es el que más tiempo de paradas tiene, así como la mayor cantidad de paradas. Según se ve en la figura 13 el subsistema molde tiene 123 paradas durante el periodo de estudio (año 2019) en 369 horas.

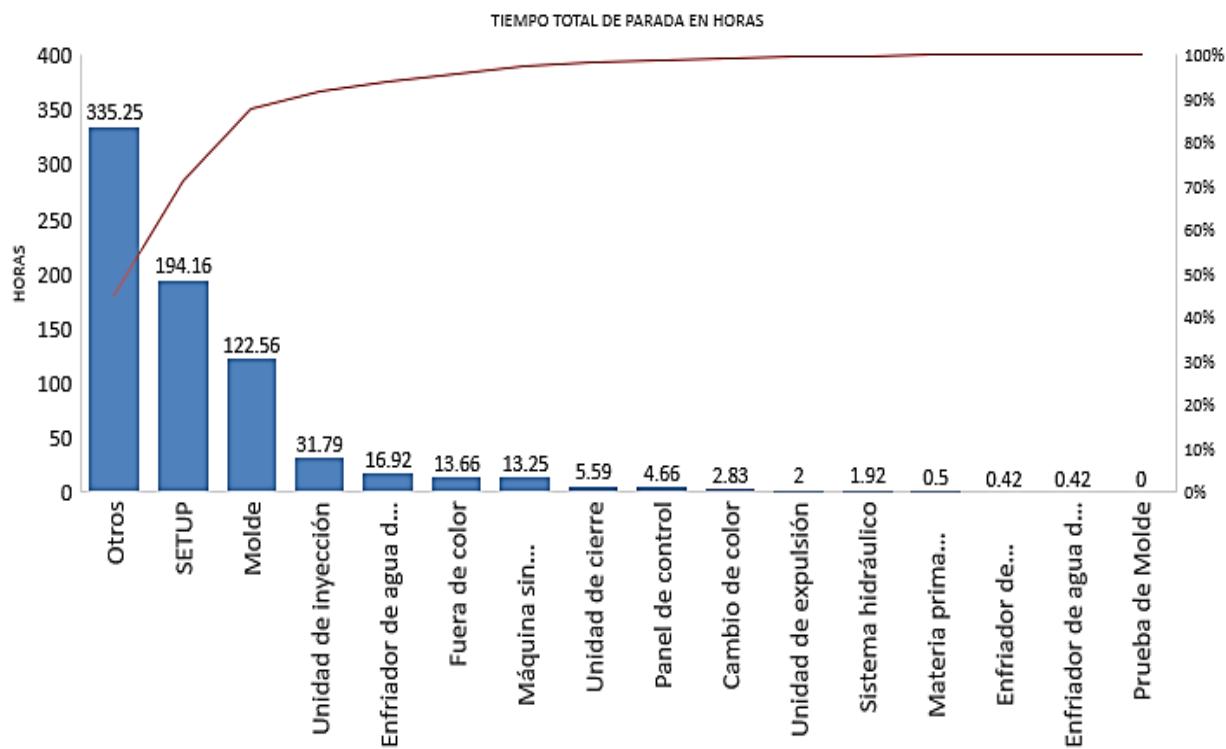
**Figura 13**

*Número de paradas de cada subsistema de inyectora 1.*



**Figura 14**

*Tiempo total de paradas de cada subsistema de inyectora 1.*



La figura 14, muestra los tiempos de parada de cada subsistema de la inyectora 1, en el que el molde y la unidad de inyección son los que más tiempos de parada tienen con 122.56 y 31.79 horas respectivamente. Los tiempos de setup se debe por los cambios de producción entre un tipo de producto y otro e inicios de producción, no consiste en un subsistema. (Bonilla & Ortiz, 2015).

De acuerdo a la figura 13 y la figura 14 el subsistema más crítico corresponde al molde.

Los anexos del 4 al 12 muestran los formatos de criticidad evaluados a los subsistemas de la máquina inyectora 1.

De acuerdo a Vishnu y Regikumar (2016), se realiza un estudio comparativo de las evaluaciones de criticidad de los componentes que intervienen en el proceso, que en ésta

investigación corresponde a los procesos de inyección. Los factores que incluye son impacto a las operaciones, impacto a la seguridad, disponibilidad en espera y costos de reparación.

Los resultados obtenidos de evaluación de los criterios de los anexos 4 al 12 se resumen en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 1.*

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	FRECUENCIA	CONSECUENCIA									
		F	Impacto a las operaciones	IO	Flexibilidad	F L	Costo de reparación	CR	Impacto a la seguridad y medio ambiente	ISMA	Impacto a la calidad
<b>SUBSISTEMA</b>											
Unidad de inyección	8		8		2		6		4		6
Unidad de cierre	2		2		2		6		2		2
Sistema hidráulico	6		6		2		6		3		4
Molde	10		10		3		6		2		6
Enfriador de producto terminado	2		2		1		6		1		2
Unidad de expulsión	2		2		2		6		2		2
Enfriador de agua de molde (chiller)	2		4		2		6		2		2
Enfriador de agua de máquina (chiller)	2		2		3		6		3		2
Panel de control	2		2		3		6		3		2

**Tabla 10**

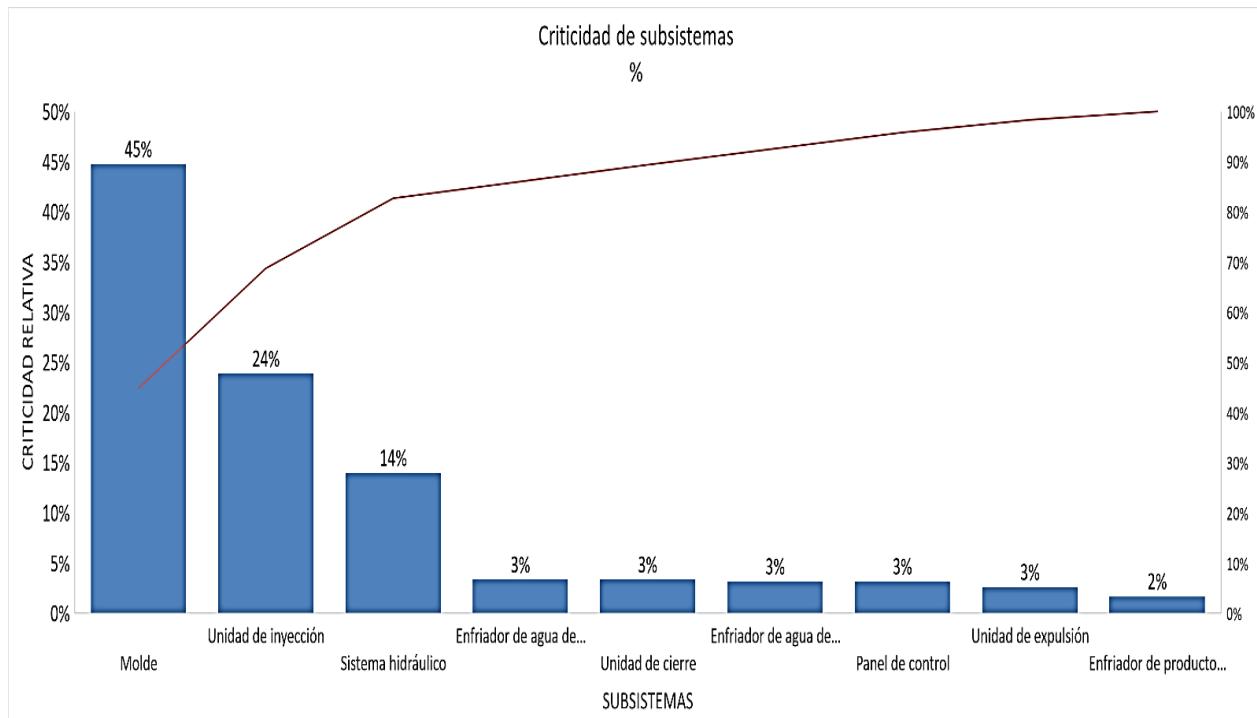
*Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 1.*

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	C = IO * FL + CR + ISMA + IC	IPR	=	C	*	F	IPR	%
SUBSISTEMA								
Unidad de inyección	C = 8 * 2 + 6 + 4 + 6 = 32	Unidad de inyección	IPR	=	32	*	8	= 256 25%
Unidad de cierre	C = 4 * 2 + 6 + 2 + 2 = 18	Unidad de cierre	IPR	=	18	*	2	= 36 3%
Sistema hidráulico	C = 6 * 2 + 6 + 3 + 4 = 25	Sistema hidráulico	IPR	=	25	*	6	= 150 15%
Molde	C = 10 * 3 + 10 + 2 + 6 = 48	Molde	IPR	=	48	*	10	= 480 45%
Enfriador de producto terminado	C = 2 * 1 + 4 + 1 + 2 = 11	Enfriador de producto terminado	IPR	=	9	*	2	= 18 2%
Unidad de expulsión	C = 2 * 2 + 6 + 2 + 2 = 14	Unidad de expulsión	IPR	=	14	*	2	= 28 3%
Enfriador de agua de molde (chiller)	C = 4 * 2 + 6 + 2 + 2 = 18	Enfriador de agua de molde (chiller)	IPR	=	18	*	2	= 36 4%
Enfriador de agua de máquina (chiller)	C = 2 * 3 + 6 + 3 + 2 = 17	Enfriador de agua de máquina (chiller)	IPR	=	17	*	2	= 34 3%
Panel de control	C = 2 * 3 + 6 + 3 + 2 = 17	Panel de control	IPR	=	17	*	2	= 34 3%

De los resultados del cálculo de criticidad de la tabla 10 se obtiene que la unidad de molde es la más crítico, estando en segundo lugar el subsistema de unidad de inyección. De acuerdo a los resultados mostrados en la figura 15, el subsistema molde tiene 45% de ponderación en criticidad y la unidad de inyección 24%, para la máquina inyectora 1.

**Figura 15**

Gráfica de susbistemas más críticos de inyectora 1.

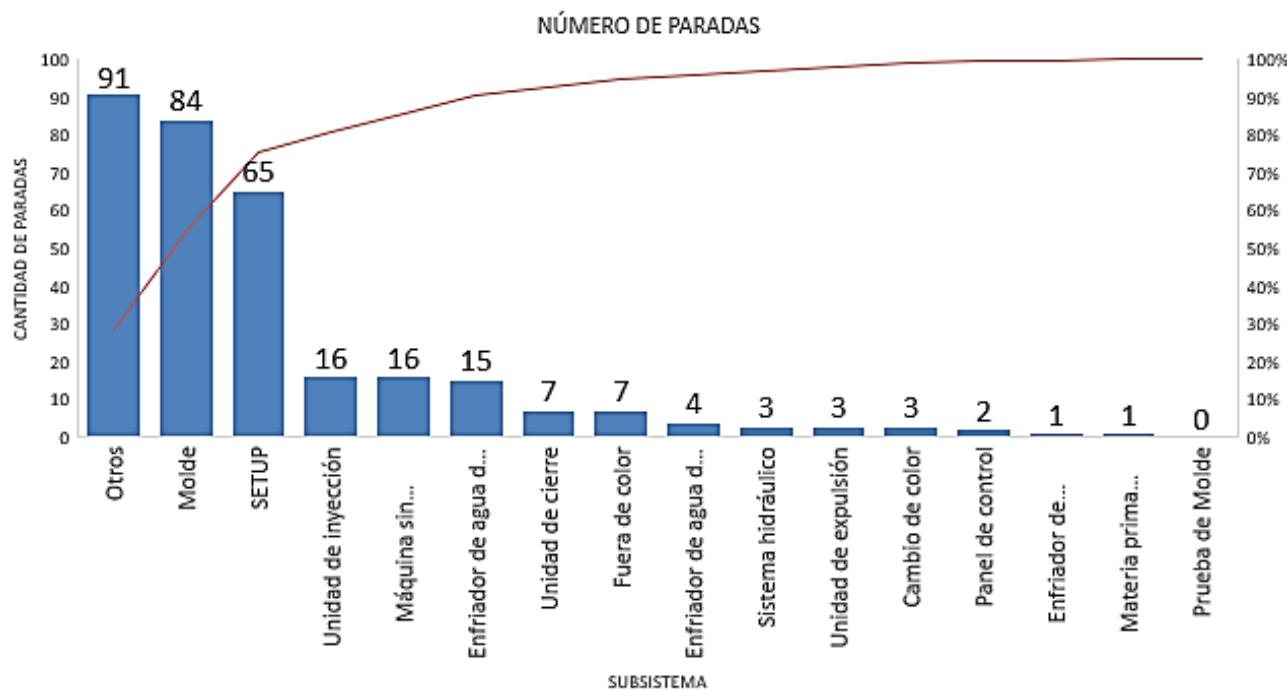


### **3.3.3.2 Evaluación de valores de criticidad de subsistemas de inyectora 2.**

De acuerdo a los tiempos de parada de la inyectora 2, el subsistema molde es el que más tiempo de paradas tiene, así como mayor cantidad de paradas. Según se ve en la figura 16 el subsistema molde tiene 84 paradas durante el periodo de estudio (año 2019) en 122.56 horas.

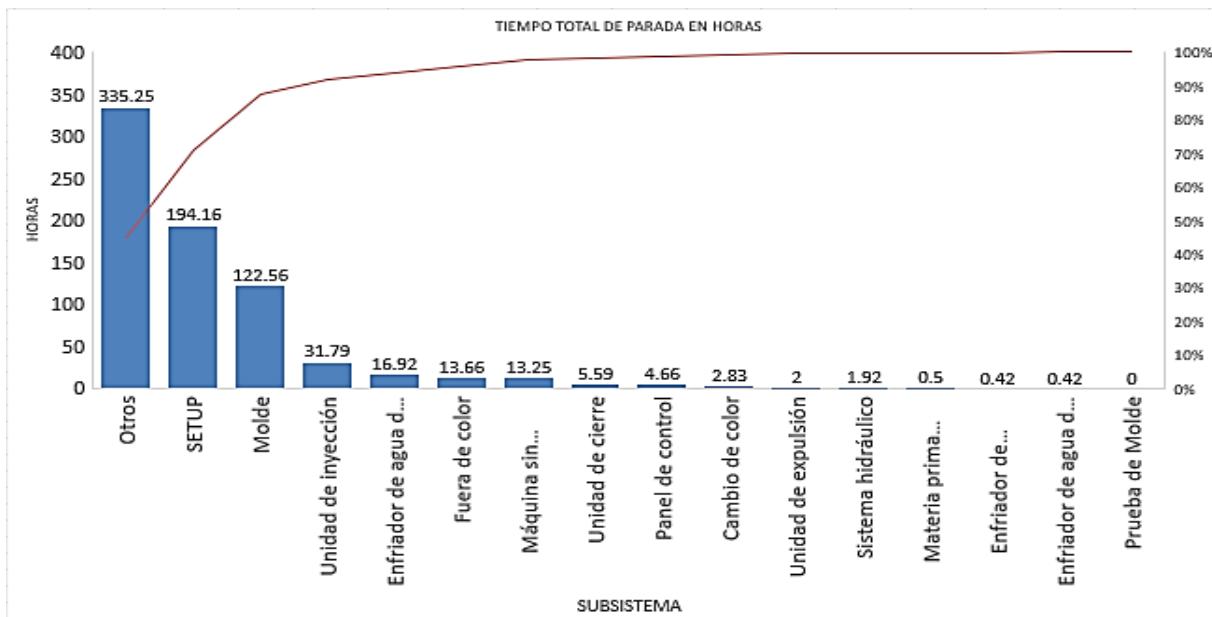
**Figura 16**

Número de paradas de cada subsistema de inyectora 2.



**Figura 17**

Tiempo total de paradas de cada subsistema de inyectora 2.



La figura 17, muestra los tiempos de parada de cada subsistema de la inyectora 2. El molde y la unidad de inyección son los que más tiempos de parada tienen con 122.56 y 31.79 horas respectivamente. Los tiempos de setup se debe por los cambios de producción entre un tipo de producto y otro, e inicios de producción, no consiste en un subsistema. (Bonilla & Ortiz, 2015)

Por lo tanto el subsistema más crítico corresponde al molde.

Los anexos del 13 al 21 muestran la evaluación de criticidad de los subsistemas de la máquina inyectora 2.

En la tabla 11 se resume los resultados obtenidos de evaluación de los criterios que se muestran en los anexos 13 al 21.

**Tabla 11**

*Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 2.*

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	FRECUENCIA		CONSECUENCIA								
	F	Impacto a las operaciones	IO	Flexibilidad	FL	Costo de reparación	CR	Impacto a la seguridad y medio ambiente	ISMA	Impacto a la calidad	IC
SUBSISTEMA											
Unidad de inyección	8	6		2		6		4		6	
Unidad de cierre	2	2		2		6		2		2	
Sistema hidráulico	6	4		2		6		3		2	
Molde	10	10		3		6		2		8	
Enfriador de producto terminado	2	2		1		4		1		2	
Unidad de expulsión	2	2		2		6		2		2	
Enfriador de agua de molde (chiller)	2	4		2		6		2		2	
Enfriador de agua de máquina (chiller)	2	2		3		6		3		2	
Panel de control	2	2		3		6		3		2	

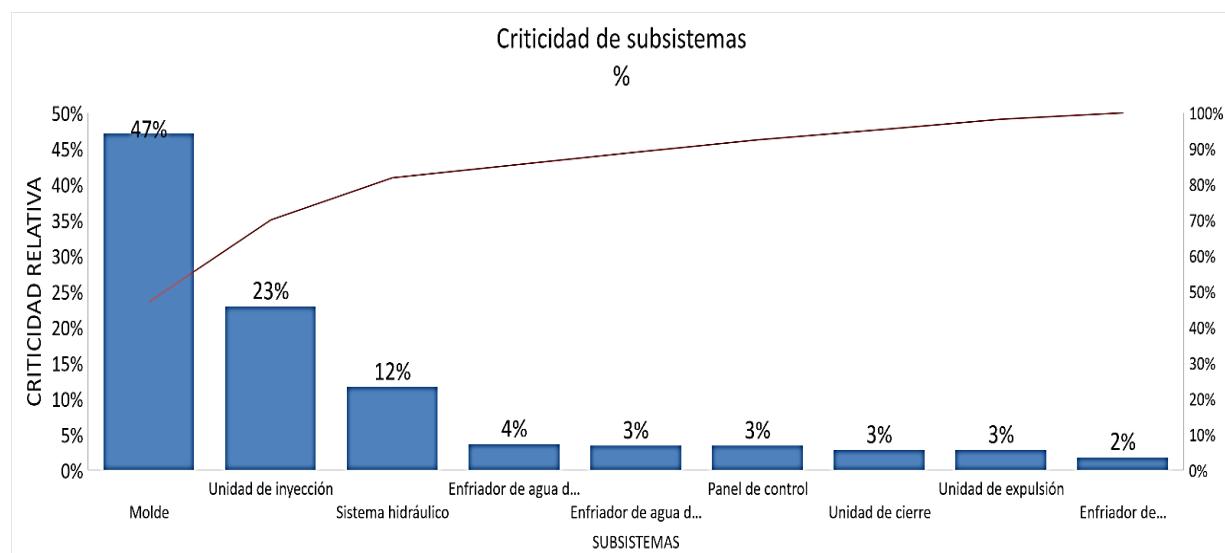
**Tabla 12**

Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 2.

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	C = IO * FL + CR + ISMA + IC	IPR = C * F	IPR %
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA		
Unidad de inyección	C = 6 * 2 + 6 + 4 + 6 = 28	Unidad de inyección IPR = 28 * 8 = 224	23%
Unidad de cierre	C = 2 * 2 + 6 + 2 + 2 = 14	Unidad de cierre IPR = 14 * 2 = 28	3%
Sistema hidráulico	C = 4 * 2 + 6 + 3 + 2 = 19	Sistema hidráulico IPR = 19 * 6 = 114	12%
Molde	C = 10 * 3 + 6 + 2 + 8 = 46	Molde IPR = 46 * 10 = 460	47%
Enfriador de producto terminado	C = 2 * 1 + 4 + 1 + 2 = 9	Enfriador de producto terminado IPR = 9 * 2 = 18	2%
Unidad de expulsión	C = 2 * 2 + 6 + 2 + 2 = 14	Unidad de expulsión IPR = 14 * 2 = 28	3%
Enfriador de agua de molde (chiller)	C = 4 * 2 + 6 + 2 + 2 = 18	Enfriador de agua de molde (chiller) IPR = 18 * 2 = 36	4%
Enfriador de agua de máquina (chiller)	C = 2 * 3 + 6 + 3 + 2 = 17	Enfriador de agua de máquina (chiller) IPR = 17 * 2 = 34	3%
Panel de control	C = 2 * 3 + 6 + 3 + 2 = 17	Panel de control IPR = 17 * 2 = 34	3%

**Figura 18**

Gráfica de susbistemas más críticos de inyectora 2.



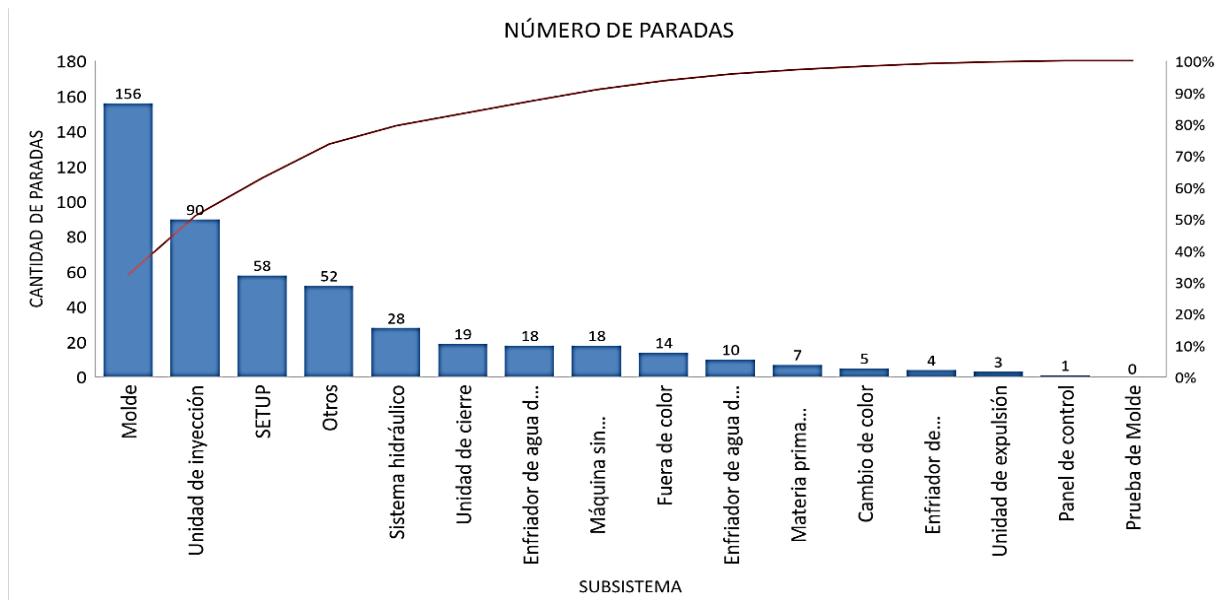
De los resultados del cálculo de criticidad de la tabla 12 se obtiene que la unidad de molde es el más crítico, estando en segundo lugar el subsistema de unidad de inyección. De acuerdo a los resultados mostrados en la figura 18, el subsistema molde tiene 47% de ponderación en criticidad y la unidad de inyección 23%, para la máquina inyectora 2.

### **3.3.3.3 Evaluación de valores de criticidad de subsistemas de inyectora 3.**

De acuerdo a los tiempos de parada de la inyectora 3, el subsistema molde es el que más tiempo de paradas posee, así como mayor cantidad de paradas. Según se ve en la figura 19 el subsistema molde tiene 156 paradas durante el periodo de estudio (año 2019) en 488 horas.

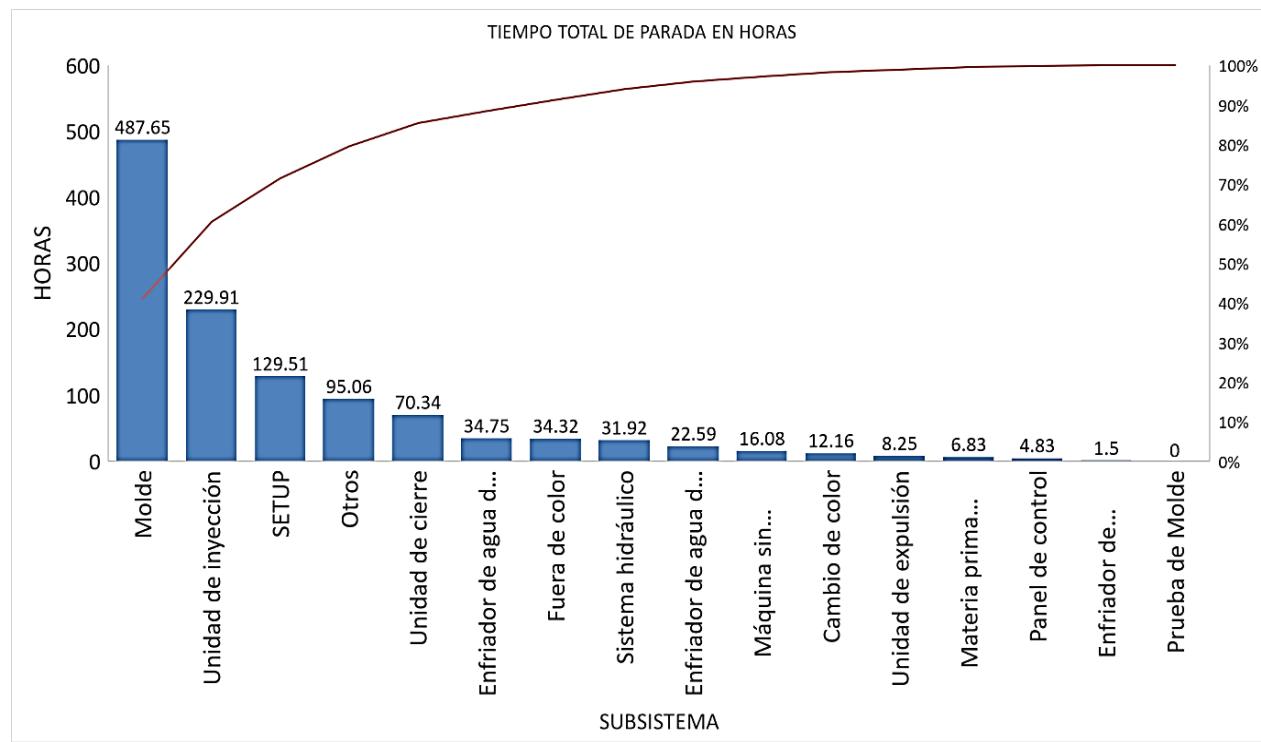
**Figura 19**

*Número de paradas de subsistemas de máquina inyectora 3.*



**Figura 20**

*Tiempo total de paradas de máquina inyectora 3.*



La figura 20, muestra los tiempos de parada de cada subsistema de la inyectora 3. El molde y la unidad de inyección son los que más tiempos de parada tienen con 488 y 230 horas respectivamente.

Los tiempos de setup se debe por los cambios de producción entre un tipo de producto y otro, e inicios de producción, no consiste en un subsistema. (Bonilla & Ortiz, 2015)

Por lo tanto subsistema más crítico corresponde al molde.

Los anexos del 22 al 30 muestran las evaluaciones de criticidad de cada uno de los subsistemas de la máquina inyectora 3

La tabla 13 muestra el resumen de evaluación de los criterios mostrados en los anexos 22 al 30.

**Tabla 13**

Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 3.

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	FRECUENCIA				CONSECUENCIA						
	F	Impacto a las operaciones	IO	Flexibilidad	FL	COSTO DE REPARACIÓN	CR	IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	ISMA	IMPACTO A LA CALIDAD	IC
<b>SUBSISTEMA</b>											
Unidad de inyección	8		4		2		6		4		4
Unidad de cierre	2		4		2		6		2		2
Sistema hidráulico	4		2		2		6		3		2
Molde	10		8		3		6		2		6
Enfriador de producto terminado	2		2		1		6		1		2
Unidad de expulsión	2		2		2		6		2		2
Enfriador de agua de molde (chiller)	2		2		2		6		2		2
Enfriador de agua de máquina (chiller)	2		2		3		6		3		2
Panel de control	2		2		3		6		3		2

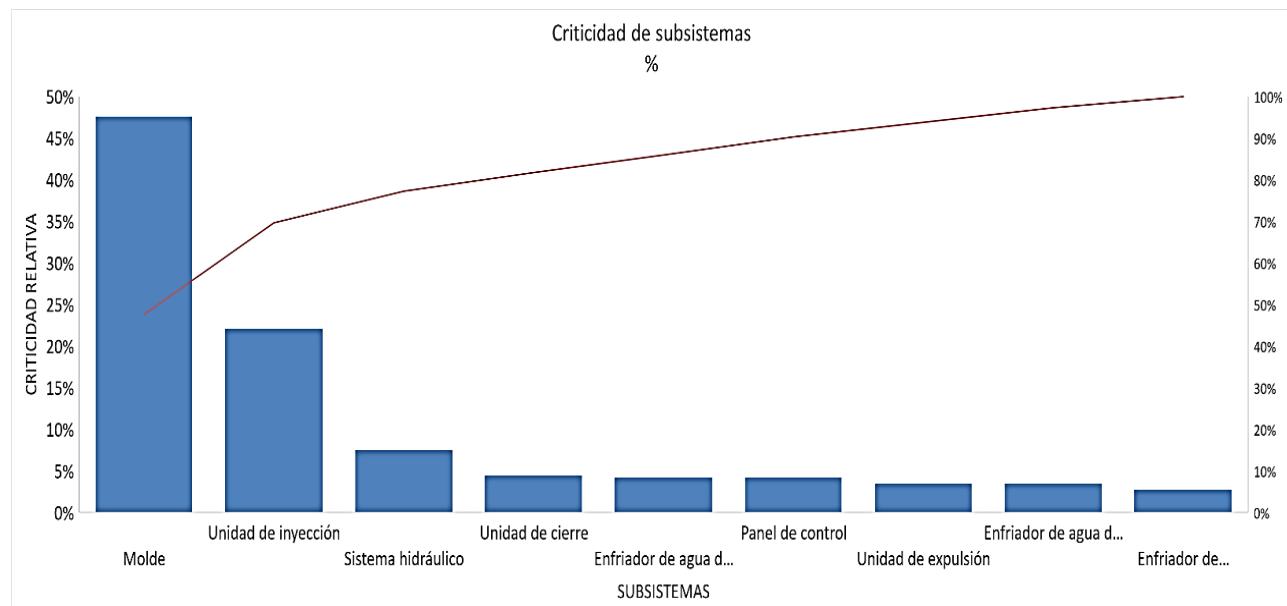
**Tabla 14**

Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 3.

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	C = IO * FL + CR + ISMA + IC	IPR = C * F	IPR	%
<b>SUBSISTEMA</b>				
Unidad de inyección	C = 4 * 2 + 6 + 4 + 4 = 22	Unidad de inyección	IPR = 22 * 8 = 176	22%
Unidad de cierre	C = 4 * 2 + 6 + 2 + 2 = 18	Unidad de cierre	IPR = 18 * 2 = 36	5%
Sistema hidráulico	C = 2 * 2 + 6 + 3 + 2 = 15	Sistema hidráulico	IPR = 15 * 4 = 60	8%
Molde	C = 8 * 3 + 6 + 2 + 6 = 38	Molde	IPR = 38 * 10 = 380	48%
Enfriador de producto terminado	C = 2 * 1 + 6 + 1 + 2 = 11	Enfriador de producto terminado	IPR = 11 * 2 = 22	3%
Unidad de expulsión	C = 2 * 2 + 6 + 2 + 2 = 14	Unidad de expulsión	IPR = 14 * 2 = 28	4%
Enfriador de agua de molde (chiller)	C = 2 * 2 + 6 + 2 + 2 = 14	Enfriador de agua de molde (chiller)	IPR = 14 * 2 = 28	4%
Enfriador de agua de máquina (chiller)	C = 2 * 3 + 6 + 3 + 2 = 17	Enfriador de agua de máquina (chiller)	IPR = 17 * 2 = 34	4%
Panel de control	C = 2 * 3 + 6 + 3 + 2 = 17	Panel de control	IPR = 17 * 2 = 34	4%

**Figura 21**

Gráfica de susbistemas más críticos de inyectora 3.



