



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PLAN DE MEJORAS EN LA LÍNEA IN08,
DEL ÁREA DE INYECCIÓN DE
PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR
RIGID PLASTICS DE VENEZUELA S.A.**

Autor: Isis Giraldo

Urb. Yuma II, calle N°3, San Diego, Edo Carabobo.
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PLAN DE MEJORAS EN LA LÍNEA IN08, DEL ÁREA DE
INYECCIÓN DE PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID
PLASTICS DE VENEZUELA S.A.**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor: Isis Giraldo
C.I:25.971.732

Tutor: Argenis Ceballos
C.I:16.241.538

San Diego, Marzo del 2020

CARTA DE ACEPTACION DEL DECANO

Universidad José Antonio Páez
Decanato de Ingeniería



FI-I-002-2019-6CE (TG)

Valencia, 31 de enero de 2020

Ciudadana:
Giraldo D. Isis P.
25.971.732
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2020 de fecha 14-01-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PLAN DE MEJORAS EN LA LINEA IN08, DEL ÁREA DE INYECCIÓN DE PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID PLASTICS DE VENEZUELA S.A** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación del Ing. Argenis Ceballos C.I: 16.241.538 como Tutor Académico que la asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L./a.a.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE
VENEZUELA UNIVERSIDAD JOSÉ
ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Argemio Ceballos portador de la cédula de
identidad N° 16.241.318, en mi carácter de tutor hago constar que he leído
el proyecto de trabajo de grado presentado por la ciudadana Iris Paola
González Díaz, portadora de la cédula de identidad N° 25.971.752, titulado
**PLAN DE MEJORAS EN LA LÍNEA INOR, DEL ÁREA DE
INYECCIÓN DE PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID
PLASTICS DE VENEZUELA S.A.** Presentando como requisito para optar
al título de Ingeniero Industrial, considero que dicho trabajo reúne los
requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y
evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, mesa de febrero del año dos mil veinte.


Ing. Argemio Ceballos
C.I. 16.241.318

AGRADECIMIENTOS

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo merece reconocimiento especial mi Madre que con su esfuerzo y dedicación me ayudó a culminar mi carrera universitaria y me dio el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado, gracias por enseñarme a ser una mujer fuerte y llena de sueños. A mi padre, gracias una vez más por haberme enseñado tanto sobre la vida, por tantas alegrías, se que en la distancia compartimos esta meta juntos, eres y serás el hombre más importante en mi vida, hoy lloro de felicidad porque sé que estarías orgulloso de mí. Así mismo, agradezco infinitamente a mis Hermanos, Yolimar Giraldo y Jader Giraldo, que con sus palabras me hacían sentir orgullosa de lo que soy y de lo que soy capaz. A mi hermana que me regaló la vida, Grace gracias por ser parte de este proceso, eres la amiga que se convirtió en mi familia, gracias por ser de gran apoyo.

De igual forma, agradezco a mi tutor de Tesis el Ing. Argenis Ceballos, gracias a su tiempo, consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto desarrollarme como persona, en especial mis madrinas, las Ingenieras Ana Avendaño y Nelly niño, gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichosa y contenta.

Agradezco a la Universidad José Antonio Páez, quien representa mi alma mater, en donde pude recibir los conocimientos necesarios para el desarrollo de las habilidades en esta bonita carrera que emprendí de manera satisfactoria.

A la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A. por ser parte fundamental en mi desarrollo como profesional, en especial al Ing. Freddy Alvizú, Gustavo Jiménez y Angelo Castillo, Gracias por brindarme la información necesaria, instalaciones, recursos y guía para la realización del proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y haber iluminado todo el camino para llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, por enseñarme a ser una mujer capaz de cumplir mis objetivos y mis sueños. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo a diario y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí, por ser el hombre que marco mi vida de una manera tan bonita y especial. A mis abuelos, por ser parte de mi formación, hermanos gracias por ser y estar, Gracias por estar presentes en cada una de triunfos, sin este equipo no hubiéramos logrado esta meta.

ÍNDICE GENERAL

	Pp.
AGRACECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURA	xii
ÍNCIDE DE GRÁFICAS	xiii
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULOS	
I. EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	7
1.3 Objetivos de la investigación.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación de la Investigación.....	7
1.5 Alcance de la Investigación.....	9
1.6 Limitaciones.....	9
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación.....	10
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 Polímero.....	15
2.2.2 Polietileno de Tereftalato.....	16
2.2.3 Propiedades de un fluido.....	18
2.2.4 Viscosidad Intrínseca.....	18
2.2.5 HFI.....	19
2.2.6 Scrap.....	19
2.2.7 Materia prima.....	19
2.2.8 Productividad.....	20
2.2.9 Máquina.....	21
2.2.10 Máquina de inyección.....	21
2.2.11 Proceso de inyección.....	22
2.2.11.1 Ciclo de molde por inyección.....	23

2.2.12	Mejora continua.....	23
2.2.13	Planificación estratégica.....	24
2.2.14	Manufactura Esbelta.....	25
2.2.15	Control e instrumentación.....	26
2.2.15.1	PLC.....	26
2.2.16	Diagrama de Ishikawa o Diagrama de causa y efecto.....	27
2.2.17	Diagrama de pareto.....	28
2.2.18	Principios del Lean Manufacturing.....	28
2.2.18.1	A3 Report Solving Problem Tool.....	29
2.2.19	Tipos de desperdicios.....	31
2.2.20	Poka Yoke.....	32
2.2.21	Factibilidad de un proyecto.....	33
2.2.21.1	Factibilidad Económica.....	34
2.2.21.2	Factibilidad humana y operacional.....	34
2.2.21.3	Factibilidad técnica o tecnológica.....	34
2.3	Definición de términos básicos.....	34

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de Investigación.....	37
3.2.	Diseño de la Investigación.....	37
3.3.	Nivel de la Investigación.....	38
3.4.	Técnica de recolección de información.....	38
3.4.1	Observación directa.....	38
3.4.2	Entrevista no estructurada.....	39
3.4.3	Revisión documental.....	39
3.5.	Técnicas de Análisis de Información.....	40
3.6.	Población y Muestra.....	40
3.6.1	Población.....	40
3.6.2	Muestra.....	40
3.7	Fases Metodológicas.....	41

IV. RESULTADOS

4.1	Fase I. Diagnóstico de la situación actual.....	43
4.1.1.	Revisión documental del proceso de inyección de preformas.....	43

4.1.1.2.	Descripción de la preforma.	50
4.1.1.3.	Partes de la preforma 40 g.	51
4.1.2.	Observación directa en el área de inyección de la línea IN08.....	61
4.1.3.	Diseño de instrumento de recolección de datos y análisis.....	66
4.1.4.	Aplicación de la entrevista no estructurada.....	68
4.2	Fase II. Análisis de las debilidades encontradas en el proceso que genera Scrap.....	69
4.2.1	Resultados del formato de Gestión de Scrap.....	69
4.2.1.1	Identificación y evaluación de los desperdicios por defectos críticos recolectados en la herramienta de gestión de scrap.....	71
4.2.1.2.	Aplicación de la herramienta A3 Report para la causa de Bajo IV.....	72
4.2.2.	Análisis del compendio de causas, basado en el diagrama causa-efecto (Ishikawa).....	75
4.2.3.	Estudio del Diagrama Causa – Efecto realizado en la línea IN08 del área Inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A.....	78
4.2.4.	Jerarquización de las causas principales por medio de diagrama de Pareto.....	80
4.2.5.	Herramienta de análisis de cinco (5) ¿Por qué?.....	83
4.2.6.	Estandarizar el proceso de purga.....	85
4.2.7.	Resumen de mejoras encontradas en el análisis.....	87
4.3	Fase III: Diseñar un plan estratégico para disminuir el scrap en el proceso de inyección de preformas de 40 g.....	88
4.3.1.	Estrategia de mejora N° 1: Propuesta de implementación de dispositivo de purga automatizada.....	88
4.3.1.1.	Características técnicas del dispositivo de purga automatizada.....	89
4.3.1.2.	Usos y beneficios del dispositivo de automatización de la purga.....	94
4.3.1.3.	Ventajas productivas y económicas con el uso del Dispositivo de automatización de la purga.....	95
4.3.2.	Estrategia de propuesta N° 2: Propuesta de Check list de puesta punto para el arranque de la máquina.....	96
4.3.2.1.	Usos y beneficios del Check list de puesta punto.....	96
4.3.3.	Estrategia de Mejora N° 3: Propuesta de mejora para el sistema de secado.....	98

4.3.3.1	Objetivo de la propuesta de actualización plan de mantenimiento...	98
4.3.4.	Estrategia de Mejora Nro. 4: plan de mejora del Conveyor.....	99
4.3.4.1.	Usos y beneficios del plan de mejora para el Conveyor.....	104
4.3.4.2.	Ventajas productivas y económicas con el plan de mejora del conveyor.....	105
4.4	Fase IV: Evaluar económicamente las propuestas planteadas.....	107
4.4.1.	Inversión requerida para cada propuesta.....	108
4.4.2.	Análisis de la relación Costo-Beneficio.....	112
4.4.3.	Factibilidad operativa de las propuestas.....	113
4.4.4.	Factibilidad Ambiental.....	114
4.4.5.	Factibilidad Técnica.....	115
4.4.6.	Factibilidad Social.....	116
	CONCLUSIONES	118
	RECOMENDACIONES	120
	REFERENCIAS	122

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pp.
1 Índice de desperdicios en la línea IN08 para una presentación de 40g.....	6
2 Costos de Scrap en la Línea ocho (8) del departamento Inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A.....	8
3 Proceso de Secador del PET.....	47
4 Dimensiones de preformas.....	52
5 Defectos en la inyección de preformas de 40 gramos generadores de Scrap.....	54
6 Identificación de scrap por defectos críticos en las preformas de 40 gramos.....	71
7 Resumen de tallado de las causas registradas del proceso.....	78
8 Resultados del diagrama Causa-Efecto.....	81
9 Técnica de los 5 ¿Por qué?, Causa Criterio de purga no definido.....	83
10 Técnica de los 5 ¿Por qué?, de la causa Sistema de secado.....	84
11 Técnica de los 5 ¿Por qué?, de la causa Fallas del conveyor.....	84
12 Técnica de los 5 ¿Por qué? Paros no planificados.....	84
13 Resumen de las causas potenciales generadoras de Scrap y las oportunidades encontradas.....	85
14 Purga kg equivalente en piezas.....	87
15 Resumen de mejoras encontradas en el análisis.....	88
16 Datos del proceso actual y propuesta proceso de purga.....	94
17 Ventajas productivas y económicas del Dispositivo automatizado de purga.....	95
18 Ventajas productivas y económicas del Check list de puesta punto.....	96
19 Ventajas productivas y económicas para el sistema de secado.....	103
20 Piezas perdidas por falla de Conveyor.....	106
21 Procedimiento para el mantenimiento correctivo del conveyor.....	106
22 Ventajas productivas y económicas del plan de correctivo del conveyor..	107
23 Inversión requerida para la primera propuesta.....	108
24 Inversión requerida para la propuesta Check list de puesta punto.....	109
25 Inversión requerida para la propuesta formación técnica de operadores...	110
26 Inversión requerida para la propuesta Plan de mejora para el conveyor....	111
27 Inversión Total del Plan de Mejoras.....	111
28 Valoración del impacto.....	114
29 Valoración de factibilidad Técnica.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp.
1 Tomado del Departamento de Producción de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.....	18
2 Proceso de inyección Tomado del Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.....	20
3 Flujograma delProceso de inyección de la línea IN08.....	44
4 Máquina Husky XL 300 IN08.....	45
5 Layout Husky XL 300 IN08.....	45
6 Proceso de Secador del PET.....	47
7 Cierre del molde e inicio de inyección.....	48
8 Aplicación de la presión de sostenimiento.....	49
9 Plastificación del material.....	50
10 Enfriamiento y extracción de las preformas.....	50
11 Partes de una preforma.....	51
12 Cuello de la preforma.....	52
13 Preforma Ideal.....	61
14 Purga de plástico IN08.....	62
15 Scrap por falla de conveyor.....	63
16 Preformas en el suelo por falla de conveyor.....	64
17 Alto Scrap por IV.....	65
18 Alto Scrap por IV.....	65
19 Formato gestión de Scrap.....	67
20 A3 Problem Solving Tool.....	73
21 A3 Report Solving Tool.....	74
22 Diagrama causa efecto.....	77
23 Calculo de la dosis de inyección.....	86
24 Diagrama de flujo automatización del Scrap.....	90
25 Máquina inyectora Antes de ser instalado el dispositivo.....	91
26 Máquina inyectora con Dispositivo de purga automatizada, vista lateral....	92
27 Dispositivo de purga automatizada, vista de frente.....	93
28 Checklist de puesta punto.....	97
29 Check list de inspección de para operarios encargados del secador.....	102

30	Check list de inspección de para operarios encargados del secador.....	103
31	Conveyor actual de la línea IN08.....	105

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica		Pp.
1	Relación Producción vs Scrap.....	6
2	Resultados formato Gestión de Scrap.....	70
3	Resultados Gestión de Scrap.....	72
4	Diagrama de Pareto, en función a las causas encontradas en el proceso de inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A.....	82



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PLAN DE MEJORAS EN LA LÍNEA IN08, DEL ÁREA DE INYECCIÓN DE
PREFORMAS, DE LA EMPRESA AMCOR RIGID PLASTICS DE
VENEZUELA S.A.**

Autor: Isis Giraldo

Tutor: Ing. Argenis Ceballos

Fecha: Marzo, 2020

RESÚMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general: Proponer un plan de mejoras en el proceso de inyección de preformas de la línea IN08, mediante el uso de herramientas de Ingeniería Industrial, para la reducción del Scrap en la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A., Debido al alto índice de desperdicio generado en la línea IN08 con la presentación de 40 g (Pepsi-Cola), durante los últimos meses del año 2019, donde se evidenció un aumento del Scrap y una pérdida de producción de la empresa, la presente investigación se enmarcó bajo la modalidad proyecto factible, apoyada en un estudio de campo y de acuerdo al nivel de profundidad se considera tipo descriptiva. La muestra tomada como objeto de estudio es la presentación 40 g en la línea de producción IN08 ya que genera mayor cantidad de desperdicios en su proceso de inyección, para la determinación de la problemática se aplicaron técnicas de recolección de datos que posteriormente fueron analizados, concluyendo que se logró, mediante las herramientas de ingeniería industrial implementar un plan de mejora para la reducción de los desperdicios de materia prima de la línea de producción de preformas de la empresa, se redujeron las piezas no conformes, se mejoró el proceso productivo, mediante el diseño de un plan de mejora para corregir las condiciones actuales.

Palabras Claves: Plan de mejoras, Inyección, Preformas, Plástico.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las organizaciones empresariales tienen la necesidad de eliminar los factores generadores de improductividad, altos costos, largos ciclos costosos y largas esperas, desaprovechamiento de recursos, pérdida de clientes y todo lo que afecte la calidad, originando disminución de participación en los mercados nacionales e internacionales, con caída en la rentabilidad y en los niveles de satisfacción de los consumidores. En este sentido, el propósito de incrementar la productividad, mejorar la calidad, reducir los costos, garantizar la mejora de los procesos productivos o eliminar los Scrap, son de vital importancia, ya que una organización define su rentabilidad mediante una alta productividad del trabajo.

De allí que todas las empresas están aplicando metodologías y herramientas para minimizar las problemáticas existentes que van en afectación a sus procesos productivos, tal es el caso de las organizaciones empresariales dedicadas a la transformación del plástico, pues, en los últimos tiempos dicho elemento se ha convertido en objeto de transformación logrando posicionarse de manera efectiva en los grandes mercados tanto nacionales como internacionales.

Por su parte Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A., es una empresa especializada en la fabricación de preformas, tapas y botellas de Polietileno-Tereftalato (PET) mediante la transformación, inyección y soplado del mismo, en diferentes presentaciones de botellas y gramajes de preformas de excelente calidad e inocuidad, para la disposición final de bebidas y alimentos de consumo humano, pero en los últimos meses del año se ha visto afectada por el incremento de Scrap en las líneas, sobre todo en la línea IN08, tal que busca implementar mejora en su proceso productivo, para garantizar la calidad de sus productos.

De allí que, la presente investigación se realizó dentro de dicha organización con la finalidad de aportar beneficios que ayudaron a mejorar la situación, por lo que la presente investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

En el Capítulo I: El Problema cuyo contenido consistió en la contextualización del problema, los objetivos, general y específicos, así como la justificación de la Investigación, el alcance y limitación.

El Capítulo II: Marco Teórico, en este aparte se indicaron los antecedentes que brindan soporte en función de investigaciones previas por otros autores, las bases teóricas de la investigación, y el desarrollo de los términos básicos que servirán de aclaratoria antes cualquier duda.

El Capítulo III: Marco Metodológico, en el cual se indicaron la Modalidad de la Investigación, descritas en las cuatro fases que constituyen el trabajo.