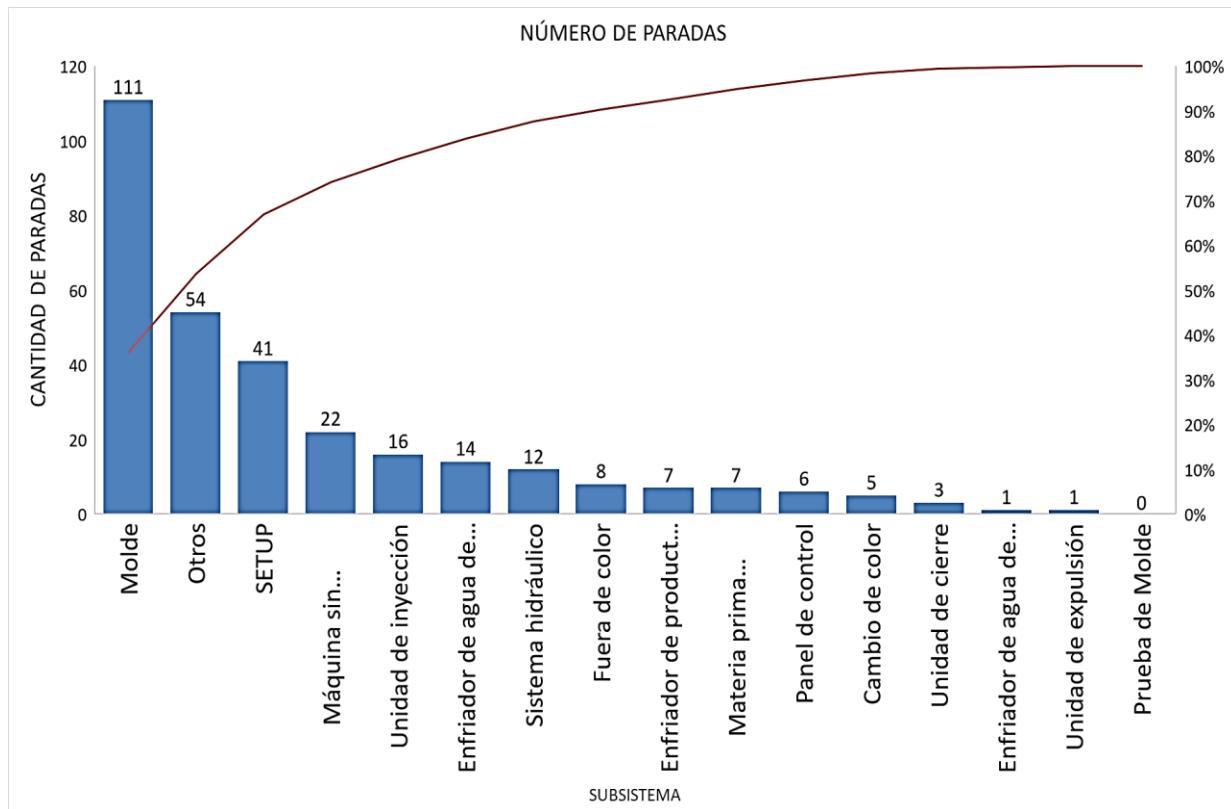
De los resultados del cálculo de criticidad de la tabla 14 se obtiene que la unidad de molde es la más crítico, estando en segundo lugar el subsistema de unidad de inyección. De acuerdo a los resultados mostrados en la figura 21, el subsistema molde tiene 48% de ponderación en criticidad y la unidad de inyección 22%, para la máquina inyectora 3.

#### **3.3.3.4 Evaluación de valores de criticidad de subsistemas de inyectora 4.**

De acuerdo a los tiempos de parada de la inyectora 4, el subsistema molde es el que más tiempo de paradas tiene, así como mayor cantidad de paradas. Según se ve en la figura 22 el subsistema molde tiene 111 paradas durante el periodo de estudio (año 2019) en 230.43 horas.

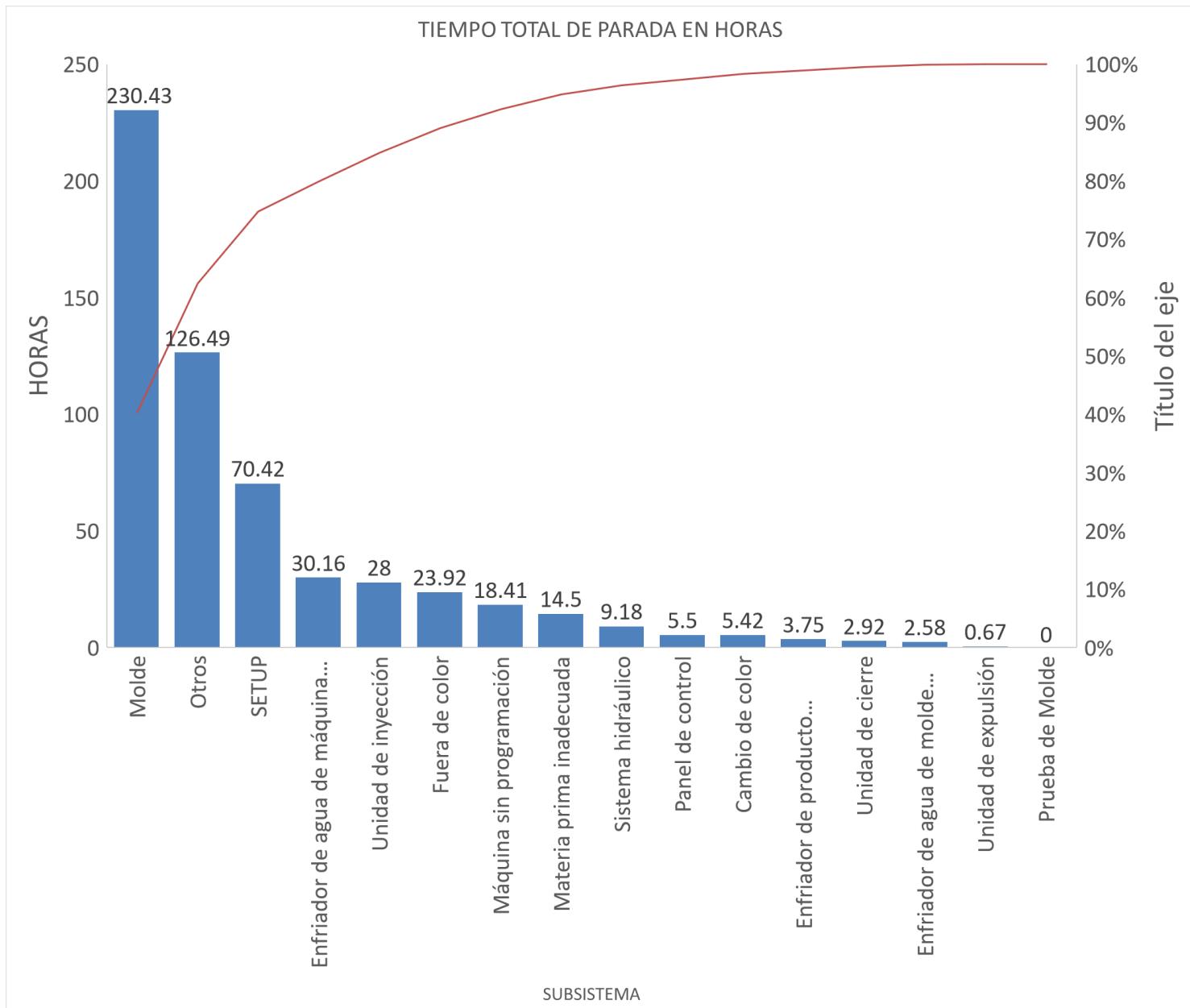
**Figura 22**

Número de paradas de subsistemas de máquina inyectora 4.



**Figura 23**

*Tiempo total de paradas de máquina inyectora 4.*



La figura 23, muestra los tiempos de parada de cada subsistema de la inyectora 4, en el que el molde y la unidad de inyección son los que más tiempos de parada tienen con 230.43 y 126.49 horas respectivamente. Los tiempos de setup se debe por los cambios de

producción entre un tipo de producto y otro e inicios de producción, no consiste en un subsistema. (Bonilla & Ortiz, 2015).

De acuerdo a las figura 22 y la figura 23 el subsistema más crítico corresponde al molde.

Los anexos del 31 al 39 muestran las evaluaciones de criticidad de cada uno de los subsistemas de la máquina inyectora 4.

La tabla 15 muestra el resumen de evaluación de los criterios mostrados en los anexos del 31 al 39.

**Tabla 15**

*Cálculo de criticidad de subsistemas de inyectora 4.*

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	FRECUENCIA			CONSECUENCIA							
	F	Impacto a las operaciones	IO	Flexibilidad	FL	Costo de reparación	CR	Impacto a la seguridad y medio ambiente	ISMA	Impacto a la calidad	IC
<b>SUBSISTEMA</b>											
Unidad de inyección	4		10		2		6		4		4
Unidad de cierre	2		4		2		6		2		2
Sistema hidráulico	4		2		2		6		3		2
Molde	10		4		3		6		2		6
Enfriador de producto terminado	2		6		1		6		1		2
Unidad de expulsión	2		2		2		6		2		2
Enfriador de agua de molde (chiller)	2		2		2		6		2		2
Enfriador de agua de máquina (chiller)	4		4		3		6		3		2
Panel de control	2		2		3		6		3		2

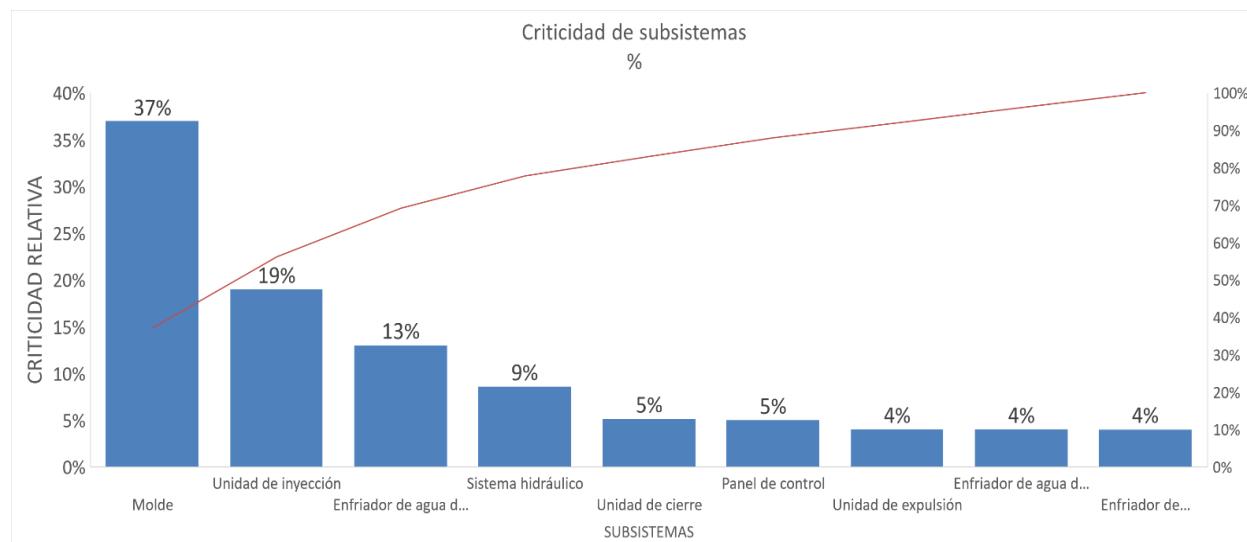
**Tabla 16**

*Resultado de cálculo criticidad de subsistemas de inyectora 4.*

CRITICIDAD DE SUBSISTEMAS	C = IO * FL + CR + ISMA + IC	IPR	=	C * F	IPR	%
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA					
Unidad de inyección	C = 10 * 2 + 6 + 4 + 4 = 34	Unidad de inyección	IPR	= 34 * 4 = 136	25%	
Unidad de cierre	C = 4 * 2 + 6 + 2 + 2 = 18	Unidad de cierre	IPR	= 18 * 2 = 36	5%	
Sistema hidráulico	C = 2 * 2 + 6 + 3 + 2 = 15	Sistema hidráulico	IPR	= 15 * 4 = 60	9%	
Molde	C = 4 * 3 + 6 + 2 + 8 = 26	Molde	IPR	= 28 * 10 = 260	37%	
Enfriador de producto terminado	C = 6 * 1 + 6 + 1 + 2 = 15	Enfriador de producto terminado	IPR	= 15 * 2 = 30	4%	
Unidad de expulsión	C = 2 * 2 + 6 + 2 + 2 = 14	Unidad de expulsión	IPR	= 14 * 2 = 28	4%	
Enfriador de agua de molde (chiller)	C = 2 * 2 + 6 + 2 + 2 = 14	Enfriador de agua de molde (chiller)	IPR	= 14 * 2 = 28	4%	
Enfriador de agua de máquina (chiller)	C = 4 * 3 + 6 + 3 + 2 = 23	Enfriador de agua de máquina (chiller)	IPR	= 23 * 4 = 92	13%	
Panel de control	C = 2 * 3 + 6 + 3 + 2 = 17	Panel de control	IPR	= 17 * 2 = 34	5%	

**Figura 24**

*Gráfica de susbistemas más críticos de inyectora 4.*



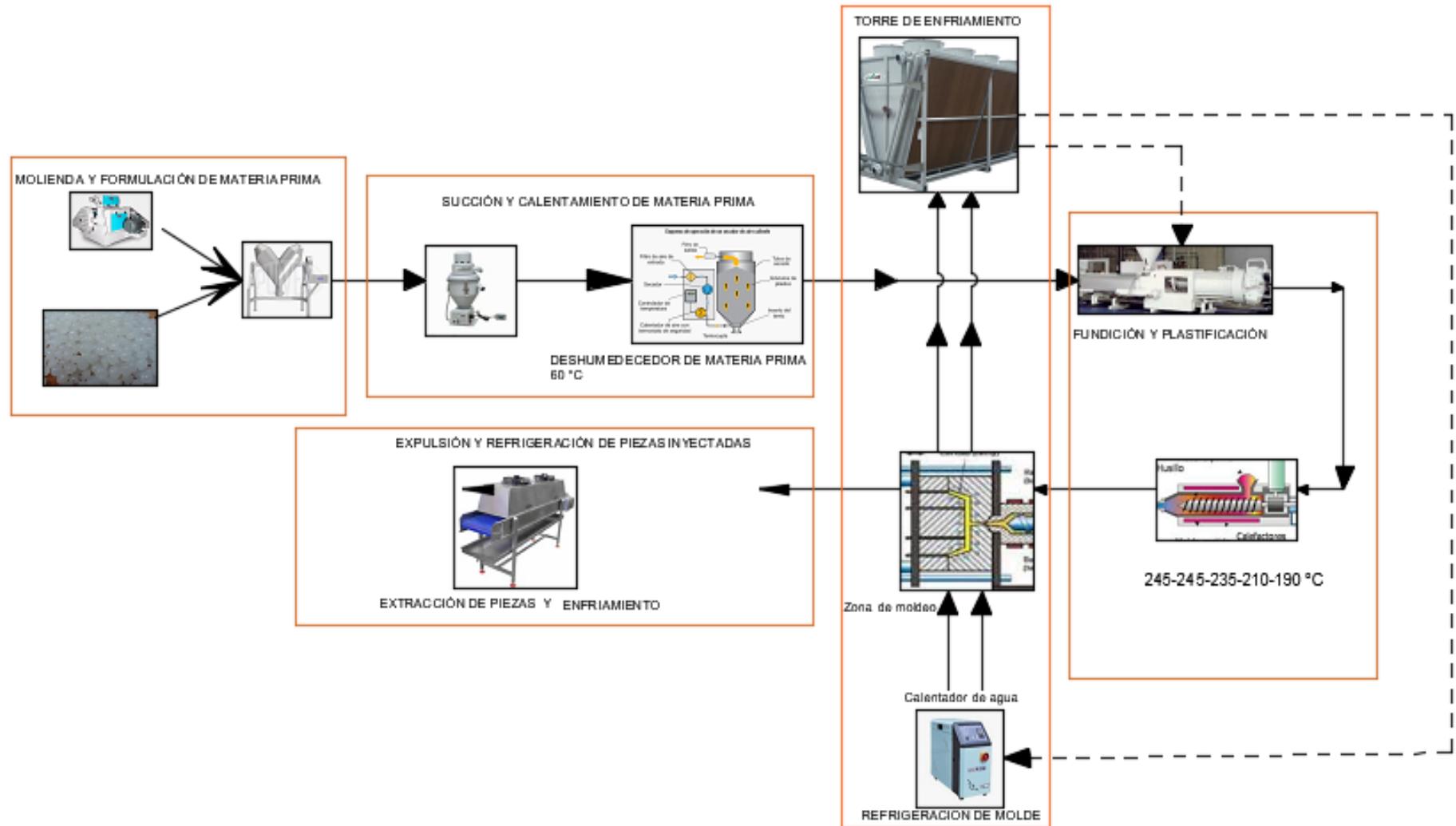
De los resultados del cálculo de criticidad de la tabla 16 se obtiene que la unidad de molde es la más crítica, estando en segundo lugar el subsistema de unidad de inyección. De acuerdo a

los resultados mostrados en la figura 24, el subsistema molde tiene 37% de ponderación en criticidad y la unidad de inyección 19%, para la máquina inyectora 4.

Con el objetivo de identificar gráficamente los subsistemas de cada equipo inyector, se realiza un diagrama funcional de los componentes que intervienen en el proceso de fabricación en una máquina inyectora tal como la figura 25.

**Figura 25**

*Subsistemas de un equipo inyector de plástico.*



### **3.4. Implantación del Análisis de Modos y Efectos de Fallas, AMEF.**

Una vez obtenido los subsistemas críticos se realiza el análisis de modos y efectos de falla (AMEF).

Córdova (2019), realiza un análisis de modos y efectos de falla a los componentes de molinos SAG al detalle, en el que incluye el subsistema y los controles actuales de aquellos.

De acuerdo a Quiroz (2018), en su investigación para cada subsistema asigna sus funciones, fallas funcionales, modos de fallas y sus efectos; finalmente calcula el número de prioridad de riesgo NPR a cada modo de falla de los equipos.

En el anexo 40 se muestra el AMEF realizado a los subsistemas críticos, resultado de la sección 3.1 en el que tanto la unidad de inyección y molde serán temas de estudio en los siguientes apartados.

En nuestro caso, las fallas funcionales 1.A., 1.B. y 1.I. suceden la unidad de inyección, mientras que 1.L. y 1.M. involucra a la zona moldante. Ya que solo se tratan de 6 modos de falla serán resueltas todas con la finalidad de darles solución.

### **3.5. Estudio de confiabilidad**

Fuentes et al. (2017), en su artículo analizan los tiempos de falla de cada modo de falla para la obtención de los parámetros de forma y escala, mientras que Quiroz (2018) realiza el mismo procedimiento por componente de un sistema, abarcando todos los modos de falla para cada uno de ellos.

Desde la tabla 17 a la tabla 20 se muestra los tiempos entre fallas para el subsistema de unidad de inyección que corresponde al periodo de estudio de cada máquina inyectora.

**Tabla 17**

*Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 1.*

Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)	Fecha de documento
1:00:00	1:50:00		0	9/05/2019
22:00:00	0:00:00	8410	0	14/05/2019
3:30:00	3:50:00	11730	10	22/05/2019
17:10:00	17:40:00	3680	14	24/05/2019
3:00:00	3:15:00	7760	15	29/05/2019
16:10:00	17:10:00	67015	21	15/06/2019
18:20:00	18:50:00	97990	25	23/07/2019
14:00:00	15:00:00	5470	25	26/07/2019
16:00:00	19:00:00	1500	26	27/07/2019
14:30:00	15:00:00	67410	32	13/08/2019
14:20:00	14:50:00	83480	33	10/09/2019
19:00:00	19:35:00	93850	38	15/10/2019
23:10:00	23:40:00	82295	50	12/11/2019
20:45:00	21:00:00	1265	61	12/11/2019
12:30:00	19:00:00	26850	61	30/11/2019
22:00:00	23:00:00	46260	80	2/12/2019
07:00:00	15:00:00	4800	91	5/12/2019
17:10:00	18:00:00	3010	129	7/12/2019
07:00:00	08:00:00	3660	140	9/12/2019
23:00:00	2:00:00	900	195	9/12/2019
4:00:00	6:00:00	1560	447	10/12/2019
07:00:00	07:30:00	1500	771	11/12/2019
16:40:00	18:30:00	1990	1116	12/12/2019
19:20:00	20:15:00	50	1123	12/12/2019
6:15:00	6:40:00	600	1371	12/12/2019
20:40:00	22:30:00	840	1391	12/12/2019
07:00:00	08:00:00	1950	1564	13/12/2019
22:30:00	23:15:00	2310	1633	14/12/2019

**Tabla 18**

*Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 2.*

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)
27/03/2019	11:30:00	13:00:00		
28/03/2019	10:50:00	11:10:00	2750	45
3/04/2019	4:00:00	5:00:00	8210	136
16/04/2019	3:10:00	3:35:00	20050	334
23/04/2019	19:35:00	19:50:00	11040	184
2/05/2019	08:00:00	10:00:00	13690	228
20/05/2019	07:55:00	08:55:00	27235	453
14/06/2019	07:00:00	18:00:00	79085	1318
17/06/2019	07:00:00	10:15:00	5100	85
22/06/2019	20:40:00	21:30:00	7825	130
2/07/2019	15:50:00	16:10:00	58700	978
16/09/2019	19:00:00	22:00:00	149930	2498
15/11/2019	6:45:00	7:00:00	128685	2144
13/12/2019	1:52:00	6:00:00	84652	1410
14/12/2019	07:20:00	08:00:00	1520	25
14/12/2019	15:10:00	17:00:00	430	7
19/12/2019			7620	127

**Tabla 19**

*Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 3.*

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)
7/01/2019	16:20:00	18:40:00		0
7/01/2019	20:15:00	23:25:00	95	1
15/01/2019	3:00:00	3:25:00	11735	195
19/01/2019	22:50:00	23:20:00	6925	115
22/01/2019	10:35:00	11:00:00	4995	83
12/02/2019	14:05:00	17:00:00	30425	507
13/03/2019	10:30:00	13:00:00	47130	785

13/03/2019	08:15:00	09:00:00	1155	19
18/05/2019	07:00:00	12:00:00	54600	910
27/09/2019	5:40:00	7:00:00	62980	1049
28/09/2019	10:00:00	10:30:00	1620	27
7/10/2019	0:10:00	0:40:00	15220	253
7/11/2019	10:30:00	14:00:00	45230	753
10/12/2019	14:30:00	17:00:00	48990	816
10/12/2019	14:30:00	17:00:00	1290	21
11/12/2019	22:00:00	7:00:00	1740	29
12/12/2019	21:00:00	1:00:00	2280	38
12/03/2019	0:00:00	0:00:00	44580	743

**Tabla 20**

*Tiempos entre fallas de unidad de inyección de inyectora 4.*

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)
9/01/2019	16:40:00	17:40:00		0
30/04/2019	11:10:00	11:40:00	78810	1313
2/05/2019	16:00:00	17:30:00	4580	76
2/05/2019	13:00:00	15:00:00	1170	19
3/05/2019	2:30:00	3:00:00	2130	35
7/05/2019	15:30:00	16:25:00	6510	108
7/05/2019	19:00:00	20:00:00	155	2
8/05/2019	07:00:00	07:45:00	2100	35
12/06/2019	5:00:00	6:30:00	51675	861
21/06/2019	18:20:00	18:40:00	13670	227
6/07/2019	19:00:00	23:30:00	23060	384
9/09/2019	09:00:00	10:30:00	50970	849
19/09/2019	6:20:00	6:50:00	15590	259
23/09/2019	07:00:00	10:00:00	5770	96
7/10/2019	19:00:00	2:00:00	22140	369
9/10/2019	07:00:00	08:30:00	3180	53

### **3.5.1. Cálculo de confiabilidad usando el modelo matemático de Weibull**

Chinchay y Espinoza (2020), seleccionan la distribución probabilística de fallos que tenga mejor ajuste a los datos, mostrándose como aquellos puntos que más cercanía tienen a una línea recta. Fueron evaluados las distribuciones de probabilidad exponencial, weibull y lognormal, en la que ha sido seleccionada la distribución de probabilidad de weibull.

Yarin (2021) afirma que utilizando la distribución de weibull, se podrá calcular la distribución de fallas de un sistema determinando un instrumento de predicción de comportamiento. El beneficio en el empleo de una distribución de weibull en los análisis de confiabilidad se debe a la variedad de formas que el modelo es capaz de adquirir, dependiendo de los parámetros de forma y escala propios de la muestra.

En ésta investigación se hará un ajuste de la muestra utilizando una distribución de weibull. Se realizó en lenguaje de programación R para cálculos estadísticos y gráficos.

#### **3.5.1.1. Cálculo de confiabilidad y tasa de fallas de la inyectora 1.**

Para la información de la tabla 17, tiempo entre fallas en horas, se obtiene los parámetros de forma (shape) y escala (scale) de la unidad de inyección de la máquina 1.

```
library(MASS)
tiempos_entre_fallas<-c(10, 14, 15, 21, 25, 25, 26, 32, 33, 38, 50, 61,
61, 80, 91, 129, 140, 195, 447, 771, 1116, 1123, 1371, 1391, 1564, 1633)
fitdistr(tiempos_entre_fallas,"weibull")
```

Parámetro de forma (beta): 0.61241823

Parámetro de escala (alfa): 258.59922950

Posteriormente se obtiene los valores de la función de distribución de probabilidad de fallas ( $f(x)$ ), función acumulada de fallas ( $F(x)$ ), función de confiabilidad ( $R(x)$ ) y la función de tasa de fallas ( $z(x)$ ) de éste subsistema.

Ver anexo 41, anexo 42, anexo 43 y anexo 44.

Notar que el valor de beta es menor a 1, por lo tanto el subsistema se encuentra en su etapa temprana de fallas.

### **3.5.1.2. Cálculo de confiabilidad y tasa de fallas de la inyectora 2.**

Para la información de la tabla 18, tiempo entre fallas en horas, se obtiene los parámetros de forma (shape) y escala (scale) de la unidad de inyección de la máquina 2.

```
library(MASS)
tiempos_entre_fallas<-c(7, 25, 45, 85, 127, 130, 136, 184, 228, 264, 334,
453, 978, 1318, 1410, 2144, 2498)
fitdistr(tiempos_entre_fallas,"weibull")

      shape          scale
0.7435279    511.8764518
```

Parámetro de forma (beta): 0.7435279

Parámetro de escala (alfa): 511.8764518

Posteriormente se obtiene los valores de la función de distribución de probabilidad de fallas ( $f(x)$ ), función acumulada de fallas ( $F(x)$ ), función de confiabilidad ( $R(x)$ ) y la función de tasa de fallas ( $z(x)$ ) de éste subsistema.

Ver anexo 45, anexo 46, anexo 47 y anexo 48.

Notar que el valor de beta es menor a 1, por lo tanto el subsistema se encuentra en su etapa temprana de fallas.

### **3.5.1.3. Cálculo de confiabilidad y tasa de fallas de la inyectora 3.**

Para la información de la tabla 19, tiempo entre fallas en horas, se obtiene los parámetros de forma (shape) y escala (scale) de la unidad de inyección de la máquina 3.

```
library(MASS)
tiempos_entre_fallas<-c(1,19 ,21 ,27 ,29 ,38 ,83 ,115 ,195 ,253 ,507 ,743
,753 ,785 ,816 ,910)
fitdistr(tiempos_entre_fallas,"weibull")
```

Parámetro de forma (beta): 0.7115913

Parámetro de escala (alfa): 288.3892296

Posteriormente se obtiene los valores de la función de distribución de probabilidad de fallas ( $f(x)$ ), función acumulada de fallas ( $F(x)$ ), función de confiabilidad ( $R(x)$ ) y la función de tasa de fallas ( $z(x)$ ) de éste subsistema.

Ver anexo 49, anexo 50, anexo 51 y anexo 52.

Se puede ver que el valor de beta es menor a 1, por lo tanto el subsistema se encuentra en su etapa temprana de fallas.

#### **3.5.1.4. Cálculo de confiabilidad y tasa de fallas de la inyectora 4.**

Para la información de la tabla 20, tiempo entre fallas en horas, se obtiene los parámetros de forma (shape) y escala (scale) de la unidad de inyección de la máquina 4.

```
library(MASS)
tiempos_entre_fallas<-c(2, 19, 35, 35 , 53, 76, 96, 108, 227, 259, 369,
384, 849, 861, 1313)
fitdistr(tiempos_entre_fallas,"weibull")
```

Parámetro de forma (beta): 0.7467758

Parámetro de escala (alfa): 271.9479325

Posteriormente se obtiene los valores de la función de distribución de probabilidad de fallas ( $f(x)$ ), función acumulada de fallas ( $F(x)$ ), función de confiabilidad ( $R(x)$ ) y la función de tasa de fallas ( $z(x)$ ) de éste subsistema.

Ver anexo 53, anexo 54, anexo 55 y anexo 56.

Se puede ver que el valor de beta es menor a 1, por lo tanto el subsistema se encuentra en su etapa temprana de fallas.

Quiroz (2018), obtiene los tiempos de sus equipos con el empleo de la curva de función de distribución de probabilidad de fallas (FDP), con la probabilidad del 90% de ocurrencia de falla.

#### **3.5.2. Cálculo del tiempo medio entre fallas.**

##### **3.5.2.1. Tiempo medio entre fallas de unidad de inyección de inyectora 1**

Para la máquina inyectora 1 se realiza el cálculo del tiempo medio entre fallas con los parámetros de forma y escala del subsistema unidad de inyección:

Parámetro de forma (beta): 0.61241823

Parámetro de escala (alfa): 258.59922950

```
#Cálculo del tiempo medio entre fallas
alfa = 258.59922950
beta = 0.61241823
f1<-function(x){1-pweibull(x,beta,alfa)}
MTTF1=integrate(f1,0,10000)
MTTF1
```

378.879

### **3.5.2.2. Tiempo medio entre fallas de unidad de inyección de inyectora 2**

Para la máquina inyectora 2 se realiza el cálculo del tiempo medio entre fallas con los parámetros de forma y escala del subsistema unidad de inyección:

Parámetro de forma (beta): 0.7435279

Parámetro de escala (alfa): 511.8764518

Cuyo resultado es 613.7011 horas

```
#Cálculo del tiempo medio entre fallas
alfa = 511.8764518
beta = 0.7435279
f1<-function(x){1-pweibull(x,beta,alfa)}
MTTF1=integrate(f1,0,10000)
MTTF1
613.7011
```

### **3.5.2.3. Tiempo medio entre fallas de unidad de inyección de inyectora 3**

Para la máquina inyectora 3 se realiza el cálculo del tiempo medio entre fallas con los parámetros de forma y escala del subsistema unidad de inyección:

Parámetro de forma (beta): 0.7189185

Parámetro de escala (alfa): 330.6758113

Cuyo resultado es 408.3402 horas.

```
#Cálculo del tiempo medio entre fallas
alfa = 330.6758113
beta = 0.7189185
f1<-function(x){1-pweibull(x,beta,alfa)}
MTTF1=integrate(f1,0,10000)
MTTF1
408.3402
```

### **3.5.2.4. Tiempo medio entre fallas de unidad de inyección de inyectora 4**

Para la máquina inyectora 4 se realiza el cálculo del tiempo medio entre fallas con los parámetros de forma y escala del subsistema unidad de inyección:

Parámetro de forma (beta): 0.7467758

Parámetro de escala (alfa): 271.9479325

Cuyo resultado es 324.9483 horas.

```
#Cálculo del tiempo medio entre fallas
alfa = 271.9479325
beta = 0.7467758
f1<-function(x){1-pweibull(x,beta,alfa)}
MTTF1=integrate(f1,0,10000)
MTTF1

324.9483
```

Valverde y Arestegui (2019), obtienen las funciones de distribución de probabilidad de falla (FDP), confiabilidad (R), inconfiabilidad (F) y tasa de fallas, luego determinan los valores puntuales de cada uno de ellos para cada valor de tiempo entre fallas.

Un caso similar presenta Dolas et al. (2014) en su artículo en el que realizan un estudio de confiabilidad para un sistema usando una distribución de weibull. Teniendo una muestra de 20 datos de tiempos hasta la falla, para el subsistema de enfriamiento de un motor diesel de un compresor obtienen los parámetros de forma y escala, 2.3965 y 1972.5626 respectivamente, y partir de éstos valores consiguen las funciones de confiabilidad, inconfiabilidad, tasa de fallas y tiempo medio entre fallas, siendo éste último 1748 horas.

### **3.5.3. Cálculo de valores de confiabilidad, inconfiabilidad y tasa de fallas.**

#### **3.5.3.1. Cálculo de valores de confiabilidad y tasa de fallas de unidad de inyección de inyectora 1**

El tiempo entre fallos obtenido para la unidad de inyección en la inyectora 1 es 378.879 horas cuyo valor de confiabilidad corresponde a 32% y la tasa de fallas 0.002.

```
#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo 378.879 horas.
```

```
beta= 0.61241823
alfa= 258.59922950
round(1- pweibull(378.879,beta,alfa),2)
```

0.32

```
#Cálculo de tasa de fallas para un tiempo 378.879 horas.
```

```
beta1= 0.61241823
alfa1= 258.59922950
x= 378.879
dweibull(x,beta,alfa)/(1-pweibull(x,beta,alfa))
0.002
```

### **3.5.3.2. Cálculo de valores de confiabilidad y tasa de fallas de unidad de inyección de inyectora 2**

El tiempo entre fallos obtenido para la unidad de inyección en la inyectora 2 es 613.7011 horas cuyo valor de confiabilidad corresponde a 32% y la tasa de fallas 0.0014.

```
#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo
613.7011 horas.
```

```
beta= 0.7435279
alfa= 511.8764518
round(1- pweibull(613.7011,beta,alfa),2)
```

0.32

```
#Cálculo de tasa de fallas para un tiempo 613.7011 horas.
```

```
beta1= 0.7435279
alfa1= 511.8764518
x= 613.7011
dweibull(x,beta,alfa)/(1-pweibull(x,beta,alfa))
0.00138651391621397
```

### **3.5.3.3. Cálculo de valores de confiabilidad y tasa de fallas de unidad de inyección de inyectora 3**

El tiempo entre fallos obtenido para la unidad de inyección en la inyectora 3 es 408.3402 horas cuyo valor de confiabilidad corresponde a 31% y la tasa de fallas 0.002.

```
#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo 408.3402 horas.
```

```
beta= 0.7189185  
alfa= 330.6758113  
round(1- pweibull(408.3402,beta,alfa),2)  
0.31
```

```
beta1= 0.7189185  
alfal= 330.6758113  
x= 408.3402  
dweibull(x,beta,alfa)/(1-pweibull(x,beta,alfa))  
  
0.002
```

### **3.5.3.4. Cálculo de valores de confiabilidad y tasa de fallas de unidad de inyección de inyectora 4**

El tiempo entre fallos obtenido para la unidad de inyección en la inyectora 4 es 324.9483 horas cuyo valor de confiabilidad corresponde a 32%. Y la tasa de fallas 0.0026.

```
#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo 324.9483 horas.  
beta= 0.7467758  
alfa= 271.9479325  
round(1- pweibull(324.9483,beta,alfa),2)  
0.32
```

```
#Cálculo de tasa de fallas para un tiempo 324.9483 horas.  
beta1= 0.7467758  
alfal= 271.9479325  
x= 324.9483  
dweibull(x,beta,alfa)/(1-pweibull(x,beta,alfa))  
0.003
```

Valverde y Arestegui (2019), en uno de sus equipos cuyo MTBF es 18.6 días, se tuvo un valor de confiabilidad de 98.72% y una tasa de riesgo de 0.12%. Mientras que otro de sus equipos para un valor MTBF igual a 20.1 días el valor de confiabilidad obtenido fue 98.35% y la tasa de riesgo 0.14%. Ambos equipos son altamente confiables.

Canchaya y Nato (2019), obtuvieron que debe hacerse el reemplazo de componente programado cada 5400 horas con una confiabilidad de 39.47% para un cilindro de clam del equipo en estudio, y en general los componentes en estudio de sus equipos emiten un resultado de cambio al 39% de confiabilidad, aproximadamente.

Por otro lado Chinchay y Espinoza (2020), muestran que para el equipo ensacadora, cuyo MTBF es 25.54 días, tiene una confiabilidad igual a 54.27% y su tasa de fallos 22%.

### ***3.5.4. Cálculo de indicadores de disponibilidad***

#### ***3.5.4.1. Cálculo de disponibilidad de la unidad de inyección de la máquina 1.***

Para obtener la disponibilidad es necesario primero contar con el tiempo medio de reparación, siendo éste igual a 1.5 horas. Éste valor es obtenido a partir de los datos de la quinta columna de la tabla 21.

**Tabla 21**

*Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 1.*

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)
9/05/2019	1:00:00	1:50:00	0	0.8
14/05/2019	22:00:00	0:00:00	140	2.0
22/05/2019	3:30:00	3:50:00	195	0.3
24/05/2019	17:10:00	17:40:00	61	0.5
29/05/2019	3:00:00	3:15:00	129	0.3
15/06/2019	16:10:00	17:10:00	1116	1.0
23/07/2019	18:20:00	18:50:00	1633	0.5
26/07/2019	14:00:00	15:00:00	91	1.0
27/07/2019	16:00:00	19:00:00	25	3.0
13/08/2019	14:30:00	15:00:00	1123	0.5
10/09/2019	14:20:00	14:50:00	1391	0.5
15/10/2019	19:00:00	19:35:00	1564	0.6
12/11/2019	23:10:00	23:40:00	1371	0.5
12/11/2019	20:45:00	21:00:00	21	0.3
30/11/2019	12:30:00	19:00:00	447	6.5

2/12/2019	22:00:00	23:00:00	771	1.0
5/12/2019	07:00:00	15:00:00	80	8.0
7/12/2019	17:10:00	18:00:00	50	0.8
9/12/2019	07:00:00	08:00:00	61	1.0
9/12/2019	23:00:00	2:00:00	15	3.0
10/12/2019	4:00:00	6:00:00	26	2.0
11/12/2019	07:00:00	07:30:00	25	0.5
12/12/2019	16:40:00	18:30:00	33	1.8
12/12/2019	19:20:00	20:15:00	0	0.9
12/12/2019	6:15:00	6:40:00	10	0.4
12/12/2019	20:40:00	22:30:00	14	1.8
13/12/2019	07:00:00	08:00:00	32	1.0
14/12/2019	22:30:00	23:15:00	38	0.8

El valor de disponibilidad se calcula de acuerdo a la Ecuación 9.

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

$$D = \frac{378.9}{378.9 + 1.5} = 99.6\%$$

Notar que la disponibilidad es bastante alta y se debe a que la respuesta del mantenimiento ante las paradas es muy rápida siendo aproximadamente 1.5 horas de tiempo fuera de servicio.

### **3.5.4.2. Cálculo de disponibilidad de la unidad de inyección de la máquina 2.**

Para obtener la disponibilidad es necesario primero contar con el tiempo medio de reparación, siendo éste igual a 1.7 horas. Éste valor es obtenido a partir de los datos de la cuarta columna de la tabla 22.

**Tabla 22**

*Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 2.*

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)
27/03/2019	11:30:00	13:00:00	0	1.5
28/03/2019	10:50:00	11:10:00	45	0.3
3/04/2019	4:00:00	5:00:00	136	1.0
16/04/2019	3:10:00	3:35:00	334	0.4
23/04/2019	19:35:00	19:50:00	184	0.3
2/05/2019	08:00:00	10:00:00	228	2.0
20/05/2019	07:55:00	08:55:00	453	1.0
14/06/2019	07:00:00	18:00:00	1318	11.0
17/06/2019	07:00:00	10:15:00	85	3.3
22/06/2019	20:40:00	21:30:00	130	0.8
2/07/2019	15:50:00	16:10:00	978	0.3
16/09/2019	19:00:00	22:00:00	2498	3.0
15/11/2019	6:45:00	7:00:00	2144	0.3
13/12/2019	1:52:00	6:00:00	1410	4.1
14/12/2019	07:20:00	08:00:00	25	0.7
14/12/2019	15:10:00	17:00:00	7	1.8

El valor de disponibilidad se calcula de acuerdo a la Ecuación 9.

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

$$D = \frac{613.7}{613.7 + 2} = 99.7\%$$

Observar que la disponibilidad es bastante alta y se debe a que la respuesta del mantenimiento ante las paradas es muy rápida siendo aproximadamente 2 horas de tiempo fuera de servicio.

#### **3.5.4.3. Cálculo de disponibilidad de la unidad de inyección de la máquina 3.**

Para obtener la disponibilidad es necesario primero contar con el tiempo medio de reparación, siendo éste igual a 2.6 horas. Éste valor es obtenido a partir de los datos de la cuarta columna de la tabla 23.

**Tabla 23**

*Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 3.*

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)
7/01/2019	16:20:00	18:40:00	0	2.3
7/01/2019	20:15:00	23:25:00	1	3.2
15/01/2019	3:00:00	3:25:00	195	0.4
19/01/2019	22:50:00	23:20:00	115	0.5
22/01/2019	10:35:00	11:00:00	83	0.4
12/02/2019	14:05:00	17:00:00	507	2.9
13/03/2019	10:30:00	13:00:00	785	2.5
13/03/2019	08:15:00	09:00:00	19	0.8
18/05/2019	07:00:00	12:00:00	910	5.0
27/09/2019	5:40:00	7:00:00	1049	1.3
28/09/2019	10:00:00	10:30:00	27	0.5
7/10/2019	0:10:00	0:40:00	253	0.5
7/11/2019	10:30:00	14:00:00	753	3.5
10/12/2019	14:30:00	17:00:00	816	2.5
10/12/2019	14:30:00	17:00:00	21	2.5
11/12/2019	22:00:00	7:00:00	29	9.0
12/12/2019	21:00:00	1:00:00	38	4.0

El valor de disponibilidad se calcula de acuerdo a la Ecuación 9.

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

$$D = \frac{408.3}{408.3 + 2.5} = 99.4\%$$

Se puede ver que la disponibilidad es bastante alta y se debe a que la respuesta del mantenimiento ante las paradas es muy rápida siendo aproximadamente 2.5 horas de tiempo fuera de servicio.

### **3.5.4.4. Cálculo de disponibilidad de la unidad de inyección de la máquina 4.**

Para obtener la disponibilidad es necesario primero contar con el tiempo medio de reparación, siendo éste igual a 1.6 horas. Éste valor es obtenido a partir de los datos de la cuarta columna de la tabla 24.

**Tabla 24**

*Tiempos de reparaciones de unidad de inyección de la máquina 4.*

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)
9/01/2019	16:40:00	17:40:00	0	1.0
30/04/2019	11:10:00	11:40:00	1313	0.5
2/05/2019	16:00:00	17:30:00	76	1.5
2/05/2019	13:00:00	15:00:00	19	2.0
3/05/2019	2:30:00	3:00:00	35	0.5
7/05/2019	15:30:00	16:25:00	108	0.9
7/05/2019	19:00:00	20:00:00	2	1.0
8/05/2019	07:00:00	07:45:00	35	0.8
12/06/2019	5:00:00	6:30:00	861	1.5
21/06/2019	18:20:00	18:40:00	227	0.3
6/07/2019	19:00:00	23:30:00	384	4.5
9/09/2019	09:00:00	10:30:00	849	1.5
19/09/2019	6:20:00	6:50:00	259	0.5
23/09/2019	07:00:00	10:00:00	96	3.0
7/10/2019	19:00:00	2:00:00	369	7.0
9/10/2019	07:00:00	08:30:00	53	1.5

El valor de disponibilidad se calcula de acuerdo a la Ecuación 9.

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

$$D = \frac{324.9}{324.9 + 1.6} = 99.5\%$$

Se puede ver que la disponibilidad es bastante alta y se debe a que la respuesta del mantenimiento ante las paradas es muy rápida siendo aproximadamente 1.6 horas de tiempo fuera de servicio.

### **3.5.5. Estado actual del mantenimiento de máquinas inyectoras.**

#### **3.5.5.1. Estado actual de mantenimiento de máquina inyectora 1**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el apartado anterior, el tiempo medio entre fallas es 378.9 horas con 32% de confiabilidad. A simple vista se observa que es un valor muy bajo, sin embargo es importante mencionar que éste tipo de sistemas de inyección trabajan continuamente las 24 horas, 6 o 7 días a la semana. Si cada 16 días se tiene una parada por falla en la unidad de inyección, al año se tendrá 23 paradas, cada una con duración de 1.5 horas, resultando al año 34.5 horas aproximadamente.

#### **3.5.5.2. Estado actual de mantenimiento de máquina inyectora 2**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el apartado anterior, el tiempo medio entre fallas es 613.7 horas con 32% de confiabilidad. A simple vista se observa que es un valor muy bajo, sin embargo es importante mencionar que éste tipo de sistemas de inyección trabajan continuamente las 24 horas, 6 o 7 días a la semana. Si cada 26 días se tiene una parada por falla en la unidad de inyección, al año se tendrá 14 paradas, cada una con duración de 2 horas, resultando al año 28 horas aproximadamente.

#### **3.5.5.3. Estado actual de mantenimiento de máquina inyectora 3**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el apartado anterior, el tiempo medio entre fallas es 408.34 horas con 31% de confiabilidad. A simple vista se observa que es un valor muy bajo, sin embargo es importante mencionar que éste tipo de sistemas de inyección trabajan continuamente las 24 horas, 6 o 7 días a la semana. Si cada 17 días se tiene una parada por falla en la unidad de inyección, al año se tendrá 21 paradas, cada una con duración de 2.5 horas, resultando al año 52.5 horas aproximadamente.

#### **3.5.5.4. Estado actual de mantenimiento de máquina inyectora 4**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el apartado anterior, el tiempo medio entre fallas es 324.9 horas con 32% de confiabilidad. A simple vista se observa que es un valor muy

bajo, sin embargo es importante mencionar que éste tipo de sistemas de inyección trabajan continuamente las 24 horas, 6 o 7 días a la semana. Si cada 14 días se tiene una parada por falla en la unidad de inyección, al año se tendrá 26 paradas, cada una con duración de 1.6 horas, resultando al año 41.6 horas aproximadamente.

### ***3.5.6. Propuesta en el programa de mantenimiento***

#### ***3.5.6.1. Propuesta en el programa de mantenimiento para inyectora 1***

Con el objetivo de aumentar la confiabilidad del subsistema de unidad de inyección del equipo 1, se propone el intervalo de 288 horas para intervención de mantenimiento. De ésta manera la confiabilidad aumenta de 32% a 34%. Por ahora es lo que se propone en la nueva confiabilidad puesto que aumentarla más conllevaría a costos muy altos. Se espera que la disponibilidad se mantenga constante al 99% debido a que, las intervenciones de mantenimiento se realizarían en momentos fuera de producción de manera que ésta no se vea afectada, llegando a ser 26 veces anual. Al estar en etapa temprana de fallas, su tasa de fallas describe la Curva de Bañera bien definida, siendo la tasa fallas esperada 0.0028 en el programa de mantenimiento propuesto

```
#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo 288 horas
beta1= 0.61241823
alfa1= 258.59922950
round(1-pweibull(288,beta1,alfa1),2)
0.34

#Cálculo de tasa de fallas para un tiempo 288 horas.
beta1= 0.61241823
alfa1= 258.59922950
x= 324.9483
dweibull(x,beta1,alfa1)/(1-pweibull(x,beta1,alfa1))
0.0021675932695243
```

#### ***3.5.6.2. Propuesta en el programa de mantenimiento para inyectora 2***

Con el objetivo de aumentar la confiabilidad del subsistema de unidad de inyección del equipo 2, se propone el intervalo de 288 horas para intervención de mantenimiento. De ésta

manera la confiabilidad aumenta de 32% a 52%. Por ahora es lo que se propone en la nueva confiabilidad puesto que aumentarla más conllevaría a costos muy altos. Se espera que la disponibilidad se mantenga constante al 99% debido a que, las intervenciones de mantenimiento se realizarían en momentos fuera de producción de manera que ésta no se vea afectada, llegando a ser 22 veces anual. Al estar en etapa temprana de fallas, su tasa de fallas describe la Curva de Bañera bien definida, siendo la tasa fallas esperada 0.0017 en el programa de mantenimiento propuesto.

```
#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo 288 horas  
beta1= 0.7435279  
alfa1= 511.8764518  
round(1-pweibull(288,beta1,alfa1),2)  
0.52  
#Cálculo de tasa de fallas para un tiempo 288 horas.  
beta1= 0.7435279  
alfa1= 511.8764518  
x= 288  
dweibull(x,beta1,alfa1)/(1-pweibull(x,beta1,alfa1))  
0.00168341750205837
```

### **3.5.6.3. Propuesta en el programa de mantenimiento para inyectora 3**

Con el objetivo de aumentar la confiabilidad del subsistema de unidad de inyección del equipo 3, se propone el intervalo de 288 horas para intervención de mantenimiento. De esta manera la confiabilidad aumenta de 31% a 40%. Por ahora es lo que se propone en la nueva confiabilidad puesto que aumentarla más conllevaría a costos muy altos. Se espera que la disponibilidad se mantenga constante al 99% debido a que, las intervenciones de mantenimiento se realizarían en momentos fuera de producción de manera que ésta no se vea afectada, llegando a ser 26 veces anual. Al estar en etapa temprana de fallas, su tasa de fallas describe la Curva de Bañera bien definida, siendo la tasa fallas esperada 0.0023 en el programa de mantenimiento propuesto.

```
#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo 288 horas
```

```

beta1= 0.7189185
alfa1= 330.6758113
round(1-pweibull(288,beta1,alfa1),2)
0.4
#Cálculo de tasa de fallas para un tiempo 288 horas.
beta1= 0.7189185
alfa1= 330.6758113
x= 288
dweibull(x,beta1,alfa1)/(1-pweibull(x,beta1,alfa1))
0.00226018982619816

```

### **3.5.6.4. Propuesta en el programa de mantenimiento para inyectora 4**

Con el objetivo de aumentar la confiabilidad del subsistema de unidad de inyección del equipo 4, se propone el intervalo de 288 horas para intervención de mantenimiento. De ésta manera la confiabilidad aumenta de 32% a 35%. Por ahora es lo que se propone en la nueva confiabilidad puesto que aumentarla más conllevaría a costos muy altos. Se espera que la disponibilidad se mantenga constante al 99% debido a que, las intervenciones de mantenimiento se realizarían en momentos fuera de producción de manera que ésta no se vea afectada, llegando a ser 19 veces anual. Al estar en etapa temprana de fallas, su tasa de fallas describe la Curva de Bañera bien definida, siendo la tasa fallas esperada 0.0027 en el programa de mantenimiento propuesto.

```

#Cálculo del valor de confiabilidad R(t) para un tiempo 288 horas
beta1= 0.7467758
alfa1= 271.9479325
round(1-pweibull(288,beta1,alfa1),2)
0.35
#Cálculo de tasa de fallas para un tiempo 288 horas.
beta1= 0.7467758
alfa1= 271.9479325
x= 288
dweibull(x,beta1,alfa1)/(1-pweibull(x,beta1,alfa1))
0.00270643429783855

```

Por lo dicho en los apartados del ítem 3.5.6, las actividades de mantenimiento involucrados con el subsistema de unidad de inyección de las máquinas inyectadoras, éstos

equipos deben ser intervenidos para actividades programados de inspección y reparación cada 288 horas, es decir cada 14 días. Las tareas de mantenimiento que deben realizarse corresponden a los modos de falla 1.A.3; 1.A.5; 1.A.6 y 1.I.2. Por otro lado los modos de falla 1.L.2 y 1.M.1, que corresponden a los subsistemas de los moldes (que son los equipos más críticos), serán atendidos cuando éstos componentes no estén programados durante la producción

El anexo 57 muestra las tareas para los modos de falla mencionados.

Fuentes et al. (2017), en su artículo muestran mediante la aplicación de su modelo, que debe hacerse una intervención de reemplazo de la válvula termostática cada 275 horas, lo que inicialmente se hacía cada 115 horas.

### ***3.5.7. Cálculos en los importes de parada de máquinas.***

De acuerdo al presupuesto de la planta en evaluación se estima la inversión económica por el trabajo realizado por cada uno de los participantes en el proceso de producción y tareas de mantenimiento en el anexo 58. También se examina el precio de cada uno de los artículos que se fabrica en el anexo 59.

Canchaya y Nato (2019), obtienen los costos por fallo a través de la sumatoria de los costos de parada de flota y del correctivo.

En ésta investigación el costo por fallo estará dado por la sumatoria del costo de mantenimiento y su correspondiente costo por pérdida de producción.

Es importante mencionar que las máquinas inyectoras trabajan 24 horas al día, 6 o 7 días a la semana.

#### ***3.5.7.1. Cálculo de los costos de parada de máquina inyectora 1***

El anexo 60 muestra las intervenciones para el subsistema de inyección de la máquina 1 en el año 2019, cada intervención con su correspondiente costo.

El costo total de mantenimiento para el subsistema crítico en estudio se obtiene mediante la Ecuación 26, en el que el costo de conservación preventiva anual es igual a 19977 soles y el coste neto de fallos se obtiene a partir de la Ecuación 29, siendo éste igual a: 45235.8 soles

El mismo procedimiento se realiza en el plan de mantenimiento mejorado mostrado en el anexo 61.

El costo por mantenimiento que involucra a la unidad de inyección al año es 65213.2 soles para la inyectora 1. Éste resultado ha sido calculado incluyendo los costos de producción por las unidades dejadas de producir por la indisponibilidad de la máquina.

En el anexo 61 se calcula los costos del plan mejorado de mantenimiento para éste equipo. El costo estimado es de 36503.4 soles anual en la que comparado con el plan de mantenimiento actual logra un ahorro de 28709.8 soles, que constituye el 44% de ahorro.

### **3.5.7.2. Cálculo de los costos de parada de máquina inyectora 2**

El anexo 62 muestra las intervenciones para el subsistema de inyección de la máquina 2 en el año 2019, cada intervención con su correspondiente costo. Éste anexo indica la situación de mantenimiento actual y las pérdidas de producción ocasionadas por fallas funcionales.

El costo total de mantenimiento para el subsistema crítico en estudio se obtiene mediante la Ecuación 26, en el que el costo de conservación preventiva anual es igual a 19977 soles y el coste neto de fallos se obtiene a partir de la Ecuación 29, siendo éste igual a : 26402.7 soles, que corresponde a las intervenciones de mantenimiento correctivo y pérdidas de producción.

El costo por mantenimiento que involucra a la unidad de inyección al año es 46380.1 soles para la inyectora 2. Éste resultado ha sido calculado incluyendo los costos de producción por las unidades dejadas de producir debido a la indisponibilidad de la máquina.

El mismo procedimiento se realiza en el plan de mantenimiento mejorado mostrado en el anexo 63.

En el anexo 63 se calcula los costos del plan mejorado de mantenimiento preventivo para éste equipo. El costo estimado de las tareas de mantenimiento es de 28840.5 soles anual en la

que comparado con el plan de mantenimiento actual logra un ahorro de 688.7 soles, que constituye el 2% de ahorro, solamente considerando los costos asociados al mantenimiento.

A pesar de no tener un beneficio económico notable en los costos de mantenimiento, con la aplicación de un programa basado en la confiabilidad se tiene un beneficio económico de 16850.9 soles aproximadamente correspondiente a producción, además de los 688.7 soles mencionados en el párrafo anterior. El beneficio económico con la aplicación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad es 17539.6 soles, asociados al subsistema de unidad de inyección de la máquina 2.

#### **3.5.7.3. Cálculo de los costos de parada de máquina inyectora 3**

En el anexo 64 se muestra las intervenciones para el subsistema de inyección de la máquina 3 en el año 2019, cada intervención con su correspondiente costo.

El costo total de mantenimiento para el subsistema crítico en estudio se obtiene mediante la Ecuación 26, en el que el costo de conservación preventiva anual es igual a 19977 soles y el coste neto de fallos se obtiene a partir de la Ecuación 29, siendo éste igual a : 40770.2 soles.

El mismo procedimiento se realiza en el plan de mantenimiento mejorado mostrado en el anexo 65.

El costo por mantenimiento que involucra a la unidad de inyección al año es 60747.6 soles para la inyectora 3. Éste resultado ha sido calculado incluyendo los costos de producción por las unidades dejadas de producir por la indisponibilidad de la máquina.

En el anexo 65 se calcula los costos del plan mejorado de mantenimiento para éste equipo. El costo estimado es de 41581.5 soles anual en la que comparado con el plan de mantenimiento actual logra un ahorro de 19166.1 soles, que constituye el 31.5% de ahorro.

#### **3.5.7.4. Cálculo de los costos de parada de máquina inyectora 4**

En el anexo 66 se muestra las intervenciones para el subsistema de inyección de la máquina 4 en el año 2019, cada intervención con su correspondiente costo.

El costo total de mantenimiento para el subsistema crítico en estudio se obtiene mediante la Ecuación 26, en el que el costo de conservación preventiva anual es igual a 19977 soles y el coste neto de fallos se obtiene a partir de la Ecuación 29, siendo éste igual a: 26467.8 soles.

El mismo procedimiento se realiza en el plan de mantenimiento mejorado mostrado en el anexo 67.

El costo por mantenimiento al año es 46444.8 soles para la inyectora 4. Éste resultado ha sido calculado incluyendo los costos de producción por las unidades dejadas de producir por la indisponibilidad de la máquina.

En el anexo 67 se calcula los costos del plan mejorado de mantenimiento para éste equipo. El costo estimado es de 30455.5 soles anual en la que comparado con el plan de mantenimiento actual logra un ahorro de 15989.3 soles, que constituye el 34.4% de ahorro.

Fuentes et al. (2017), obtuvieron una correlación positiva en los modos de falla que estudiaron, incrementando la frecuencia de intervención a 275 horas manteniendo la confiabilidad y logrando un ahorro del 75% en gastos de mantenimiento. Mejoraron el plan de mantenimiento integrando los modos de falla analizados para intervenirlos en una sola operación, de ésta manera de cada 115 horas que eran inicialmente intervenidos los modos de falla, posteriormente sería cada 275 horas. Finalmente las intervenciones de mantenimiento anual disminuyó de 48 a 12.

Hosseini et al. (2020), logran la optimización del plan de mantenimiento mediante la minimización de tareas agrupándolas de manera conveniente de tal forma que disminuye el número de intervenciones.

Valverde y Arestegui (2019) en su estudio realizan los cálculos de parámetros de confiabilidad empleando los tiempos de inicio entre fallas de sus equipos críticos. Con el fin de mejorar su plan de mantenimiento, establecen que los intervalos de intervención de los equipos críticos seleccionados deben ser a 85% de valor en confiabilidad que se vincula con el estándar de clase mundial, de ésta forma los intervalos que inicialmente eran cada 30 días, ahora serían

cada 80 días aproximadamente disminuyendo los costos de mantenimiento, pudiendo hacerlo hasta 9.5% de la gestión actual.

Los equipos analizados son intervenidos para tareas de mantenimiento 2 veces anual.

### **3.6. Análisis y dirección de activos.**

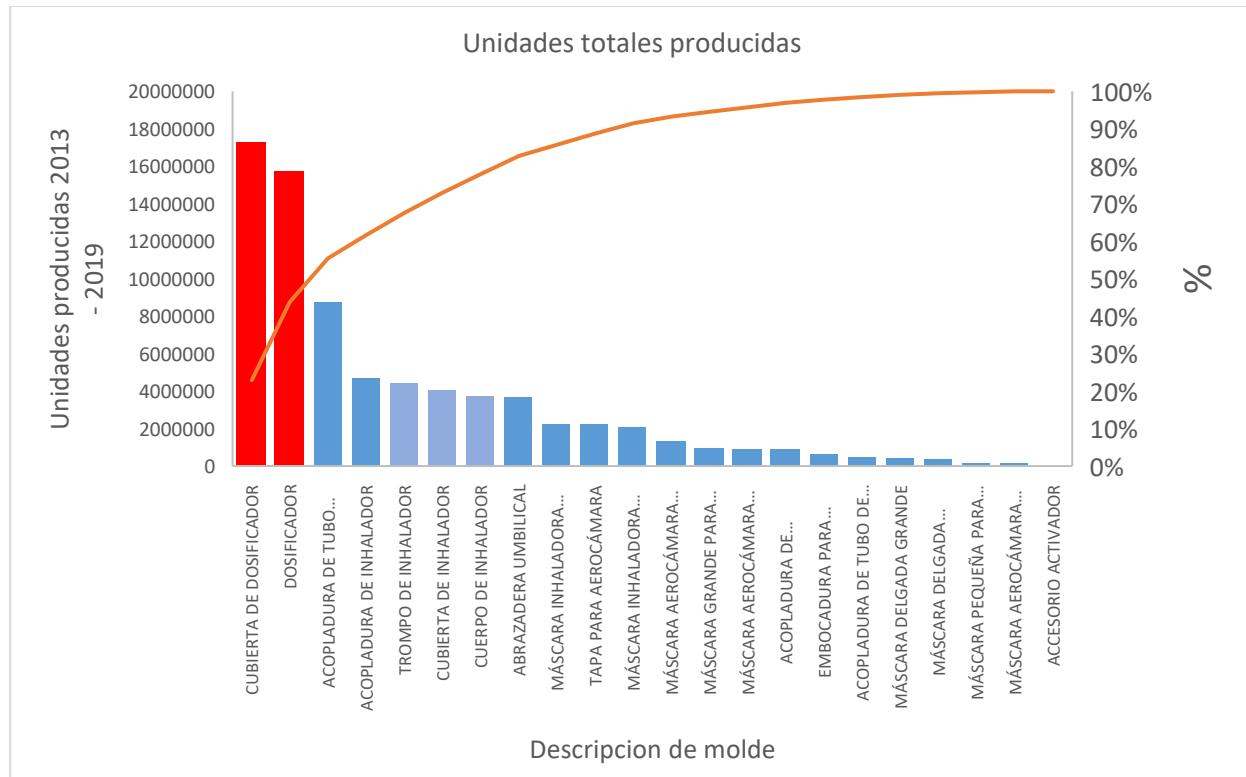
De acuerdo a la figura 13, figura 14, figura 16, figura 17, figura 19, figura 20, figura 22 y figura 23, el subsistema que más cantidad de paradas y tiempo de paradas tiene, son los moldes. Los moldes tienen la ventaja de trabajar en cualquier inyectora independientemente de la antigüedad de la máquina.

De acuerdo a Blank y Tarquin (2006), en el estudio de reemplazo y conservación de dos activos en el que uno de ellos busca mantener su posición (defensor) y el otro busca reemplazar al primero (retador), se elige el que tiene menor valor anual en el instante que cumpla con dicho valor.

Los activos analizados son moldes, y los que tienen más demanda de producción son; dosificador y cubierta de dosificador, según la figura 26, por lo que serán analizados en el estudio de reemplazo y conservación.

**Figura 26**

*Unidades totales producidas para cada molde.*



Tambien será incluido los moldes de cuerpo de inhalador, trompo de inhalador, cubierta de inhalador. Los moldes acopladura de tubo para máscara y acopladura de inhalador no serán comprendidos en éste apartado por falta de datos.

Según Melchor (2014), la cantidad de ciclos de un molde de inyección es de un millón y medio, pudiendo llegar hasta 4 millones de prensadas.

Teniendo las unidades producidas al año y los costos se obtienen los valores anuales de cada participante.

Los activos de reemplazo mencionados a continuación son moldes de colada caliente que tienen ventajas de consumir menos materia prima en cada prensada con ciclos menores a un molde ordinario de inyección, sin embargo requieren una inversión inicial muy grande.

### ***3.6.1. Estudio de reemplazo o conservación del molde cubierta de dosificador:***

El molde defensor tiene un ciclo de 18 segundos y el molde reemplazante tiene un ciclo estimado de 15 segundos.

Costo de molde nuevo: 50000 dólares.

Valor de molde actual: 10889 dólares.

Tasa: 12%.

En los anexos 68 y 69 se calculan los valores anuales totales de los activos defensor y retador respectivamente, obtenidos a partir de los valores de recuperación de capital y costo de operación anual.

El valor anual total se consigue con la Ecuación 23, mientras que la recuperación de capital y el valor anual del costo de operación se obtienen con las ecuaciones de la tabla 5.

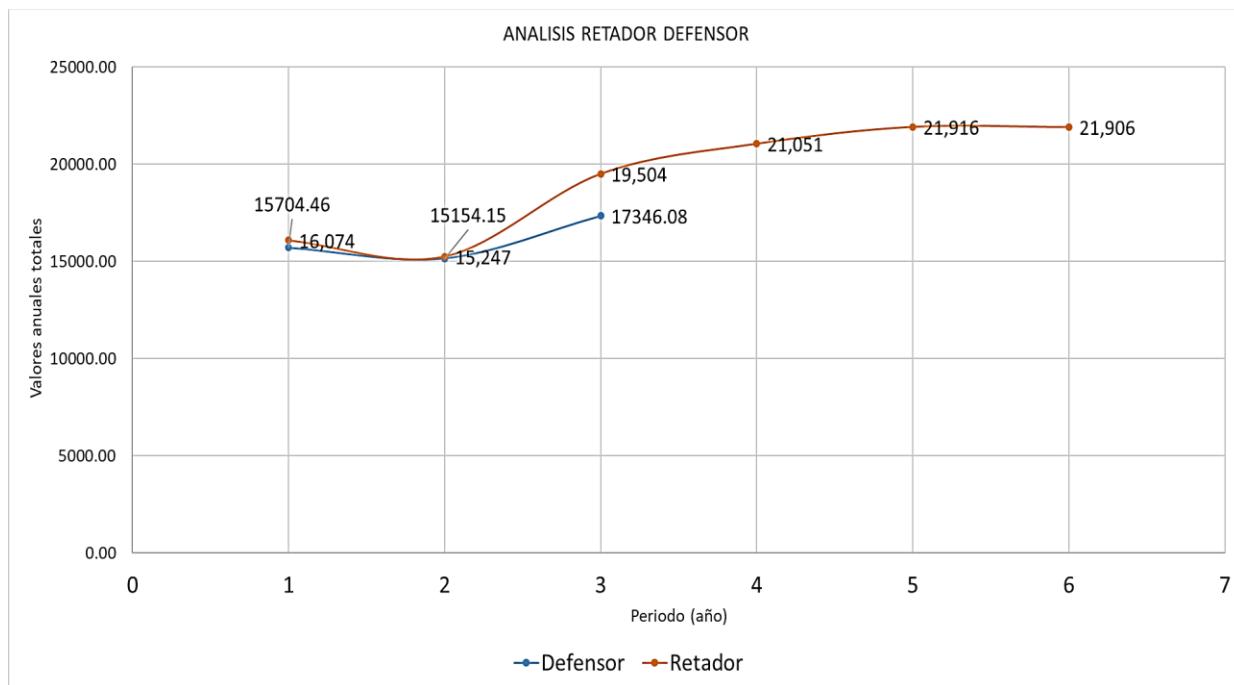
Se elige al activo defensor conservándolo un año más, a partir del segundo año se evalúa reemplazarlo con el activo retador analizado.