El Capítulo IV: Resultados, se presenta la descripción y análisis del proceso de fabricación actual, mostrándose los datos obtenidos producto de la observación directa y de las entrevistas no estructuradas aplicadas al personal, luego se presenta unas propuestas para el plan de mejora basadas en los resultados obtenidos en la investigación, las conclusiones y recomendaciones del tema tratado y posteriormente se incorpora las referencias bibliográficas pertinentes.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La Industria del Plástico ha crecido considerablemente, cuyo crecimiento ha beneficiado notoriamente a todos los países del mundo, pues, ha contribuido con el desarrollo de muchas organizaciones empresariales en cuanto al aprovechamiento y transformación de todo tipo de polímeros. El plástico fue descubierto en 1860 por John Wesley Hyatt, el cual fue el creador del celuloide en una solución de etanol y alcanfor, lo que dio paso a la invención del plástico, en 1920 el químico alemán Hermann Staudinger, señaló que éstos se componían en realidad de moléculas gigantes o macromoléculas, lo que dio paso a comprobar esta afirmación dando inicio a numerosas investigaciones científicas que produjeron enormes avances dentro del área de la química.

De allí en adelante, el consumo global creció de 1.5 millones de toneladas en el año 1950 (cuando se hace más evidente el consumo de plástico en la industria) a 250 millones de toneladas en el 2010, con una ligera caída en el año 2009. En un análisis de consumo per cápita de materiales plásticos, publicado por Plastics Europe Market Research Group (PEMRG), muestra que la producción mundial de plásticos pasó de 245 millones de toneladas en 2006 a 348 millones de toneladas en 2017. También se observa que el mercado mundial de empaques alcanzará más de un 1 trillón de dólares en 2021, con crecimientos de 5% y 7% respectivamente en regiones en desarrollo como Oriente Medio, África del Norte y partes de América del sur hasta el final de la década. No obstante, la zona con mayor potencial de crecimiento se encuentra en los países en desarrollo del continente asiático.

Por otra parte, es importante resaltar que en los plásticos se utiliza apenas el 4% del petróleo del mundo, por lo que es un hecho que ayudan a conservar los combustibles fósiles para generar energía y calor, sin embargo, el plástico tiene su crecimiento más dinámico en el sector de envases, el cual aporta poco más del 1% del Producto Interno Bruto (PIB) en los países desarrollados, contribuyendo con algo más

del 70% del consumo mundial, aparte de ello, este material es el tercero más importante para su uso en envases después del papel y el cartón.

Por consiguiente, en el ámbito mundial, los principales usuarios de envases plásticos lo constituyen las empresas productoras de alimentos y bebidas, segmento que suele ser poco más de la mitad del mercado y es el que exhibe el crecimiento actual y futuro más rápido, por otra parte, el crecimiento del mercado está ligado al desarrollo demográfico de cada país, a la cantidad de niños, jóvenes y adultos mayores, por tanto, es importante resaltar que el ritmo de los avances tecnológicos agiliza la materialización de las tendencias que antes se demoraban más en convertirse en realidad, ya que el plástico es el material más sostenible en términos de peso y eficiencia energética.

Por su parte, en Venezuela la Industria del Plástico, para la Asociación Venezolana de Industrias Plásticas (AVIPLA), ha presentado problemas con la escasez de materia prima, afectando seriamente la producción con una caída bastante considerable, ya que la poca productividad de esta se debe a que dos de las plantas estatales que generan polietileno y polipropileno, ubicada en el oriente del país, se encuentran paralizadas desde finales de 2017. Debido a esto la entidad contaba con 220 industrias; de esta cifra quedan operativas 180, que actualmente laboran por debajo del 20% de su capacidad instalada.

En la actualidad, en Venezuela se consumen 19 kilos de plástico por habitante, y se espera que se pueda duplicar, pues es una industria transversal que trabaja con el sector de alimentos, farmacia, industria automotriz y de construcción según la Cámara Venezolana del Envase CAENVASE. (2019)

En el marco de lo antes expuesto, Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A., es una empresa líder en el sector de los empaques, cumple con sus requerimientos, debido a que la materia prima que utiliza es importada, dicha empresa está ubicada en la Zona Industrial de Valencia, la cual se especializa en la fabricación de preformas, tapas y botellas de Polietileno-Tereftalato (PET) mediante la transformación, inyección y soplado del mismo, en diferentes presentaciones de botellas y gramajes de preformas

de excelente calidad e inocuidad, para la disposición final de bebidas y alimentos de consumo humano.

Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A., es una empresa comprometida a satisfacer los requerimientos y expectativas de sus clientes con calidad, precio y entrega oportuna de soluciones de empaques, garantizando la inocuidad, cumpliendo los requisitos legales y reglamentarios, con un personal altamente calificado y comprometido, teniendo así un enfoque industrial de mejoras de los procesos. Sin embargo, la misma no escapa de la realidad del país, especialmente en el escenario actual, ya que se mueve en el mismo mercado venezolano, por lo que ha venido presentando una serie de cambios desde el punto de vista organizacional y todos esos cambios de alguna manera u otra requieren de un tiempo para estabilizar los procesos dentro de la organización.

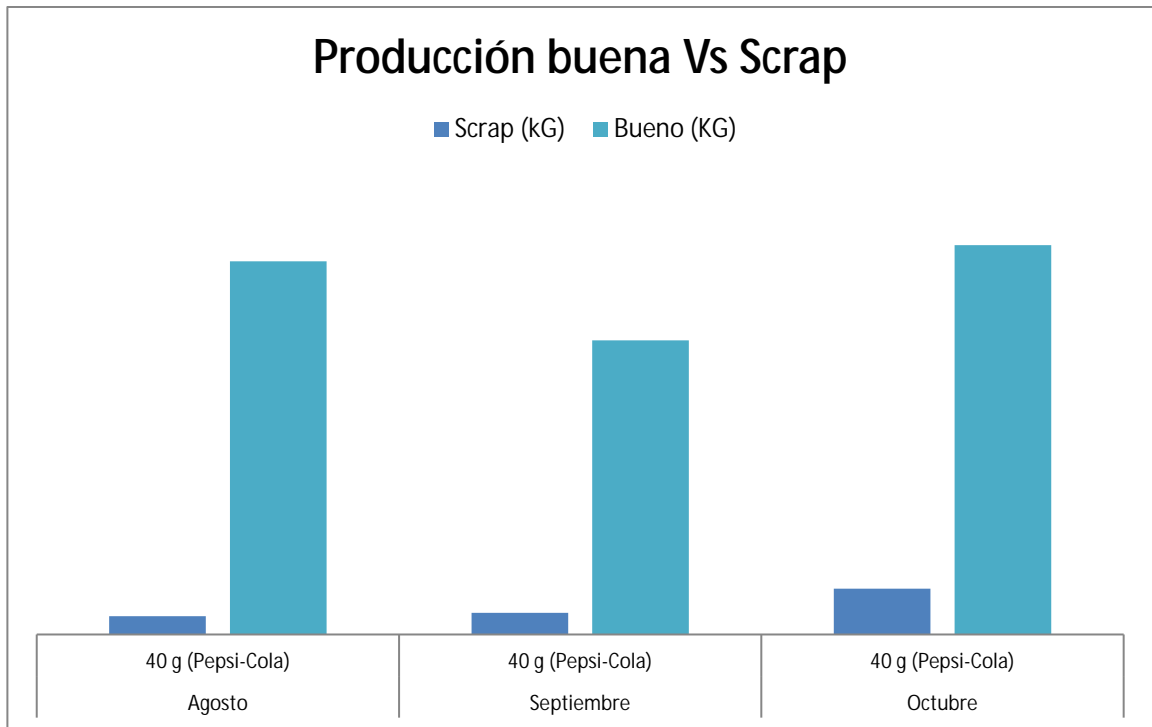
Cabe destacar, que el proceso de productivo de moldeo por inyección está compuesto por tres (3) operaciones fundamentales que son: Secado de Resina, Extrusión, moldeo por Inyección, en tal sentido, es importante señalar que durante dichas operaciones se ha generado una merma de material, pues, el desperdicio de resina ha aumentado mientras que los volúmenes de producción van en declive, por lo que en los último 3 meses del año 2019, se realizó un análisis en el cual se tomó en cuenta la producción neta con respecto al Scrap, dando como resultado un alto índice de desperdicio en la línea IN08 con la presentación de 40 g (Pepsi-Cola) como se muestra en el **cuadro 1**, dichos porcentajes equivale a unidades de preformas que dejan de venderse, tomando en cuenta que estas piezas que se pierden, simboliza aproximadamente un 60% en la estructura de costos de la empresa agregando los costos de procesos, desperdiciando así resina que puede ser utilizada para otra presentación de preformas, así mismo se puede visualizar en la gráfica 1 los desperdicios fueron aumentando.

Cuadro N° 1. Índice de desperdicios en la línea IN08 para una presentación de 40g

Mes	Presentación	Scrap (Kg)	Scrap (piezas)	Bueno (kg)	Bueno (Piezas)	Scrap %
Agosto	40 g	5.684 Kg	142.100 Pz	115.769 Kg	2.894.225Pz	4,7%
Septiembre	40 g	6.718 Kg	167.950Pz	91.243 Kg	2.281.075Pz	6,9%
Octubre	40 g	<u>14.219 Kg</u> 26.621 kg	<u>355.475Pz</u> 665.525 Pz	<u>120.769 Kg</u> 327.781 kg	<u>3.019.225Pz</u> 8.194.525Pz	10,5%

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2019)



Gráfica N° 1. Relación Producción vs Scrap.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2019)

En tal sentido, es significativo señalar que en la tabla (1) y en la gráfica (1), se presenta el porcentaje de Scrap de la línea durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del año 2019, evidenciando que dicha situación va en aumento lo que evidencia que existe una problemática en la línea, por lo que surge la necesidad de realizar de plantear una solución para minimizar dicha problemática y así lograr una baja en el aumento del Scrap en la línea, de allí que surge la presente investigación con la finalidad de realizar una evaluación exhaustiva al proceso productivo de la

empresa para identificar los factores que están causando el aumento del desperdicio, así como los efectos en los resultados finales obtenidos, con el fin de proponer mejoras, que permitan la reducción de los mismos y que contribuya a evitar desperdicio de mano de obra, de tiempo y Re-trabajo, para lograr mejorar los indicadores de productividad y las operaciones realizadas en dicha línea para así satisfacer las necesidades de demanda de los clientes.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera se podrá reducir el Scrap en la línea IN08, del área de inyección de preformas de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer un plan de mejoras para la reducción de scrap en el proceso de inyección de preformas de la línea IN08, mediante el uso de herramientas de Ingeniería Industrial, para la reducción del Scrap en la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

Ü Diagnosticar la situación actual de la línea de producción IN08, del área de inyección de preformas de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A.

Ü Analizar las debilidades encontradas en el proceso actual de la línea IN08.

Ü Diseñar un plan de mejoras que conduzcan a la reducción de Scrap, en función a los datos obtenidos durante el análisis.

Ü Evaluar la factibilidad técnica- económica, ambiental, operativa y social del plan diseñado.

1.4 Justificación de la Investigación

En todo proceso productivo se hace uso de materias primas, máquinas, recursos naturales, mano de obra, tecnología, recursos financieros, generando como resultado de su combinación de productos o servicios, por lo que en cada proceso se agrega un costo al producto, y luego se envía al proceso siguiente. De allí que, el desperdicio es considerado como toda inadecuada utilización de los recursos de la empresa,

identificar las causas que generan Scrap no es tarea fácil, ya que la inercia que se lleva a cabo en esos procesos lleva a aceptar como normales actividades que no agregan valor al proceso principal.

Actualmente la empresa Amcor Rigid Plastics S.A, presenta un incremento en la generación de Scrap en la línea IN08, (ver cuadro 2) lo cual genera un impacto económico negativo generando una pérdida total de \$ 39.931,50 en tres meses, lo que ha producido una baja considerable en su producción, afectando significativamente a la empresa. Cabe destacar que dicho valor monetario es un aproximado del costo real. De esta manera, a través de las herramientas que se utilizaran en el diagnóstico, por lo cual la gerencia considera conveniente realizar una revisión de los procesos para hallar la causa raíz de las pérdidas de materia prima que se están generando en la línea ocho, encargada de la producción de la presentación de 40 g (Pepsi-Cola).

Cuadro N ° 2. Costos de Scrap en la Línea ocho (8) del departamento Inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A

Mes	Máquina	Presentación	Scrap (Kg)	Costo de Scrap
Agosto	IN08	40 g (Pepsi-Cola)	5.684,00	\$8.526,00
Septiembre	IN08	40 g (Pepsi-Cola)	6.718,00	\$10.077,00
Octubre	IN08	40 g (Pepsi-Cola)	14.219,00	\$21.328,50
Total Costo				\$39.931,50

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2019)

Cabe destacar que esta investigación de mucha importancia para el departamento de operaciones de la empresa, ya que aporta beneficios al personal de dicha área, por otra parte desde el punto de vista técnico se aplicarán una serie parámetros que contribuirán a la elaboración de la propuesta, para luego ser ejecutados por la empresa y así minimizar la problemática y aumentar la producción.

Desde el punto de perspectiva teórico, ya que sirve de base para la construcción del diseño mediante los diferentes postulados existentes y que están fundamentados en otros investigadores logrando así que sirva la presente investigación a futuros trabajos enmarcados por la misma línea de investigación. La presente investigación

servirá de aporte a la Universidad ya que en el desarrollo de la misma se pondrán de manifiesto actividades inherentes a la carrera de Ingeniería Industrial buscando una solución real a un problema empresarial.

El trabajo especial de grado será de interés como antecedente de futuras investigaciones para los estudiantes de la Universidad José Antonio Páez y otras casas de estudio que desarrollen proyectos de investigación relacionados con la disminución de desperdicios y aumento de la producción.

1.5 Alcance de la Investigación

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en la línea IN08 del área de inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A. el cual tiene como propósito diseñar un plan de reducción de Scrap de preformas, para incrementar los niveles de productividad, disminuir los costos de producción y disponer de un método que pueda ser aplicado en líneas similares de producción. Sin considerar la ejecución e implementación del estudio, ya que este quedará a disposición de la gerencia, quienes podrán implementarlo si así lo desean, de ser aplicada esta investigación, garantiza que se haga un seguimiento de los métodos expuestos.

1.6 Limitaciones

La investigación se realiza en las instalaciones de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A, en relación a ello es importante señalar que la información se encuentra limitada a la proporcionada por la empresa, la cual actualmente es la empresa líder, especializada en la fabricación de empaques rígidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico para Palella, y Martins, (2012) “Es el soporte principal del estudio, en él se amplía la descripción del problema, pues permite integrar la teoría con la investigación y establecer sus interacciones” (p.62), para los investigadores este constituye la base fundamental de toda investigación, en él se soporta la estructura del trabajo a través de la integración de la teoría con la investigación y relacionando los diferentes conceptos o postulados existentes alrededor del fenómeno de estudio.

En tal sentido es importante señalar que la presente investigación se respalda en los fundamentos teóricos y prácticos relacionado con los temas conexos con la Ingeniería Industrial, cuyo propósito es la integración de herramientas técnicas y teóricas, tales como son el análisis e interpretación de información, control de sistemas productivos, proponer e implementar estrategias de reducción de desperdicios en procesos productivos con el fin de sustentar con la mayor información posible las cuales pueden avalar la construcción del proyecto, en relación a ello se presentan los antecedentes de la investigación.

2.1 Antecedentes de la investigación

Con el objetivo de fortalecer el desarrollo de la investigación y lograr en la misma un soporte fundamental en cada uno de los términos tratados, es necesario indagar sobre lo que se ha publicado referente a la problemática en cuestión, relacionados de manera directa e indirecta con el tema en materia, dichos trabajos permitirán alcanzar los objetivos planteados y, además la metodología utilizada sirve de apoyo para el desarrollo del trabajo especial de grado; dichos trabajos son descritos a continuación:

Marín C, (2019), en su trabajo de grado titulado, “**Plan estratégico para la disminución de desperdicios en el proceso de soldadura de las balanzas en la empresa Dicentro Balanzas C.A.**” para optar por el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad José Antonio Páez, Valencia Venezuela. Esta investigación se basó la necesidad de encontrar nuevas mejoras en la empresa Dicentro Balanzas C.A., la cual presenta en el proceso de soldadura de las balanzas de plataforma tiene debilidades en

cuanto a la calidad de la misma y la generación de los desperdicios, ya sea tiempo, movimiento y mano de obra en el proceso de soldadura. Por ello propone un plan estratégico, basado en la automatización del proceso y en la aplicación de las diferentes herramientas y filosofías de la ingeniería industria, esto traerá como beneficios económicos, la disminución del costo de fabricación.

La investigación fue de naturaleza proyecto factible, basado en una investigación de campo de tipo descriptiva, para la recolección de los datos, la investigación utilizó técnicas como la revisión documental, la entrevista no estructurada y la observación directa, las cuales se aplicaron en el área involucrando a un grupo de operadores y a los supervisores de turno, se desarrolló en cuatro fases, diagnóstico, análisis, desarrollo de la propuesta y la última de factibilidad, dicha investigación arrojó como conclusión que la generación de desperdicios en el proceso de soldadura presentaban debilidades en cuanto a la calidad de la misma y la generación de los desperdicios, de allí que la propuesta aplicada de automatizar el proceso contribuyó a minimizar dicha problemática.