Siguiendo el procedimiento indicado por Blank y Tarquin (2006), se elige el que tiene el mejor valor anual observándose que el activo defensor tiene un valor más bajo en el primer año, siendo factible el reemplazo a partir del segundo año. Si bien es cierto que el molde nuevo tiene que recuperar más capital, los valores de costo de operación anual son menores.

La figura 27 muestra los valores anuales de ambos activos para un periodo de 6 años.

**Figura 27**

*Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de cubierta de dosificador.*



Los flujos de efectivos se calculan de acuerdo al formato dado por Lawrence (2007). Los resultados se muestran en la tabla 27, obtenidos por simulación montecarlo. La tabla 25 y tabla 26 contienen la información necesaria asociada a costos, impuestos y precio de venta.

**Tabla 25**

*Inversión inicial y precio de venta del activo nuevo cubierta de dosificador.*

Inversión inicial	50000
Precio de venta	0.003762 \$/unidad
Impuesto a la renta anual	5.00%

**Tabla 26**

*Costos operativos del activo nuevo cubierta de dosificador.*

Costo total mp x día	57.64 \$
\$ COSTO DE MO x dia x 3 turnos	58.91 \$
\$ Costo de la energía eléctrica mensual x día	14.65 \$

Costo de capital: 12%

**Tabla 27**

*Flujos de efectivo del activo nuevo cubierta de dosificador.*

	Año	0	1	2	3	4	5	6
Demanda	50000	10080000	4032000	10080000	10080000	10080000	10080000	10080000
Ingreso (\$)		37920.96	15168.38	37920.96	37920.96	37920.96	37920.96	37920.96
Costos fijos (\$)		-10069.7	-4027.9	-10069.7	-10069.7	-10069.7	-10069.7	-10069.7
Depreciación		10500	4200	10500	10500	10500	10500	10500
Utilidad antes de impuestos		38351.22	15340.49	38351.22	38351.22	38351.22	38351.22	38351.22
Impuestos		-1917.56	-767.024	-1917.56	-1917.56	-1917.56	-1917.56	-1917.56
Utilidad despues de impuestos		36433.66	14573.46	36433.66	36433.66	36433.66	36433.66	36433.66
Flujo neto de efectivo		50000	25933.66	10373.46	25933.66	25933.66	25933.66	25933.66

**Tabla 28**

*Indicadores de rentabilidad del activo nuevo cubierta de dosificador.*

Valor presente neto (VAN)	44,219
Tasa interna de retorno (TIR)	38.20%
Beneficio costo (B/C)	1.9
RESULTADO	SE ACEPTA

Conforme a la tabla 28 al ser el valor presente neto mayor a cero, la TIR de retorno mayor al costo de capital, el proyecto de inversión se acepta. El beneficio-costo es 2 aproximadamente.

### **3.6.2. Estudio de reemplazo o conservación del molde dosificador:**

El molde defensor tiene un ciclo de 18 segundos y el molde reemplazante tiene un ciclo estimado de 15 segundos.

Activo defensor: 12783 dólares.

Activo retador: 54500 dólares.

Tasa: 12%

En los anexos 70 y 71 se calculan los valores anuales totales de los activos defensor y retador respectivamente, obtenidos a partir de los valores de recuperación de capital y costo de operación anual.

El valor anual total se consigue con la Ecuación 23, mientras que la recuperación de capital y el valor anual del costo de operación se obtienen con las ecuaciones de la tabla 5.

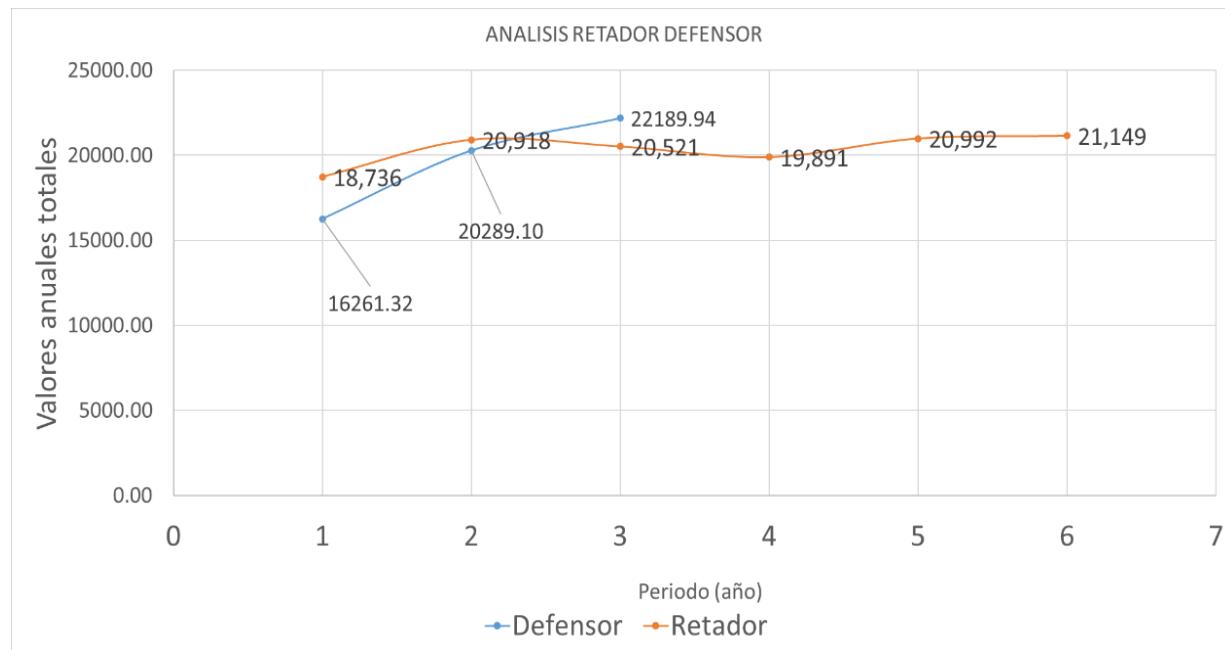
El molde defensor se conserva dos años más y a partir del tercer año se evalúa nuevamente hacer el reemplazo.

Siguiendo el procedimiento indicado por Blank y Tarquin (2006), se elige el que tiene el mejor valor anual observándose que el activo defensor tiene un valor más bajo en los dos primeros años, siendo factible el reemplazo a partir del tercer año. Si bien es cierto que el molde nuevo tiene que recuperar más capital, los valores de costo de operación anual son menores.

La figura 28 muestra los valores anuales de ambos activos para un periodo de 5 años.

**Figura 28**

*Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo dosificador.*



Los flujos de efectivos se calculan de acuerdo al formato dado por Lawrence (2007). Los resultados se muestran en la tabla 31, obtenidos por simulación montecarlo. La tabla 29 y tabla 30 contienen la información necesaria asociada a costos, impuestos y precio de venta.

**Tabla 29**

*Inversión inicial y precio de venta del activo nuevo dosificador.*

Inversión inicial	54500
Precio de venta	0.003762 \$/unidad
Impuesto a la renta anual	5.00%

**Tabla 30**

*Costos operativos del activo nuevo dosificador.*

Costo total mp x día	49.96 \$
\$ COSTO DE MO x dia x 3 turnos	58.91 \$
\$ Costo de la energía eléctrica mensual x día	14.65 \$

**Tabla 31**

*Flujos de efectivo del activo nuevo dosificador.*

Año	0	1	2	3	4	5	6
Demanda	54500	10080000	10080000	10080000	10080000	10080000	4032000
Ingreso (\$)		37920.96	37920.96	37920.96	37920.96	37920.96	15168.38
Costos fijos (\$)		-9480.49	-9480.49	-16480.5	-14480.5	-14480.5	-3792.19
Depreciación		11445	11445	11445	11445	11445	4578
Utilidad antes de impuestos		39885.47	39885.47	32885.47	34885.47	34885.47	15954.19
Impuestos		-1994.27	-1994.27	-1644.27	-1744.27	-1744.27	-797.709
Utilidad después de impuestos		37891.2	37891.2	31241.2	33141.2	33141.2	15156.48
Flujo neto de efectivo	-54500	26446.2	26446.2	19796.2	21696.2	21696.2	10578.48

**Tabla 32**

*Indicadores de rentabilidad del activo nuevo dosificador.*

Valor presente neto (VAN)	30,698
Tasa interna de retorno (TIR)	32.33%
Beneficio costo (B/C)	1.6
RESULTADO	SE ACEPTA

Nuevamente, de acuerdo a la tabla 32 se obtiene el valor presente neto mayor a cero y la TIR (tasa interna de retorno) mayor al costo de capital, por lo tanto el proyecto de inversión se acepta. El beneficio-costo es 2 aproximadamente.

Se hace una simulación Montecarlo para la obtención de las unidades producidas para 3 años más a partir del año actual del mismo activo defensor con base en el historial de unidades fabricadas entre los años 2017 y 2019 de éste mismo activo. Éste procedimiento se realiza para los moldes dosificador y cubierta de dosificador.

### ***3.6.3. Estudio de reemplazo o conservación del molde cuerpo de inhalador:***

El molde defensor tiene un ciclo de 30 segundos y el molde reemplazante tiene un ciclo estimado de 24 segundos.

Costo de molde nuevo: 38000 dólares.

Valor de molde actual: 6153 dólares.

Tasa: 12%.

En los anexos 72 y 73 se calculan los valores anuales totales de los activos defensor y retador respectivamente, obtenidos a partir de los valores de recuperación de capital y costo de operación anual.

El valor anual total se consigue con la Ecuación 23, mientras que la recuperación de capital y el valor anual del costo de operación se obtienen con las ecuaciones de la tabla 5.

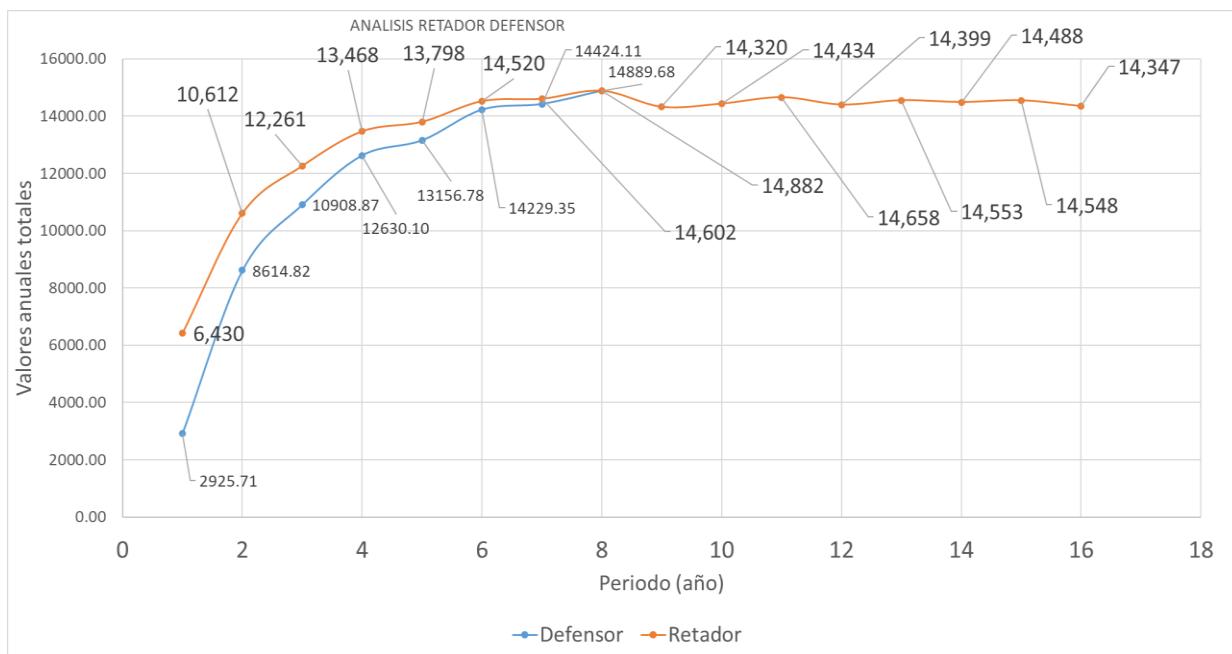
Si bien es cierto que el activo retador tiene menor valor anual en costos de operación, aproximadamente 20% menos, la recuperación de capital es mucho mayor para el molde nuevo en comparación del actual, llegando a ser 4 veces mayor en promedio.

Siguiendo el procedimiento indicado por Blank y Tarquin (2006), se elige el que tiene el mejor valor anual, es decir el menor valor. Haciendo una simulación Montecarlo se ve que es preferible conservar el activo actual un periodo de al menos 7 años más. A partir del octavo año puede analizarse con un nuevo activo retador o el mismo con el que se está evaluando en la actualidad.

La figura 29 muestra los valores anuales de ambos activos para un periodo de 15 años.

**Figura 29**

*Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo cuerpo de inhalador.*



Los flujos de efectivos se calculan de acuerdo al formato dado por Lawrence (2007). Los resultados se muestran en la tabla 35, obtenidos por simulación montecarlo. La tabla 33 y la tabla 34 contienen la información necesaria asociada a costos, impuestos y precio de venta.

**Tabla 33**

*Inversión inicial y precio de venta del activo nuevo cuerpo de inhalador.*

Inversión inicial	38000
Precio de venta	0.078462306 \$/unidad
Impuesto a la renta anual	5.00%

**Tabla 34**

*Costos operativos del activo nuevo cuerpo de inhalador.*

Costo total mp x día	31.04 \$
\$ COSTO DE MO + CARGA SOCIAL (48%) x dia x 3 turnos	58.91 \$
\$ Costo de la energía eléctrica mensual x día	14.65 \$

**Tabla 35***Flujos de efectivo del activo nuevo cuerpo de inhalador.*

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Demanda	38000	108000	864000	756000	864000	648000	972000	648000	864000	24000	756000	972000	216000	972000	540000	864000	108000	
Ingreso (\$)	8473.93	67791.43	59317.5	67791.43	50843.57	76265.36	50843.57	67791.43	1883.095	59317.5	76265.36	16947.858	76265.36	42369.6451	67791.43	8473.32		
Costos fijos (\$)	-	2654.86	-5544.87	-5132.01	-5544.87	-4719.15	-5957.73	-4719.15	-5544.87	-91.7464	-2890.01	-3715.73	825.718026	-3715.73	2064.29507	-3302.87	-412.86	
Depreciación	342	2736	2394	2736	2052	3078	2052	2736	76	2394	3078	684	3078	1710	2736	342		
Utilidad antes de impuestos	6161.07	64982.56	56579.49	64982.56	48176.42	73385.63	48176.42	64982.56	1867.349	58821.49	75627.63	16806.14	75627.63	42015.35	67224.56	8403.07		
Impuestos	-308.05	-3249.13	-2828.97	-3249.13	-2408.82	-3669.28	-2408.82	-3249.13	-93.3674	-2941.07	-3781.38	840.307001	-3781.38	-2100.7675	-3361.23	-420.15		
Utilidad después de impuestos	5853.02	61733.43	53750.52	61733.43	45767.6	69716.35	45767.6	61733.43	1773.981	55880.42	71846.25	15965.833	71846.25	39914.5825	63863.33	7982.92		
Flujo neto de efectivo	-	38000	5511.02	58997.43	51356.52	58997.43	43715.6	66638.35	43715.6	58997.43	1697.981	53486.42	68768.25	15281.833	68768.25	38204.5825	61127.33	7640.92

**Tabla 36***Indicadores de rentabilidad del activo nuevo cuerpo de inhalador.*

Valor presente neto (VAN)	267,687
Tasa interna de retorno (TIR)	85.51%
Beneficio costo (B/C)	8.04
RESULTADO	SE ACEPTA

Conforme a la tabla 36 al ser el valor presente neto mayor a cero, la TIR (tasa interna de retorno) mayor al costo de capital, el proyecto de inversión se acepta. El beneficio-costo es 8 aproximadamente.

### **3.6.4. Estudio de reemplazo o conservación del molde cubierta de inhalador:**

Molde defensor tiene un ciclo de 18 segundos y el molde reemplazante tiene un ciclo estimado de 15 segundos.

Costo de molde nuevo: 34500 dólares.

Valor de molde actual: 4075 dólares.

Tasa: 12%.

En el anexo 74 y anexo 75 se calculan los valores anuales totales de los activos defensor y retador respectivamente, obtenidos a partir de los valores de recuperación de capital y costo de operación anual.

El valor anual total se consigue con la ecuación 23, mientras que la recuperación de capital y el valor anual del costo de operación se obtienen con las ecuaciones de la tabla 5.

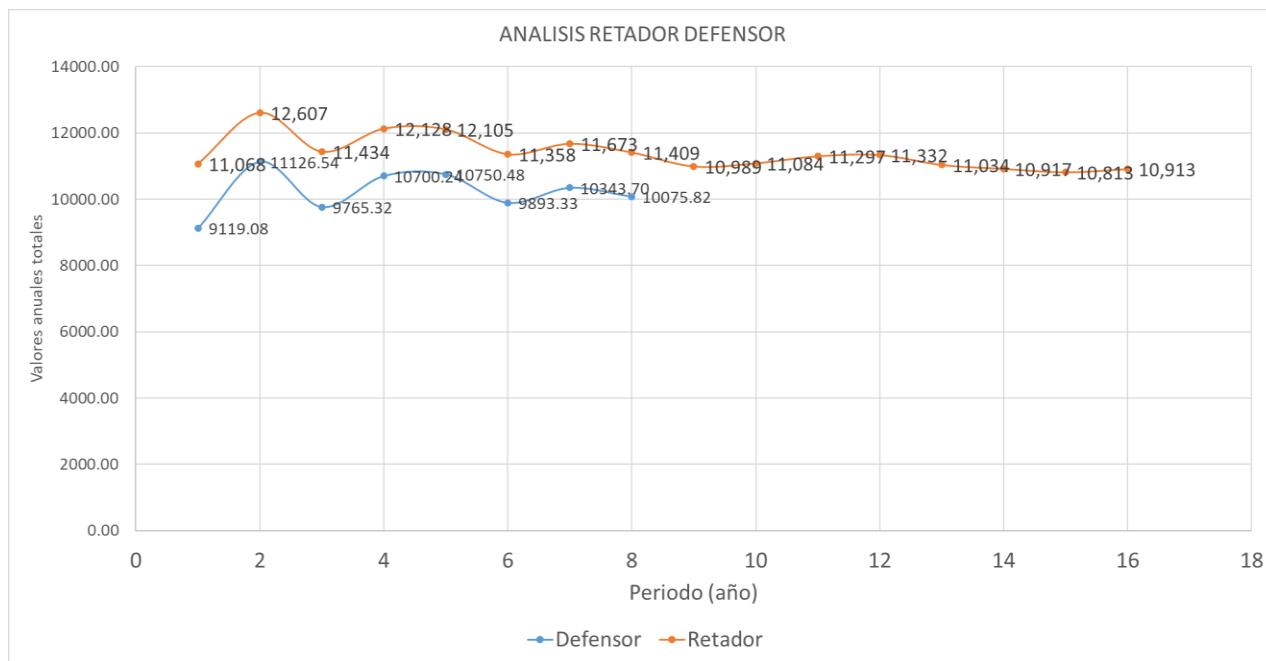
Siguiendo el procedimiento indicado por Blank y Tarquin (2006), se elige el que tiene el mejor valor anual observándose que el molde actual tiene éste valor menor al del activo reemplazante disponible permitiendo su conservación hasta 8 años más.

Los valores anuales del costo de operación del activo nuevo es 30% menor que el actual, sin embargo tendría que recuperar mayor capital, siendo éste 4 veces superior al molde presente. No se tiene registro de costos de reparaciones mayores.

La figura 30 muestra los valores anuales de ambos activos para un periodo de 15 años.

**Figura 30**

*Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo cubierta de inhalador.*



Los flujos de efectivos se calculan de acuerdo al formato dado por Lawrence (2007). Los resultados se muestran en la tabla 39, obtenidos por simulación montecarlo. . La tabla 37 y la tabla 38 contienen la información necesaria asociada a costos, impuestos y precio de venta.

**Tabla 37**

*Inversión inicial y precio de venta del activo nuevo cubierta de inhalador.*

Inversión inicial	34500
Precio de venta	0.047154069 \$/unidad
Impuesto a la renta anual	5.00%

**Tabla 38**

*Costos operativos del activo nuevo cubierta de inhalador.*

Costo total mp x día	55.45 \$
\$ COSTO DE MO + CARGA SOCIAL (48%) x dia x 3 turnos	58.91 \$
\$ Costo de la energía eléctrica mensual x día	14.65 \$

**Tabla 39***Flujos de efectivo del activo nuevo cubierta de inhalador.*

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Demanda	34500	1110000.00	945000.00	270000.00	945000.00	675000.00	135000.00	945000.00	405000.00	135000.00	810000.00	1080000.00	810000.00	30000.00	405000.00	405000.00	1110000.00	
Ingreso (\$)		52341.02	44580.59	12731.80	44580.59	31829.00	6385.80	44580.59	19097.40	6385.80	38194.80	50928.39	38194.80	1414.62	19097.40	19097.40	52341.02	
Costos fijos (\$)		-3271.07	-2784.83	-795.87	-2784.83	-1989.17	-397.83	-2784.83	-1193.50	-397.83	-2387.00	-3182.67	-2387.00	-88.41	-1193.50	-1193.50	-3271.07	
Depreciación		3191.25	2716.88	776.25	2716.88	1940.63	388.13	2716.88	1164.38	388.13	2328.75	3105.00	2328.75	86.25	1164.38	1164.38	3191.25	
Utilidad antes de impuestos		52261.19	44492.64	12712.18	44492.64	31780.46	6356.09	44492.64	19068.27	6356.09	38136.55	50848.73	38136.55	1412.48	19068.27	19068.27	52261.19	
Impuestos		-2613.06	-2224.63	-635.61	-2224.63	-1589.02	-317.80	-2224.63	-953.41	-317.80	-1906.83	-2542.44	-1906.83	-70.62	-953.41	-953.41	-2613.06	
Utilidad después de impuestos		49648.13	42268.01	12076.57	42268.01	30191.43	6038.29	42268.01	18114.86	6038.29	36229.72	48306.29	36229.72	1341.84	18114.86	18114.86	49648.13	
Flujo neto de efectivo		34500	46456.88	39551.13	11300.32	39551.13	28250.81	5650.16	39551.13	16950.48	5650.16	33900.97	45201.29	33900.97	1255.59	16950.48	16950.48	46456.88

**Tabla 40***Indicadores de rentabilidad del activo nuevo cubierta de inhalador.*

Valor presente neto (VAN)	164,397
Tasa interna de retorno (TIR)	113.39%
Beneficio costo (B/C)	5.77
RESULTADO	SE ACEPTA

Acorde a la tabla 40, al ser el valor presente neto mayor a cero y la TIR (tasa interna de retorno) mayor al costo de capital, el proyecto de inversión se acepta. El beneficio-costo es 6 aproximadamente.

### **3.6.5. Estudio de reemplazo o conservación del molde trompo de inhalador:**

Molde defensor tiene un ciclo de 30 segundos y el molde reemplazante tiene un ciclo estimado de 24 segundos.

Costo de molde nuevo: 48000 dólares.

Valor de molde actual: 6358 dólares.

Tasa: 12%.

En el anexo 76 y el anexo 77 se calculan los valores anuales totales de los activos defensor y retador respectivamente, obtenidos a partir de los valores de recuperación de capital y costo de operación anual.

El valor anual total se consigue con la Ecuación 23, mientras que la recuperación de capital y el valor anual del costo de operación se obtienen con las ecuaciones de la tabla 5.

Se realiza una comparación entre los valores anuales de ambos activos, siendo elegido el que tenga menor valor en dicho instante. (Blank & Tarquin, 2006).

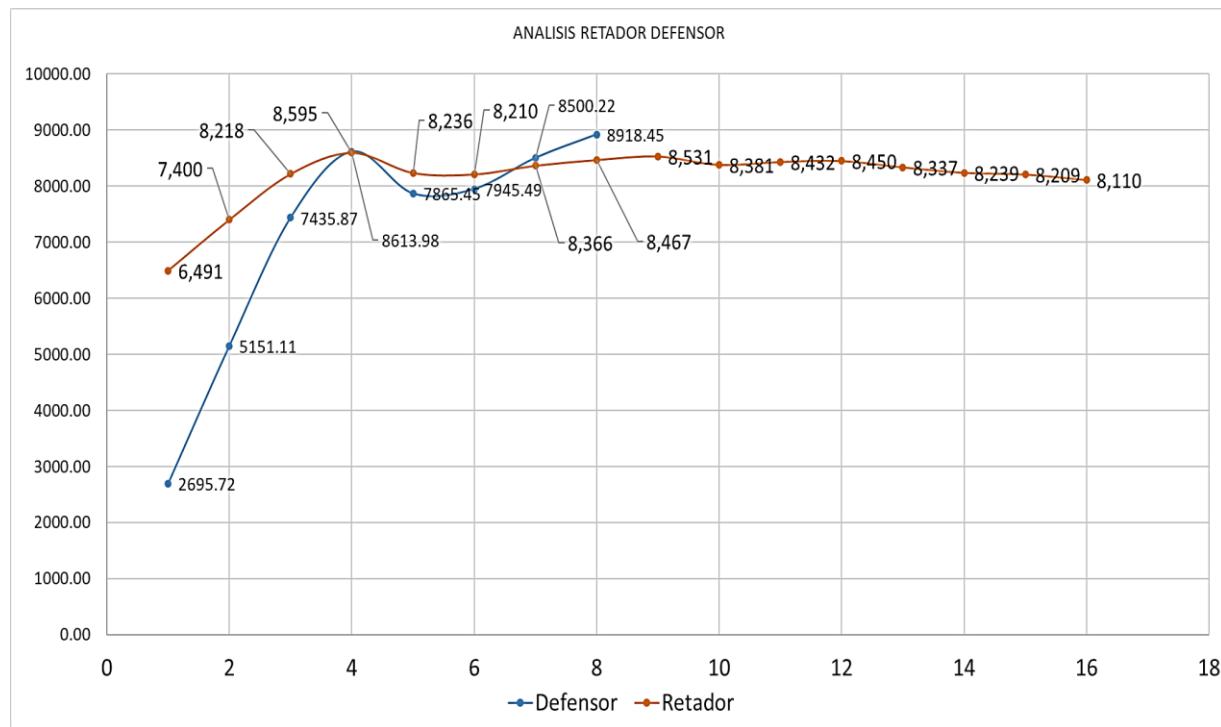
Se elige al activo defensor, conservándolo 6 años más, a partir del séptimo año se evalúa reemplazarlo con el activo retador analizado.

Los valores anuales de los costos de operación del activo actual es 3 veces más aproximadamente que los valores anuales de los costos de operación del activo retador, sin embargo éste último tiene que recuperar mayor capital siendo 5 veces más aproximadamente que el valor de recuperación de capital del molde actual. No se tiene registro de reparaciones mayores.

La figura 31 muestra los valores anuales de ambos activos para un periodo de 15 años.

**Figura 31**

*Curvas de valores anuales de los activos retador y defensor de activo trompo de inhalador.*



Los flujos de efectivos se calculan de acuerdo al formato dado por Lawrence (2007). Los resultados se muestran en la tabla 43, obtenidos por simulación montecarlo. La tabla 41 y la tabla 42 contienen la información necesaria asociada a costos, impuestos y precio de venta.

**Tabla 41**

*Inversión inicial y precio de venta del activo nuevo trompo de inhalador.*

Inversión inicial	48000
Precio de venta	0.024063662 \$/unidad
Impuesto a la renta anual	5.00%

**Tabla 42**

*Costos operativos del activo nuevo trompo de inhalador.*

Costo total mp x día	65.89 \$
\$ COSTO DE MO + CARGA SOCIAL (48%) x dia x 3 turnos	58.91 \$
\$ Costo de la energía eléctrica mensual x día	14.65 \$

**Tabla 43***Flujos de efectivo del activo nuevo trompo de inhalador.*

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Demanda	48000	330000	825000	1240000	1155000	165000	660000	1155000	1155000	330000	1240000	1155000	330000	330000	825000	110000	
Ingreso (\$)	7941.01	19852.52	29838.94	27793.53	3970.50	15882.02	27793.53	27793.53	27793.53	7941.01	29838.94	27793.53	7941.01	7941.01	19852.52	2647.00	
Costos fijos (\$)	-840.96	-2102.40	-3159.97	-2943.36	-420.48	-1681.92	-2943.36	-2943.36	-2943.36	-840.96	-3159.97	-2943.36	-840.96	-840.96	-2102.40	-280.32	
Depreciación	660.00	1650.00	2480.00	2310.00	330.00	1320.00	2310.00	2310.00	2310.00	660.00	2480.00	2310.00	660.00	660.00	1650.00	220.00	
Utilidad antes de impuestos	7760.05	19400.12	29158.97	27160.17	3880.02	15520.10	27160.17	27160.17	27160.17	7760.05	29158.97	27160.17	7760.05	7760.05	19400.12	2586.68	
Impuestos	-388.00	-970.01	-1457.95	-1358.01	-194.00	-776.00	-1358.01	-1358.01	-1358.01	-388.00	-1457.95	-1358.01	-388.00	-388.00	-970.01	-129.33	
Utilidad después de impuestos	7372.05	18430.12	27701.02	25802.16	3686.02	14744.09	25802.16	25802.16	25802.16	7372.05	27701.02	25802.16	7372.05	7372.05	18430.12	2457.35	
Flujo neto de efectivo	48000	6712.05	16780.12	25221.02	23492.16	3356.02	13424.09	23492.16	23492.16	6712.05	25221.02	23492.16	6712.05	6712.05	16780.12	2237.35	

**Tabla 44***Indicadores de rentabilidad del activo nuevo trompo de inhalador.*

Valor presente neto (VAN)	63,327
Tasa interna de retorno (TIR)	31.80%
Beneficio costo (B/C)	2.32
RESULTADO	SE ACEPTE

Acorde a la tabla 44, al ser el valor presente neto mayor a cero, la TIR (la tasa interna de retorno) mayor al costo de capital, el proyecto de inversión se acepta. El beneficio-costo es 2 aproximadamente.Canchaya y Nato (2019), calculan los tiempos óptimos de operación de sus equipos, siendo éstos aquellos cuyo costo de operación y mantenimiento sea el menor posible, tal es el caso del cilindro de clam cuyo costo mínimo resulta en 3900 horas, llegando hasta 5400 horas con 4900 dólares aproximadamente.

### **3.7. Disponibilidad en cambios de formato de producción**

Es importante mencionar que el tiempo de cambio de producción o de formato es igual a la suma de todos los tiempos de las actividades internas y externas, siendo registrado solamente la sumatoria de las actividades internas.

El objetivo es disminuir los tiempos de cambio y se puede lograr convirtiendo la mayor cantidad de actividades internas en externas. De acuerdo a la tabla 45 que muestra todas las tareas (internas y externas), la actividad 8 que consiste en posicionar la grúa para el enganche del molde en retiro se puede hacer mientras se realizan las actividades 7, 6 y 5. Por otro lado las tareas 16, 17 y 18 que corresponden al establecimiento de temperaturas, lavado de cámara y abastecimiento de materia prima (todas ellas realizadas en la unidad de inyección) se pueden realizar simultáneamente con las que se realizan en la unidad de cierre (desde el paso 15 al paso 9). La técnica smed es la más adecuada para lograr éste cambio.

**Tabla 45**

*Actividades internas y externas realizadas en cambios de producción.*

Ítem	Actividades actuales
1	Verificar la programación de cambios en el turno
2	Toma de herramientas
3	Determinar la ubicación de molde
4	Determinar la ubicación de la grúa
5	Trasladar la mesa de molde a la máquina
6	Retiro de elementos del molde saliente
7	Paralización de la máquina desde el panel de la inyectora
8	Posicionamiento de grúa para enganchar el molde de retiro.
9	Desconexión del sistema de refrigeración, aire, hidráulico y señales de mando.
10	Desajuste del molde saliente
11	Elevación del molde saliente
12	Elevación de molde entrante
13	Ajuste de molde entrante
14	Conexión de sistemas de refrigeración, aire, hidráulico y señales de mando
15	Posicionamiento del molde nuevo y regulación del cierre.
16	Establecimiento de temperaturas de trabajo.
17	Lavado de cámara
18	Abastecimiento de materia prima
19	Regulación de la máquina
20	Inicio de producción.

De las figuras 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22 y 23, se obtienen los tiempos de cambios de producción también llamados SETUP. La duración promedio de cada intervención de SETUP en la máquina inyectora 1 es 176 minutos; en la inyectora 2 el tiempo promedio de intervención por SETUP es 179 minutos; en la inyectora 3 corresponde a 131 minutos y la 4 es 103 minutos.

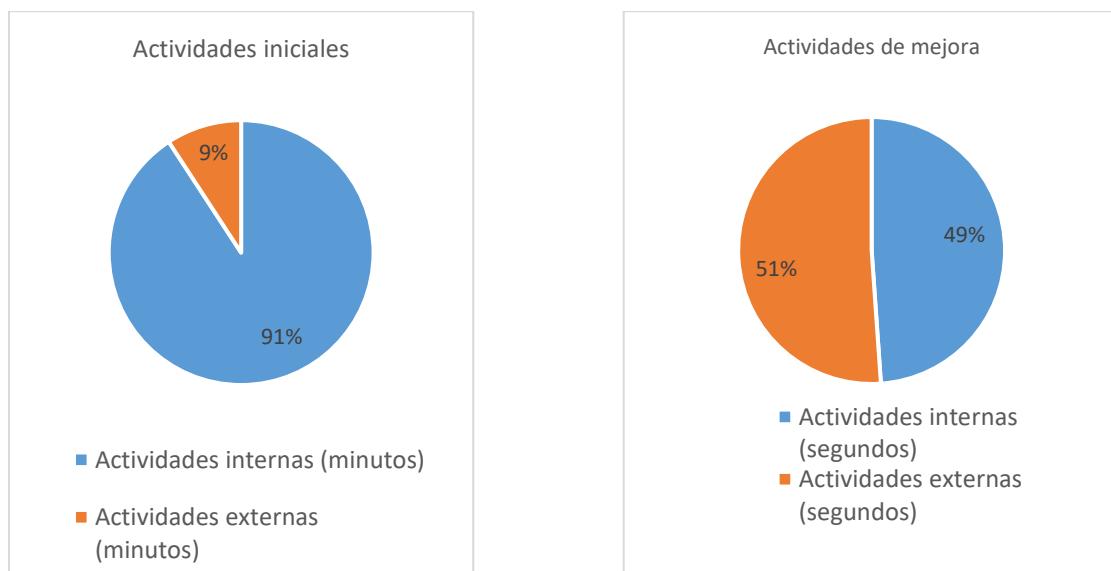
Debido a que el segundo equipo es quien posee el mayor tiempo de cambio de formato, se realizará el estudio detallado del tiempo de cambio de producción a éste mismo, replicando el mismo procedimiento a las demás inyectoras.

El anexo 78 contiene las actividades mencionadas en la tabla 45 con su correspondiente designación del tipo de actividad ya sea ésta interna o externa, además de su ponderación de tiempo en minutos en su estado inicial.

El anexo 79 presenta todas las actividades que se necesitan realizar durante un cambio de formato aplicando el método smed.

Las figuras 32, 33, 34 y 35 muestran la disminución de los tiempos de cambios de producción o cambios de formato con la aplicación de la técnica smed

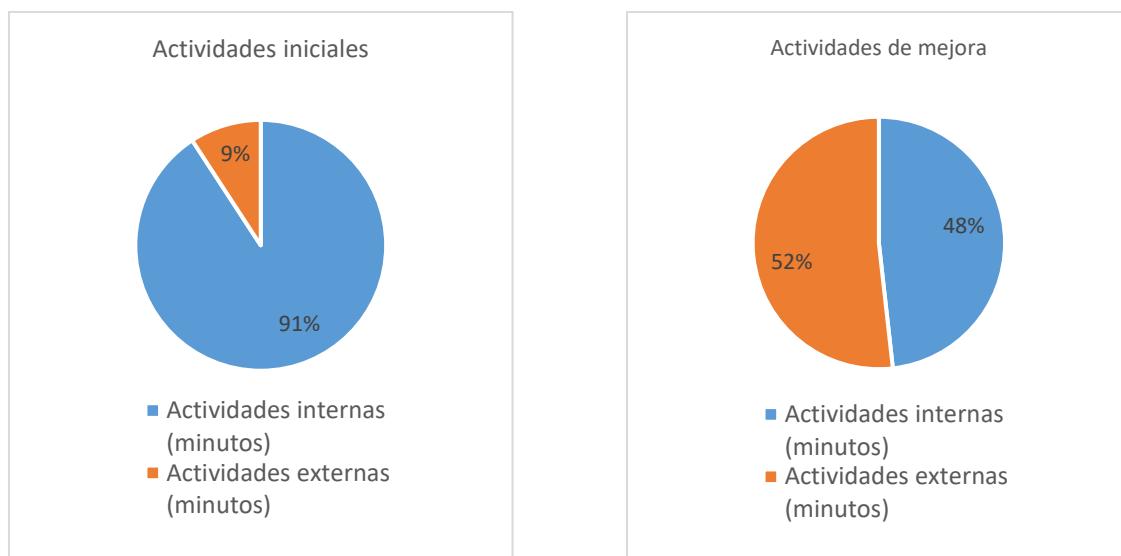
**Figura 32**  
*Actividades internas y externas en inyectora 1, antes y después de aplicación del método SMED.*



En la inyectora 1, el tiempo de las actividades internas disminuye de 91% a 49%

**Figura 33**

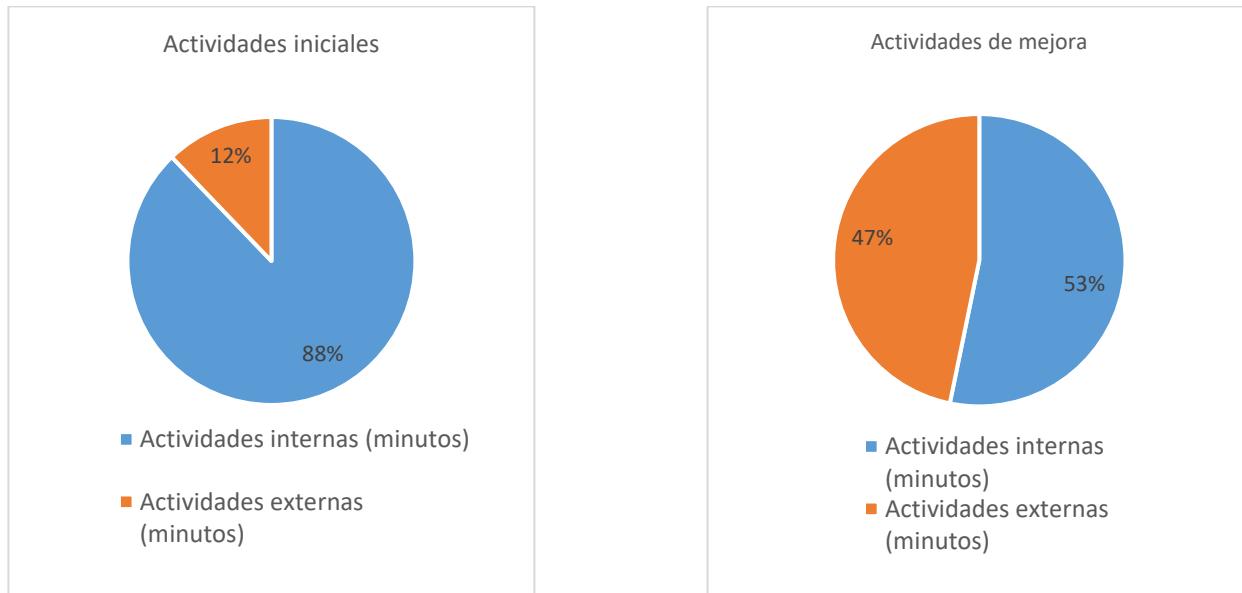
*Actividades internas y externas en inyectora 2, antes y después de aplicación del método SMED.*



En la inyectora 2, el tiempo de cambio de las tareas internas disminuye de 91% a 48%:

**Figura 34**

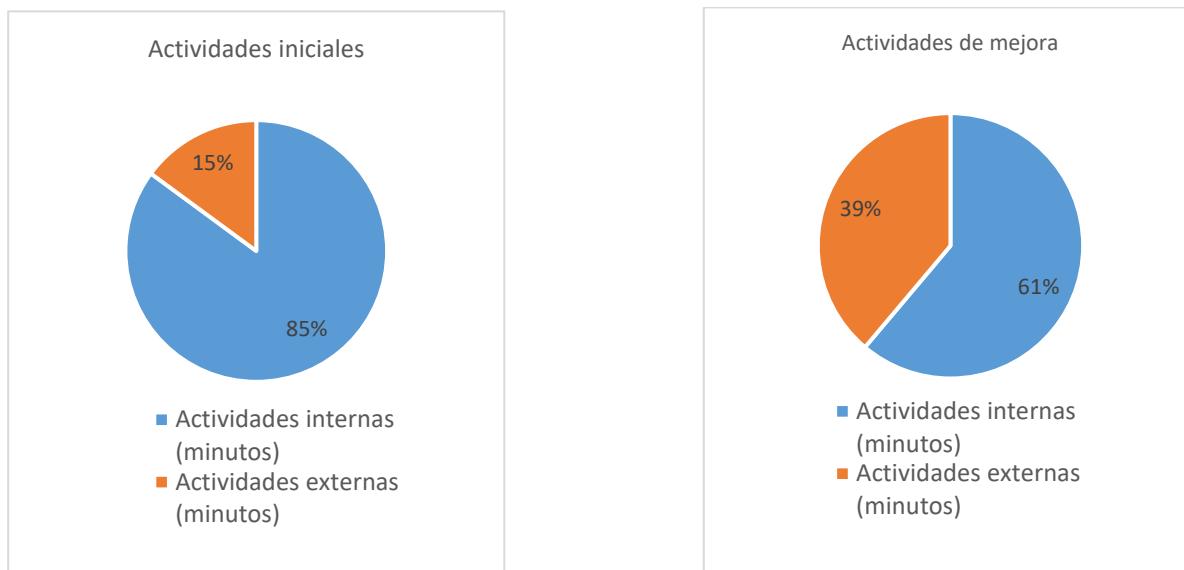
*Actividades internas y externas en inyectora 3, antes y después de aplicación del método SMED.*



Y en la inyectora 3, el tiempo de cambios de las acciones internas disminuye de 88% a 53%.

**Figura 35**

*Actividades internas y externas en inyectora 4, antes y despues de aplicación del método SMED.*



Y en la inyectora 4, el tiempo de cambios de las acciones internas disminuye de 85% a 61%.

La diferencia de los tiempos de cambio en las diferentes inyectoras se debe mayormente a que en las máquinas 3 y 4 no existe mucha variación en el tipo de materia prima a inyectar, por lo que la inversión de tiempo en lavado de cámara es muy bajo en comparación con las 2 primeras inyectoras, teniendo una diferencia hasta 78% de tiempo sólo en lavado de cámara.

Como parte del ciclo PDCA, se separa las actividades innecesarias de las que sí lo son, sin embargo en éste estudio no se eliminan aquellas, sólo se requiere reubicarlas y realizarlas paralelamente con otras labores que inevitablemente deben hacerse por sí solas de ser necesario. (Espinoza, 2019)

Espinoza (2019), en su artículo expone que se necesita el compromiso de los trabajadores involucrados por lo que los programas de capacitación serán muy importantes para que todos puedan valerse del mismo conocimiento.

## Capítulo IV. Resultados y contrastación de hipótesis

- Un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad en una planta de producción de plásticos.

Al aplicar el plan de mantenimiento basado en confiabilidad, para el subsistema crítico de unidad de inyección se obtendrá una ahorro de 81404.9 soles aproximadamente al año por todas las inyectoras. La tabla 46 contiene la información del beneficio económico al aplicar el programa de mantenimiento basado en la confiabilidad en las 4 máquinas inyectoras.

**Tabla 46**

*Ahorros por aplicación del plan de mantenimiento basado en confiabilidad de las máquinas inyectoras.*

Equipo	Costo del programa de mantenimiento acutal. (S/)	Costo del programa de mantenimiento propuesto. (S/)	Ahorro (S/)	Ahorro en porcentaje. (%)
Máquina inyectora 1	65213.2	36503.4	28709.8	44%
Máquina inyectora 2	46380.1	28840.5	17539.6	38%
Máquina inyectora 3	60747.6	41581.5	19166.2	32%
Máquina inyectora 4	46444.8	30455.5	15989.3	34%

Los valores de disponibilidad actual de cada equipo se muestra en la tabla 47.

**Tabla 47**

*Valores de disponibilidad con sus correspondientes intervalos de mantenimiento propuestos.*

Equipo	Intervalo entre intervención de mantenimiento, actual. (horas)	Valor de disponibilidad. Programa actual	Intervalo entre intervención de mantenimiento, propuesto. (horas)	Valor de disponibilidad. Programa propuesto
Inyectora 1	378.9	99.6%	288	99.9%
Inyectora 2	613.7	99.7%	288	99.9%
Inyectora 3	408.3	99.4%	288	99.9%
Inyectora 4	324.9	99.5%	288	99.9%

Se considera la disponibilidad máxima puesto que no se realizará paradas de máquina por unidad de inyección, ya que las tareas de mantenimiento se realizarán cada 288 horas lo que equivale a cada 14 días. Inicialmente los tiempos promedios para reparación se encontraban

entre 1.6 a 2.6 horas y con el programa de mantenimiento propuesto se espera que desaparezcan del intervalo de 288 horas, siendo realizados al final de éste espacio de tiempo.

Debido a que éstos equipos trabajan continuamente de lunes a sábado, las tareas de mantenimiento al subistema de inyección se realizarán cada 14 días. En ocasiones, éstas máquinas son programadas para producción 5 días a la semana, de ser así, las tareas de mantenimiento se realizarán al día 12.

Que la disponibilidad sea 99% se debe a que por razones de fuerza mayor debido a errores humanos se tenga que realizar una parada de máquina para atender una falla funcional en alguna ocasión muy especial. No se juzga a que sea un programa perfecto.

Por lo tanto queda corroborada la primera hipótesis como verdadera; el diseño de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad aumentará la disponibilidad de cada máquina de inyección, por lo tanto también aumentará la disponibilidad de planta.

- Un plan de mantenimiento basado en la gestión de activos mejora el rendimiento del proceso de fabricación en una planta de plásticos.

De la tabla 48, los valores de las columnas: Condición; Beneficio/costo; VAN; TIR que son los indicadores de rentabilidad y Periodo de conservación se obtienen del apartado 3.6, Reemplazo y conservación. Los detalles de la cuarta columna, Eficiencia, se obtienen a partir de la tabla 49.

**Tabla 48**

*Resumen de resultados en el estudio de gestión de activos críticos.*

Número de ítem	ACTIVO (MOLDE)	Condición	Eficiencia o rendimiento	Indicadores de rentabilidad			Periodo de conservación	Observaciones
				Beneficio/Costo	VAN	TIR		
1-1	CUBIERTA DE DOSIFICADO R	Propuesto	120%	2	44	38.2%		Se elige al activo defensor (actual), conservándolo un año más, a partir del segundo año se evalúa reemplazarlo con el activo retador analizado.
1-2	CUBIERTA DE DOSIFICADO R	Actual					1 año	

							2 años	El molde defensor (actual) se conserva dos años más y a partir del tercer año se evalúa nuevamente hacer el reemplazo.
2-1	DOSIFICADO R	Actual	100%					
2-2		Propuesto		2	31	32.3%		
	DOSIFICADO R		120%					
3-1	CUERPO DE INHALADOR	Actual					7 años	Se conserva el activo actual un periodo de al menos 7 años más.
3-2	CUERPO DE INHALADOR	Propuesto		8	278	85.1%		
4-1	CUBIERTA DE INHALADOR	Propuesto		6	164	113.4%		El molde actual tiene menor valor anual al molde propuesto, permitiendo su conservación hasta 8 años más.
4-2	CUBIERTA DE INHALADOR	Actual					8 años	
5-1	TROMPO DE INHALADOR	Actual					6 años	Se elige al activo defensor (actual), conservándolo 6 años más, a partir del séptimo año se evalúa reemplazarlo con el activo retador analizado.
5-2		Propuesto		2	63.3	31.8%		
	TROMPO DE INHALADOR		250%					

El rendimiento es directamente proporcional a la producción real e inversamente proporcional a la producción estándar. Chase et al. (2009).

#### De la Ecuación 4

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ estándar}$$

Los factores: Producción real y Producción estándar se muestran en la columna Unidades/día, de la tabla 49.

El factor de producción estándar es brindado por los activos defensores que son los moldes actuales que se muestra en la columna Unidades/día, por ésta razón tienen un rendimiento ideal de 100% cada uno de ellos. De hacer el reemplazo por los activos retadores el rendimiento aumenta debido a que éstos componentes producen más unidades por día.

**Tabla 49**

*Resultados de los valores de los rendimientos de los activos críticos, actuales y propuestos.*

	ACTIVO	Cavidades	Ciclo:	Unidades/día	Rendimiento
CUBIERTA DE DOSIFICADOR	RETADOR	24	15	138240	120%
CUBIERTA DE DOSIFICADOR	DEFENSOR	24	18	115200	100%
DOSIFICADOR	DEFENSOR	24	18	115200	100%
DOSIFICADOR	RETADOR	24	15	138240	120%
CUERPO DE INHALADOR	DEFENSOR	4	30	11520	100%
CUERPO DE INHALADOR	RETADOR	8	24	28800	250%
CUBIERTA DE INHALADOR	RETADOR	8	15	46080	240%
CUBIERTA DE INHALADOR	DEFENSOR	4	18	19200	100%
TROMPO DE INHALADOR	DEFENSOR	8	30	23040	100%
TROMPO DE INHALADOR	RETADOR	16	24	57600	250%

Por lo tanto, si se realiza el plan mantenimiento basado en la gestión de activos aumentará los rendimientos en los procesos de fabricación de la planta de producción por inyección de plástico. De esta manera queda corroborada la segunda hipótesis.

- Un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la disponibilidad en la disminución de los tiempos de cambio de formato en una planta de producción de plásticos.

Se puede concluir que éste objetivo se logra aplicando la técnica smed que es uno de los procedimientos de la metodología de gestión de Lean Manufacturing, no mediante confiabilidad. Habiendo disminuido las actividades internas se reduce el tiempo de cambio de producción por lo tanto aumentará la disponibilidad. Ya que no es objetivo de ésta investigación proponer una mejora mediante la técnica smed no se indagará a profundidad, pero se ha creído conveniente mencionarla como alternativa de solución en la disminución de los tiempos de cambio de formato y así mejorar la disponibilidad de planta. Ésta proposición es sustentada por Espinoza (2021); en su investigación señala que es posible disminuir la cantidad de horas de paradas técnicas de planta al mejorar la confiabilidad, pero logra esto aplicando previamente las técnicas lean,

dejando demostrado que existe una relación directa en el manejo de los procedimientos lean para mejorar la confiabilidad.

Por lo tanto queda contrastada la hipótesis que no existe una relación directa entre la aplicación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en la disminución de tiempos de cambio de formato de una planta de producción por inyección de plástico.

## **Conclusiones.**

1. Se obtuvo que los subsistemas de los moldes y unidades de inyección son los activos más críticos de planta y para las unidades de inyección se tiene como resultado de los parámetros de forma en 0.61, 0.74, 0.71 y 0.75 para cada máquina inyectora, lo que indica que se encuentran en la etapa temprana de fallas debido a que son menores a 1.
2. De las 4 máquinas inyectoras de planta se logra un ahorro de 44%, 38%, 32% y 34% en cada una, debido a que en la propuesta del plan de mantenimiento en base a la confiabilidad se disminuye el tiempo entre intervenciones no dando lugar a momentos de fallo.
3. Debido al elevado valor de criticidad de los moldes se opta por hacer un estudio de reemplazo o conservación de éstos y una de las razones del elevado valor de criticidad es que en ocasiones los moldes llegan a trabajar hasta en 50% de capacidad, es decir si el molde está diseñado para trabajar 2 cavidades éste podría estar haciéndolo con una, sólo en casos extremos de pedidos urgentes esporádicos. Por lo que en lugar de un método basado en confiabilidad en los moldes actuales se piensa en reemplazarlos por otros de mayor tecnología, por esta razón se ha elegido un estudio de reemplazo y conservación en la gestión de estos activos.
4. Los activos de los moldes dosificador y cubierta dosificador, producen artículos inyectados que se complementan, por lo que es normal que ambos trabajen en paralelo, razón por la cual el periodo de conservación resultante de estos dos activos es muy cercano, entre 1 a 2 años, que se tiene como resultado del análisis de reemplazo o conservación en la gestión de estos activos.
5. Los activos de los moldes cuerpo, cubierta y trompo de inhalador también producen artículos que se complementan, por lo que tienen periodos de conservación cercanos,

de 6 a 8 años, como resultado del análisis de reemplazo o conservación en la gestión de estos activos.

6. Para disminuir los tiempos de cambio de producción es necesario aplicar la técnica smed de Lean manufacturing. El tiempo total de cambio de formato no varía, lo que se busca es disminuir el tiempo que abarca la realización de las tareas internas que son las afectan la disponibilidad.
7. Respaldando la conclusión anterior, un estudio basado en confiabilidad no es el más indicado para disminuir los tiempos en cambio de formato debido a que éste trabaja con las unidades de estudio en servicio, siendo sus indicadores más importantes los tiempos entre fallas y los tiempos entre reparaciones, por eso se propone la técnica smed cuyo indicador principal es el tiempo en cambio de producción que también es un tiempo de indisponibilidad, pero no de reparación.
8. Para facilitar los resultados de confiabilidad, los cálculos se realizaron en entorno de programación R, con el propósito de ir mejorando esta investigación usando artificios orientados en inteligencia artificial, lo que en una hoja de cálculo por ahora sería muy complejo hacerlo.

## **Recomendaciones**

1. Un programa de mantenimiento actual mayormente se basa en tiempos sin hacer un estudio previo en confiabilidad por lo que se recomienda seguir con la investigación bajo este análisis en el rubro de moldeo por inyección de plástico.
2. Se sugiere hacer mantenimiento correctivo inmediato o evaluar el reemplazo de los activos moldes cuando éstos no trabajan plenamente.
3. Se aconseja el empleo de un Análisis de Modos y Efectos de Fallas debiendo ser indispensable en al menos las áreas de mantenimiento.
4. Se recomienda valerse de métodos automatizados que complementen el proceso de moldeo por inyección ya que al contar con moldes de mayor número de cavidades aumentarán los inventarios de piezas inyectadas si no se cuenta con algún sistema mecatrónico que facilite siguientes etapas en la transformación hacia el producto terminado.
5. Se favorece el uso de la tecnología como herramientas apoyadas en Inteligencia Artificial que a pesar de no haber sido tema de estudio en este proyecto es necesario que se complemente para mejorar la gestión actual de mantenimiento.

## Referencias

- Acuña, J. (2003). *Ingeniería de confiabilidad*. Tecnológica de Costa Rica. Obtenido de  
[https://books.google.com.pe/books?id=TE0Sj5Mku70C&printsec=frontcover#v=o\\_nepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=TE0Sj5Mku70C&printsec=frontcover#v=o_nepage&q&f=false)
- Allauca, N. (2019). *Plan de mantenimiento basado en RCM para caldero de 50BHP, caso: Hospital ciudad de Cusco*. Obtenido de [Repositorio institucional UNSA]:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/11900>
- Amendola, L. (2002). *Modelos mixtos de confiabilidad*. PMM Institute for Learning.  
Obtenido de <https://storepmm.com/es/libros/13-serien5-modelos-mixtos-de-confiabilidad.html>
- Ben Daya, M., Kumar, U. y Prabhakar Murthy, D.N. (2016). Maintenance Engineering.  
*John Wiley & Sons*. Obtenido de  
<https://www.amazon.com/s?k=9781118487198&i=stripbooks&linkCode=qs>
- Blank, L. y Tarquin, A. (2006). *Ingeniería económica*. McGraw Hill. Obtenido de  
<https://pdfcoffee.com/ingenieria-economica-7ma-edicion-leland-blank-amp-anthony-tarquin-4-pdf-free.html>
- Bodini, G. y Cacchi Pessani, F. (1993). *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos*. McGraw Hill. Obtenido de  
<https://pdfcoffee.com/moldes-y-maquinas-de-inyeccion-para-la-transformacion-de-plasticos-tomo-ipdf-4-pdf-free.html>
- Bonilla Barajas, L.A. y Ortiz Rodríguez, C.A. (2015). *Propuesta de operación y control del mantenimiento preventivo teniendo en cuenta la gestión de activos para las máquinas inyectoras de una empresa de producción de envases de plástico*. Obtenido de [Tesis de Maestría, Escuela Colombiana de Tesis Industriales]:  
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/179>

Canchaya, M. y Nato, G. (2019). *El análisis de confiabilidad como herramienta para mejorar la estrategia de gestión de mantenimiento de la flota de carguío en la minera Miski Mayo*. Obtenido de [Tesis de Maestría]: Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Chase, R., Jacobs, F. y Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones*.

McGrawHill. Obtenido de <https://es.slideshare.net/marce139/administracion-deoperacionesyproduccion12edchaseaquilanjacobs11>

Chinchay, J. y Espinoza, J. (2020). *La confiabilidad para mejorar la gestión del mantenimiento preventivo de la línea de envasado de una planta de cemento*.

Obtenido de [Tesis de Maestría]: Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Córdova Valentin, G. (2019). *Mejora del Plan de Mantenimiento basado en RCM para molino SAG 36ft x 26.5ft*. Obtenido de [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]: <https://es.scribd.com/document/520129820/RCM-Gustavo-Cordova-Rev17>

Dolas, D.R., Jaybhay, M.D. y Deshmukh, S. D. (2014). Estimation the System Reliability using Weibull Distribution. 144-148. Obtenido de  
<https://es.scribd.com/document/311785880/D-R-Dolas-M-D-Jaybhaye-S-D-Deshmukh-Estimation-the-System-Reliability-using-Weibull-Distribution-pdf#%20Fuentes%20Huerta,%20M.A.,%20Gonz%C3%A1lez%20Gonz%C3%A1lez,%20D.S.,%20Cant%C3%BA%20Sifuentes,%20M.%20y%20Praga%20Alejo,%20R.J.>

Espinoza C. (2021). *Propuesta de mejora de la confiabilidad en la generación de vapor mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing en planta de evaporación de leche*. Obtenido de Tesis de Mestría:  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18630?show=full>

Espinoza, A. (2019). *Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante metodología PDCA y manufactura esbelta.*

Obtenido de [Tesis de maestría PUCP]:

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/15595>

Fuentes Huerta, M.A., González González, D.S., Cantú Sifuentes, M. y Praga Alejo, R.J. (2017). RCM implementation on plastic injection molding machine considering. doi:<https://doi.org/10.1007/s00170-017-1402-y>

Groover, M.P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. McGraw Hill. Obtenido de

[https://www.academia.edu/33002366/Fundamentos\\_de\\_manufactura\\_moderna\\_3edi\\_Groover](https://www.academia.edu/33002366/Fundamentos_de_manufactura_moderna_3edi_Groover)

Hernández Sampieri,R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M.P. (2014).

*Metodología de la investigación*. McGraw Hill. Obtenido de

[https://www.academia.edu/25455344/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n\\_Hernandez\\_Fernandez\\_y\\_Baptista\\_2010](https://www.academia.edu/25455344/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_Hernandez_Fernandez_y_Baptista_2010)

Hosseini Rahdar, M.,Nasiri, F. y Lee, B. (2020). Optimal maintenance plan for a vibrating-grate biomass boiler: availability and cost saving approach. *Taylor & Francis*, 2-22. doi:10.1080/09617353.2020.1759261

Lawrence, J. (2007). *Principios de administración financiera*. Pearson. Obtenido de [https://www.academia.edu/28949029/LIBRO\\_Principios\\_de\\_Administracion\\_Financiera\\_LAWRENCE\\_J\\_GITMAN](https://www.academia.edu/28949029/LIBRO_Principios_de_Administracion_Financiera_LAWRENCE_J_GITMAN)

Melchor, J. (2014). *Estudio de recubrimientos y tratamientos de superficie de nueva generación para optimizar la vida útil de moldes de inyección de polímeros que usan la resina noryl*. Obtenido de

<http://ciateq.repositoryinstitucional.mx/jspui/handle/1020/248>

- Moubrey, J. (1997). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Obtenido de  
[https://www.academia.edu/9478461/MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD CONTENIDOS](https://www.academia.edu/9478461/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN_LA_CONFIABILIDAD_CONTENIDOS)
- Parra, C. y Crespo, A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. INGEMAN. Obtenido de:10.13140/RG.2.2.29363.66083
- Quiroz, H. (2018). *Propuesta de un Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), en el Beneficio Húmedo de café Manuel Sedas Rincón de Huatusco Veracruz.* Obtenido de [Repositorio Institucional Universidad Veracruzana]:  
<http://cdigital.uv.mx/handle/1944/49403>
- Rashuamán R. (2019). *Modelo de gestión de mantenimiento para el incremento de disponibilidad de las máquinas en una planta de fabricación de bombas centrífugas.* Obtenido de Tesis de Maestría:  
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4405>
- Rojas, S. (2019). Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE). *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme.*, 64-75. doi:  
<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/64-75>
- Valverde, G. y Arestegui, R. (2019). *Propuesta de mejora basada en confiabilidad de plan de mantenimiento de los equipos de la planta de chancado de una unidad minera.* Obtenido de [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Vishnu, C.R. y Regikumar, V. (2016). Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants. *Elsevier*, 1081-1087. doi:10.1016/j.protcy.2016.08.211
- Yarin, A. (2021). *Análisis de confiabilidad orientado a optimizar la gestión del mantenimiento en la línea de producción de geomembranas en la empresa industrial de plásticos Eco System S.A.C.* Obtenido de CYBERTESIS:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12672/17833>

## Anexos

Anexo 1:	Matriz de Consistencia .....	138
Anexo 2:	Matriz de Operacionalización de Variables .....	139
Anexo 3:	Proceso productivo en planta de inyección.....	140
Anexo 4:	Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 1....	141
Anexo 5:	Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 1.....	142
Anexo 6:	Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 1.....	144
Anexo 7:	Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 1.....	145
Anexo 8:	Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 1.....	147
Anexo 9:	Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 1.	148
Anexo 10:	Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 1.....	150
Anexo 11:	Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 1.....	151
Anexo 12:	Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 1.....	152
Anexo 13:	Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 2....	154
Anexo 14:	Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 2.....	155
Anexo 15:	Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 2....	156
Anexo 16:	Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 2.....	158
Anexo 17:	Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 2.....	159
Anexo 18:	Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 1.	160
Anexo 19:	Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 2.....	162
Anexo 20:	Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 2.....	163
Anexo 21:	Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 2.....	164
Anexo 22:	Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 3....	165

Anexo 23:	Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 3.....	167
Anexo 24:	Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 3.....	168
Anexo 25:	Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 3.....	170
Anexo 26:	Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 3.....	171
Anexo 27:	Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 3.	172
Anexo 28:	Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 3.....	174
Anexo 29:	Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 3.....	175
Anexo 30.	Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 3.....	177
Anexo 31:	Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 4....	178
Anexo 32.	Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 4.....	179
Anexo 33:	Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 4.....	180
Anexo 34:	Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 4.....	181
Anexo 35:	Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 4.....	183
Anexo 36:	Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 4.	184
Anexo 37:	Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 4.....	186
Anexo 38:	Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 4.....	187
Anexo 39:	Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 4.....	188
Anexo 40:	Ánálisis de Modos y Efectos de Fallas para subsistemas críticos.....	190
Anexo 41:	Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 1 subsistema unidad de inyección. ....	191
Anexo 42:	Función acumulada de fallas de inyectora 1 subsistema unidad de inyección. ....	191
Anexo 43:	Función de confiabilidad de inyectora 1 susbsistema unidad de inyección. ....	192

Anexo 44:	Función de tasa de fallas de inyectora 1 subsistema unidad de inyección .....	192
Anexo 45:	Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 2 subsistema unidad de inyección. ....	193
Anexo 46:	Función acumulada de fallas de inyectora 2 subsistema unidad de inyección. ....	193
Anexo 47:	Función de confiabilidad de inyectora 2 susbsistema unidad de inyección. ....	194
Anexo 48.	Función de tasa de fallas de inyectora 2 subsistema unidad de inyección. ....	194
Anexo 49:	Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 3 subsistema unidad de inyección. ....	195
Anexo 50:	Función acumulada de fallas de inyectora 3 subsistema unidad de inyección. ....	195
Anexo 51:	Función de confiabilidad de inyectora 3 susbsistema unidad de inyección. ....	196
Anexo 52.	Función de tasa de fallas de inyectora 3 subsistema unidad de inyección. ....	196
Anexo 53:	Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 4 subsistema unidad de inyección. ....	197
Anexo 54:	Función acumulada de fallas de inyectora 4 subsistema unidad de inyección. ....	197
Anexo 55:	Función de confiabilidad de inyectora 4 susbsistema unidad de inyección. ....	198
Anexo 56:	Función de tasa de fallas de inyectora 4 subsistema unidad de inyección. ....	198
Anexo 57:	Ánálisis de modos y efectos de falla de máquina inyectora. ....	199
Anexo 58:	Costos por mano de obra.....	201
Anexo 59:	Costo por unidad de producción. ....	201
Anexo 60:	Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 1.....	202

Anexo 61:	Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 1.....	204
Anexo 62:	Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 2.....	205
Anexo 63:	Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 2.....	206
Anexo 64:	Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 3.....	207
Anexo 65:	Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 3.....	208
Anexo 66:	Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 4.....	209
Anexo 67:	Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 4.....	210
Anexo 68:	Valores anuales totales del activo cubierta de dosificador, molde actual. ....	211
Anexo 69:	Valores anuales totales del activo cubierta de dosificador, molde nuevo. ....	211
Anexo 70:	Valores anuales totales del activo dosificador, molde actual. ....	212
Anexo 71:	Valores anuales totales del activo dosificador, molde nuevo. ....	212
Anexo 72:	Valores anuales totales del activo cuerpo de inhalador, molde actual. ....	213
Anexo 73:	Valores anuales totales del activo cuerpo de inhalador, molde nuevo. ....	213
Anexo 74:	Valores anuales totales del activo cubierta de inhalador, molde actual. ....	215
Anexo 75:	Valores anuales totales del activo cubierta de inhalador, molde nuevo. ....	216
Anexo 76:	Valores anuales totales del activo tormpo de inhalador, molde actual. ....	217