Los aportes de la presente investigación se justifican desde el punto de vista de las bases teóricas ya que ayudan al investigador a tener claro los postulados y teorías por las cuales se debe fundamentar el trabajo en cuestión.

Camacho, R. (2018) con su Trabajo de Grado Titulado “**Aplicación de un estudio de ingeniería de métodos para el incremento de la productividad en el departamento de TCF en la empresa FCA Venezuela**”. En el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, para optar al título de Ingeniero Industrial. La presente investigación tuvo como objetivo general, aplicar un estudio de Ingeniería de Métodos mediante técnicas, para el incremento de la Productividad en el Departamento de TCF de la empresa FCA VENEZUELA. El trabajo estuvo enmarcado en la modalidad de investigación proyectiva, de campo tipo documental con nivel descriptivo, con una población y muestra de 4 maquinarias y 29 personas.

Dicha investigación se desarrolló en 3 fases, aplicando un diagnóstico a través de la cual se llevó a cabo la recolección de información para el análisis de la problemática, lo que arrojó que la problemática se presentaba en los bloques 2, 4 y 5

del área de tapicería de la empresa, problemática que estuvo estrechamente ligada a la pérdidas de costos, materiales y mano de obra, debido a las actividades que No Agregan Valor al proceso (NVAA), la Desaturación (Dest), las condiciones o defectos, y en las horas hombre empleadas para el ensamble de las unidades (EHPU), en tal sentido se aplicó un análisis lo que proyectó como conclusión la redistribución de la mano de obra en el bloque 2, la aplicación de módulos y talleres de inducción y motivación en el bloque 4, así como la reactivación del robot que se encarga de instalar el vidrio parabrisas del bloque 5.

Por consiguiente el antecedente citado se considera vinculado al desarrollo de la investigación, en virtud de la aplicación de las estrategias y herramientas que aporta la Ingeniería industrial, específicamente que se requieren en el proyecto, ya que evidencian el mejoramiento continuo en el rendimiento de las líneas de producción y el aprovechamiento de los recursos disponibles en el proceso productivo.

Bordones J, (2017) en su trabajo especial de grado titulado **“Propuesta de un plan de mejora para reducir el Scrap en el área de cableado rígido, mediante herramientas de mejora continua, en la empresa Alcave de Venezuela C.C.A”**, para optar al título de Ingeniero Industrial en el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, extensión Valencia, tuvo como finalidad formular propuesta que disminuyera la generación de Scrap que ocurría en el área de Cableado rígido.

La metodología adopta la modalidad de proyecto factible, apoyada en una investigación de campo y documental, bajo un diseño descriptivo donde la idea principal es analizar una serie de hallazgos extraídos directamente de la realidad, lo cual genera una mayor prerrogativa de los datos. El estudio concluye que la causa de mayor incidencia es el sobrante de alambre en bobinas, no obstante, se deben corregir otros factores como tramos cortos, material rayado y manejo inadecuado del registro e identificación del Scrap. El aporte de esta investigación, se basó en el uso de herramientas de mejora continua, utilizadas en la segunda fase, tales como: la tormenta de ideas, que conlleva a generar la mayor cantidad de teorías y así proporcionar la mejor selección de oportunidades de mejoras relevantes, para poder ser aplicadas.

Es importante señalar que el antecedente citado genera y proporciona información relacionada con el proyecto de investigación en estudio, en materia de aumento de la productividad a través de herramientas de la Ingeniería Industrial tales como, la herramienta de ideas, la metodología kaizen, entre otras que ayudan a eliminar actividades que no agregan valor al proceso y por consiguiente denominadas operaciones críticas, todo esto para reducir el elevado nivel de desperdicio otorgando un beneficio de costo.

Rodríguez F (2016) en su trabajo especial de grado titulado **“Propuesta de mejora en el área de extrusión de la empresa GoodYear de Venezuela C. A.”** Mediante la utilización de herramientas de mejora continua, para optar al título de Ingeniero Industrial en el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, extensión Valencia, tuvo como finalidad formular una propuesta de reducción de desperdicios durante el proceso de extrusión. El tipo de investigación se ubicó en la modalidad de campo y la misma se planteó en tres fases, primeramente el diagnóstico de la situación del área de extrusión, posteriormente se analizaron las actividades generadoras de residuos en el proceso mediante las herramientas de ingeniería y posteriormente se realizó una estructura de un plan de mejoras basado en la alternativas planteadas.

En relación a la población estuvo conformada por 31 personas y 49 máquinas del área de extrusión de la empresa GoodYear de Venezuela C.A. En cuanto a las técnicas de recolección de datos contó con la observación directa y la exploración documental de los reportes de producción y mantenimiento del último trimestre del año 2015 y primer trimestre del año 2016.

Como resultado de la investigación se estructuró un plan de mejoras basado en las oportunidades detectadas, el cual se conformó de la siguiente forma: crear un procedimiento de calibración de balancines, estructuración de un plan de mantenimiento de la extrusora, establecer parámetros y procedimientos para calibración de molinos, instalar manómetros a la entrada de los molinos con respecto al nivel de capacidad.

El aporte del estudio realizado por Rodríguez se debe a que el objetivo del mismo fue disminuir los desperdicios derivados del proceso de fabricación, es decir, comparte similitud con el objetivo de la investigación que se realiza por lo que se pudieron comparar aspectos fundamentales del proceso, diagramas de análisis y estructura del plan de mejoras del mismo.

Fernández, A. (2015) en su investigación titulada **“Estudio para la Disminución de Desperdicios Metálico en el Proceso Productivo de Sidetur Planta Valencia”**, la cual fue realizada en la Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, para optar al título de Ingeniero Industrial. Por medio de esta investigación el autor determinó los factores que influían en el incremento de desperdicio metálico en la fabricación de mallas electro soldadas y alambre trefilados en la empresa, lo cual estaba afectando el rendimiento y el índice de desperdicio acumulado, por ello, se planteó realizar estudio para disminución dichos desperdicio mediante la aplicación de metodologías de mejoramiento continuo para mejorar los niveles de eficiencia de la planta.

La modalidad de la investigación se presentó como una investigación de campo, apoyándose en una investigación de tipo descriptiva. Planteándose tres fases: diagnosticar la situación actual del proceso productivo, analizar los defectos más relevantes detectados en el diagnóstico mediante las técnicas de tormentas de ideas, diagrama causa-efecto y los 5 ¿por qué? y presentar las posibles soluciones a la problemática basadas en la alternativa de mejoras planteadas.

Por lo que se propuso las acciones correctivas, mediante el desarrollo de la propuesta de la investigación compuesta de (04) objetivos, los cuales fueron: realizar periódicamente cursos y talleres de los procesos productivos, reevaluar el incremento de producción, elaborar procedimiento de inspección en el área de enderezado y corte de alambres transversales utilizado en el área de malla electro-soldado, elaborar procedimiento para el aprovechamiento o recuperación del material dejado en los carretos.

Las investigaciones mencionadas apoyan a la problemática en cuestión, en la recolección de información, la metodología implementada para el análisis de las

causas raíces que generan el desperdicio, definición de estrategias de mejoras, aplicación de herramientas de la ingeniería industrial tal como técnicas de priorización de fallas, diagrama de Pareto, diagrama de causa-efecto, implementar mejoras de forma continua al objeto de estudio, tal como la línea IN08 de producción de Inyección de preformas de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A.

2.2 Bases Teóricas

Para la preparación de la presente investigación, fue preciso la ayuda de los conceptos para crear la base de la información, con el objetivo principal de presentar un marco referencial basado en el conocimiento de la ciencia, que permita enmarcar la investigación dentro de un marco de teorías; tal como brindar la definición, explicar y por último dar la respuesta a cada variable e indicador que se mide y conforma el objeto de estudio. Según Rojas (2010), Las bases teóricas “comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado, esta sección puede dividirse en función de los tópicos que integran la temática tratada” (p.4). Para la elaboración del presente trabajo de grado, fue necesario seleccionar los textos para el levantamiento de la información, con el objetivo principal de presentar un marco referencial basado en el conocimiento de la ciencia, que permita situar el tema de estudio dentro de un marco de teorías.

2.2.1 Polímero

Los Polímeros, son estructuras muy complejas, son grandes moléculas o macromoléculas formadas por la unión de muchas pequeñas moléculas, en tal sentido Lares (2014), señala “son sustancias de mayor masa molecular entre dos de la misma composición química, resultante del proceso de la polimerización” (p.5), es decir son macromoléculas estructuradas por varios polímeros juntos.

Estos logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite

gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos susceptibles de ser reciclados son depositados en el ambiente, causando daños al medio ambiente.

Los polímeros conservan su forma tridimensional cuando son enfriados por debajo de la temperatura de transición vítrea, los polímeros amorfos, se encuentran en un estado termodinámico de pseudo-equilibrio en el cual no existen movimientos de rotación y de relajación del polímero. Es por esta causa que, en ausencia de esfuerzos, se mantiene la forma tridimensional.

Son materiales cuyas viscosidades son muy altas, por lo que su flujo es lento y complicado, la razón de esto es que son cadenas muy largas de unidades más simples, a causa de lo cual los polímeros presentan una orientación con respecto al esfuerzo cortante al que han sido sometidos.

2.2.2 Polietileno de Tereftalato

Kosior(2007) señala “el descubrimiento del Polietilen-tereftalato, conocido como PET, fue patentado en Inglaterra como un polímero para fibra por J.R.Whinfild y J.T.Dickson en 1941” (p.24) En 1946 se inició la producción de PET destinado a la fabricación de fibras textiles, en los años 60’s el PET se comenzó a utilizar en la elaboración de películas flexibles biorientadas, para empaques de diversos productos como cintas de “cassette”, película fotográfica y rayos X.

En 1969, mediante aditivos y procesos idóneos se formó el PET con un alto grado de transparencia, adecuado para envases. Hoy en día se usan aplicaciones del PET para la elaboración de botellas y otros envases tales como:

Botellas para bebidas gaseosa (retornable y no retornable).

- Botellas para agua.
- Botellas para bebidas alcohólicas (incluyendo cerveza).
- Botellas para jugos y bebidas isotónicas.
- Envases para alimentos como mayonesa, mantequilla de maní, café, etc.
- Productos de higiene para el hogar.
- Productos de limpieza

En el uso de envases de PET se consideran diferentes aplicaciones con base a sus diferentes ventajas entre las cuales se mencionan las siguientes:

- Irrompible.
- Liviano.
- Poliéster – reciclable de alta calidad.
- Excelente claridad.
- Buenas propiedades de barrera contra CO₂.
- Alta resistencia a la tensión bajo orientación.
- Temperaturas de llenado de hasta 95°C cuando está cristalizado.
- Envase preferido por el consumidor.

Por otra parte Kosior(2007) señala:

“El PET es conocido por ser un material termoplástico higroscópico que absorbe la humedad con facilidad. Por lo tanto las condiciones óptimas de secado antes del procesamiento son cruciales. El contenido de humedad en el polímero promueve la degradación durante el procesamiento y conlleva a la reducción del peso molecular, que a su vez afecta las propiedades del producto final.” (p.15).

Las características físicas son pequeños gránulos rectangulares de un material polimérico (ver figura 1). La resina, presenta un alto grado de cristalinidad por estar en estado sólido, para poder procesarla debe ser fundida. Gracias a la configuración cristalina, tendrá menor volumen libre, lo que hace que sea menos propensa a absorber humedad. Esto es benéfico para el proceso de inyección, ya que el agua contenida en la resina genera graves problemas. Una vez seca, se almacena en silos, para después ser procesada.

Figura N° 1. Tomado del Departamento de Producción de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

2.2.3. Propiedades de un fluido

Los fluidos se describen a partir de ciertos parámetros que lo identifican. A continuación se describen algunos de ellos:

- **Densidad**

de la longitud de las cadenas moleculares o peso molecular; es el parámetro más importante para evaluar las propiedades mecánicas de los polímeros ya que, a mayor viscosidad, mayor el número de eslabones de la cadena y mejores propiedades mecánicas. Las cadenas largas producen un material más fuerte, con mayor resistencia a la ruptura y a otras influencias, adicionalmente también poseen menos grupos finales para la formación de acetaldehído. Sin embargo, al tener cadenas más largas, se requiere más energía para procesarlas.

2.2.5 HFI

Ortiz, (2015) señala “el HFI hace referencia al total de Producto terminado, materia prima, separado para inspección con el objeto de determinar su conformidad disposición o destino final. Es retenido para la inspección durante el periodo en consideración, como un porcentaje de la producción actual” (p.33) y se determina mediante la ecuación siguiente:

(Ec.3)

2.2.6 Scrap

Ortiz, (2015) denomina scrap “al material proveniente de mermas de producción, purgas de inyectoras, desperdicios por arranque, el cual equivale al porcentaje de resina no transformada al final del ciclo en Producto Bueno” (p.32). El cálculo de porcentaje del Scrap es la suma de la resina procesada que fue denominada scrap, entre la suma de la resina procesada en unidades buena por 100. Se determina mediante la ecuación siguiente:

(Ec.4)

2.2.7. Materia prima

Uno de los componentes que se debe tomar en cuenta es el material el cual es la materia prima transformada mediante procesos físicos y/o químicos, preparada y disponible para fabricar productos. Cabe considerar, según Polimeni, Fabozzi, y Adelberg (2005) “Los materiales son los principales recursos que se usan en la

producción, estos se transforman en productos terminados con la adición de la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación.” (p.12)

Sin embargo, según Govea y Urdaneta. (2011): “Representa el punto de partida de la actividad manufacturera, de construir los bienes sujetos a transformación, estos se convierten en costos en el momento en que salen del almacén hacia la fábrica para utilizarse en la producción, estos se transforman en bienes o productos terminados con la adición de la mano de obra y los gastos indirectos de fabricación” (p.54)

Los materiales que forman parte de la preparación del producto que distribuye la empresa deben ser controlados por medio de un inventario físico y teórico, donde se presente la cantidad de material con la que cuenta la organización. La materia prima para la fabricación de preformas es la resina PET. Los gránulos de resina PET (Polietilen Tereftalato) son transformados a través del proceso de inyección en preformas.



Figura N° 2. Proceso de inyección Tomado del Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

2.2.8. Productividad

La productividad según Chiavenato (2012), “es la relación que existe entre los productos o bienes obtenidos y la cuantía de los recursos utilizados para obtenerlos (p.45). Dicho de otra manera, es la relación entre lo producido en calidad y cantidad y los insumos o recursos que al efecto se movilizaron.

La productividad no es una medida de producción ni de la cantidad que se ha fabricado. Es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir con los resultados específicos deseables. Toda organización trata de minimizar costos y, a la vez, aumentar sus utilidades; esto lo logrará aumentando su

productividad, por lo que la Ingeniería de Métodos representa un camino para llegar a cubrir los objetivos preestablecidos.

No debe confundirse el término productividad con el término producción. Desde el punto de vista económico, producción es aquel proceso por el cual se crea valor o utilidad, o se incrementa, por la aplicación de los factores: tierra, capital y trabajo. El incremento de producción no implica necesariamente un aumento de productividad, por tanto el incremento de la productividad puede lograrse cuando:

- Aumenta la producción sin aumentar los insumos.
- Aumenta la producción y disminuyen los insumos.
- Se obtiene la misma producción disminuyendo los insumos
- Aumenta la producción en proporción mayor que lo que aumentan los insumos.
- Disminuye la producción pero en proporción menor a lo que decrecen los insumos.

2.2.9. Máquina

Según Castañeda (2016). En su texto “Ingeniería de Procesos” señala que las máquinas industriales han tenido un desarrollo fundamental en la historia del siglo XX, y todavía tienen una importante evolución por delante en este siglo. Resulta conmovedor acercarse a los avances que han permitido todo tipo de herramientas tecnológicas que quizás comenzaron con un pico y una pala. Luego pasaron a ser herramientas automáticas, es decir, una gama de maquinarias altamente compleja que ya no necesitaba de tracción a sangre para activarse.

2.2.10. Máquina de inyección

Las máquinas de inyección de plásticos derivan de la máquina de fundición a presión para metales, las primeras máquinas de inyección de plásticos se construyeron en Alemania para la producción de piezas de materiales termoplásticos, mediante el proceso de inyección, debido a su sencillez se podían instalar en pequeños locales. Actualmente, se cuenta con máquinas totalmente automáticas.

Partes de la máquina inyectora de plástico

Las máquinas de moldeo por inyección tienen tres módulos principales:

- La unidad de inyección o plastificación. La unidad de inyección plastifica e inyecta el polímero fundido.

- La unidad de cierre. Soporta el molde, lo abre y lo cierra además de contener el sistema de expulsión de la pieza.
- La unidad de control. Es donde se establecen, monitorean y controlan todos los parámetros del proceso: tiempos, temperaturas, presiones y velocidades. En algunas máquinas se pueden obtener estadísticas de los parámetros de moldeo si así se desea.

Básicamente todas las máquinas de inyección están formadas por los mismos elementos. Las diferencias entre una máquina y otra radican en su tamaño, la unidad de cierre y el diseño de la unidad de plastificación.