Anexo 77:	Valores anuales totales del activo trompo de inhalador, molde nuevo.....	218
Anexo 78:	Tiempos actuales de ejecución de actividades internas y externas en cambios de producción.....	219
Anexo 79:	Tiempos propuestos de mejora de ejecución de actividades internas y externas en cambios de producción.....	220

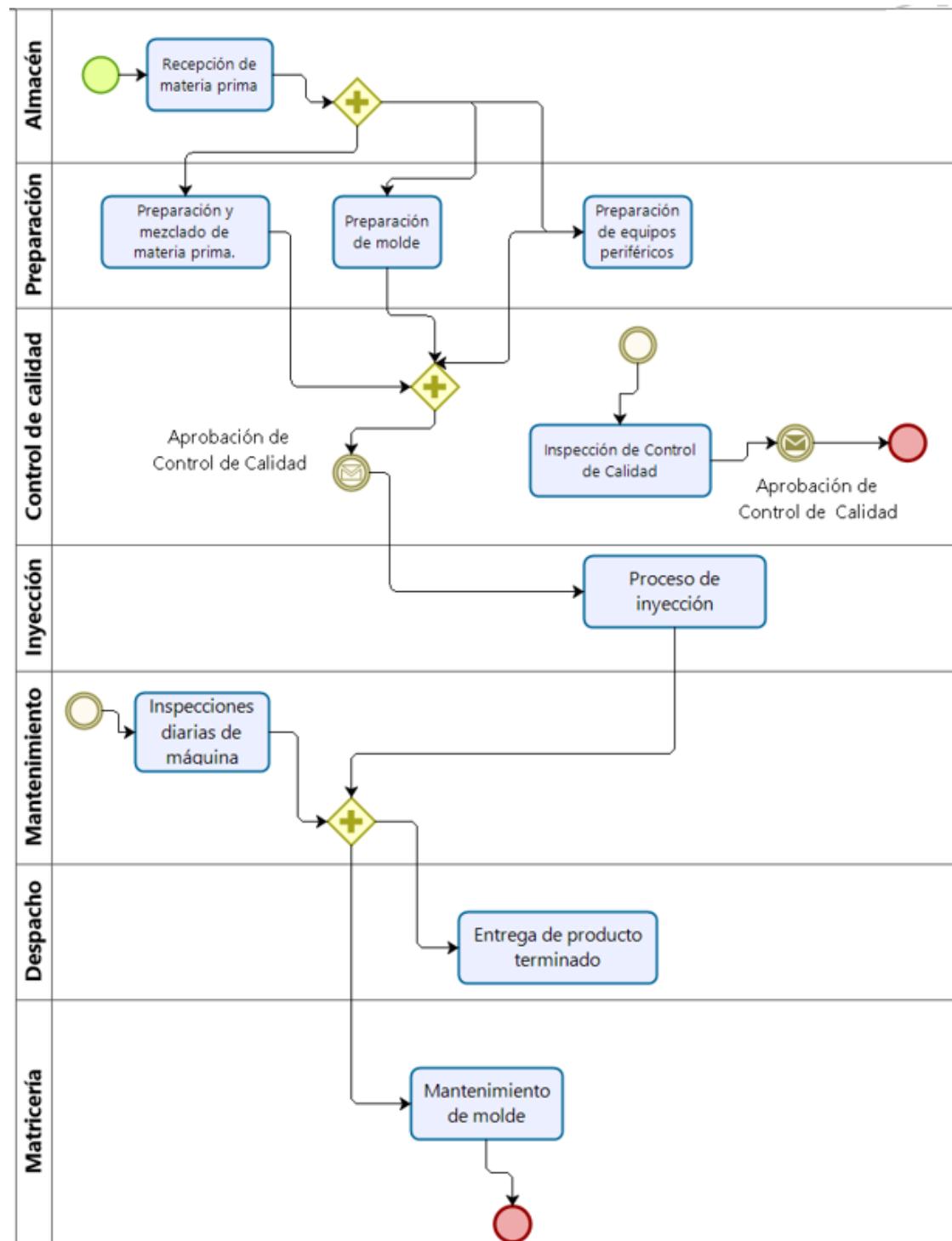
## Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD Y RENDIMIENTO DE UNA PLANTA DE PLÁSTICOS.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<b>Problema general</b> ¿En qué forma un plan de mantenimiento influye en la mejora de la disponibilidad y rendimiento de una planta de producción de plásticos?	<b>Objetivo General:</b> Mejorar la disponibilidad y rendimiento de una planta de producción de plásticos mediante un plan de mantenimiento..	<b>Hipótesis General:</b> Mediante un plan de mantenimiento se mejorará la disponibilidad y rendimiento de una planta de producción de plásticos.	<b>Variable independiente (X):</b> Plan de mantenimiento .	<b>Tipo de investigación:</b> aplicada. <b>Nivel de investigación:</b> correlacional <b>Método:</b> cuantitativo <b>Diseño de investigación:</b> No experimental
<b>Problemas específicos</b> 1. ¿Cómo influye el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el aumento de la disponibilidad en una planta de plásticos?	<b>Objetivos específicos</b> 1. Determinar la influencia de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad en el aumento de la disponibilidad en una planta de producción de plásticos.	<b>Hipótesis específica</b> 1. Un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad en una planta de producción de plásticos.	<b>Variable dependiente (Y):</b> Disponibilidad y rendimiento .	<b>Población y muestra</b> <b>Población y Muestra:</b> Equipos inyectores de planta de producción. <b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b> <b>Técnicas:</b> Encuestas. <b>Instrumentos de recolección de datos:</b> Plantilla de ocurrencias de los partes de trabajo.
2. ¿De qué modo un plan de mantenimiento basado en la gestión de activos, mejora el rendimiento del proceso de fabricación en una planta de producción de plásticos?	2. Comprobar la manera en que un plan de mantenimiento basado en la gestión de activos mejora el rendimiento del proceso de fabricación en una planta de plásticos.	2. Un plan de mantenimiento basado en la gestión de activos mejora el rendimiento del proceso de fabricación en una planta de plásticos.		<b>Técnicas e instrumentos de análisis y procesamiento de datos:</b> Entorno de Google colab para la programación en Python y R. Hojas de cálculo en Excel para la obtención de indicadores.
3. ¿De qué manera un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad influye en la disponibilidad en la disminución de cambios de formato en una planta de plásticos?	3. Definir la influencia de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, en la disponibilidad mediante la disminución de cambio de formato en una planta de producción de plásticos.	3. Un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad mejora la disponibilidad en la disminución de los tiempos de cambio de formato en una planta de producción de plásticos.		

## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	OPERACIONALIZACIÓN		ESCALA DE MEDICIÓN
			DIMENSIONES	INDICADORES	
Plan de mantenimiento	Conjunto de medios en la operación y mantenimiento para la conservación y buen funcionamiento o reemplazo de un activo.	Nivel de fiabilidad obtenido a partir del historial de ocurrencias con sus tiempos. Análisis comparativo de los valores anuales de los costos de operación y mantenimiento por año obtenido del historial de fabricación de unidades de producción, gastos de mantenimiento y especialistas en diseño y fabricación de activos moldes de inyección. Información obtenida por cuestionarios o encuestas.	Criticidad	Número de parada de máquina por subsistema	(Nºparadas/subsistema)
				Impacto a la producción	Escala [2-10]
				Impacto a la calidad	Escala [2-10]
			Confiabilidad	Flexibilidad	Escala [1-]
				Tiempo medio entre fallas	Horas
			Gestión de activos	Inversiones iniciales	dólares
				Valor anual de costo de operación	dólares
Disponibilidad	Es la probabilidad de que los equipos de una instalación industrial se encuentren en condiciones óptimas de desempeño de sus funciones en el momento que se necesiten.	Es la proporción entre el tiempo medio entre fallas y la suma de éste indicador con el tiempo promedio de reparación. Ambos indicadores obtenidos del historial de ocurrencias por encuestas o cuestionarios.	Disponibilidad	Tiempos entre fallas	Nivel de medición: por razón
				Tiempos entre reparaciones	Horas
Rendimiento	Es la proporción de unidades producidas respecto a las unidades programadas	Es la proporción entre las unidades producidas por un activo nuevo respecto a las unidades producidas por el activo actual. Información obtenida del historial de fabricación de unidades de producción a partir de encuestas o cuestionarios.	Rendimiento	Número de cavidades de activo molde	Nivel de medición: por razón
				Ciclo de trabajo	(NºCavidades/molde) segundos

Anexo 3: Proceso productivo en planta de inyección.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 4: Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 1.

Formato de criticidad		Unidad de inyección				Puntuación	
1	FRECUENCIA	F					
1	Muy baja (improbable)		0		10	2	6
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta	81	31	-	40.0	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
2	GRAVEDAD						
2.1	Impacto a las operaciones	IO					
2.1	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	10
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta	X	5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	más	10.00	
2.2	Valor técnico económico	VTE					
2.2	Valor mínimo.		0	-	1000	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.0	-	3000	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000	-	15000	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000	-	35000	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000	-	más	10.00	
2.3	IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	NA					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		4
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		1		
			0				

Formato de criticidad		Unidad de inyección				Puntuación	
	FE						
<b>2.4 FLEXIBILIDAD</b>	No existe opción de repuesto		3		0.00	2	
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5 IMPACTO A LA CALIDAD</b>	Nada de merma		0.0%	-	0.5%	2.00	6
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.5%	4.00	
	Nivel medio de merma	X	2.0%	-	2.5%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.5%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 5: Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 1.

Formato de criticidad		Unidad de cierre					Puntuación
1	FRECUENCIA	F					
<b>1 FRECUENCIA</b>	Muy baja (improbable)	3	0		25	2	2
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta		101	-	más	10	
<b>2 GRAVEDAD</b>							
<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>	IO						
<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja	X	1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	más	10.00	
<b>2.2 Valor técnico económico</b>	VTE						
<b>2.2 Valor técnico económico</b>	Valor mínimo		0	-	1000	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.0	-	3000	4.00	

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de cierre</b>					<b>Puntuación</b>
2.3	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000	-	15000	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000	-	35000	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000	-	más	10.00	
2.3	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	NA					
2.4	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
2.4	<b>FLEXIBILIDAD</b>	FE					
2.5	No existe opción de repuesto		3		0.00		2.00
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
2.5	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
2.5	Nada de merma	X	0.0%	-	0.5%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.5%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.5%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.5%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 6: Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 1.

Formato de criticidad		Sistema hidráulico				Puntuación	
<b>1 FRECUENCIA</b>	F					6	
	Muy baja (improbable)		0	10	2		
	Baja		11	-	20		
	Moderada	X	21	-	30		
	Alta		31	-	40		
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2 GRAVEDAD</b>							
<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>	IO						
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	4
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media	X	2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2 Valor técnico económico</b>	VTE						
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3 IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	NA						
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Sistema hidráulico</b>					<b>Puntuación</b>
Impacto al medio ambiente			0				
	IMA	1		0			
		0					
<b>2.4 FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>						
No existe opción de repuesto		3		0.00			2.00
Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00			
Función de repuesto disponible		1		0.00			
<b>2.5 IMPACTO A LA CALIDAD</b>							
Nada de merma		0.0%	-	0.9%	2.00		2
Nivel bajo en merma	X	1.0%	-	1.9%	4.00		
Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00		
Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00		
Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00		

Anexo 7: Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 1.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Molde</b>				<b>Puntuación</b>
<b>1 FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
Muy baja (improbable)		0		10	2	10
Baja		11	-	20	4	
Moderada		21	-	30	6	
Alta		31	-	40	8	
Muy alta	123	41	-	más	10	
<b>2 GRAVEDAD</b>						
<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	10
Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
Afectación total	X	8.0%	-	Más	10.00	

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Molde</b>					<b>Puntuación</b>
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	10
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares		3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares	X	35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
2.4	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
2.5	Nada de merma		0.0%	-	0.9%	2.00	6
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma	X	2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 8: Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 1.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de producto terminado</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
1	Muy baja (improbable)	7	0	-	10	2	2
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
2.1	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	4
	Menos de 3 mil dólares	X	1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares		3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		1
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		0		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
2.4	No existe opción de repuesto		3		0.00		1
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		

Formato de criticidad		Enfriador de producto terminado					Puntuación
	Función de repuesto disponible	1	1		1.00		
<b>2.5 IMPACTO A LA CALIDAD</b>	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 9: Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 1.

Formato de criticidad		Unidad de expulsión					Puntuación
<b>1 FRECUENCIA</b>	F						2
	Muy baja (improbable)	2	0		10	2	
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2 GRAVEDAD</b>							6
	<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>	IO					
		Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00
		Baja		1.0%	-	2.5%	4.00
		Media		2.6%	-	4.9%	6.00
	<b>2.2 Valor técnico económico</b>	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00
		Afectación total		8.0%	-	Más	10.00
	<b>2.2 Valor técnico económico</b>		VTE				
	Valor mínimo			0	-	1000.00	2.00
	Menos de 3 mil dólares			1000.00	-	3000.00	4.00

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de expulsión</b>					<b>Puntuación</b>
2.3	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
2.3	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	NA					
2.4	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
2.4	<b>FLEXIBILIDAD</b>	FL					
2.5	No existe opción de repuesto		3		0.00		2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
2.5	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
2.6	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 10: Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 1.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de agua de molde (chiller)</b>				<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>				
Muy baja (improbable)		2	0	10	2	2
	Baja		11	-	20	
	Moderada		21	-	30	
	Alta		31	-	40.00	
	Muy alta		41	-	más	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>					
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>				
Afectación mínima			0.0%	-	1.0%	2
	Baja	X	1.0%	-	2.5%	
	Media		2.6%	-	4.9%	
	Alta		5.0%	-	7.9%	
	Afectación total		8.0%	-	Más	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>				
Valor mínimo			0	-	1000.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>				
Impacto al equipo		IE	1		1	2
			0			
	Impacto al operador	IOP	1		1	
			0			
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0	
			0			
Impacto al medio ambiente		IMA	1		0	
			0			
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>				
No existe opción de repuesto			3		0.00	2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00	

	Función de repuesto disponible		1	0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>					
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00

Anexo 11: Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 1.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de agua de máquina (chiller)</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
2.1	Muy baja (improbable)		0		10	2	4
	Baja	X	11	-	20	4	
	Moderada		21	-	40	6	
	Alta		31	-	100.00	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
2.2	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
2.3	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>		<b>NA</b>					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		

Formato de criticidad		Enfriador de agua de máquina (chiller)					Puntuación
Impacto al medio ambiente			0				
	IMA		1			0	
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
No existe opción de repuesto		3	3			3.00	3
			2			0.00	
			1			0.00	
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
Nada de merma	X		0.0%	-		0.9%	2
			1.0%	-		1.9%	
			2.0%	-		2.9%	
			3.0%	-		3.9%	
			4.0%	-		5.0%	
						10.00	

Anexo 12: Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 1.

Formato de criticidad		Panel de control					Puntuación
		F					
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>						2
	Muy baja (improbable)	2	0		10	2	
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40.00	8	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
	<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>				
	Afectación mínima	0.2%	0.0%	-	1.0%	2.00	2
			1.0%	-	2.5%	4.00	
			2.6%	-	4.9%	6.00	

	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	10	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 13: Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 2.

Formato de criticidad		Unidad de inyección				Puntuación	
		F					
<b>1 FRECUENCIA</b>	Muy baja (improbable)		0	25	2	8	
	Baja		26	-	50		
	Moderada		51	-	75		
	Alta	X	76	-	100.00		
	Muy alta		101	-	más		
<b>2 GRAVEDAD</b>							
<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>		IO					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	6
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media	X	2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2 Valor técnico económico</b>		VTE					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3 IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>		NA					
	Impacto al equipo	IE	1		1		4
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				

	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		1		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma		0.0%	-	0.9%	2.00	
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma	X	2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 14: Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 2.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de cierre</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
1	Muy baja (improbable)	X	0		25	2	2
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta		101	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
2.1	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	

<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
2.4	No existe opción de repuesto		3		0.00		2.00
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
2.5	Nada de merma	X	0.0%	-	0.5%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.5%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.5%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.5%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 15: Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 2.

<b>Formato de criticidad</b>	<b>Sistema hidráulico</b>					<b>Puntuación</b>	
	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
1	Muy baja (improbable)		0		25	2	6
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada	3	51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	

	Muy alta		101	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	4
	Baja	X	1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2.00
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 16: Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 2.

Formato de criticidad		Molde				Puntuación
1	FRECUENCIA	F				
1	Muy baja (improbable)		0	-	25	2
	Baja		26	-	50	4
	Moderada		51	-	75	6
	Alta		76	-	100.00	8
	Muy alta	X	101	-	más	10
2	GRAVEDAD					
2.1	Impacto a las operaciones	IO				
2.1	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00
	Afectación total	X	8.0%	-	Más	10.00
2.2	Valor técnico económico	VTE				
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00
2.3	IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	NA				
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1	
			0			
	Impacto al operador	IOP	1		1	
			0			
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0	
			0			
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0	
			0			
2.4	FLEXIBILIDAD	FL				
2.4	No existe opción de repuesto	3	3		3.00	
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00	

	Función de repuesto disponible		1	0.00		
2.5	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>					
	Nada de merma		0.0%	-	0.9%	2.00
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00
	Nivel alto de merma	X	3.0%	-	3.9%	8.00
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00

Anexo 17: Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 2.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de producto terminado</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
2	Muy baja (improbable)	1	0		25	2	2
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta		101	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
2.2	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
2.3	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	4
	Menos de 3 mil dólares	X	1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares		3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
2.4	Impacto al equipo	IE	1		1		1
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		0		
			0				

	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1 0	0		
	Impacto al medio ambiente	IMA	1 0	0		
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>				
	No existe opción de repuesto		3	0.00		
	Hay opción de repuesto compartido		2	0.00		
	Función de repuesto disponible	1	1	1.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>					
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00

Anexo 18: Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 2.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de expulsión</b>				<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>				
	Muy baja (improbable)	X	0	25	2	
	Baja		26	-	50	4
	Moderada		51	-	75	6
	Alta		76	-	100.00	8
	Muy alta		101	-	más	10
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>					
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>				
	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00

	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 19: Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 2.

Formato de criticidad		Enfriador de agua de molde (chiller)					Puntuación
1	FRECUENCIA	F					
1	Muy baja (improbable)	X	0	25	2		2
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta		101	-	más	10	
2	GRAVEDAD						
2.1	Impacto a las operaciones	IO					
2.1	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	4
	Baja	0.3%	1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
2.2	Valor técnico económico	VTE					
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	10	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
2.3	IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	NA					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
2.4	FLEXIBILIDAD	FL					
2.4	No existe opción de repuesto		3		0.00		2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		

	Función de repuesto disponible		1	0.00		
2.5	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>					
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00

Anexo 20: Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 2.

Formato de criticidad		Enfriador de agua de máquina (chiller)					Puntuación
1	<b>FRECUENCIA</b>	F					
	Muy baja (improbable)	X	0	25	2		2
	Baja		26	50	4		
	Moderada		51	75	6		
	Alta		76	100.00	8		
	Muy alta		101	más	10		
2	<b>GRAVEDAD</b>						
2.1	<b>Impacto a las operaciones</b>	IO					
	Afectación mínima	X	0.0%	1.0%	2.00		2
	Baja		1.0%	2.5%	4.00		
	Media		2.6%	4.9%	6.00		
	Alta		5.0%	7.9%	8.00		
	Afectación total		8.0%	Más	10.00		
2.2	<b>Valor técnico económico</b>	VTE					
	Valor mínimo		0	1000.00	2.00		6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	3000.00	4.00		
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	15000.00	6.00		
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	35000.00	8.00		
	Más de 35 mil dólares		35000.00	Más	10.00		
2.3	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	NA					
	Impacto al equipo	IE	1	1			3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1	1			
			0				

	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 21: Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 2.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Panel de control</b>				<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>				
1	Muy baja (improbable)	2	0		25	2
	Baja		26	-	50	4
	Moderada		51	-	75	6
	Alta		76	-	100.00	8
	Muy alta		101	-	más	10
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>					
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>				
2	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>				
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00

	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 22: Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 3.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de inyección</b>				<b>Puntuación</b>	
		<b>F</b>					
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>						
	Muy baja (improbable)		0		10	2	4
	Baja	X	11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						

<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	10
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total	X	8.0%	-	10.0%	10	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		4
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		1		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2.00
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						

	Nada de merma		0.0%	-	0.5%	2.00	2
	Nivel bajo en merma	X	1.0%	-	1.5%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.5%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.5%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 23: Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 3.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de cierre</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1 FRECUENCIA</b>	<b>F</b>						
Muy baja (improbable)	X	0		10	2		2
Baja		11	-	20	4		
Moderada		21	-	30	6		
Alta		31	-	40	8		
Muy alta		41	-	más	10		
<b>2 GRAVEDAD</b>							
<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>						
Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00		2
Baja		1.0%	-	2.5%	4.00		
Media		2.6%	-	4.9%	6.00		
Alta		5.0%	-	7.9%	8.00		
Afectación total		8.0%	-	10.0%	Más		
<b>2.2 Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>						
Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00		6
Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00		
Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00		

	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2.00
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.5%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.5%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.5%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.5%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 24: Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 3.

1	<b>Formato de criticidad</b>	<b>Sistema hidráulico</b>					<b>Puntuación</b>
		<b>F</b>					
	Muy baja (improbable)		0		10	2	4
	Baja	28	11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	

	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	6
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media	X	2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	10.0%	Más	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2.00
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 25: Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 3.

Formato de criticidad		Molde					Puntuación
		F					
1	FRECUENCIA						
1	Muy baja (improbable)		0		25	2	10
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta	X	101	-	más	10	
2	GRAVEDAD						
2.1	Impacto a las operaciones	IO					
2.1	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	10
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total	X	8.0%	-	10.0%	Más	
2.2	Valor técnico económico	VTE					
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
2.3	IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	NA					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		

			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	4
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 26: Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 3.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de producto terminado</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
1	Muy baja (improbable)	X	0		10	2	2
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
2.1	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	10.0%	Más	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6

	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		1
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		0		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		1
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible	1	1		1.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 27: Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 3.

<b>1</b>	<b>FORMATO DE CRITICIDAD</b>	<b>UNIDAD DE EXPULSIÓN</b>					<b>Puntuación</b>
		<b>F</b>					
	Muy baja (improbable)	3	0		10	2	2
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	

<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>					
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>				
Afectación mínima		X	0.0%	-	1.0%	2.00
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00
	Afectación total		8.0%	-	10.0%	Más
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>				
Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares	1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>				
Impacto al equipo	Impacto al equipo	IE	1		1	2
			0			
	Impacto al operador	IOP	1		1	
			0			
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0	
			0			
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0	
			0			
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>				
No existe opción de repuesto	No existe opción de repuesto		3		0.00	2
	Hay opción de repuesto compartido	X	2		2.00	
	Función de repuesto disponible		1		0.00	
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>					

Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 28: Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 3.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de agua de molde (chiller)</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1 FRECUENCIA</b>	<b>F</b>						
Muy baja (improbable)	X	0		10	2	2	2
Baja		11	-	20	4		
Moderada		21	-	30	6		
Alta		31	-	40	8		
Muy alta		41	-	más	10		
<b>2 GRAVEDAD</b>							
<b>2.1 Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>						
Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	4	4
Baja		1.0%	-	2.5%	4.00		
Media		2.6%	-	4.9%	6.00		
Alta		5.0%	-	7.9%	8.00		
Afectación total		8.0%	-	10.0%	Más		
<b>2.2 Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>						
Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6	6
Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00		
Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00		
Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00		
Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00		
<b>2.3 IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>						
Impacto al equipo	IE	1		1		2	2
		0					
Impacto al operador	IOP	1		1			
		0					

	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1	0			
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1	0			
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3	0.00			2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2	2.00			
	Función de repuesto disponible		1	0.00			
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	0.1%	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 29: Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 3.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de agua de máquina (chiller)</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
	Muy baja (improbable)	X	0		10	2	2
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media	X	2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	

	Afectación total		8.0%	-	10.0%	Más	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 30. Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 3.

Formato de criticidad		Panel de control				Puntuación
1	FRECUENCIA	F				
1	Muy baja (improbable)	1	0	25	2	2
	Baja		26	-	50	
	Moderada		51	-	75	
	Alta		76	-	100.00	
	Muy alta		101	-	más	
2	GRAVEDAD					
2.1	Impacto a las operaciones	IO				
2.1	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	6
	Baja		1.0%	-	2.5%	
	Media	X	2.6%	-	4.9%	
	Alta		5.0%	-	7.9%	
	Afectación total		8.0%	-	10.0%	
2.2	Valor técnico económico	VTE				
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	
2.3	IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	NA				
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1	3
			0			
	Impacto al operador	IOP	1		1	
			0			
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1	
			0			
2.4	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0	3
			0			
	FLEXIBILIDAD	FL				
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00	
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00	
	Función de repuesto disponible		1		0.00	

<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 31: Evaluación de criticidad de unidad de inyección de la inyectora 4.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de inyección</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
<b>1</b>	Muy baja (improbable)		0		25	2	4
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta	X	31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	10
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total	X	8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo.		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		4
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		1		

			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma		0.0%	-	0.5%	2.00	4
	Nivel bajo en merma	X	1.0%	-	1.5%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.5%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.5%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 32. Evaluación de criticidad de unidad de cierre de la inyectora 4.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Unidad de cierre</b>				<b>Puntuación</b>	
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
	Muy baja (improbable)	X	0		25	2	2
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta		101	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	4
	Baja	X	1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					

	Impacto al equipo	IE	1		1			2
			0					
	Impacto al operador	IOP	1		1			
			0					
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0			
			0					
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0			
			0					
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>						
	No existe opción de repuesto		3		0.00			2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00			
	Función de repuesto disponible		1		0.00			
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>							
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.5%	2.00		2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.5%	4.00		
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.5%	6.00		
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.5%	8.00		
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00		

Anexo 33: Evaluación de criticidad del sistema hidráulico de la inyectora 4.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Sistema hidráulico</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
2	Muy baja (improbable)		0		10	2	4
	Baja	38	11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
2	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	

<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2.00
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 34: Evaluación de criticidad de molde de la inyectora 4.

<b>1</b>	<b>Formato de criticidad</b>	<b>Molde</b>				<b>Puntuación</b>	
		<b>F</b>					
	<b>FRECUENCIA</b>						
	Muy baja (improbable)		0		25	2	10
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	

	Muy alta	150	101	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	4
	Baja	X	1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		

	Función de repuesto disponible		1		0.00		
2.5	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma		0.0%	-	0.9%	2.00	6
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma	X	2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 35: Evaluación de criticidad del enfriador de producto terminado de la inyectora 4.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de producto terminado</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
2	Muy baja (improbable)	7	0		10	2	2
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
2.2	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
2.3	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		1
			0				

	Impacto al operador	IOP	1	0		
			0			
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1	0		
			0			
	Impacto al medio ambiente	IMA	1	0		
			0			
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>				
	No existe opción de repuesto		3	0.00		1
	Hay opción de repuesto compartido		2	0.00		
	Función de repuesto disponible	1	1	1.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>					
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00

Anexo 36: Evaluación de criticidad de la unidad de expulsión de la inyectora 4.

Formato de criticidad		Unidad de expulsión				Puntuación
		F				
<b>1 FRECUENCIA</b>	Muy baja (improbable)	2	0		10	2
	Baja		11	-	20	4
	Moderada		21	-	30	6
	Alta		31	-	40	8
	Muy alta		41	-	más	10
<b>2 GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>				
	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00

	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto		3		0.00		2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 37: Evaluación de criticidad del enfriador de agua de molde de la inyectora 4.

Formato de criticidad		Enfriador de agua de molde (chiller)					Puntuación
		F					
1	FRECUENCIA						
1	Muy baja (improbable)	2	0	-	10	2	2
	Baja		11	-	20	4	
	Moderada		21	-	30	6	
	Alta		31	-	40	8	
	Muy alta		41	-	más	10	
2	GRAVEDAD						
2.1	Impacto a las operaciones	IO					
2.1	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
2.2	Valor técnico económico	VTE					
2.2	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
2.3	IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	NA					
2.3	Impacto al equipo	IE	1		1		2
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		0		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
2.4	FLEXIBILIDAD	FL					
2.4	No existe opción de repuesto		3		0.00		2
	Hay opción de repuesto compartido	2	2		2.00		

	Función de repuesto disponible		1	0.00		
2.5	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>					
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00

Anexo 38: Evaluación de criticidad de enfriador de agua de máquina de la inyectora 4.

<b>Formato de criticidad</b>		<b>Enfriador de agua de máquina (chiller)</b>					<b>Puntuación</b>
1	<b>FRECUENCIA</b>	F					
2.1	Muy baja (improbable)		0		25	2	4
	Baja	X	26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta		101	-	más	10	
2	<b>GRAVEDAD</b>						
2.1	<b>Impacto a las operaciones</b>	IO					
2.2	Afectación mínima		0.0%	-	1.0%	2.00	4
	Baja	X	1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
2.2	<b>Valor técnico económico</b>	VTE					
2.3	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6
	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
2.3	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	NA					
2.4	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				

	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.</b> <b>4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.</b> <b>5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

Anexo 39: Evaluación de criticidad de panel de control de la inyectora 4.

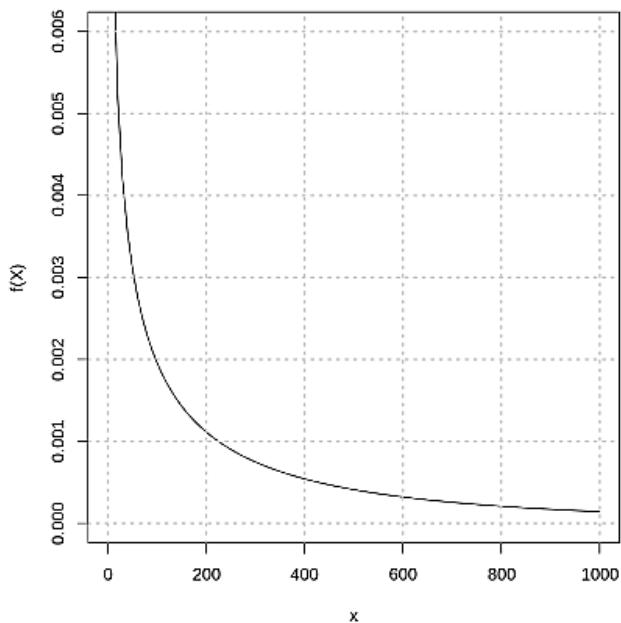
<b>Formato de criticidad</b>		<b>Panel de control</b>					<b>Puntuación</b>
<b>1</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>F</b>					
	Muy baja (improbable)	X	0		25	2	2
	Baja		26	-	50	4	
	Moderada		51	-	75	6	
	Alta		76	-	100.00	8	
	Muy alta		101	-	más	10	
<b>2</b>	<b>GRAVEDAD</b>						
<b>2.1</b>	<b>Impacto a las operaciones</b>	<b>IO</b>					
	Afectación mínima	X	0.0%	-	1.0%	2.00	2
	Baja		1.0%	-	2.5%	4.00	
	Media		2.6%	-	4.9%	6.00	
	Alta		5.0%	-	7.9%	8.00	
	Afectación total		8.0%	-	Más	10.00	
<b>2.2</b>	<b>Valor técnico económico</b>	<b>VTE</b>					
	Valor mínimo		0	-	1000.00	2.00	6

	Menos de 3 mil dólares		1000.00	-	3000.00	4.00	
	Entre 3 y 15 mil dólares	X	3000.00	-	15000.00	6.00	
	Entre 15 y 35 mil dólares		15000.00	-	35000.00	8.00	
	Más de 35 mil dólares		35000.00	-	Más	10.00	
<b>2.3</b>	<b>IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>NA</b>					
	Impacto al equipo	IE	1		1		3
			0				
	Impacto al operador	IOP	1		1		
			0				
	Impacto a la seguridad cercana	ISA	1		1		
			0				
	Impacto al medio ambiente	IMA	1		0		
			0				
<b>2.4</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>FL</b>					
	No existe opción de repuesto	3	3		3.00		3
	Hay opción de repuesto compartido		2		0.00		
	Función de repuesto disponible		1		0.00		
<b>2.5</b>	<b>IMPACTO A LA CALIDAD</b>						
	Nada de merma	X	0.0%	-	0.9%	2.00	2
	Nivel bajo en merma		1.0%	-	1.9%	4.00	
	Nivel medio de merma		2.0%	-	2.9%	6.00	
	Nivel alto de merma		3.0%	-	3.9%	8.00	
	Rechazo total de producción		4.0%	-	5.0%	10.00	

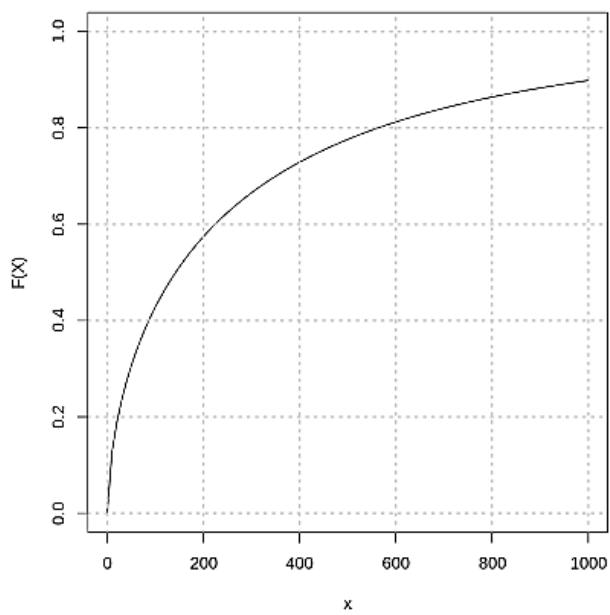
Anexo 40: Análisis de Modos y Efectos de Fallas para subsistemas críticos.

FUNCIÓN PRIMARIA	FALLAS FUNCIONALES	DESCRIPCIÓN DE OCURRENCIA	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
Inyectar el material fundido con velocidad (mm/s); carga de material (mm) y rpm adecuado. Así como los tiempos y presiones de compactación adecuado.	1.A El husillo no cumple con el perfil de inyección establecido (velocidades y posiciones erradas)	La ocurrencia de falla es moderada. Esta falla ocurre por un mal funcionamiento en la válvula de inyección, desgaste de componentes internos de la cámara o pérdida en control de temperatura de la unidad de inyección.	1.A.2 Enfriamiento de boquilla de unidad de inyección por falla en el control de temperatura en ésta zona.	Ocasiona una fundición inadecuada del material dañando las resistencias, sensores y cables. Un ajuste inadecuado de componentes facilita la fuga de material entre ellos. Acción insegura pudiendo dañar la operador
	1.A El husillo no cumple con el perfil de inyección establecido (velocidades y posiciones erradas)	La ocurrencia de falla es moderada. Esta falla ocurre por desgaste de componentes mecánicos de la unidad de inyección.	1.A.3 Desgaste de válvula check, torpedo y tornillo interno de la cámara de plastificación.	Acción insegura pudiendo dañar al operador. El tornillo no se moverá.
	1.B. El husillo no cumple con el perfil de carga establecido (velocidades y posiciones erradas)	La temperatura real del barril difiere de los valores establecidos.	1.A.5 Falla de resistencia eléctrica y/o termocupla en la unidad de plastificación.	Parada de máquina, se prolonga el ciclo de trabajo y/o se interrumpe la producción. El material fundido puede quemarse afectando la producción pudiendo incluso dañar el revestimiento interno del cañón.
	1.A Falla potencial al no cumplir con inyectar la carga de material establecida.	Daño al conjunto de resistencias y termocuplas. Pérdida de material y posible daño al operador. Calidad de producto fuera de los estándares del cliente.	1.A.6 Fuga de material fundido por desgaste en boquilla-cabezal	Acción insegura, posible daño al operador y las resistencias eléctricas de la unidad de plastificación, pérdida de material y agravio en la calidad del producto
	1.I. Falta de materia prima	Recalentamiento de la garganta en la unidad de inyección funde la materia prima en la entrada del cilindro impidiendo la caída del pellets a la unidad de plastificación.	1.I.2 Sarro e impurezas en el circuito de refrigeración de la garganta de la unidad de inyección que propicia el calentamiento de material en ésta zona e impide el paso del pellets al barril.	Parada de máquina y limpieza de cañón ( al menos 1 hora). Se debe limpiar el sarro de la garganta con ácido. 1 persona.
	1.L. Enfriamiento en parte fija del molde	Falla en la circulación de agua en la parte fija del molde	1.L. 2 Circuito intero del manifold de agua de refrigeración obstruido.	Parada de producción para acción correctiva en el manifold del molde ( puede durar 12 horas).
	1.M. El producto inyectado no cumple con los estándares de calidad	El producto inyectado está fuera de especificación ya sea por peso, apariencia o funcionalidad.	1.M.1. Desgaste en zonas moldantes de matriz.	Pérdida de eficiencia por anulación de cavidades en el molde o rechazo en la producción.

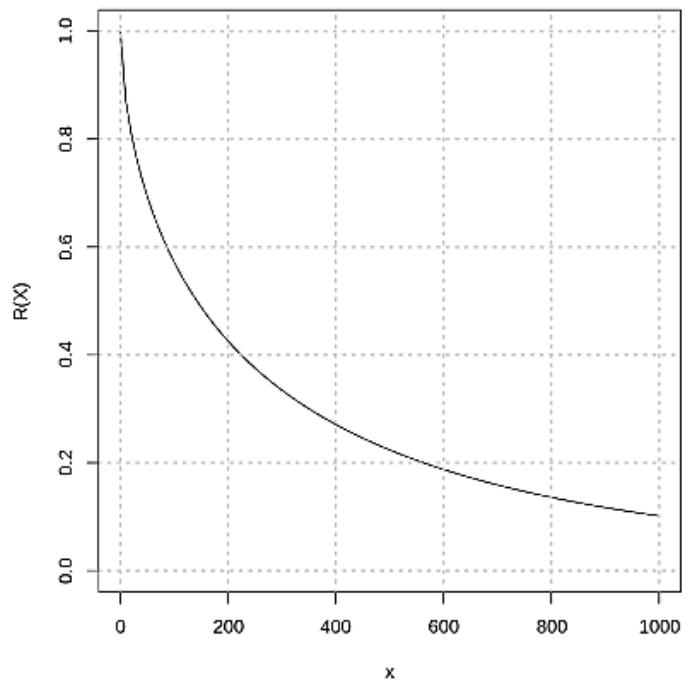
Anexo 41: Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 1 subsistema unidad de inyección.



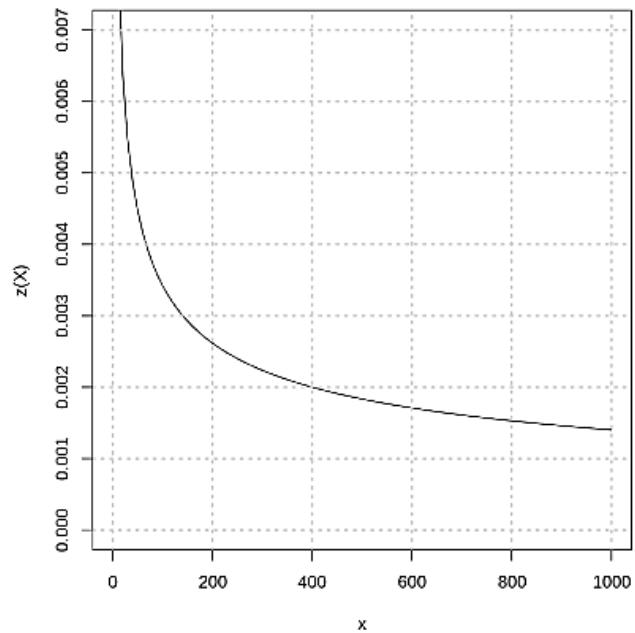
Anexo 42: Función acumulada de fallas de inyectora 1 subsistema unidad de inyección.



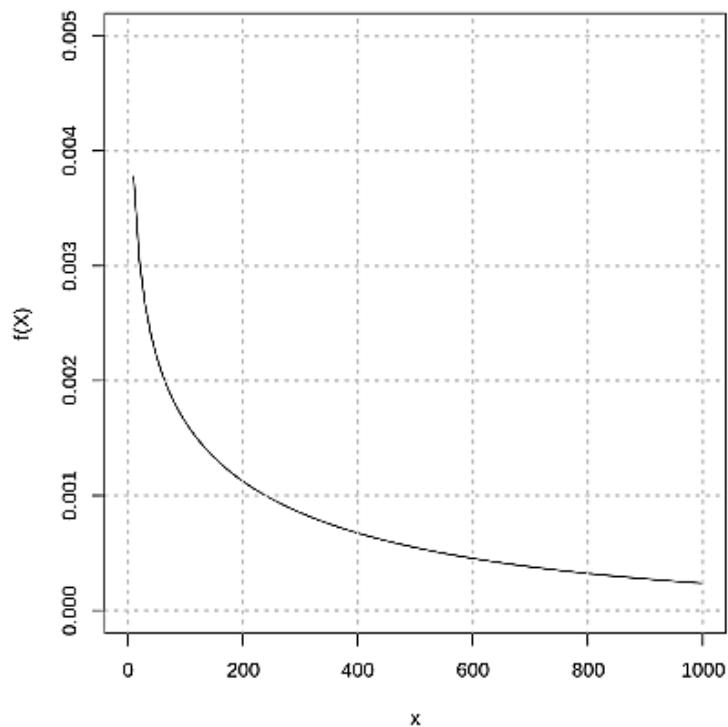
Anexo 43: Función de confiabilidad de inyectora 1 subsistema unidad de inyección.



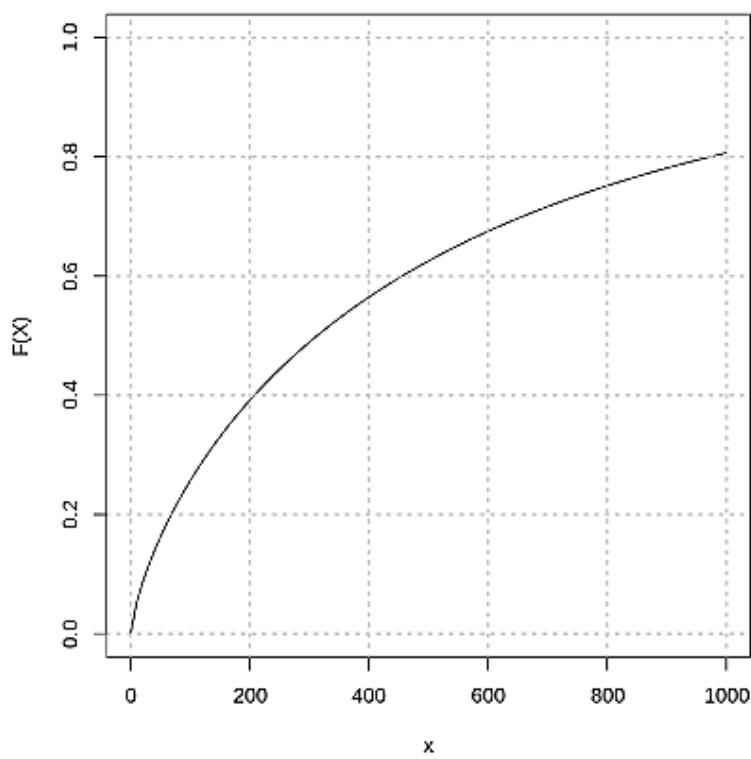
Anexo 44: Función de tasa de fallas de inyectora 1 subsistema unidad de inyección



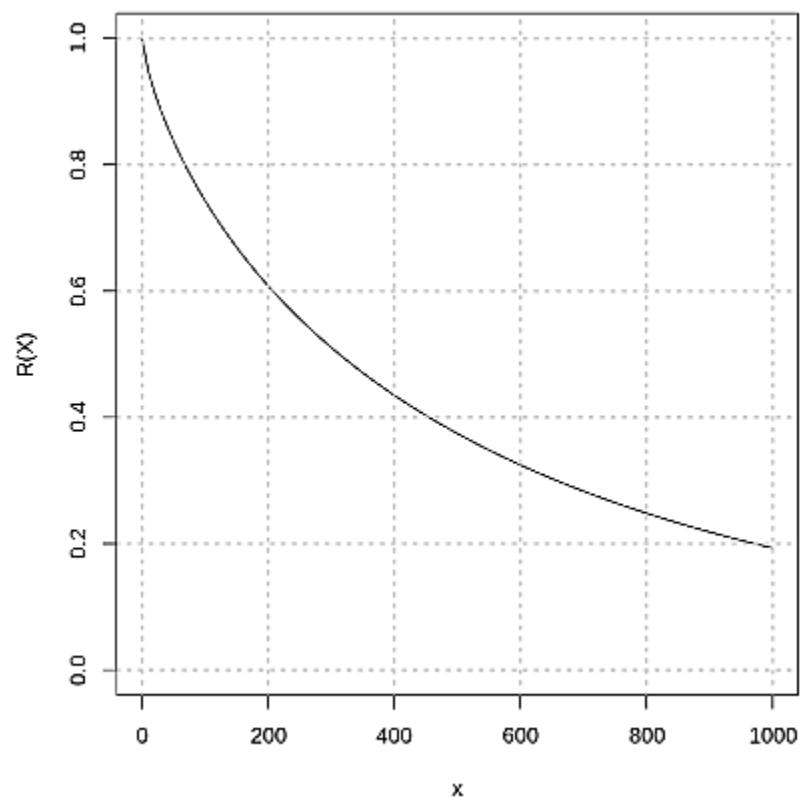
Anexo 45: Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 2 subsistema unidad de inyección.



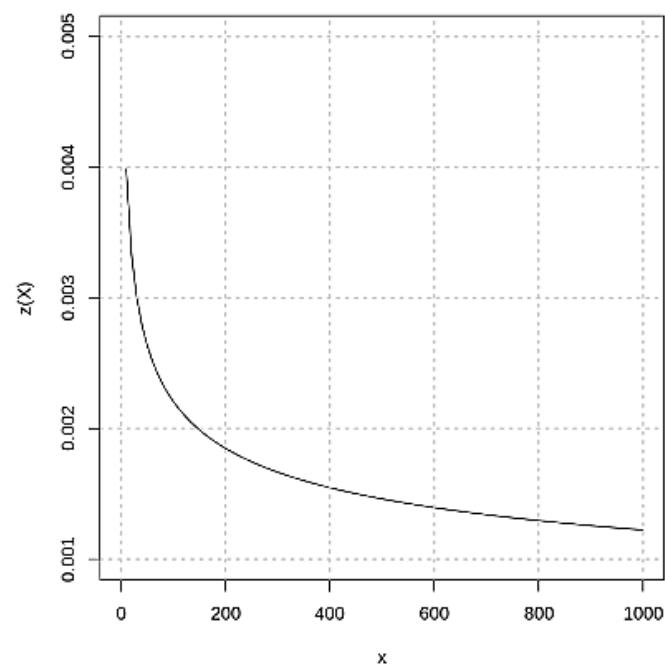
Anexo 46: Función acumulada de fallas de inyectora 2 subsistema unidad de inyección.



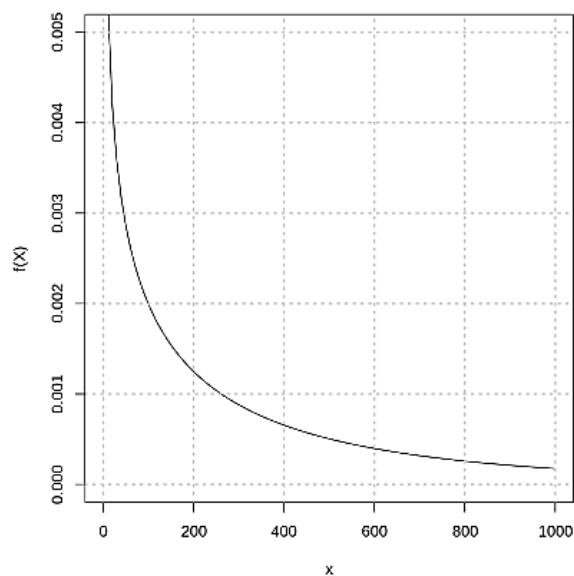
Anexo 47: Función de confiabilidad de inyectora 2 subsistema unidad de inyección.



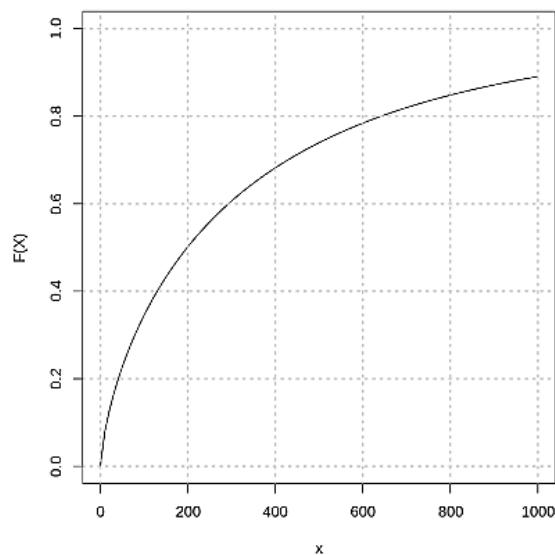
Anexo 48. Función de tasa de fallas de inyectora 2 subsistema unidad de inyección.



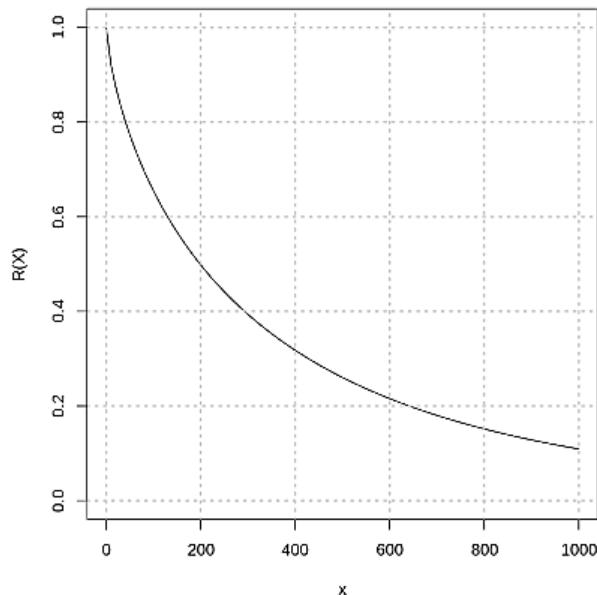
Anexo 49: Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 3 subsistema unidad de inyección.



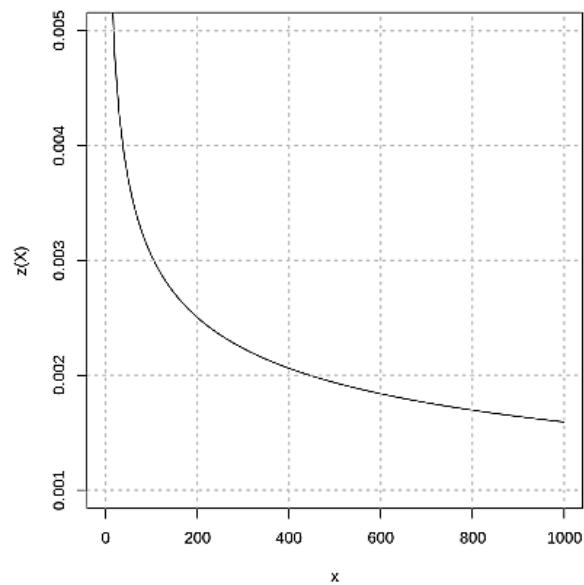
Anexo 50: Función acumulada de fallas de inyectora 3 subsistema unidad de inyección.



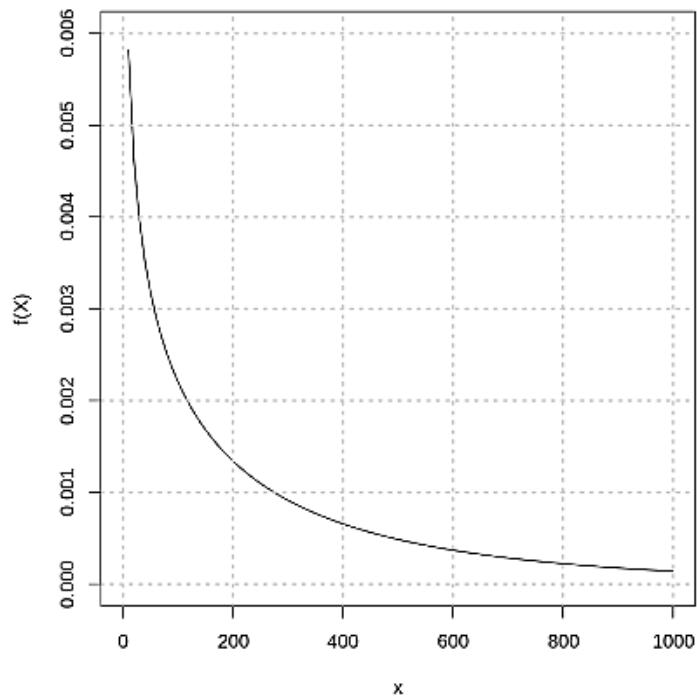
Anexo 51: Función de confiabilidad de inyectora 3 subsistema unidad de inyección.



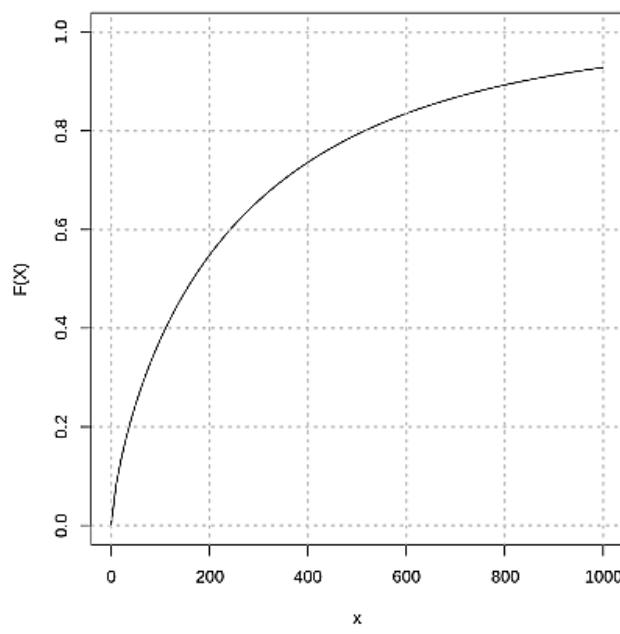
Anexo 52. Función de tasa de fallas de inyectora 3 subsistema unidad de inyección.



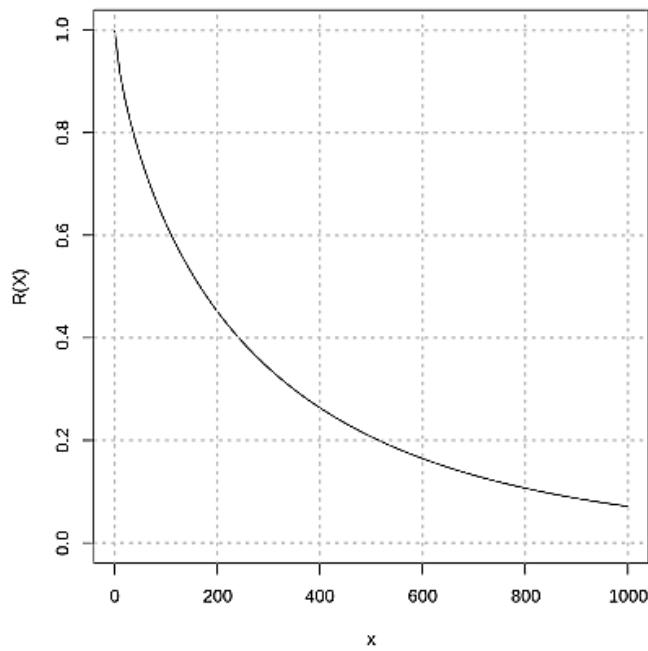
Anexo 53: Función de distribución de probabilidad de fallas de inyectora 4 subsistema unidad de inyección.



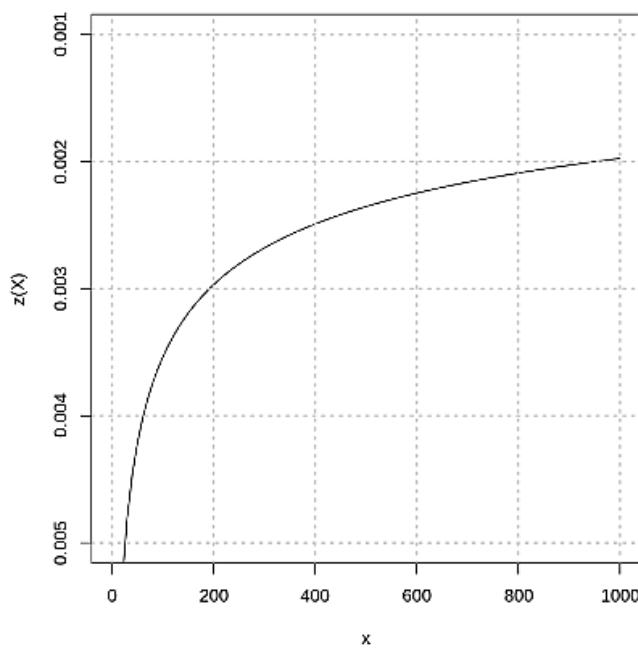
Anexo 54: Función acumulada de fallas de inyectora 4 subsistema unidad de inyección.



Anexo 55: Función de confiabilidad de inyectora 4 subsistema unidad de inyección.



Anexo 56: Función de tasa de fallas de inyectora 4 subsistema unidad de inyección.



Anexo 57: Análisis de modos y efectos de falla de máquina inyectora.

FALLAS FUNCIONALES	DESCRIPCIÓN DE OCURRENCIA	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE CONSECUENCIA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
1.A El husillo no cumple con el perfil de inyección establecido (velocidades y posiciones erradas)	La ocurrencia de falla es moderada. Esta falla ocurre por un mal funcionamiento en la válvula de inyección, desgaste de componentes internos de la cámara o pérdida en control de temperatura de la unidad de inyección.	1.A.2 Enfriamiento de boquilla de unidad de inyección por falla en el control de temperatura en ésta zona.	Ocasiona una fundición inadecuada del material dañando las resistencias, sensores y cables. Un ajuste inadecuado de componentes facilita la fuga de material entre ellos. Acción insegura pudiendo dañar la operador	Parada de producción. Riesgo de accidente.	Cambio de resistencias y/o boquilla.
1.A El husillo no cumple con el perfil de inyección establecido (velocidades y posiciones erradas)	La ocurrencia de falla es moderada. Esta falla ocurre por desgaste de componentes mecánicos de la unidad de inyección.	1.A.3 Desgaste de válvula check, torpedo y tornillo interno de la cámara de plastificación.	Accion insegura pudiendo dañar al operador. El tornillo no se moverá.	Daño al operador Parada de producción	Cambio de conjunto torpedo, anillo y válvula check.
1.B. El husillo no cumple con el perfil de carga establecido (velocidades y posiciones erradas)	La temperatura real del barril difiere de los valores establecidos.	1.A.5 Falla de resistencia eléctrica y/o termocupla en la unidad de plastificación.	Parada de máquina, se prolonga el ciclo de trabajo y/o se interrumpe la producción. El material fundido puede quemarse afectando la producción pudiendo incluso dañar el revestimiento interno del cañón.	Parada de producción	Cambio de resistencia-termocupla de la zona averiada.
1.A Falla potencial al no cumplir con inyectar la carga de material establecida.	Daño al conjunto de resistencias y termocuplas. Pérdida de material y posible daño al operador. Calidad de producto fuera de los estándares del cliente.	1.A.6 Fuga de material fundido por desgaste en boquilla-cabezal	Acción insegura, posible daño al operador y las resistencias eléctricas de la unidad de plastificación, pérdida de material y agravio en la calidad del producto	Daño al operador y al equipo.	Cambio de conjunto cabezal-portaboquilla-boquilla o asentado del conjunto.

FALLAS FUNCIONALES	DESCRIPCIÓN DE OCURRENCIA	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE CONSECUENCIA	TAREAS DE MANTENIMIENTO
1.I. Falta de materia prima	Recalentamiento de la garganta en la unidad de inyección funde la materia prima en la entrada del cilindro impidiendo la caída del pellets a la unidad de plastificación.	1.I.2 Sarro e impurezas en el circuito de refrigeración de la garganta de la unidad de inyección que propicia el calentamiento de material en ésta zona e impide el paso del pellets al barril.	Parada de máquina y limpieza de cañón ( al menos 1 hora). Se debe limpiar el sarro de la garganta con ácido. 1 persona.	Parada de producción.	Limpieza de sedimento en la garganta de la unidad de inyección.
1.L. Enfriamiento en parte fija del molde	Falla en la circulación de agua en la parte fija del molde	1.L. 2 Circuito interno del manifold de agua de refrigeración obstruido.	Parada de producción para acción correctiva en el manifold del molde ( puede durar 12 horas).	Falla potencial, producción defectuosa.	Limpieza de sedimento en el circuito de agua de la parte fija del molde.
1.M. El producto injectado no cumple con los estándares de calidad	El producto injectado está fuera de especificación ya sea por peso, apariencia o funcionalidad.	1.M.1. Desgaste en zonas moldantes de matriz.	Pérdida de eficiencia por anulación de cavidades en el molde o rechazo en la producción.	Parada de producción.	Mantenimiento correctivo de piezas moldantes (postizos) o reemplazo de éstas.

Anexo 58: Costos por mano de obra.

Salario (mensual)	Costo de mano de obra de:	Costo por día	Moneda		Costo por hora
S/1,500.00	Operario (2 personas)	S/125.00	soles	día	S/15.63
S/4,500.00	Supervisor de producción	S/187.50	soles	día	S/23.44
S/4,000.00	Técnico de mantenimiento (2 personas)	S/333.33	soles	día	S/41.67
S/4,000.00	Técnico Matricero	S/166.67	soles	día	S/20.83

Anexo 59: Costo por unidad de producción.

Descripción	Costo de unidad producida (SOLES)	Número de cavidades	Ciclo (segundos)	Costo por ciclo (Soles/ ciclo)	Factor de multiplicación
ABRAZADERA UMBILICAL	0.235	6	23	1.41	0.061304348
ABRAZADERA UMBILICAL	0.235	6	23	1.41	0.061304348
MÁSCARA AEROCÁMARA GRANDE	2.458	1	27	2.458	0.091037037
EMBOCADURA PARA AEROCÁMARA	0.536	4	18	2.144	0.119111111
TAPA PARA AEROCÁMARA	1.098	4	40	4.392	0.1098
CUERPO AEROCÁMARA	8.4825	1	45	8.4825	0.1885
MÁSCARA AEROCÁMARA PEQUEÑA	2.458	2	27	4.916	0.182074074
TAPA PARA AEROCÁMARA	1.098	4	40	4.392	0.1098
MÁSCARA DELGADA GRANDE LOCAL	2.349	2	30	4.698	0.1566
CUBIERTA DE INHALADOR	0.486	4	21	1.944	0.092571429
TROMPO DE INHALADOR	0.221	8	30	1.768	0.058933333
CUERPO DE INHALADOR	0.761	3	36	2.283	0.063416667
ACOPLADURA DE TUBO PARA MÁSCARA	1.26	12	27	15.12	0.56
MANGUERA ACANALADA	1.919	1	18.21	1.919	0.105381658
ACOPLADURA DE MASCARA	0.16	8	15	1.28	0.085333333

Anexo 60: Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 1.

						Costos de mantenimiento (soles)		Costos por pérdida de producción (soles)		Costos totales (soles)
Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)	Por mano de obra	Por repuestos e insumos	Por mano de obra	Por unidades no producidas	Costos por parada.
9/05/2019	1:00:00	1:50:00		0	0.8	86.8	1372.7	32.6	409.0	1901.1
14/05/2019	22:00:00	0:00:00	8410	140	2.0	208.3	742.2	78.1	981.7	2010.4
22/05/2019	3:30:00	3:50:00	11730	195	0.3	34.7	185.0	13.0	163.6	396.4
24/05/2019	17:10:00	17:40:00	3680	61	0.5	52.1	1372.7	19.5	245.4	1689.7
29/05/2019	3:00:00	3:15:00	7760	129	0.3	26.0	185.0	9.8	122.7	343.5
15/06/2019	16:10:00	17:10:00	67015	1116	1.0	104.2	1372.7	39.1	490.8	2006.8
							9988.7			9988.7
23/07/2019	18:20:00	18:50:00	97990	1633	0.5	52.1	1372.7	19.5	245.4	1689.7
26/07/2019	14:00:00	15:00:00	5470	91	1.0	104.2	0.0	39.1	490.8	634.1
27/07/2019	16:00:00	19:00:00	1500	25	3.0	312.5	1372.7	117.2	1472.5	3274.9
13/08/2019	14:30:00	15:00:00	67410	1123	0.5	52.1	1372.7	19.5	245.4	1689.7
10/09/2019	14:20:00	14:50:00	83480	1391	0.5	52.1	1372.7	19.5	245.4	1689.7
15/10/2019	19:00:00	19:35:00	93850	1564	0.6	60.8	185.0	22.8	286.3	554.9
12/11/2019	23:10:00	23:40:00	82295	1371	0.5	52.1	185.0	19.5	245.4	502.0
12/11/2019	20:45:00	21:00:00	1265	21	0.3	26.0	1372.7	9.8	122.7	1531.2
30/11/2019	12:30:00	19:00:00	26850	447	6.5	677.1	185.0	253.9	3190.5	4306.5
2/12/2019	22:00:00	23:00:00	46260	771	1.0	104.2	742.2	39.1	490.8	1376.3
5/12/2019	07:00:00	15:00:00	4800	80	8.0	833.3	742.2	312.5	3926.7	5814.8
7/12/2019	17:10:00	18:00:00	3010	50	0.8	86.8	185.0	32.6	409.0	713.4
9/12/2019	07:00:00	08:00:00	3660	61	1.0	104.2	1372.7	39.1	490.8	2006.8
9/12/2019	23:00:00	2:00:00	900	15	3.0	312.5	185.0	117.2	1472.5	2087.2

10/12/2019	4:00:00	6:00:00	1560	26	2.0	208.3	185.0	78.1	981.7	1453.1
11/12/2019	07:00:00	07:30:00	1500	25	0.5	52.1	742.2	19.5	245.4	1059.3
12/12/2019	16:40:00	18:30:00	1990	33	1.8	191.0	185.0	71.6	899.9	1347.5
12/12/2019	19:20:00	20:15:00	50	0	0.9	95.5	742.2	35.8	449.9	1323.5
12/12/2019	6:15:00	6:40:00	600	10	0.4	43.4	742.2	16.3	204.5	1006.4
12/12/2019	20:40:00	22:30:00	840	14	1.8	191.0	185.0	71.6	899.9	1347.5
13/12/2019	07:00:00	08:00:00	1950	32	1.0	104.2	185.0	39.1	490.8	819.1
14/12/2019	22:30:00	23:15:00	2310	38	0.8	78.1	185.0	29.3	368.1	660.6
							9988.7			9988.7
						4305.6	39005.0	1614.6	20288.1	65213.2

Anexo 61: Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 1.