2.2.11. Proceso de Inyección

El moldeo por inyección es, quizás, el método de moldeo más característico de la industria de plásticos. Para Castañeda (2016), consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde en el que se enfría hasta una temperatura apta para que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse.

El proceso por inyección puede dividirse en dos fases: En la primera, tiene lugar la fusión del material, y, en la segunda, la inyección en el molde. En las máquinas convencionales el material de moldeo que tiene forma de gránulos, entra en el cilindro de calefacción a través de una tolva de alimentación situada en la parte posterior del cilindro. El material se calienta y se funde en el cilindro, al mismo tiempo que circula hacia la parte anterior de éste, gracias al movimiento rotatorio del tornillo de plastificación que se encuentra en el interior del cilindro

· Volumen del cilindro

Equivale a la multiplicación del área de su base por la altura.

Formula volumen de cilindro:

$$V = A_b^2 h \quad (\text{Ec.5})$$

$$V = A_b h$$

V - cilindro volumen,

A_b - área de las bases de la cilindro,

R - radio de la cilindro,

h - longitud de la altura de la cilindro,

= 3.141592

2.2.11.1 Ciclo de moldeo por inyección

El ciclo de inyección de polímeros termoplásticos procede según la secuencia de la Figura 2 el ciclo empieza cuando el molde se cierra, seguido de la inyección del polímero a alta presión en la cavidad del molde. Una vez que la cavidad del molde está llena, el plástico se enfría al contacto con la superficie fría del molde y empieza a solidificar, y al mismo tiempo se mantiene una presión de sostenimiento, para compensar el encogimiento del material. En la siguiente etapa, el tornillo gira, para alimentar la siguiente carga a la parte frontal de la unidad de plastificación. Esto ocasiona que retroceda mientras se prepara la siguiente carga. Una vez que la pieza está suficientemente fría, el molde se abre y expulsa la parte moldeada

2.2.12. Mejora Continua

Las estrategias de mejora continua tienen sus comienzos en la revolución industrial y sus conceptos han evolucionado al llegar el siglo XX, a través de la incorporación de tecnología de punta, conocimiento aplicado, capacitación y calificación de mano de obra, las empresas se posicionan mejor en el mercado. La mejora continua es un proceso que describe la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan mejorar si quieren ser competitivas a lo largo del tiempo; es por ello que Harrington (1993) citado en la página web mejora continua define: “La mejora continua se trata de mejorar un proceso, cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del tipo de asignación que le otorgue el empresario y del proceso” (p.21). En el mismo ámbito existen otros autores como Gutiérrez (2010) citados en esta misma página web que agrega:

“La mejora continua es consecuencia de una forma ordenada de administrar y mejorar los procesos, identificando las causas o restricciones, creando nuevas ideas y proyectos de mejora, llevando a cabo planes, estudiando y aprendiendo de los resultados obtenidos y estandarizando los efectos positivos para proyectar y controlar el nuevo nivel de desempeño” (p.10)

El éxito de todo proceso de mejoramiento continuo es establecer una adecuada política de calidad, que pueda definir con precisión lo esperado por los empleados, ya que dicha política requiere del compromiso de todas las partes de una organización, por lo que deberá ser redacta para que cada trabajador de la empresa sin importar el área en la que desenvuelva la pueda aplicar, y así mejorar la calidad de los productos o servicios que ofrece la compañía. Cuando se hace referencia a la mejora de la organización uno de los aspectos que se ve afectado de manera positiva es la productividad de la organización, ya que ella es uno de los pilares más importantes que la componen, y se debe tener en cuenta, pero se debe tener en cuenta que toda mejora se da por medio de una estrategia que se planifique de manera precisa y que reconozca el problema raíz que presenta la organización.

2.2.13. Planificación Estratégica

Cuando se habla de lo que representa el cumplimiento de los objetivos en una empresa se reconoce que para llegar a ese punto se realizó lo que se denomina una planificación estratégica que Armillo, M (2009) relato como:

“Grandes decisiones, al establecimiento de los Objetivos Estratégicos que permiten materializar la Misión y la Visión. Por lo tanto la PE es la base o el marco para el establecimiento de mecanismos de seguimiento y evaluación de dichos objetivos, es decir, el control de la gestión no se puede realizar sin un proceso previo de planificación estratégica.”(p.8)

Es por ello que en los procesos operacionales una planificación estratégica es crucial y no sólo su creación, sino su manera de aplicarla y llevarla a cabo que finalizara con el cumplimiento de los objetivos pautados por la organización, es porque la planificación estratégica no solo se centra en el proceso sino también en los factores externos a la organización; Armillo (ob. Cit) también comentalo siguiente:

“La planificación estratégica en el ámbito público es una herramienta que nos ayudará al establecimiento de prioridades, objetivos y estrategias como apoyo a la definición de los recursos que necesitamos para lograr los resultados esperados, por lo tanto debe ser un proceso simple e incorporado en la rutina de la toma de decisiones directivas en el proceso presupuestario. Desde esta perspectiva, debemos contar con

estándares de confiabilidad para identificar aspectos claves que apoyen la gestión organizacional, tales como la definición de la Misión, Objetivos Estratégicos, Estrategias, definición de metas e indicadores.” (p.11)

Aunque se cuente con una gran planificación para el cumplimiento de los objetivos siempre se debe tener una amplia visión y tener en cuenta la estructura organizacional con la que se maneja la compañía porque esta afectará a los distintos procesos que se procedan a realizar para bien o mal de la organización, porque esta estructura define las líneas de manda que son las que fomentan a tener una mejora para seguir en el mercado competitivo y salir ganadores.

2.2.14. Manufactura Esbelta

Para Madariaga (2013) la Manufactura Esbelta es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación, persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante del despilfarro, que como bien mencionan Rajadell y Sánchez (2010) está definido como todas aquellas acciones que no aportan valor al producto o servicio y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. Ellos establecen como objetivo la eliminación de desperdicios mediante el uso de herramientas que se desarrollaron principalmente en Japón y fueron inspiradas por Edwards Deming, fundamentadas en que el producto o servicio debe ajustarse a lo que el cliente necesita basándose en los siguientes pilares: la filosofía de mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios.

La implementación de esta filosofía debe estar enmarcada en directrices específicas que garanticen el éxito hacia las metas planteadas. Para ello Villaseñor y Galindo (2007) agrupan los conceptos de Manufactura Esbelta en tres estados que permiten definir las herramientas o técnicas asociadas a cada uno de ellos, las tres fases para aplicar la manufactura Esbelta son:

1. Demanda del cliente: Entender la demanda del cliente para cada uno de los productos (características de calidad, precio y entrega)

2. Flujo: Implementar un flujo continuo en toda la planta, para clientes internos como externos, lo cuales deben recibir el producto correcto, en el tiempo correcto y en la cantidad correcta.
3. Nivelación: Distribuir el trabajo equitativamente por volumen y variedad, reduciendo inventarios de producto terminado y en proceso.

2.2.15. Control e Instrumentación

Según Maraña, J (2005) La Instrumentación y Control, como especialidad de Ingeniería menciona que:

“Es aquella parte de la ingeniería que es responsable de definir el nivel de automatización de cualquier planta de proceso e instalación industrial, la instrumentación de campo y el sistema de control para un buen funcionamiento del proceso, dentro de la seguridad para los equipos y personas, de acuerdo a la planificación y dentro de los costos establecidos y manteniendo la calidad.”

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos como pueden ser derivados del petróleo, agua, vapor, gases, ácidos, pasta para producir papel, etc. teniendo todos ellos la necesidad de ser medidos y controlados, así como se deben mantener unas constantes dentro de unos márgenes establecidos. Haciendo un poco de historia, la instrumentación y el control nace de la necesidad de:

- Optimizar los recursos humanos, materias primas, y productos finales.
- Producir productos competitivos con un alto rendimiento.
- Producir productos con características repetitivas Fomento del Ahorro Energético.
- Fomento de la Conservación del Medio Ambiente.

2.2.15.1 PLC

Según Murillo, A (2013) define PLC como:

“Un Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller), en sí es un sistema de control. Los PLC’s son dispositivos electrónicos o computadoras digitales de tipo industrial que permiten la automatización,

especialmente de procesos de la industria, debido a que controlan tiempos de ejecución y regulan secuencias de acciones.”

De acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association 2001) un PLC es:

“Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salidas digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos”.

Funcionamiento básico

- Detecta diversos tipos de señales del proceso mediante la Memoria Programable.
- Elabora y envía acciones de acuerdo al programa en la Memoria de Datos.
- Recibe configuraciones de los operadores y da reportes a los mismos.
- Admite modificaciones en el programa cuando son necesarias.

Principales aplicaciones

Ingeniería y producción en empresas, principalmente en la industria, en donde se aprovechan especialmente para los siguientes casos:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

En concreto los PLC's son dispositivos que permiten automatizar y son empleados principalmente para procesos industriales, con múltiples ventajas y aplicaciones variadas.

2.2.16. Diagrama de Ishikawa o diagrama de causa y efecto

Según Maneiro y Mejías (2010), Habla sobre el diagrama de Ishikawa y sus funciones las cuales son:

“Es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces un área problemática) y los factores que posiblemente contribuyan a que exista. En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales. Este diagrama es una gráfica en la cual, en el lado derecho, se anota el problema, y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas o sub ramas. Es una herramienta muy útil para localizar las causas de los problemas, y será de mayor efectividad en la medida en que dichos problemas estén mejor localizados y delimitados.”

Esta herramienta es de gran ayuda en cuanto a la elaboración de la relación que guarda el problema nominal suscitado con el compendio de factores o eventos potenciales que propician dicha falla, en este sentido la empresa puede tener un efecto positivo en relación a la solución de las fallas por medio de la estratificación de esta herramienta de carácter cualitativo.

2.2.17. Diagrama de Pareto

Maneiro y Mejías (2010), define lo define como:

“El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.”

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Permite identificar los problemas de mayor incidencia que generan en este caso el Scrap, permitiendo establecer prioridades.

2.2.18. Principios del Lean Manufacturing

Para Chapman (2006), los principios Lean Manufacturing son:

1. Especificar el valor para los clientes (eliminar desperdicios). No se debe pensar por los clientes. El cliente paga por las cosas que cree que tienen valor y no por las cosas que pensamos que son valiosas. Las actividades de valor agregados son aquellas que el cliente está dispuesto a pagar por ellas. Todas las otras son desperdicios.
2. Identificar el mapa de la cadena de valor (VSM) para cada producto/servicio. La secuencia de actividades que permite responder a una necesidad del cliente representa un flujo de valor. Creando un "mapa" de la corriente de valor, es posible identificar aquellas actividades que no agregan valor, desde el punto de vista del cliente, a fin de poder eliminarlas.
3. Favorecer el flujo (sin interrupción). Deben lograr un movimiento continuo del producto/servicio a través de la corriente de valor. Por ello, se tiene que reducir los tiempos de demora en el flujo de valor quitando los obstáculos en el proceso
4. Dejar que los clientes tiren la producción (sistema PULL). La aplicación del Flujo y del Pull genera una respuesta más rápida y exacta con un menor esfuerzo y menores desperdicios. Permite producir sólo lo que el cliente pide y evita la generación de un stock innecesario.
5. Perseguir la perfección (mejora continua). Hay que seguir trabajando constantemente para conseguir unos ciclos de producción más cortos, obtener la producción ideal (calidad y cantidad), focalizar los esfuerzos en el valor para el cliente.

2.2.18.1. A3 Report Solving Problem Tool.

Shook, J. (2018) aclara:

“Lo que hace realmente hace que un A3 sea bueno, no es la colección de datos y hechos que muestran un perfecto esquema problema- solución. Un buen A3 es el reflejo del diálogo que sirvió para crearlo”

La técnica A3 obliga a expresar de forma sencilla cualquier problema vinculado a la producción o prestación de servicios, identificando tanto la

causa raíz de las anomalías como las medidas de contención posibles. Productos con defecto, re-trabajos, mermas elevadas, desperdicios, entregas incompletas o atrasadas, proyectos no exitosos, gastos extraordinarios, información incompleta, malos servicios etc. Son situaciones que ocurren en el ambiente laboral en forma ordinaria. Los pasos del método A3 son los siguientes:

- 1 Entender la situación actual: Que es y que no es un problema. Definición y descripción adecuada del problema. Descripción de antecedentes.
- 2 Identificar la causa raíz: Herramientas para investigar y demostrar la relación entre la causa raíz y la ocurrencia de un problema: Ishikawa, diagrama de proceso, plan de control, matriz causa efecto y herramientas estadísticas de identificación.
- 3 Identificar contramedidas y visualizar el estado futuro: Necesidad de acciones para proteger al cliente y/o a las partes interesadas. Contramedidas, validación (prender y apagar las acciones), objetivos de implementación, costo beneficio de las contramedidas, resultados esperados.
- 4 Plan de implementación: Principios de administración de proyectos aplicados para asegurar la efectividad del Plan
- 5 Plan de seguimiento. Indicadores para evaluar el avance del plan de implementación, Validación de resultados e indicadores, Reuniones y reportes de seguimiento, Mecanismos para asegurar la permanencia de los resultados y Planes de acción ante desviaciones.
- 6 Discusión con las partes afectadas: Proceso de presentación y autorización del Plan. Herramientas de evaluación financiera de acciones y proyectos. Periodo de recuperación de la inversión, valor presente neto y tasa interna de rendimiento, beneficios no financieros de un plan de mejora.
- 7 Autorización del Plan: Presentación al dueño del problema y a los interesados clave. Protocolos de autorización.

- 8 Ejecución de plan: Ganancias rápidas, análisis de tendencias en los resultados e indicadores, reportes y reuniones de seguimiento, riesgos y planes de contingencia ante desviaciones, justificación y opciones ante la necesidad de recursos adicionales, control de cambios ante ajuste de objetivos y alcances.
- 9 Estandarización: Aplicación de herramientas de control para mantener los resultados. Ajustes en el diseño del proceso, diagrama de proceso, FMEA, plan de control e instrucciones de operación, implementación de dispositivos a prueba de error. Actualización del sistema de calidad y otras herramientas de control. Aplicación preventiva en procesos equivalentes.

2.2.19. Tipos de Desperdicios

Según Rajadell & Sánchez (2010) los tipos de desperdicios son:

1. Sobre producción: Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. Producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita y que además representa un consumo inútil de material.
2. Tiempo de espera: Es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo.
3. Transporte: Es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario.
4. Sobre proceso: Es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, es decir, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles.
5. Exceso de inventario: Los stocks son la forma de desperdicio más clara porque esconden ineficiencias y problemas crónicos. El desperdicio por inventario es el resultado de tener mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas.

6. Defectos: El desperdicio derivado de los errores es uno de los más comunes en la industria, este incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de re-trabajo o de inspecciones adicionales.
7. Movimientos innecesarios: Son todos aquellos movimientos improductivos que no aportan valor al proceso sobre el resultado final. También son posiciones o acciones innecesarias o incómodas para los trabajadores.

Por su parte Menéndez (2014), explica que se ha considerado el desaprovechamiento del Talento Humano como el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios y por diferentes causas:

- Una cultura y política de empresa anticuada que subestima a los operadores.
- Insuficiente entrenamiento o formación a los trabajadores.
- Salarios bajos que no motiven a los trabajadores.
- Un desajuste entre el plan estratégico de la empresa y la comunicación del mismo al personal.

2.2.20. Poka-Yoke

Inicialmente lo trabajó el Ingeniero Industrial Shigeo Shingo en la fábrica de TOYOTA en la década de 1960. Poka-yoke es un término japonés que traduce “a prueba de errores”.

Poka: Equivocación, errores inadvertidos.

Yokeru: evitar.

Según Smiller (2013) Inicialmente se deben identificar la fuente de los defectos, sean por los materiales (dañados, equivocados, fuera de especificación y obsoletos), en la mano de obra (mala capacitación, errores inadvertidos por descuidos voluntarios o involuntarios, mala operación de los equipos, equivocaciones, etc.), en los métodos (falta de estandarización, métodos y técnicas poco comprensibles u obsoletos, métodos incompletos) y en la maquinaria (mantenimiento inadecuado o inoportuno,

malos ajustes, cambios de deficientes, elementos contaminantes, instalaciones inadecuadas, etc.).

Un Poka-Yoke es una técnica de inspección para mejorar la calidad que se aplica con el fin de prevenir errores en la operación de un sistema, o para hacer que éstos no pasen inadvertidos y puedan ser corregidos. Su finalidad es entonces la eliminación de los posibles errores y condiciones que los generan- en tanto son estos los causantes de los defectos presentes los productos finales.

Si bien ayuda a evitar defectos en el producto final, también pone gran parte de la carga de inspección en el sistema de producción, facilitando y reduciendo la carga del personal. De este modo se logra mejorar los resultados de las tareas de inspección, permitiendo que los operarios dirijan más de sus esfuerzos en actividades que agreguen mayor valor al producto.

Este tipo de sistemas se convierte en importantes apoyos a la gestión de procesos, pues al eliminar los defectos no sólo se evita incurrir en costos asociados a los desperdicios, sino también en aquellos generados por concepto de los re-procesos y consumo de recursos adicionales.