	Costos de mantenimiento (soles)		Costos totales (soles)
1	104.8	185.0	289.8
2	56.1	1372.7	1428.8
3	104.8	185.0	289.8
4	135.4	742.2	877.6
5	104.8	185.0	289.8
6	56.1	1372.7	1428.8
7	135.4	742.2	877.6
8	104.8	185.0	289.8
9	56.1	1372.7	1428.8
10	125.0	742.2	867.2
11	104.8	185.0	289.8
12	56.1	1372.7	1428.8
13	135.4	742.2	877.6
14	104.8	185.0	289.8
15	56.1	1372.7	1428.8
16	135.4	742.2	877.6
17	104.8	185.0	289.8
18	56.1	1372.7	1428.8
19	104.8	185.0	289.8
20	135.4	742.2	877.6
	Mantenimiento preventivo semestral.	7876.0	7876.0
21	104.8	185.0	289.8
22	56.1	1372.7	1428.8
23	104.8	185.0	289.8
24	56.1	1372.7	1428.8
25	135.4	742.2	877.6
26	104.8	185.0	289.8
	Mantenimiento preventivo semestral.	7876	7876
	2,539.3	33,964.1	36,503.4

Anexo 62: Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 2.

							Costos de mantenimiento (soles)		Costos por pérdida de producción (soles)		Costos totales
Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)	Tiempo entre reparaciones (segundos)	Por mano de obra	Por repuestos e insumos	Por mano de obra	Por unidades no producidas	Costos por parada.
27/03/2019	11:30:00	13:00:00		0	1.5	5400.0	93.8	185.0	58.6	736.3	1073.6
28/03/2019	10:50:00	11:10:00	2750	45	0.3	1200.0	20.8	185.0	13.0	163.6	382.5
3/04/2019	4:00:00	5:00:00	8210	136	1.0	3600.0	62.5	742.2	39.1	490.8	1334.6
16/04/2019	3:10:00	3:35:00	20050	334	0.4	1500.0	26.0	1372.7	16.3	204.5	1619.5
23/04/2019	19:35:00	19:50:00	11040	184	0.3	900.0	15.6	0.0	9.8	122.7	148.1
2/05/2019	08:00:00	10:00:00	13690	228	2.0	7200.0	125.0	185.0	78.1	981.7	1369.8
20/05/2019	07:55:00	08:55:00	27235	453	1.0	3600.0	62.5	185.0	39.1	490.8	777.4
14/06/2019	07:00:00	18:00:00	79085	1318	11.0	39600.0	687.5	185.0	429.7	5399.2	6701.4
17/06/2019	07:00:00	10:15:00	5100	85	3.3	11700.0	203.1	185.0	127.0	1595.2	2110.3
22/06/2019	20:40:00	21:30:00	7825	130	0.8	3000.0	52.1	742.2	32.6	409.0	1235.9
MANTEINIMIENTO SEMESTRAL PROGRAMADO								9988.7			9988.7
2/07/2019	15:50:00	16:10:00	58700	978	0.3	1200.0	20.8	185.0	13.0	163.6	382.5
16/09/2019	19:00:00	22:00:00	149930	2498	3.0	10800.0	187.5	185.0	117.2	1472.5	1962.2
15/11/2019	6:45:00	7:00:00	128685	2144	0.3	900.0	15.6	1372.7	9.8	122.7	1520.8
13/12/2019	1:52:00	6:00:00	84652	1410	4.1	14880.0	258.3	742.2	161.5	2028.8	3190.8
14/12/2019	07:20:00	08:00:00	1520	25	0.7	2400.0	41.7	185.0	26.0	327.2	579.9
14/12/2019	15:10:00	17:00:00	430	7	1.8	6600.0	114.6	742.2	71.6	899.9	1828.3
19/12/2019	0:00:00	0:00:00	7620	127	0.0	0.0	0.0	185.0	0.0	0.0	185.0
0/01/1900	0:00:00	0:00:00	15840	264	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MANTEINIMIENTO SEMESTRAL PROGRAMADO								9988.7			9988.7
					1.8		1987.5	27541.7	1242.2	15608.7	46380.1

Anexo 63: Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 2.

	Costos de mantenimiento (soles)		Costo por intervención de mantenimiento
1	52.1	185.0	237.1
2	76.4	742.2	818.6
3	52.1	185.0	237.1
4	20.8	185.0	205.8
5	52.1	185.0	237.1
6	76.4	742.2	818.6
7	52.1	185.0	237.1
	Mantenimiento preventivo semestral.	7876.0	7876.0
8	76.4	742.2	818.6
9	52.1	185.0	237.1
10	20.8	1372.7	1393.5
11	52.1	185.0	237.1
12	76.4	742.2	818.6
13	52.1	185.0	237.1
14	258.3	742.2	1000.6
15	52.1	185.0	237.1
16	20.8	1372.7	1393.5
17	76.4	742.2	818.6
18	52.1	185.0	237.1
	Mantenimiento preventivo semestral.	7876.0	7876.0
19	52.1	185.0	237.1
20	258.3	742.2	1000.6
21	52.1	185.0	237.1
22	20.8	1372.7	1393.5
	1554.9	27285.6	28840.5

Anexo 64: Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 3.

					Tasa de cambio	Costos de mantenimiento		Costos por pérdida de producción		Costos totales
Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)	Por mano de obra	Por repuestos e insumos	Por mano de obra	Por unidades no producidas	Costos por parada.
7/01/2019	16:20:00	18:40:00		0	2.3	243.1	1372.7	91.1	1145.3	2852.2
7/01/2019	20:15:00	23:25:00	95	1	3.2	329.9	1372.7	123.7	1554.3	3380.6
15/01/2019	3:00:00	3:25:00	11735	195	0.4	43.4	1372.7	16.3	204.5	1636.9
19/01/2019	22:50:00	23:20:00	6925	115	0.5	52.1	1372.7	19.5	245.4	1689.7
22/01/2019	10:35:00	11:00:00	4995	83	0.4	43.4	1372.7	16.3	204.5	1636.9
12/02/2019	14:05:00	17:00:00	30425	507	2.9	303.8	742.2	113.9	1431.6	2591.6
13/03/2019	10:30:00	13:00:00	47130	785	2.5	260.4	185.0	97.7	1227.1	1770.2
13/03/2019	08:15:00	09:00:00	1155	19	0.8	78.1	1372.7	29.3	368.1	1848.3
18/05/2019	07:00:00	12:00:00	54600	910	5.0	520.8	1372.7	195.3	2454.2	4543.0
							9988.7			9988.7
27/09/2019	5:40:00	7:00:00	62980	1049	1.3	138.9	185.0	52.1	654.5	1030.4
28/09/2019	10:00:00	10:30:00	1620	27	0.5	52.1	185.0	19.5	245.4	502.0
7/10/2019	0:10:00	0:40:00	15220	253	0.5	52.1	742.2	19.5	245.4	1059.3
7/11/2019	10:30:00	14:00:00	45230	753	3.5	364.6	742.2	136.7	1717.9	2961.5
10/12/2019	14:30:00	17:00:00	48990	816	2.5	260.4	185.0	97.7	1227.1	1770.2
10/12/2019	14:30:00	17:00:00	1290	21	2.5	260.4	185.0	97.7	1227.1	1770.2
11/12/2019	22:00:00	7:00:00	1740	29	9.0	937.5	742.2	351.6	4417.6	6448.8
12/12/2019	21:00:00	1:00:00	2280	38	4.0	416.7	742.2	156.3	1963.4	3278.5
12/03/2019	0:00:00	0:00:00	44580	743	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					2.3	4357.6	34222.4	1634.1	20533.5	60747.6

Anexo 65: Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 3.

Nº	Costos de mantenimiento (soles)		Costo por intervención de mantenimiento
1	112.4	1372.7	1485.1
2	116.7	185.0	301.7
3	144.1	742.2	886.3
4	112.4	1372.7	1485.1
5	406.3	742.2	1148.5
6	116.7	185.0	301.7
7	112.4	1372.7	1485.1
	Mantenimiento preventivo semestral.	7876.0	7876.0
8	144.1	742.2	886.3
9	0.0	742.2	742.2
10	112.4	1372.7	1485.1
11	116.7	185.0	301.7
12	406.3	742.2	1148.5
13	112.4	1372.7	1485.1
14	144.1	742.2	886.3
15	116.7	185.0	301.7
16	112.4	1372.7	1485.1
17	144.1	742.2	886.3
18	406.3	742.2	1148.5
	Mantenimiento preventivo semestral.	7876.0	7876.0
19	116.7	185.0	301.7
20	112.4	1372.7	1485.1
21	144.1	742.2	886.3
22	112.4	1372.7	1485.1
23	406.3	742.2	1148.5
24	116.7	185.0	301.7
25	112.4	1372.7	1485.1
26	144.1	742.2	886.3
			41581.5

Anexo 66: Costos en el programa de mantenimiento actual por unidad de inyección de la máquina 4

Fecha de documento	Inicio de ocurrencia de parada	Fin de parada	Tiempo entre fallas (minutos)	Tiempo entre fallas (horas)	Tiempo entre reparaciones (horas)	Costos de mantenimiento		Costos por pérdida de producción		Costos totales
						Por mano de obra	Por repuestos e insumos	Por mano de obra	Por unidades no producidas	
9/01/2019	16:40:00	17:40:00		0	1.0	104.2	1372.7	39.1	490.8	2006.8
30/04/2019	11:10:00	11:40:00	78810	1313	0.5	52.1	185.0	19.5	245.4	502.0
2/05/2019	16:00:00	17:30:00	4580	76	1.5	156.3	185.0	58.6	736.3	1136.1
2/05/2019	13:00:00	15:00:00	1170	19	2.0	208.3	185.0	78.1	981.7	1453.1
3/05/2019	2:30:00	3:00:00	2130	35	0.5	52.1	185.0	19.5	245.4	502.0
7/05/2019	15:30:00	16:25:00	6510	108	0.9	95.5	185.0	35.8	449.9	766.2
7/05/2019	19:00:00	20:00:00	155	2	1.0	104.2	185.0	39.1	490.8	819.1
8/05/2019	07:00:00	07:45:00	2100	35	0.8	78.1	185.0	29.3	368.1	660.6
12/06/2019	5:00:00	6:30:00	51675	861	1.5	156.3	0.0	58.6	736.3	951.1
21/06/2019	18:20:00	18:40:00	13670	227	0.3	34.7	185.0	13.0	163.6	396.4
							9988.7			9988.7
6/07/2019	19:00:00	23:30:00	23060	384	4.5	468.8	185.0	175.8	2208.8	3038.3
9/09/2019	09:00:00	10:30:00	50970	849	1.5	156.3	1372.7	58.6	736.3	2323.8
19/09/2019	6:20:00	6:50:00	15590	259	0.5	52.1	1372.7	19.5	245.4	1689.7
23/09/2019	07:00:00	10:00:00	5770	96	3.0	312.5	185.0	117.2	1472.5	2087.2
7/10/2019	19:00:00	2:00:00	22140	369	7.0	729.2	1372.7	273.4	3435.9	5811.2
9/10/2019	07:00:00	08:30:00	3180	53	1.5	156.3	1372.7	58.6	736.3	2323.8
					1.6	2916.7	28690.9	1093.8	13743.5	46444.8

Anexo 67: Costos en el programa de mantenimiento propuesto por unidad de inyección de la máquina 4.

	Tiempo promedio de reparación	Costos de mantenimiento (soles)		Costo por intervención de mantenimiento
1	2.12	132.2916667	185	317.2916667
2	2.3	143.75	1372.7	1516.45
3	2.12	132.2916667	185	317.2916667
4	2.12	132.2916667	185	317.2916667
5	2.3	143.75	1372.7	1516.45
6	2.12	132.2916667	185	317.2916667
7	2.12	132.2916667	185	317.2916667
8	2.3	143.75	1372.7	1516.45
9	2.12	132.2916667	185	317.2916667
10	2.12	132.2916667	185	317.2916667
	Mantenimiento preventivo semestral.		8616	8616
11	2.3	143.75	1372.7	1516.45
12	2.12	132.2916667	185	317.2916667
13	2.12	132.2916667	185	317.2916667
14	2.3	143.75	1372.7	1516.45
	Mantenimiento preventivo semestral.		8616	8616
15	2.12	132.2916667	185	317.2916667
16	2.12	132.2916667	185	317.2916667
17	2.3	143.75	1372.7	1516.45
18	2.12	132.2916667	185	317.2916667
19	2.12	132.2916667	185	317.2916667
				30455.49167

Anexo 68: Valores anuales totales del activo cubierta de dosificador, molde actual.

Activo defensor		Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costos de reparación (mayores)	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de mano de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1		0	0	95%	0.0	10,888.5			0.0				0.0			
2	10,080,000	88	2100	95%	1995.0	7,318.5	10,600.2	1,281.8	5,154.2	9,917.2	26,953.4	2,990.6	12,713.9	15,704.5		
3	4,032,000	35	840	95%	798.0	5,890.5	5,000.0	512.7	2,061.7	3,966.9	11,541.3	2,787.8	12,366.4	15,154.2		
4	10,080,000	88	2100	95%	1995.0	2,320.5	5,000.0	1,281.8	5,154.2	9,917.2	21,353.2	3,099.3	14,246.7	17,346.1		

Anexo 69: Valores anuales totales del activo cubierta de dosificador, molde nuevo.

Activo retador		Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costos de reparación (mayores)	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de mano de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total	
1		0	95%	0.0	50,000.0				0.0			0.0					
2	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	39,500.0			1,068.2	4,295.2	5,493.1	10,856.4	10,952.8	5,121.0	16,073.8		
3	4,032,000	29	700	95%	665.0	35,300.0			427.3	1,718.1	2,197.2	4,342.6	10,356.3	4,890.3	15,246.6		
4	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	24,800.0	10,000.0	1,068.2	4,295.2	5,493.1	20,856.4	11,272.7	8,231.0	19,503.7			
5	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	14,300.0	5,000.0	1,068.2	4,295.2	5,493.1	15,856.4	11,619.5	9,431.3	21,050.8			
6	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	3,800.0	5,000.0	1,068.2	4,295.2	5,493.1	15,856.4	11,693.0	10,223.0	21,916.1			
7	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	-6,700.0			1,068.2	4,295.2	5,493.1	10,856.4	11,620.0	10,285.8	21,905.8		

Anexo 70: Valores anuales totales del activo dosificador, molde actual.

Activo defensor														
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costos de reparación (mayores)	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de mano de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1		0	0	95%	0.0	12,783.0		0.0			0.0			
2	10,080,000	88	2100	95%	1995.0	8,793.0	7,424.5	1,281.8	5,154.2	13,371.5	27,232.0	3,416.0	12,845.3	16,261.3
3	10,080,000	88	2100	95%	1995.0	4,803.0	5,000.0	1,281.8	5,154.2	13,371.5	24,807.5	3,898.8	16,390.3	20,289.1
4	10,080,000	88	2100	95%	1995.0	813.0	5,000.0	1,281.8	5,154.2	13,371.5	24,807.5	4,038.5	18,151.4	22,189.9

Anexo 71: Valores anuales totales del activo dosificador, molde nuevo.

Activo retador														PAGO(D5;B26;H24)-PAGO(D5;B26;;H26)
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costos de reparación (mayores)	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de mano de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1		0	0	95%	0.0	54,500.0		0.0			0.0			
2	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	39,500.0		1,068.2	4,295.2	5,493.1	10,856.4	13,615.5	5,121.0	18,736.4
3	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	29,000.0		1,068.2	4,295.2	5,493.1	10,856.4	14,096.9	6,820.7	20,917.6
4	10,080,000	29	700	95%	665.0	24,800.0	7,000.0	427.3	1,718.1	2,197.2	11,342.6	12,754.3	7,766.8	20,521.1
5	10,080,000	29	700	95%	665.0	20,600.0	5,000.0	427.3	1,718.1	2,197.2	9,342.6	11,876.2	8,014.8	19,891.0
6	10,080,000	73	1750	95%	1662.5	10,100.0	5,000.0	1,068.2	4,295.2	5,493.1	15,856.4	12,011.2	8,981.1	20,992.4
7	4,032,000	73	1750	95%	1662.5	-400.0		1,068.2	4,295.2	5,493.1	10,856.4	11,981.6	9,167.0	21,148.6

Anexo 72: Valores anuales totales del activo cuerpo de inhalador, molde actual.

Defensor														
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costos de reparación (mayores)	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1		0	0	95%	0.0	6,153.1		0.0			0.0			
2	108,000	9	225	95%	213.8	5,997.8	2,242.0	137.3	552.2	1,550.3	4,481.9	811.6	2,114.1	2,925.7
3	864,000	75	1800	95%	1710.0	4,755.8	2,242.0	1,098.7	4,417.9	12,402.7	20,161.3	1,152.4	7,462.4	8,614.8
4	756,000	66	1575	95%	1496.3	3,669.1	2,242.0	961.3	3,865.7	10,852.4	17,921.4	1,258.1	9,650.8	10,908.9
5	864,000	75	1800	95%	1710.0	2,427.1	2,242.0	1,098.7	4,417.9	12,402.7	20,161.3	1,324.9	11,305.2	12,630.1
6	648,000	56	1350	95%	1282.5	1,495.6	2,242.0	824.0	3,313.4	9,302.0	15,681.5	1,312.3	11,844.5	13,156.8
7	972,000	84	2025	95%	1923.8	98.3	2,242.0	1,236.0	4,970.1	13,953.1	22,401.2	1,338.5	12,890.9	14,229.4
8	648,000	56	1350	95%	1282.5	-833.2	2,242.0	824.0	3,313.4	9,302.0	15,681.5	1,306.4	13,117.7	14,424.1
9	864,000	75	1800	95%	1710.0	-2,075.2	2,242.0	1,098.7	4,417.9	12,402.7	20,161.3	1,295.2	13,594.4	14,889.7

Anexo 73: Valores anuales totales del activo cuerpo de inhalador, molde nuevo.

Retador		PAGO(D5;B26;H24)-PAGO(D5;B26;;H26)												
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costos de reparación (mayores)	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1		0	95%	0.0	38,000.0		0.0			0.0				
2	108,000	4	90	95%	85.5	37,658.0	2,242.0	54.9	220.9	1,104.8	3,622.7	4,721.3	1,708.8	6,430.1
3	864,000	30	720	95%	684.0	34,922.0	2,242.0	439.5	1,767.2	8,838.7	13,287.4	5,472.2	5,140.1	10,612.3
4	756,000	26	630	95%	598.5	32,528.0	2,242.0	384.5	1,546.3	7,733.9	11,906.7	5,704.9	6,555.9	12,260.8

Retador		PAGO(D5;B26;H24)- PAGO(D5;B26;;H26)												
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costos de reparación (mayores)	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de mano de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
5	864,000	30	720	95%	684.0	29,792.0	2,242.0	439.5	1,767.2	8,838.7	13,287.4	5,852.0	7,615.5	13,467.5
6	648,000	23	540	95%	513.0	27,740.0	2,242.0	329.6	1,325.4	6,629.0	10,526.0	5,824.3	7,974.1	13,798.4
7	972,000	34	810	95%	769.5	24,662.0	2,242.0	494.4	1,988.1	9,943.6	14,668.0	5,882.0	8,637.6	14,519.7
8	648,000	23	540	95%	513.0	22,610.0	2,242.0	329.6	1,325.4	6,629.0	10,526.0	5,811.3	8,791.2	14,602.4
9	864,000	30	720	95%	684.0	19,874.0	2,242.0	439.5	1,767.2	8,838.7	13,287.4	5,786.7	9,095.5	14,882.2
10	24,000	1	20	95%	19.0	19,798.0	2,242.0	12.2	49.1	245.5	2,548.8	5,597.2	8,722.4	14,319.6
11	756,000	26	630	95%	598.5	17,404.0	2,242.0	384.5	1,546.3	7,733.9	11,906.7	5,557.2	8,876.6	14,433.7
12	972,000	34	810	95%	769.5	14,326.0	2,242.0	494.4	1,988.1	9,943.6	14,668.0	5,541.0	9,116.6	14,657.5
13	216,000	8	180	95%	171.0	13,642.0	2,242.0	109.9	441.8	2,209.7	5,003.3	5,429.0	8,969.8	14,398.8
14	972,000	34	810	95%	769.5	10,564.0	2,242.0	494.4	1,988.1	9,943.6	14,668.0	5,407.0	9,145.7	14,552.7
15	540,000	19	450	95%	427.5	8,854.0	2,242.0	274.7	1,104.5	5,524.2	9,145.3	5,341.8	9,145.7	14,487.5
16	864,000	30	720	95%	684.0	6,118.0	2,242.0	439.5	1,767.2	8,838.7	13,287.4	5,305.7	9,242.6	14,548.3
17	108,000	4	90	95%	85.5	5,776.0	2,242.0	54.9	220.9	1,104.8	3,622.7	5,219.2	9,127.6	14,346.8

Anexo 74: Valores anuales totales del activo cubierta de inhalador, molde actual.

Activo Defensor													
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1	0	0	95%	0.0	4,075.2	0.0				0.0			
2	1,110,000	58	1388	95%	1318.1	2,641.5	846.9	3,405.5	12,609.6	16,862.0	1,165.3	7,953.8	9,119.1
3	945,000	49	1181	95%	1122.2	1,420.8	721.0	2,899.3	10,735.2	14,355.5	1,275.6	9,850.9	11,126.5
4	270,000	14	338	95%	320.6	1,072.1	206.0	828.4	3,067.2	4,101.6	1,117.4	8,647.9	9,765.3
5	945,000	49	1181	95%	1122.2	-148.5	721.0	2,899.3	10,735.2	14,355.5	1,153.9	9,546.4	10,700.2
6	675,000	35	844	95%	801.6	-1,020.4	515.0	2,070.9	7,668.0	10,253.9	1,116.9	9,633.5	10,750.5
7	135,000	7	169	95%	160.3	-1,194.8	103.0	414.2	1,533.6	2,050.8	1,011.4	8,882.0	9,893.3
8	945,000	49	1181	95%	1122.2	-2,415.4	721.0	2,899.3	10,735.2	14,355.5	1,016.7	9,327.0	10,343.7
9	405,000	21	506	95%	480.9	-2,938.5	309.0	1,242.5	4,600.8	6,152.3	963.7	9,112.1	10,075.8

Anexo 75: Valores anuales totales del activo cubierta de inhalador, molde nuevo.

Activo Retador		PAGO(D5;B26;H24)-PAGO(D5;B26;;H26)											
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de mano de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1			0	95%	0.0	34,500.0	0.0		0.0				
2	1,110,000	24	578.125	95%	549.2	31,308.8	352.9	1,418.9	9,723.6	11,495.4	5,645.3	5,422.4	11,067.7
3	945,000	21	492.1875	95%	467.6	28,591.9	300.4	1,208.0	8,278.2	9,786.6	5,890.9	6,715.7	12,606.6
4	270,000	6	140.625	95%	133.6	27,815.6	85.8	345.1	2,365.2	2,796.2	5,538.6	5,895.6	11,434.2
5	945,000	21	492.1875	95%	467.6	25,098.8	300.4	1,208.0	8,278.2	9,786.6	5,619.8	6,508.1	12,127.9
6	675,000	15	351.5625	95%	334.0	23,158.1	214.6	862.9	5,913.0	6,990.5	5,537.6	6,567.5	12,105.1
7	135,000	3	70	95%	66.8	22,770.0	42.9	172.6	1,182.6	1,398.1	5,302.7	6,055.2	11,357.8
8	945,000	21	492.1875	95%	467.6	20,053.1	300.4	1,208.0	8,278.2	9,786.6	5,314.6	6,358.5	11,673.1
9	405,000	9	210.9375	95%	200.4	18,888.8	128.8	517.7	3,547.8	4,194.3	5,196.6	6,212.1	11,408.6
10	135,000	3	70.3125	95%	66.8	18,500.6	42.9	172.6	1,182.6	1,398.1	5,051.7	5,937.7	10,989.5
11	810,000	18	421.875	95%	400.8	16,171.9	257.5	1,035.4	7,095.6	8,388.5	5,027.4	6,056.4	11,083.8
12	1,080,000	23	562.5	95%	534.4	13,066.9	343.3	1,380.6	9,460.8	11,184.7	5,028.1	6,268.9	11,297.0
13	810,000	18	421.875	95%	400.8	10,738.1	257.5	1,035.4	7,095.6	8,388.5	4,987.8	6,344.5	11,332.3
14	30,000	1	15.625	95%	14.8	10,651.9	9.5	38.3	262.8	310.7	4,876.2	6,158.3	11,034.5
15	405,000	9	210.9375	95%	200.4	9,487.5	128.8	517.7	3,547.8	4,194.3	4,810.9	6,105.6	10,916.5
16	405,000	9	210.9375	95%	200.4	8,323.1	128.8	517.7	3,547.8	4,194.3	4,752.3	6,060.9	10,813.1
17	1,110,000	24	578.125	95%	549.2	5,131.9	352.9	1,418.9	9,723.6	11,495.4	4,740.8	6,172.0	10,912.8

Anexo 76: Valores anuales totales del activo tormpo de inhalador, molde actual.

Activo defensor													
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1		0	0	95%	0.0	6,358.2	0.0		0.0				
2	330,000	14	344	95%	326.6	6,147.4	209.8	843.7	2,833.1	3,886.6	862.4	1,833.3	2,695.7
3	825,000	36	859	95%	816.4	5,620.3	524.5	2,109.2	7,082.6	9,716.4	981.7	4,169.4	5,151.1
4	1,240,000	54	1292	95%	1227.1	4,828.1	788.4	3,170.3	10,645.4	14,604.1	1,083.1	6,352.7	7,435.9
5	1,155,000	50	1203	95%	1143.0	4,090.2	734.4	2,952.9	9,915.7	13,603.0	1,120.0	7,494.0	8,614.0
6	165,000	7	172	95%	163.3	3,984.8	104.9	421.8	1,416.5	1,943.3	1,055.5	6,810.0	7,865.5
7	660,000	29	688	95%	653.1	3,563.1	419.6	1,687.4	5,666.1	7,773.1	1,040.0	6,905.5	7,945.5
8	1,155,000	50	1203	95%	1143.0	2,825.2	734.4	2,952.9	9,915.7	13,603.0	1,050.2	7,450.0	8,500.2
9	1,155,000	50	1203	95%	1143.0	2,087.3	734.4	2,952.9	9,915.7	13,603.0	1,052.0	7,866.4	8,918.5

Anexo 77: Valores anuales totales del activo trompo de inhalador, molde nuevo.

Activo retador		PAGO(D5;B26;H24)-PAGO(D5;B26;;H26)											
Año	Unidades producidas	Días de trabajo	Horas efectivas	Productividad	Horas útiles	Valor comercial	Costo de energía eléctrica (\$)	Costos de mano de obra (\$/año)	Costo de mano de materia prima (\$/kg)	CO	Recuperación de capital	VA ( DEL COSTO DE OPERACIÓN ANUAL)	Valor anual total
1		0	95%	0.0	48,000.0	0.0			0.0				
2	330,000	6	137.5	95%	130.6	47,340.0	83.9	337.5	469.1	890.5	6,071.3	420.1	6,491.4
3	825,000	14	343.8	95%	326.6	45,690.0	209.8	843.7	1,172.8	2,226.4	6,444.6	955.4	7,399.9
4	1,240,000	22	516.7	95%	490.8	43,210.0	315.4	1,268.1	1,762.8	3,346.3	6,762.2	1,455.6	8,217.9
5	1,155,000	20	481.3	95%	457.2	40,900.0	293.7	1,181.2	1,642.0	3,116.9	6,877.6	1,717.1	8,594.7
6	165,000	3	68.8	95%	65.3	40,570.0	42.0	168.7	234.6	445.3	6,675.6	1,560.4	8,236.0
7	660,000	11	275.0	95%	261.3	39,250.0	167.9	675.0	938.3	1,781.1	6,627.3	1,582.3	8,209.6
8	1,155,000	20	481.3	95%	457.2	36,940.0	293.7	1,181.2	1,642.0	3,116.9	6,659.2	1,707.0	8,366.3
9	1,155,000	20	481.3	95%	457.2	34,630.0	293.7	1,181.2	1,642.0	3,116.9	6,664.9	1,802.5	8,467.3
10	1,155,000	20	481.3	95%	457.2	32,320.0	293.7	1,181.2	1,642.0	3,116.9	6,653.5	1,877.4	8,530.9
11	330,000	6	137.5	95%	130.6	31,660.0	83.9	337.5	469.1	890.5	6,551.1	1,829.6	8,380.7
12	1,240,000	22	516.7	95%	490.8	29,180.0	315.4	1,268.1	1,762.8	3,346.3	6,539.8	1,892.4	8,432.3
13	1,155,000	20	481.3	95%	457.2	26,870.0	293.7	1,181.2	1,642.0	3,116.9	6,513.9	1,936.1	8,450.0
14	330,000	6	137.5	95%	130.6	26,210.0	83.9	337.5	469.1	890.5	6,432.7	1,903.8	8,336.5
15	330,000	6	137.5	95%	130.6	25,550.0	83.9	337.5	469.1	890.5	6,362.2	1,876.7	8,238.9
16	825,000	14	343.8	95%	326.6	23,900.0	209.8	843.7	1,172.8	2,226.4	6,323.7	1,884.8	8,208.5
17	110,000	2	45.8	95%	43.5	23,680.0	28.0	112.5	156.4	296.8	6,257.5	1,852.4	8,109.9

Anexo 78: Tiempos actuales de ejecución de actividades internas y externas en cambios de producción.

Ítem	Actividades actuales	Actividades internas (minutos)	Actividades externas (minutos)	Tiempo (minutos)
1	Verificar la programación de cambios en el turno		3	3.0
2	Toma de herramientas		5	5.0
3	Determinar la ubicación de molde		4	4.0
4	Determinar la ubicación de la grúa		4	4.0
5	Trasladar la mesa de molde a la máquina		2	2.0
6	Retiro de elementos del molde saliente	5		5.0
7	Paralización de la máquina desde el panel de la inyectora	2		2.0
8	Posicionamiento de grúa para enganchar el molde de retiro.	7		6.7
9	Desconexión del sistema de refrigeración, aire, hidráulico y señales de mando.	14		14.0
10	Desajuste del molde saliente	10		10.0
11	Elevación del molde saliente	4		4.0
12	Elevación de molde entrante	4		4.0
13	Ajuste de molde entrante	10		10.0
14	Conexión de sistemas de refrigeración, aire, hidráulico y señales de mando	16		16.0
15	Posicionamiento del molde nuevo y regulación del cierre.	9		9.2
16	Establecimiento de temperaturas de trabajo.	10		10.0
17	Lavado de cámara	64		64.3
18	Abastecimiento de materia prima	3		3.0
19	Regulación de la máquina	16		16.0
20	Inicio de producción.	5		5.0
	<b>Tiempo total (minutos)</b>	<b>179.2</b>	<b>18.2</b>	197.3
	<b>% total</b>	91%	9%	

Anexo 79: Tiempos propuestos de mejora de ejecución de actividades internas y externas en cambios de producción.

Ítem	Actividades de mejora	Actividades internas (segundos)	Actividades externas (segundos)	Tiempo (minutos)
1	Verificar la programación de cambios en el turno		3	3
2	Toma de herramientas		5	5
3	Determinar la ubicación de molde		4	4
4	Determinar la ubicación de la grúa		4	4
5	Trasladar la mesa de molde a la máquina		2	2
6	Retiro de elementos del molde saliente	5		5
7	Paralización de la máquina desde el panel de la inyectora	2		2
8	Posicionamiento de grúa para enganchar el molde de retiro.		7	7
9	Desconexión del sistema de refrigeración, aire, hidráulico y señales de mando.	14		14
10	Desajuste del molde saliente	10		10
11	Elevación del molde saliente	4		4
12	Elevación de molde entrante	4		4
13	Ajuste de molde entrante	10		10
14	Conexión de sistemas de refrigeración, aire, hidráulico y señales de mando	16		16
15	Posicionamiento del molde nuevo y regulación del cierre.	9		9
16	Establecimiento de temperaturas de trabajo.		10	10
17	Lavado de cámara		64	64
18	Abastecimiento de materia prima		3	3
19	Regulación de la máquina	16		16
20	Inicio de producción.	5		5
<b>Tiempo total (minutos)</b>		<b>95.2</b>	<b>102.2</b>	
<b>% total</b>		48%	52%	197.33