Los 8 principios filosóficos del poka-yoke.

1. La construcción de la calidad se hace dentro de los procesos.
2. Todos los errores sin intención y los defectos pueden ser eliminados.
3. Deje de hacerlo mal y empiece a hacerlo bien.
4. No piense en excusas, piense en cómo hacerlo bien.
5. Una posibilidad del 51% de éxito es suficientemente buena para emprender una idea.
6. Los errores y defectos pueden ser reducidos a cero cuando entre todos se trabaja conjuntamente para eliminarlos.
7. Varias cabezas piensan mejor que una.
8. Persiga la causa real de los problemas.

2.2.21. Factibilidad de un Proyecto

Factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas, es decir, si es posible cumplir con las metas que se tienen en un proyecto, tomando en cuenta los recursos con los que se cuenta para su realización.

2.2.21.1. Factibilidad económica

Se refiere a que se dispone del capital en efectivo o de los créditos de financiamiento necesario para invertir en el desarrollo del proyecto, el cual deberá haber probado que sus beneficios a obtener son superiores a sus costos en que incurrirá al desarrollar e implementar el proyecto o sistema; tomando en cuenta la recesión económica y la inflación para determinar costos a futuro.

Los estudios de factibilidad económica incluyen análisis de costos y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto. Con análisis de costos/beneficio, todos los costos y beneficios de adquirir y operar cada sistema alternativo se identifican y se hace una comparación de ellos.

2.2.21.2. Factibilidad humana u operacional

Se refiere a que debe existir el personal capacitado requerido para llevar a cabo el proyecto y así mismo, deben existir usuarios finales dispuestos a emplear los productos o servicios generados por el proyecto o sistema desarrollado.

2.2.21.3. Factibilidad técnica o tecnológica

Indica si se dispone de los conocimientos y habilidades en el manejo de métodos, procedimientos y funciones requeridas para el desarrollo e implantación del proyecto. Además indica si se dispone del equipo y herramientas para llevarlo a cabo, y de no ser así, si existe la posibilidad de generarlos o crearlos en el tiempo requerido por el proyecto.

2.3. Definición de términos básicos

Burth test: Prueba de explosión de botellas PET, prueba para comprobar Viscosidad Intrínseca.

Calidad: Grado en que un conjunto de características inherentes cumple con unos requisitos. El término calidad puede utilizarse acompañado de un adjetivo tales como

pobre, buena o excelente (Inherente significa que existe en algo especialmente como una característica permanente).

Cierre de orden: Acción que realiza el supervisor de producción, en la cual declara la finalización de la producción del producto especificado en una orden de producción, en la cual especifica los consumos de materia prima, principales paradas, cantidad entregada, y otros datos de la misma.

Conveyor: Elemento o banda transportadora de preformas a la cesta.

Degradación del PET: La degradación es un fenómeno dirigido a modificar la estructura del polímero, cambiando sus propiedades y generando múltiples problemas durante su procesamiento.

Desecante: El desecante es el material que atrae y remueve (absorbe) agua del aire. El desecante que usan los secadores es un metal cristalino sintético de aluminio-silicato que es mezclado con una mezcla de barro y formado en granos.

Desperdicio: Recurso mal aprovechado. Está referido a las actividades de un proceso que generan costo, pero no valor.

Eficiencia de Línea: Indicador que demuestra la relación entre unidades producidas y unidades teóricas que se pueden producir a la velocidad estándar de la línea en tiempo máquina.

Hidrólisis: Descomposición de sustancias orgánicas por acción del agua. La hidrólisis genera el rompimiento de cadenas y como consecuencia la caída de la viscosidad intrínseca (VI). Como consecuencia el desempeño de la botella será insuficiente.

Inocuidad: es la garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido de acuerdo con el uso a que se destine.

Mejora Continua: Acción recurrente que aumenta la capacidad para cumplir los requisitos. El proceso mediante el cual se establecen objetivos y se localizan oportunidades para la mejora es un proceso continuo a través de la utilización de los resultados de las auditorías, el análisis de los datos, las revisiones por la dirección u otros medios y generalmente conducen a acciones correctivas y preventivas.

Molde: Es la pieza que le permite la forma deseada al plástico fundido y lo enfría para proporcionarle la forma definitiva, también es responsable de la apariencia superficial del artículo. Consiste en dos cavidades que vieren alrededor de la preforma y que posee un orificio de entrada para la inyección del medio soplado.

Orden de Proceso: Documento que se genera al inicio del proceso de fabricación de un producto

Parametrias: Son los parámetros o receta que se deben ajustar a la máquina dependiendo del molde y resina que se esté empleando, las parametrias deben estar en cada máquina para poder hacer los ajustes de proceso.

Preforma: Pieza de forma tubular cerrada en uno de sus extremos (base). También puede definirse, como el estado en que se encuentra la resina después de pasar por el proceso de inyección.

Proceso: Conjunto de recursos y actividades relacionadas entre sí que transforman elementos de entrada en elementos de salida.

Producto: Resultado de actividades o de procesos. Cliente: Destinatario de un producto o servicio suministrado por un proveedor.

Productividad de Costos: Indicador que expresa la relación porcentual entre el coste real y el coste estándar que implica la fabricación de un producto.

Proveedor: Organización que suministra o proporciona un bien o servicio a un cliente.

Purga: Restos que se eliminan en determinadas operaciones industriales, en este caso es la resina fundida.

Scrap: Desechos y/o residuos de material derivados de un proceso industrial.

CAPÍTULO III

FASES METODOLÓGICAS

Para Castro (2010), el marco metodológico “consiste en definir las estrategias metodológicas, que se van a utilizar para obtener el conocimiento, producto del proceso investigativo a desarrollarse” (p. 57), es decir, es el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar la problemática, por medio de procedimientos específicos determinando el cómo se realizará el estudio, para llevar a cabo dicho capítulo se debe determinar la modalidad, el diseño y el tipo de investigación, así como las fases con los procedimientos que debe seguir el investigador para determinar la investigación.

3.1. Tipo de la Investigación.

En relación al tipo, es importante resaltar que la presente investigación se basó en presentar un propuesta viable para la solución de una problemática existente dentro de la empresa, por lo que se sustenta bajo un proyecto factible, en relación a ello la Universidad Experimental Libertador UPEL (2014) señala “un proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de una organización o grupos sociales”(p. 16), es decir, este diseño plantea la elaboración de una propuestas que ayude o contribuya a solucionar problemáticas que ayuden en la operatividad eficaz de los diferentes procesos empresariales.

3.2. Diseño de la Investigación.

La presente investigación se basa en un diseño de campo y documental, teniendo en consideración lo planteado por Palella y Martins (2012) en cuanto a modalidad, tipo, diseño y nivel de una investigación (p.85), en relación a ello, Sabino (2012)señala que una investigación de campo “son los que se refieren a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen directamente de la realidad, mediante el trabajo directo y concreto del investigador y su equipo” (p. 64), es decir, los trabajo de campos son aquellos que se llevan a cabo dentro del propio contexto donde se desarrolla la problemática, la información es tal y como sucede en la realidad, en

relación a ello la investigación se llevó a cabo dentro de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A., o sea dentro del contexto donde se desarrolla la problemática.

En cuanto a una investigación documental Baena (2011) señala “es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información“(p. 27). De acuerdo con lo planteado guarda relación con una de las actividades a realizar para sustentar la investigación como lo es la revisión de los diferentes documentos existentes dentro de la empresa relacionados con la problemática a objeto de estudio.

3.3. Nivel de Investigación.

Por su parte el nivel de investigación es descriptivo, ya que se describe el proceso mediante el cual se realizan las actividades de la línea, en relación a ello para Sabino (2012) señala una investigación descriptiva “es aquella que describe las características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada” (p.51).

3.4. Técnicas de recolección de información

Las técnicas de recolección de información son las distintas formas o maneras de obtener la información deseada para la elaboración de la investigación, según Hernández (2011) pueden definirse como “aquella que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o variables que el investigador tiene en mente” (p. 235). A través de estas técnicas se logrará la recopilación de información a los fines de determinar las necesidades existentes con el problema planteado. Las técnicas utilizadas en la presente investigación son la observación directa, revisión documental y la entrevista estructurada, las cuales facilitarán al investigador las bases para la determinación de la realidad estudiada.

3.4.1. Observación Directa

En primer lugar, se aplicó la observación directa de los procesos en estudio, según Pérez (2012), indicaba que la observación directa se efectúa “cuando el investigador

se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar” (p. 49). Para cumplir con esta técnica se realizaron visitas a la línea IN08, a los fines de indagar, visualizar, conocer el proceso de inyección con la finalidad de hacer un diagnóstico de la problemática, así como cualquier elemento de interés que surjan durante el proceso de investigación.

Para llevar a cabo dicha técnica el (la) investigador (a), empleo como instrumentos para la recolección de datos un cuaderno de notas, para llevar por escrito todo lo observado, de igual forma una cámara fotográfica a fin de llevar un registro de cada eventualidad existente en el área objeto de estudio.

3.4.2. Entrevista no Estructurada

También se utilizó la entrevista no estructurada, que según Palella y Martins (2012), se define como “un instrumento que sirve para anotar respuestas precisas realizadas a los informantes a través de preguntas” (p.131), es decir, es un instrumento que sirve para conocer información de los entrevistados relacionada con el problema a estudiar.

En ese sentido, se utilizó la entrevista no estructurada para recopilar información de importancia sobre el proceso de comercialización, con base a datos extraídos por medio del guión de entrevista, conformado por preguntas abiertas, que permitirá detectar de manera inmediata la situación, en tal sentido es importante resaltar que el entrevistador debe poseer una gran habilidad para formular las interrogantes sin perder la coherencia, dicho guión de entrevista está orientada por objetivos preestablecidos que permitirá definir el tema de la entrevista.

Como se señaló anteriormente el instrumento empleado para la recolección de información fue un guion de entrevistas, donde las preguntas fueron abiertas es decir sin ningún patrón estipulado, ya que, se quería indagar de manera directa sobre los informantes en relación a cotidianidad frente a la problemática y el desarrollo de la misma.

3.4.3. Revisión Documental

La revisión documental, según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2011), señala que “es la técnica que ayuda a determinar si un tópico de

investigación seleccionado merece la pena profundizar y si la misma es factible, dado el grado de conocimiento que se tiene sobre éste” (p. 147), es decir, es una técnica empleada con la finalidad de indagar sobre la problemática a nivel documental relacionados con la problemática.

3.5. Técnicas de Análisis de Datos.

Para Arias (2012) las técnicas de análisis “son las que describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan de la clasificación, registro, tabulación, codificación, entre otros, de una investigación” (p.111), en relación a ello, la presente investigación empleó el análisis causa efecto, la técnica de los cinco (5) ¿Por qué?, la técnica A3 Report solving problema tool y el diagrama de Pareto.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Para Tamayo y Tamayo (2010), la población está definida como “La totalidad de fenómeno a estudiar en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (p. 47), es decir, se refiere al conjunto de elementos de los cuales se pretende indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para la cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación.

En el presente estudio, la población estará determinada por una población finita, que es definida por Muñoz, (2012), como “el radio de interés sobre el que se expande el campo y el ámbito de la investigación, determinada por sus características definitorias, siendo la población la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades poseen una característica común...” (p. 92).En relación a lo antes expuesto es importante señalar que la población será tomada del área de inyección la cual está conformada por cinco personas.

3.6.2. Muestra

Por consiguiente, la muestra será representada por una porción de la población, en relación a ello Arias (2012), establece que la muestra es“...un subconjunto representativo finito que se extrae de la población accesible” (p. 83), Tomando esto

como referencia tenemos que la muestra es un grupo o zona seleccionada en donde se aplicara la investigación con el fin de mejorar dicha muestra.

Dicho esto se puede concluir que la muestra va dirigida directamente a la producción de preformas de 40g de la línea IN08.

3.7. Fases Metodológicas

Para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación, y para el desarrollo del proyecto, el investigador desarrollará cuatro (4) fases metodológicas, cada una relacionada a los objetivos específicos del mismo, por consiguiente se explican detalladamente. A continuación se explican cada una de fases:

Fase I. Diagnóstico de la situación actual de la línea de producción IN08, del área de inyección de preformas de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A.

En esta primera fase se acarreara a cabo el diagnóstica de la investigación, con la finalidad de estudiará el proceso productivo de la línea de producción IN08, del área de inyección de preformas de la empresa y conocer la situación actual de la misma determinando las posibles causas generadoras de la problemática, a través de la observación directa, la revisión de diferentes documentos existentes en la empresa y de la aplicación de entrevistas con el personal, las etapas en las que consistirá la primera fase se llevarán a cabo de la siguiente manera:

Fase II. Análisis de las causas del diagnóstico.

Mediante la información obtenida en la fase I de la investigación, se procederá a realizar un análisis de las posibles causas que generan la problemática de la línea IN08, para ello se emplearán herramientas como el diagrama de causa y efecto, 5 ¿Por qué?, A3 Report solving problema tool y el diagrama de Pareto, para lo cual deberán seguir los siguientes pasos:

1. Se clasificarán las posibles causas generadoras de la problemática en las diferentes categorías que lista el diagrama causa efecto.
2. Se ejecutará una clasificación de cada una de las causas encontradas, por medio de la aplicación del diagrama de causa y efecto.
3. Se jerarquizarán las diferentes causas aplicando el análisis de Pareto

4. Se realizará un resumen de las oportunidades de mejora identificadas, de acuerdo a las causas analizadas y jerarquizadas previamente.

Fase III. Diseño de un plan de mejoras de procesos que conduzcan a la reducción de Scrap, en función a los datos obtenidos durante el análisis.

En esta parte de la investigación, el investigador propondrá un plan de mejoras y estandarización de procesos que conduzcan a la reducción del Scrap, aplicando herramientas de ingeniería industrial, mediante acciones para cada una de las oportunidades de mejora identificadas.

Fase IV. Evaluación de la factibilidad del plan diseñado.

Una vez que se determinado el plan de mejoras para la solución de la problemática relacionada con la reducción del Scrap, se procederá a realizar un análisis de la factibilidad económica, mediante la aplicación de una relación beneficio/costo de la siguiente manera:

1. Se determinará un costo monetario aproximado de todas las propuestas incluidas en el plan de mejoras.
2. Se realizará una estimación del beneficio potencial para la organización al implantar efectivamente cada una de las propuestas, en la cual se tomará en cuenta la parte operativa, técnico, ambiental y social.
3. Se determinará el beneficio-costo de la propuesta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Los resultados en una investigación son aquellos que se obtienen después de haber recabado toda la información concerniente a una problemática y haberla analizado, de allí las diferentes derivaciones obtenidas bien sean positivas o negativas, en función de los objetivos que se plantean. En tal sentido el presente trabajo de investigación arrojó sus resultados basados en cuatro fases, las cuales están constituidas por el diagnóstico de la situación actual de la línea de inyección IN08 con la presentación de preforma 40g (Pepsi-Cola 1.5 lt). Analizar las debilidades encontradas en el proceso que genera Scrap, mediante herramientas de ingeniería industrial para así proponer un plan de mejoras y estandarización de procesos que conduzcan a la reducción de Scrap, así mismo como aumentar su eficiencia y por último la evaluación de la factibilidad técnica- económicamente del plan de mejoras planteado.

4.1. Fase I. Diagnóstico de la situación actual de la línea de producción IN08, del área de inyección de preformas de la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A.

Para desarrollar esta fase se realizaron visitas a la empresa para así poder identificar la situación de la problemática actual de las líneas de fabricación de las preformas de 40 g, aplicando la observación directa, entrevistas informales no estructuradas a los operadores y personal encargado del área, además de la revisión documental de registros históricos suministrados por la empresa Amcor Rigid Plastics S.A, también se propuso el diseño de una herramienta como técnica de recopilación de información para conocer cuáles son las causas del scrap.

4.1.1. Revisión documental del proceso de inyección de preformas.

En este inciso, se realizó una revisión documental con el fin de describir proceso productivo que es el objeto de esta investigación, indicando las condiciones de trabajo y las facilidades que ofrece, con el fin de obtener un retrato fidedigno de la situación actual del área. Así mismo se presenta el flujograma de todo lo que conlleva la

producción de moldeo por inyección de preformas en la línea IN08, desde la recepción de la materia prima hasta la transformación de la misma. (Ver figura N° 3).

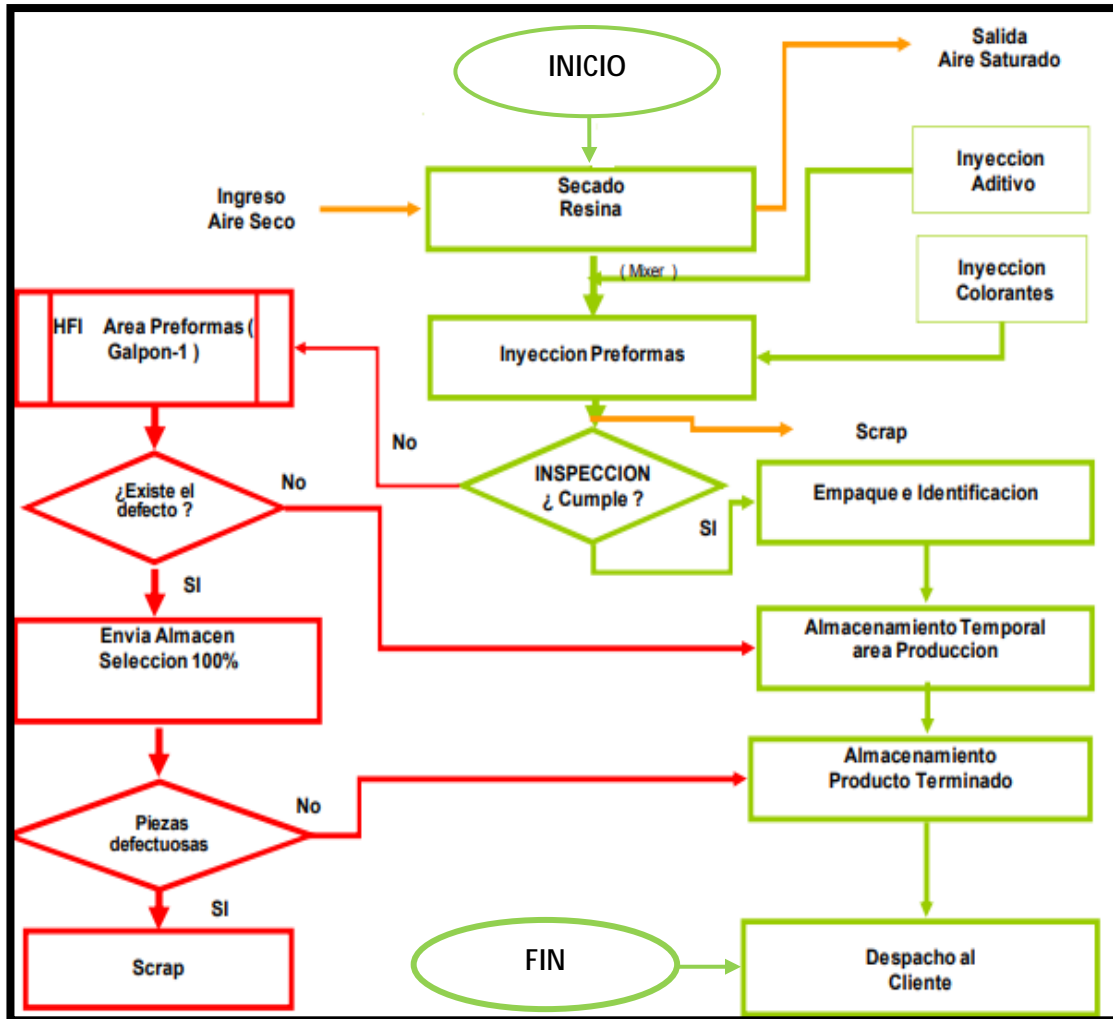


Figura N° 3.Flujograma del Proceso de inyección de la línea IN08.
Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.
Autor: Giraldo, I. (2020)

Haciendo un breve resumen del flujograma de procesos anteriormente mostrado, se puede observar de manera sencilla el proceso de fabricación de preformas de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A constituido por las áreas en el orden siguiente:

Secado, Extrusión e Inyección de preformas, con el fin de poder definir las relaciones directas de las diferentes tareas que componen el proceso.

La línea de moldeo por inyección IN08 en Amcor Rigid Plastics de Venezuela S.A está destinada a la producción de preformas de la presentación 40 g, está máquina es conocida como Husky XL 300 toneladas (Ver figura N° 4 y N° 5), ya que esta es capaz de procesar 300 toneladas de resina, otras máquinas inyectoras son mucho más grandes y con mayor capacidad de inyección pueden llegar a procesar 800 toneladas. IN08 no deja de ser una máquina que cumpla con sus requerimientos, ya que esta misma tiene una capacidad instalada de 17.50 segundos cada dosis de resina, en el cual entra al molde de 72 cavidades, lo que se traduce a 72 piezas cada 17.50 segundos. Dicho producto es utilizado para el proceso de soplado para la producción de botellas de Pepsi-Cola 1.5 lt.



Figura 4. Máquina Husky XL 300 IN08.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

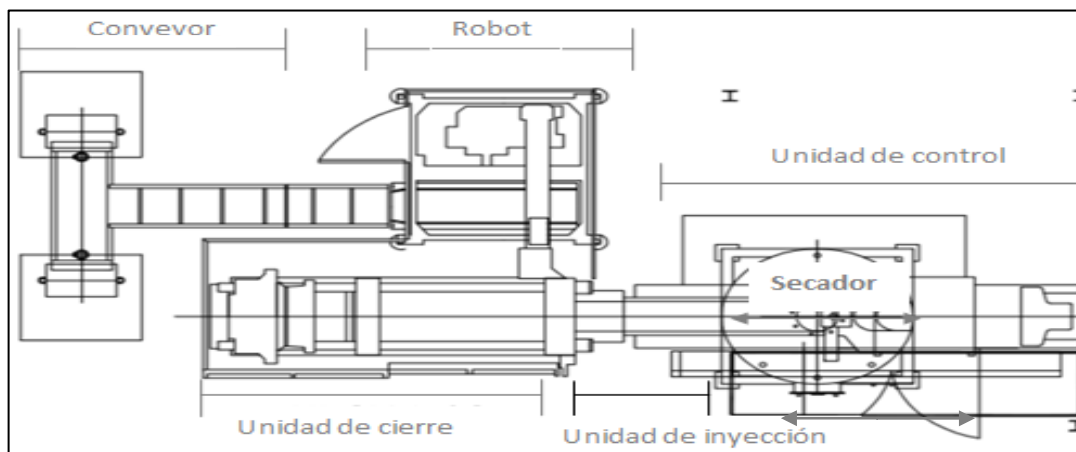


Figura 5.Layout Husky XL 300 IN08.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

El moldeo por inyección se describe como un conjunto de procesos, en el cual cada uno va a depender de la calidad del producto final. Esta información detallada es producto de la revisión documental que fue suministrada por la empresa Amcor Rigid Plastics S.A de cada una de las etapas que compone el proceso de inyección de preformas, realizando una descripción de las actividades llevadas a cabo en cada uno de los equipos que componen la línea IN08.

1) Secado del PET

El proceso de secado inicia subiendo los sacos de resina mediante polipastos que facilitan el desempeño de la tarea. Su condición inicial se presenta en pequeños gránulos de PET, el cual es ingresado al secador. (Ver Figura N°6). Este mismo es sometido a una temperatura de 155°C, con un tiempo de residencia en el secador de 4 horas. El contenido de humedad del PET sin secar por lo general oscila entre 0.7 y 1 %, Solo un proceso adecuado del secado reduce el contenido de humedad por debajo del 0.1 % (1000ppm) (Partes Por Millón).

En presencia de agua, durante el proceso de fusión de la resina en el extrusor de la máquina inyectora, el PET se degrada, produciendo la llamada “Degradación Hidrolítica”, que resulta en el rompimiento de cadenas, generando como principal consecuencia la Caída de la Viscosidad Intrínseca (IV) del polímero. Cuanto más baja es la IV, más dificultades se tendrán al momento de producir una botella, que luego tendrá también un desempeño deficiente debido a que sus propiedades mecánicas se verán afectadas. Es decir propiedades tales como efecto barrera, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, entre otras, disminuirán notablemente, produciéndose efectos no deseados, variaciones de espesor. En dicho proceso hay cuatro variables que se deben considerar:

1. Punto de Rocío (Dew Point)
2. Caudal de Aire
3. Tiempo de Secado
4. Temperatura de aire de entrada.

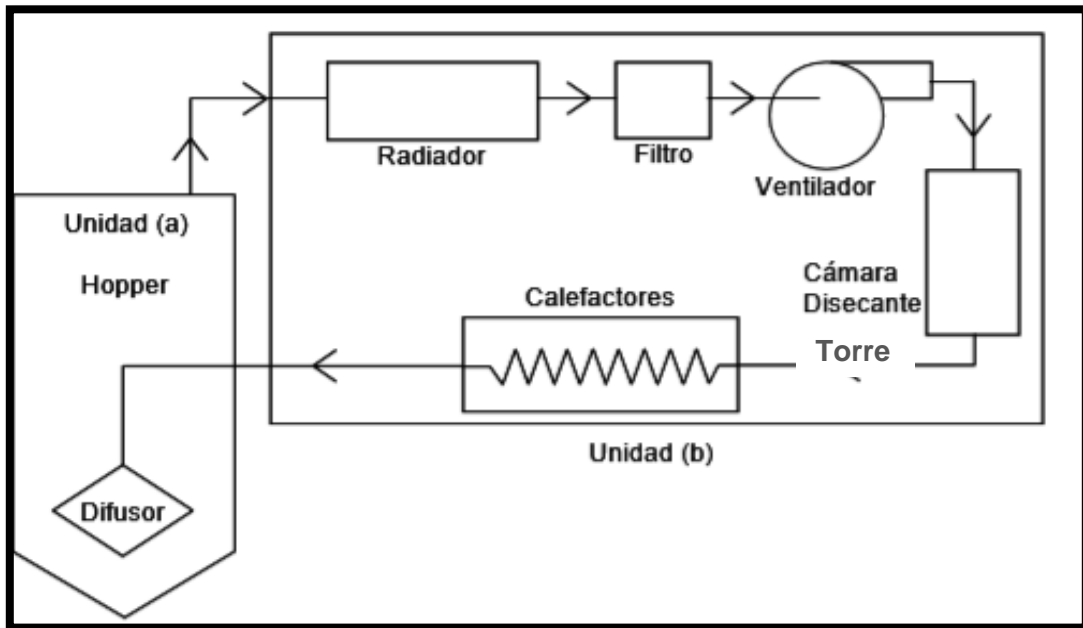


Figura N° 6. Proceso de Secador del PET.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Parámetros de secado

A continuación se muestra los parámetros del secador en la tabla N° 3, es importante mencionar que bajo estos parámetros tiene que realizarse el proceso de secado. Si la resina está húmeda, además de la pérdida de viscosidad intrínseca como principal consecuencia, la calidad de las preformas disminuirá, presentando una gran variedad de defectos, y el proceso de inyección será muy inestable.

Cuadro. N°3.Proceso de Secador del PET.

Tiempo de secado	
Tamaño tolva y geometría	H= 2.5 x d (mínimo)
Uso de resina (Lb/ Hora)	-Tamaños de tiro -Tiempo de ciclo
Temperatura de secado	150° 155° C
Eficacia en la secadora	-Configuración -Torres de Desecantes -Mantenimiento

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

2) Extrusión

Una vez culminado el proceso de secado, la materia prima pasa a la extrusora. El ciclo comienza con el cierre del molde. Se cierra el molde vacío, mientras se tiene lista la cantidad de material fundido para inyectar dentro del barril. El molde se cierra en tres pasos: primero con alta velocidad y baja presión, luego se disminuye la velocidad y se mantiene la baja presión hasta que las dos partes del molde hacen contacto, finalmente se aplica la presión necesaria para alcanzar la fuerza de cierre requerida. (Ver Figura N° 7). Terminado el proceso de llenado, el husillo comienza a girar y lleva el plástico desde la tolva hasta el barril calentado, donde se lleva a cabo la fusión. El calor que derrite el plástico proviene de los calentadores del barril y también de la acción de cizalla del husillo.

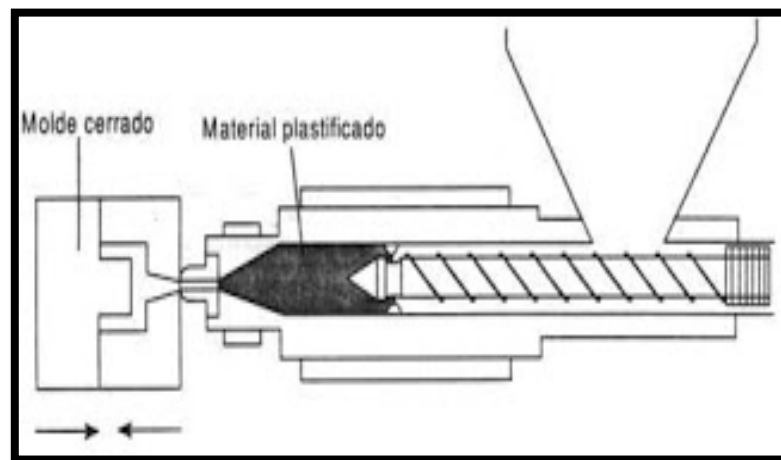


Figura N° 7. Cierre del molde e inicio de inyección.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Al terminar de inyectar el material, se mantiene el tornillo adelante aplicando una presión de sostenimiento antes de que se solidifique el cual el tiempo de sostenimiento es de 4,80 segundos, con el fin de contrarrestar la contracción de la pieza durante el enfriamiento que es de 4 segundos. La presión de sostenimiento, usualmente, es menor que la de inyección y se mantiene hasta que la pieza comienza a solidificarse. El proceso de inyección de material tiene un total de 17.50 segundos en la máquina IN08. (Ver figura N° 8).

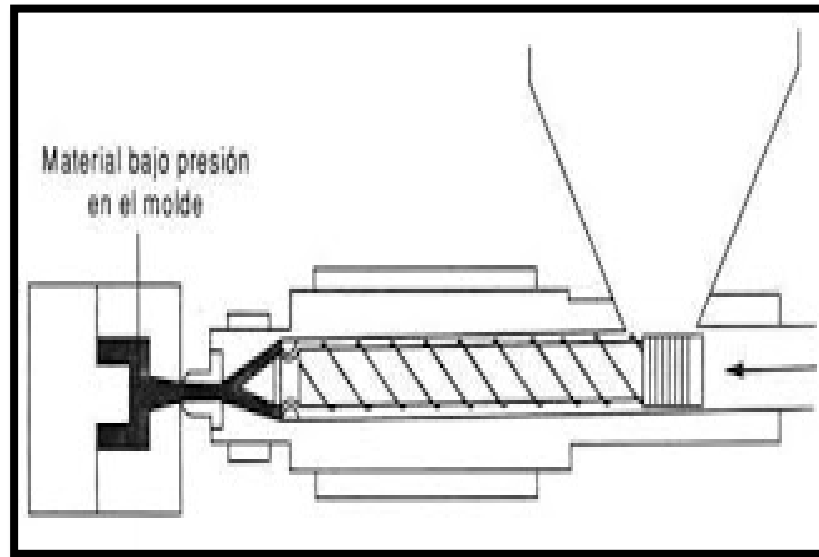


Figura N° 8. Aplicación de la presión de sostenimiento.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

3) Moldeo por inyección

El proceso consiste en el acople de dos piezas, cavidad y macho. El tornillo gira haciendo circular los gránulos de plástico desde la tolva y plastificándolos. (Ver figura N° 9). El material fundido es suministrado hacia la parte delantera del tornillo, donde se desarrolla una presión contra la boquilla cerrada, obligando al tornillo a retroceder hasta que se acumula el material requerido para la inyección, cabe a destacar que cada inyección tiene un ciclo de 17,50 segundos en esta máquina, el molde cuenta con 72 cavidades, por lo que se traduce 72 piezas cada 17.50 segundos. El material dentro del molde se va enfriando en donde el calor es disipado por agua helada proveniente de los chillers, agua que circula por todas las cavidades del molde (Ver figura N° 10). Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y las piezas son expulsadas.

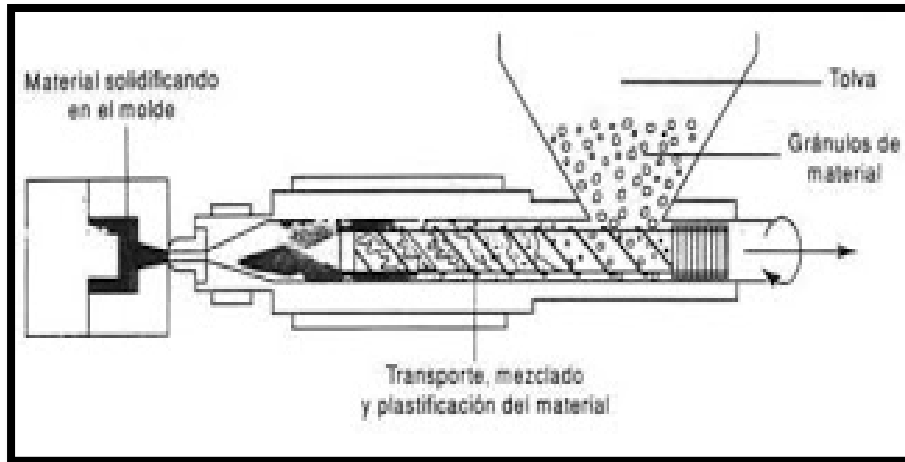


Figura N° 9. Plastificación del material.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

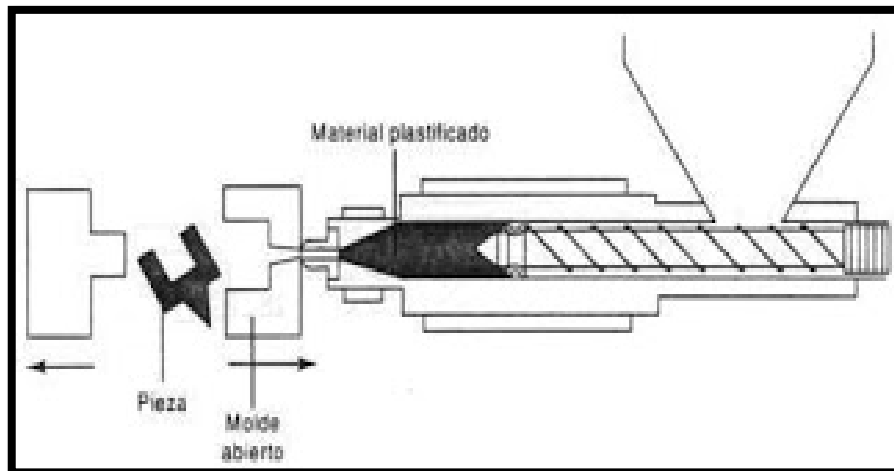


Figura N° 10.Enfriamiento y extracción de las preformas

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

4.1.1.2. Descripción de la preforma.

Una preforma es una pieza de forma tubular cerrada en uno de sus extremos (base). También puede definirse, como el estado en que se encuentra la resina después de pasar por el proceso de inyección, la estructura de la preforma está dada por el molde de inyección. La placa de machos del molde conforma la parte interna

de la preforma y la de cavidades da forma al exterior de la misma, en el caso de estudio es la preforma de 40g. La Preforma es la materia prima para la fabricación de “botellas”, a través del proceso de soplado. Una vez producida la preforma a través del proceso de inyección, esta es transportada a la máquina sopladora donde es transformada en botella, en este caso se transforma en la botella de Pepsi-Cola de 1.5lt.

4.1.1.3. Partes de la preforma 40 g.

Las preformas principalmente se componen en 5 partes (Ver figura N° 11):

- **Cuello:** El cuello de una preforma está conformado por, superficie de sellado, anillo del finish, anillo de bloqueo, anillo de soporte y la rosca. (Ver figura N° 12).
- **Zona de transición:** la zona de transición hace referencia a que cuando la preforma se somete al proceso de soplado, justo en esa parte comienza la transformación a botella o a partir de allí es soplada la misma.
- **Cuerpo:** Es el tronco de la preforma, el cual será el diámetro de la botella.
- **Punto de inyección:** Cuando se está realizando el proceso de inyección y las dos caras de los moldes están cerradas, cuando se inyecta la resina hay un orificio en cada cavidad en donde se hace la inyección, haciendo a su vez un punto de inyectar o de inyección.
- **Tapa:** Es la base de la preforma y a su vez la de la botella cuando es soplada.

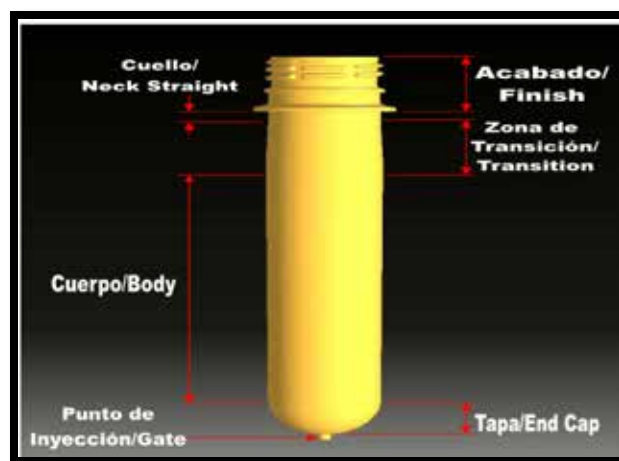


Figura N ° 11. Partes de una preforma.

Fuente: Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

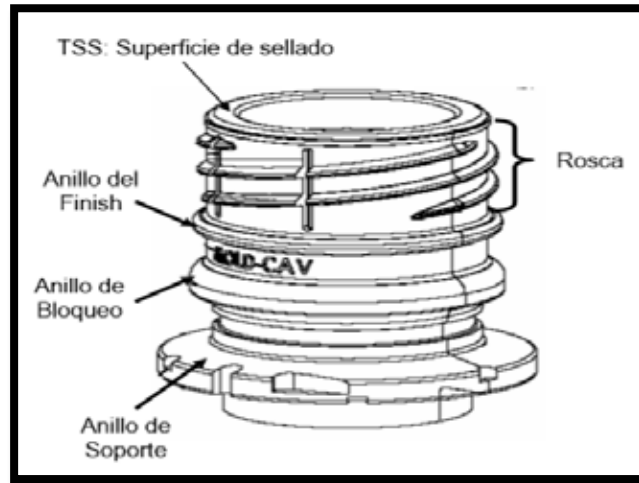


Figura N ° 12. Cuello de la preforma.
Fuente: Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.
Autor: Giraldo, I. (2020)

Las dimensiones de la preforma están relacionadas con las dimensiones finales del envase. A partir de estas es posible calcular las relaciones de estirado, que indican el grado de orientación de envase. El grado de orientación está relacionado directamente con las propiedades mecánicas del envase. El peso de la preforma está directamente relacionado con la capacidad final del envase que se desea producir. (Ver cuadro N° 4).

Cuadro N°4. Dimensiones de preformas.

Preforma (gramaje)	Botella (capacidad)
12 g	355 ML
17 g	50 ML
40 g	1.5 LT

Fuente: Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.
Autor: Giraldo, I. (2020)

El cuadro ejemplifica la relación entre el peso de una preforma y la capacidad final del envase, sin embargo no es una regla general, esta relación varía dependiendo de la aplicación final que se le quiera dar al envase y en el cuadro se señala nuestra presentación de preformas el cual es el objeto de estudio.

- **Controles de Calidad Aplicado para la preformas de 40 g.**

Una vez concluido el proceso de inyección, se realiza la inspección visual, peso y dimensiones del finish de las preformas, a través del cual se determina si las mismas cumplen con los estándares de calidad de la empresa, de ser positivo pasan a la cesta de empaquetamiento e identificación; si no cumplen con la inspección se retiene la cesta completa y pasan a HFI (Hold For Inspection) es decir retención por inspección, tomando en cuenta que el HFI es un gran potencial de Scrap, ya que cuando el producto no viene con las características de calidad especificadas, genera paradas no planificadas. Si la cesta no es retenida por haber pasado la inspección de manera satisfactoria va al almacenamiento temporal en el área de producción, para luego pasar al almacenamiento de producto terminado y ser despachado al cliente.



Sumado a lo anterior, existen otros eventos generadores de desperdicio en el Área de inyección, que fueron observados en la revisión documental, siendo los más resaltantes los siguientes:

- Anillo de humedad,
- Burbujas
- Color fuera de especificación.
- Cristalización.
- Deformación interna del extremo de preforma (End-cap).
- De laminación.
- Doble línea de cierre.
- Espina de pescado.
- Flash en el cuello de la preforma (Finish).
- Fragmentos de resina.
- Inclusiones.
- Inyección corta.

Este tipo de defectos de calidad de las preformas puede ser causado por un deficiente proceso en el secado y en la inyección de la misma. En el siguiente cuadro

se muestra información detallada, en él se podrá evidenciar los defectos de las preformas la cual son determinadas como Scrap.

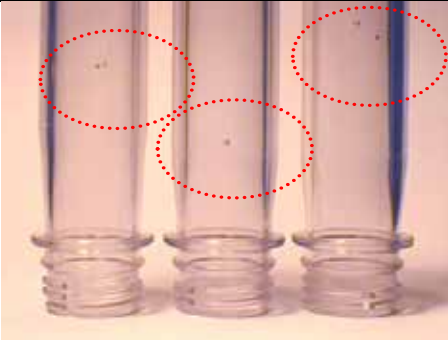


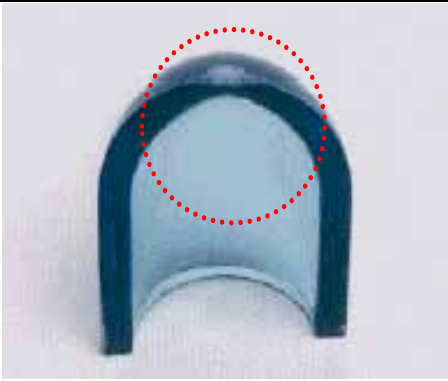
Cuadro N°5. Defectos en la inyección de preformas de 40 gramos generadores de Scrap.

Nombre del Defecto	Detalles	Figura
Anillo de Humedad	Anillo radial alrededor del diámetro de la preforma.	
Anillo de Soporte Incompleto.	Falta de material en el anillo de soporte, deformación del perfil del anillo o pérdida de circularidad	

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)





Cuadro N° 5. (Cont.)

<p>Burbujas.</p>	<p>Aire o gas atrapado en la pared de la preforma.</p>	
<p>Color fuera de las especificaciones.</p>	<p>Variación del color de la preforma respecto de un color patrón.</p>	
<p>Cristalización.</p>	<p>La cristalización (un color blanquecino u opalescente) se presenta alrededor del punto de inyección.</p>	
<p>Deformación interna de la capa del fondo de la preforma (End Cap).</p>	<p>Se trata de una disminución del espesor de la pared en la zona del gate (Fondo) con forma aproximada de “V” invertida.</p>	

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.



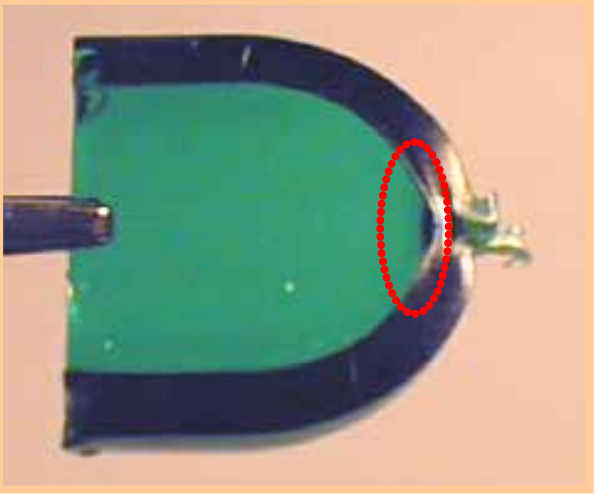
Autor: Giraldo, I. (2020)

Cuadro N° 5. (Cont.)

<p>De laminación.</p>	<p>Defecto causado por la separación de una capa de material en la superficie de la preforma.</p>	
<p>Doble línea de Cierre.</p>	<p>Se presenta como una pequeña marca radial sobre la pared exterior de la preforma en la línea de cierre entre el anillo del cuello y la cavidad del molde.</p>	
<p>Fondo de la preforma(End Cap) Deformado</p>	<p>Este defecto se presenta como una deformación con una textura ondulada al tacto y a la vista que parece “piel de naranja”.</p>	
<p>Espina de Pescado</p>	<p>Marcas longitudinales en el cuerpo de la preforma similar a una espina de pescado.</p>	

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.
Autor: Giraldo, I. (2020)

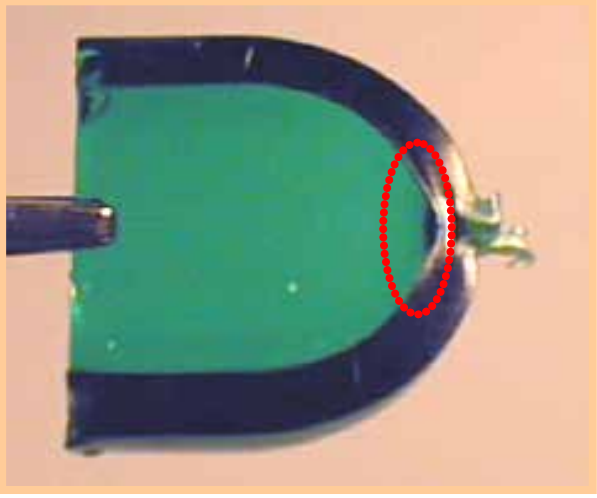

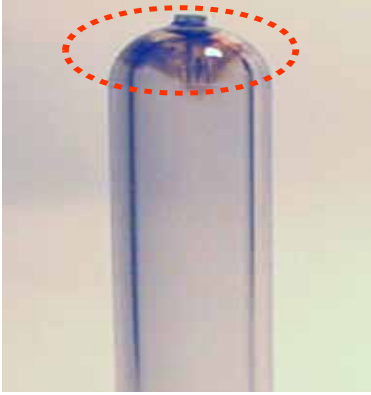
Cuadro N° 5. (Cont.)

<p>Flash en el Finish (final del cuello).</p>	<p>Exceso de material que se presenta en las líneas de cierre de los neck ring y sobre las líneas de cierre entre los neck ring y el cuerpo.</p>	
<p>Fragmentos o residuos del Gate.(Valve Gate o compuerta de Válvula)</p>	<p>Son fragmentos de material que quedan atrapados en la valve gate y queda incrustado en la pared de la preforma.</p>	
<p>Gate hueco o Perforado</p>	<p>Orificio en el punto de inyección. La pared de la preforma no debe tener ninguna perforación que la traspase.</p>	

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)


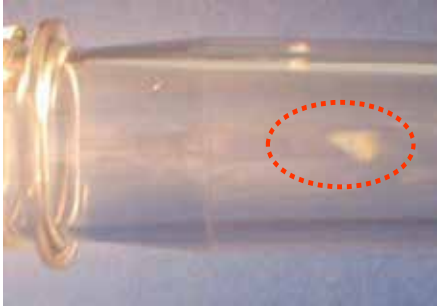

Cuadro N° 5. (Cont.)

<p>Gate hueco o Perforado</p>	<p>Orificio en el punto de inyección. La pared de la preforma no debe tener ninguna perforación que la traspase.</p>	
<p>Gate Largo</p>	<p>Punto de inyección mayor a 3 mm de longitud.</p>	
<p>Material Degradado</p>	<p>Material quemado o degradado que aparece en forma de marcas que comúnmente se extienden desde el gate y a lo largo del cuerpo.</p>	

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)


Cuadro N° 5. (Cont.)

<p>Opalescencia.</p>	<p>Material cristalizado en el cuerpo de la preforma. Esta adopta un color blanquecino de aspecto nublado distribuido a lo largo del cuerpo.</p>	
<p>Pellet sin fundir (bolita)</p>	<p>Son granos de PET parcialmente fundidos o completamente sin fundir, pudiendo aparecer en cualquier parte de la preforma.</p>	
<p>Preformas Pegadas.</p>	<p>Las preformas se pegan en la cinta transportadora luego de ser eyectadas por el robot.</p>	

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Cuadro N° 5. (Cont.)

<p>Perpendicularidad de preformas.</p>	<p>Las preformas no mantienen un eje longitudinal recto. La máxima amplitud aceptada de la desviación del eje longitudinal, 5 mm \pm 1 mm desde la línea de cierre entre la cavidad y el End cap.</p>	
<p>Preformas colapsadas.</p>	<p>Se presenta cuando la preforma se colapsa en el momento de la eyección.</p>	
<p>Rechupes en la preforma.</p>	<p>Los rechupes son depresiones en el material presentes en la superficie interna o externa de la preforma</p>	
<p>Weld Lines (Líneas de Soldadura de la preforma)</p>	<p>Línea que se forma al encontrarse dos frentes de avance del material a baja temperatura y no pueden soldarse.</p>	

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A. .

Autor: Giraldo, I. (2020)

Mediante la revisión documental se pudo constatar las características críticas que son un potencial de Scrap, ya que no cumplen con los estándares de calidad que la empresa ofrece a sus clientes, es importante mencionar que estas características de gravedad son algunas de las consecuencias que lo genera un deficiente proceso. Cada uno de los procesos que se lleva a cabo para transformación del PET es importante para que el producto no salga con defectos visuales o mecánicos, que repercuten en el desempeño de la futura botella. En la figura N° 13 se puede ver de manera detallada cuales son las características de una preforma ideal.



Figura N ° 13. Preforma Ideal

Autor: Giraldo, I. (2020)

Fuente: Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A

4.1.2 Observación directa en el área de inyección de la línea IN08.

En esta etapa se observó todo el proceso de inicio de producción, desde la instalación del molde, hasta la puesta en marcha de la máquina. Al detallar y entender el proceso mediante la observación directa, se encontraron debilidades en el proceso productivo que podrían ser causas potenciales generadoras de Scrap.

Arranque de máquina:

- No hay un control de puesta punto en el arranque de la máquina.
- Arranques adicionales, consecuencias de paradas no planificadas.
- El proceso de moldeo por inyección tiene una merma fija al iniciar el proceso llamada purga, esta misma no tiene un criterio definido.
- Exceso de tiempo en la puesta punto de la máquina.
- Caídas de tensión, la empresa no usa la planta generadora por los altos costos que esta demanda.
- Bloqueo de cavidades del molde de inyección.
- Se purga con resina virgen (Ver figura N° 14)
- Genera paradas no planificadas.
- Arranques secundarios que requieren de purgas adicionales.
- Pérdida de tiempo productivo.



Figura N° 14.Purga de plástico IN08.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Herramientales:

Se pudo observar deficiencia en las reparaciones del molde de dicha presentación (Preforma de 40 g) en la línea IN08, lo que hace engorroso el inicio productivo, como consecuencia se tienen que bloquear cavidades del molde por defectos en las mismas. Es de notar el mal estado de algunos equipos que conforman la máquina como es el caso del conveyor o banda transportador de preformas (Ver figura N° 15), el cual la banda de aproximadamente 2 metros de largo solo tiene 4 cangilones o pestañas en toda la cinta transportadora, en el cual debería tener cangilones cada 50 cm, esto trae como consecuencia que las preformas deslicen a los largo de la banda y de esta manera terminan cayendo debajo de la máquina pasando automáticamente a scrap, ya que las preformas que deben ser desechadas por tener contacto con el piso, al ser una empresa de ramo alimenticio sus estándares de inocuidad son bastantes altos. (Ver figura N°16).



Figura 15.Scrap por falla de conveyor.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)



Figura 16.Preformas en el suelo por falla de conveyor.

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020).

Procesos:

En la visita a la planta se realizó un recorrido por los almacenes que conforman el área, donde se pudo visualizar en el almacén de Scrap el cual contiene alrededor de 24 cestas de producto no conforme, generado por la característica de bajo IV. Por consiguiente, se procedió a una revisión documental para buscar información detallada sobre este suceso, se pudo constatar que durante la producción de preformas de 40g en la línea IN08 en el último mes de estudio tuvo una alza de scrap, el cual proviene de una alerta por parte del cliente Pepsi-Cola de Venezuela, por preformas con peso por debajo de los requerimientos de calidad. Adicionalmente al tratar de hacer ajuste de proceso los envases fallan en la prueba de % Expansión Burt Test. Donde el envase debe ser capaz de resistir una presión inicial de 135 Psi durante 15 segundos. Y el mismo está presentando fallas a los 110 Psi en menos de 10 segundos de manera aleatoria. Lo que genera preformas no conformes con tendencia hacia scrap. (Ver figura N° 17)

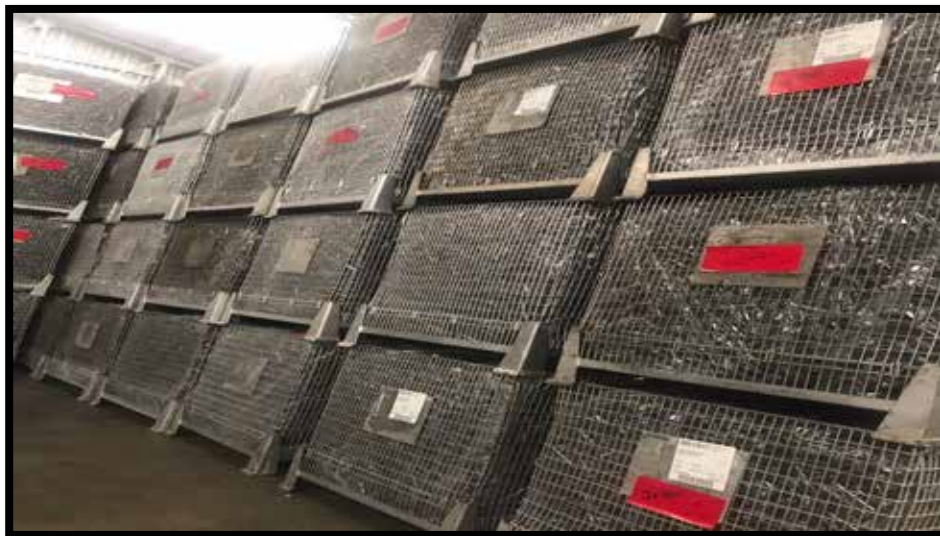


Figura N° 17.Alto Scrap por IV

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Debido al incumplimiento de la exigencia de los ensayos funcionales se rechaza la corrida de producción de un día (1) por fallas en la resistencia del material, se presume degradación del PET (Ver figura N° 18). IV reducido también resulta de tiempos de residencia prolongados a temperaturas altas en el barril de plastificación, se presume que dicha anomalía sucedió por falta de chequeo de los parámetros del secador y mantenimiento, generando una scrap bastante elevado.



Figura N° 18.Alto Scrap por IV

Fuente: Departamento de Operaciones de Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

4.1.3. Instrumento de recolección de datos y análisis.

Por razón de la investigación surge la necesidad de tener información detallada del incremento del Scrap en el proceso productivo, para ello, se implementó una herramienta de recolección de información, formato de fácil uso que simplifique el registro y los detalles de consulta cuando se necesiten aportando validez, objetividad y resultados del proceso. Es de mencionar que la empresa cuenta con un sistema de gestión llamado SAP MII en el cual se reporta los lotes de scrap y las causas del mismo, pero dicho sistema no cuenta con la facilidad de hacer análisis estadísticos, tampoco permite analizar las incidencias de los motivos que lo generan, por esta razón se propone diseñar la herramienta de gestión de scrap, para vincular la información que brinda el sistema y con la herramienta de recolección de datos diseñada, de esta manera analizar e indagar objetivamente sobre las posibles causas generadoras de scrap. Con este tipo de análisis se pretende establecer las diferencias y similitudes de acuerdo con los criterios que surgen de la aplicación de los tipos de análisis anteriores como la observación directa.

· Descripción de la herramienta de recolección de datos

Para el diseño del instrumento de recolección de datos se utilizó el software “Microsoft Excel” como primer aliado, por ser de fácil manejo y hacer análisis estadísticos el cual es uno de los valores agregados de la herramienta, por esta razón para ejecutar dicha herramienta no es necesaria una inducción de tiempo prolongado. (Ver Figura N° 19). El formato cuenta con varias columnas de tal forma que, se muestran a continuación:

- Fecha, en la cual se generó el scrap.
- Número de lote del Scrap, que se lo asigna el sistema SAP MII.
- Máquina de la cual fue el reporte de scrap; en el caso de estudio se utilizó la línea de producción IN08.
- Turnos, la cual están comprendidos; el de la mañana de 7 am a las 7pm y el de la noche que es de 7 pm a 7 am.
- Grupo de trabajo; con el fin de saber qué grupo estaba generando más scrap.

De esta manera una vez aplicada la herramienta, se colectó la data de 3 meses, el cual arrojo posibles causas generadoras de Scrap, las cuales se analizaran en la fase II de la presente investigación.

4.1.4. Aplicación de la entrevista no estructurada

Para complementar el diagnóstico de la situación actual durante el desarrollo de este trabajo de investigación se procedió a realizar entrevistas no estructuradas a los involucrados en el proceso como objeto de estudio, con la finalidad de buscar más información concerniente a la problemática y al mismo tiempo conocer la óptica del personal que labora en el área de inyección de la línea IN08. También se pudo evidenciar las diferentes fallas que se presentan en el área, el personal del primer turno que participó en dicha entrevista fueron los siguientes; el supervisor del área, ingeniero de procesos y ayudante de línea, en la cual expresaron su opinión referente al aumento de scrap. Los resultados de dicha entrevista se presentan a continuación:

- El arranque de las máquinas sin seguir los procesos.
- Coincidieron que no se le hace un constante seguimiento a los parámetros del secador de resina y a su vez falta de mantenimiento.
- Los entrevistados señalaron que no existe un criterio de purga en cada arranque de máquina.
- Señalaron que el conveyor no está en buen estado, caen constantemente preformas al suelo, teniendo que considerar una parada en el turno para limpiar el cumulo de scrap de preformas que este mismo genera.
- Desinformación del personal, ya que no trabajan de manera uniforme.
- Así mismo señalaron que las paradas no programadas de la línea contribuyen con el aumento de scrap, pues cuando hay una parada no programada en ella, se debe parar la misma generando una pérdida en la producción.

Luego de realizar el análisis de la entrevista aplicada al personal del área de inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A sobre la situación actual, se puede resaltar que los puntos clave encontrados en su mayoría son causados, por la evidente falta de información sobre procesos, así como también se destacó la falta de

seguimiento y mantenimiento al secador, es de notar que se notó que los operarios señalaban de manera reiterada el estado que tenía el conveyor

4.1.4.1 Resumen de las debilidades obtenidas en el diagnóstico.

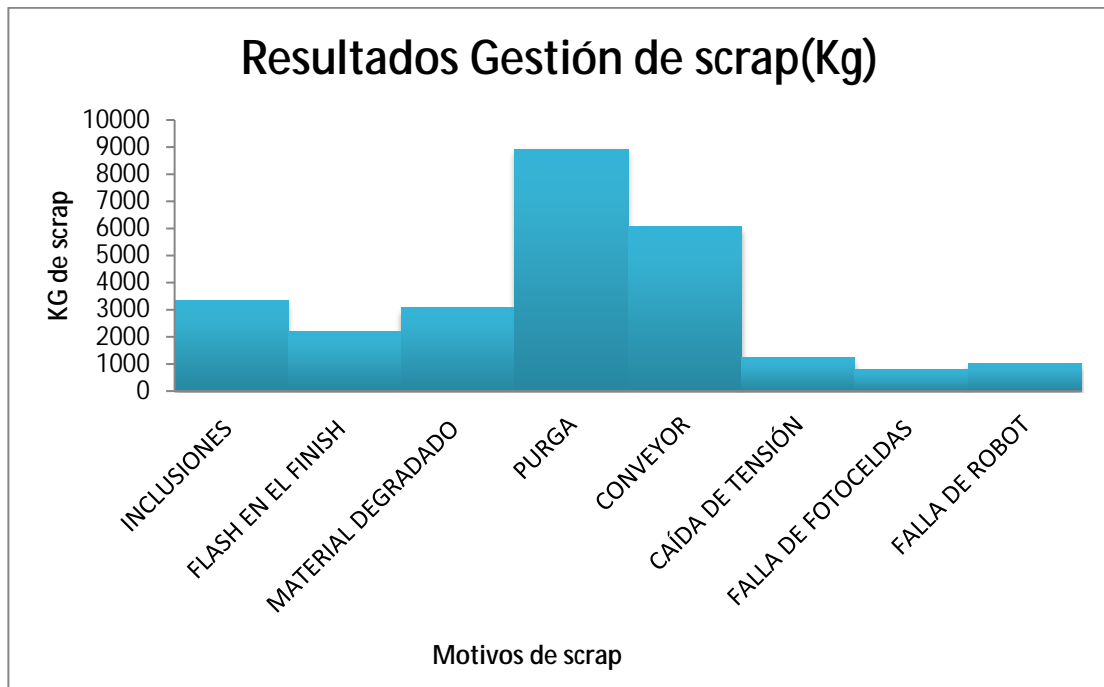
En resumen de la fase I de diagnóstico se pudo obtener una serie de variables que están afectando el proceso en el aumento de scrap, causas que fueron recolectadas por diferentes fuentes con el fin de recabar toda la información concerniente a la problemática; se realizó una revisión documental, observación directa, entrevistas no estructuradas a los operarios que están directamente en el proceso de inyección en la línea IN08 y por último la aplicación de la herramienta de recolección de datos gestión de scrap, con el fin de hacer un análisis de sucesos sobre las causas arrojadas, el análisis de las mismas se efectuaran en la fase siguiente.

4.2. Fase II. Análisis de las debilidades encontradas en el proceso que genera Scrap.

En esta fase se aplican herramientas de la ingeniería industrial y se analizará la data colectada de la herramienta de gestión de scrap durante 3 meses, que permiten analizar todos los desperdicios que están presentes en el proceso de inyección, también se hizo una revisión documental y una observación directa ya teniendo en cuenta que son herramientas para diagnosticar para que así poder cuantificar las pérdidas generadas en dicho proceso de una manera más precisa. La finalidad de esto es ser redundante y encontrar las causas con más incidencia en cada herramienta utilizada, para así encontrar estrategias que disminuyan el scrap, además, se aplicaron técnicas para priorizar y analizar estas causas.

4.2.1. Resultados de la herramienta Gestión de Scrap.

Mediante la implementación de la herramienta de Gestión de Scrap en los 3 meses de estudio, en el programa “Microsoft Excel” se pudo recopilar información sobre el incremento del Scrap en el periodo de la investigación, por dicho instrumento se pudo detectar cuales son algunos los motivos generadores de Scrap, sin un orden específico. (Ver grafica N° 2).



Grafica N ° 2. Resultados formato Gestión de Scrap.

Fuente: Amcor Rigid Plastics S.A

Autor: Giraldo, I (2020)

Análisis del Gráfico

Como se puede evidenciar mediante el grafico 2, la mayor generación de Scrap se debe al proceso de purga, ya que los trabajadores emplean exceso de materia prima para tal actividad, otra de las causas más evidentes y que contribuyen con el aumento de desperdicios tiene que ver con el conveyor, dicho equipo presenta defectos en su estructura generando que las preformas caigan al suelo y por ende se contaminen siendo desechadas para su uso, por otra parte, para profundizar en la interpretación de los resultados obtenidos en la gráfica, se realizó una evaluación a la información extraída de la herramienta de recolección de datos, con la finalidad de dar a conocer los motivos que genera scrap. En este caso, gráficamente se evidencia que las causas con mayores desperdicios en el proceso son:

- Defectos en las preformas; como lo son las inclusiones, pellets sin fundir y material degradado, por lo que se traduce a scrap, ya que como se mencionó en la revisión documental, son defectos críticos.
- Proceso de Purga.

- Falla del conveyor.

4.2.1.1. Identificación y evaluación de los desperdicios por defectos críticos recolectados en la herramienta de gestión de scrap.

Para analizar lo antes descrito, se procede a identificar el origen que causa los defectos en las preformas como se muestra la gráfica anterior. De esta manera determinar cuál es la raíz y por consiguiente genera este defecto de calidad crítico, (ver Cuadro N° 6).

Cuadro N°6. Identificación de scrap por defectos críticos en las preformas de 40 gramos.

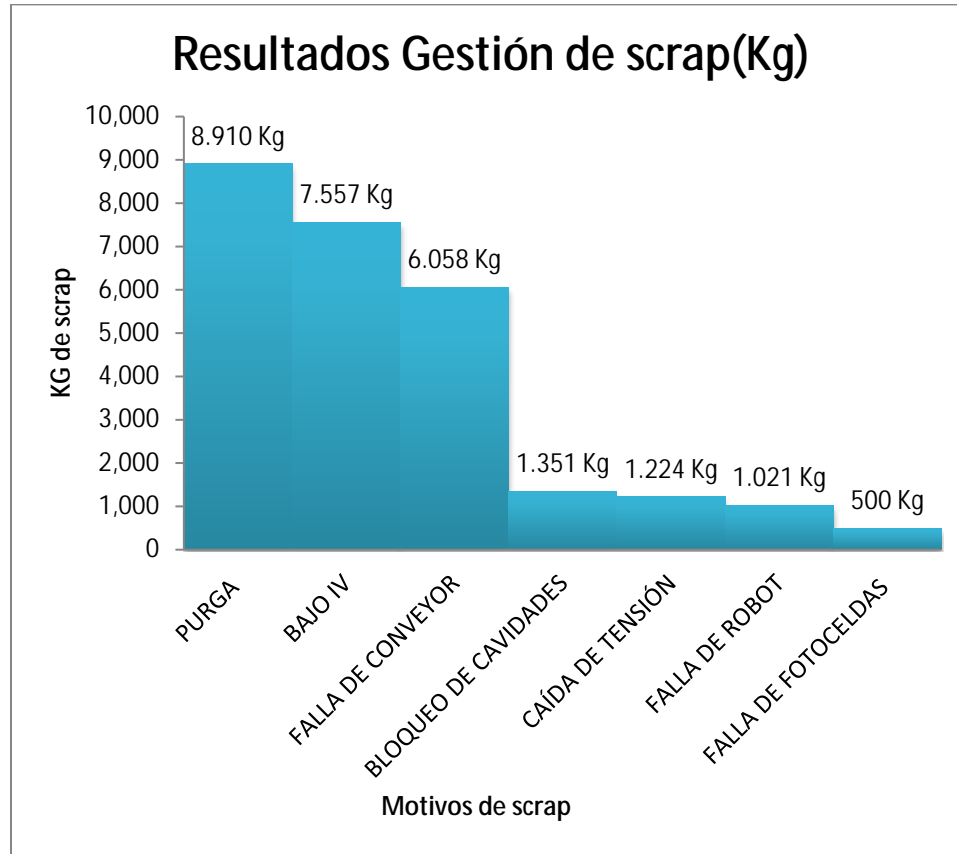
Defecto	Causa	Consecuencia
-Inclusiones	-Resina degrada por humedad.	-Bajo IV
-Flash en el finish	– Viscosidad de material plastificado baja.	-Bajo IV
-Material degradado	– Resina degradada por exceso de humedad.	-Bajo IV

Fuente: Amcor Rigid Plastics S.A.

Autor: Giraldo, I (2020)

Según lo observado en el cuadro anterior que fue resultado del análisis de la información recaudada del formato implementado, gestión de scrap, durante el proceso de inyección, existen 3 eventos que generan desperdicios de preformas de 40 gramos. Adicionalmente, se pudo verificar que de dichos defectos existe un total de 7.557 kg que representa a 188.925 piezas de preformas, lo que equivale a 24 cestas de 7.776 unidades de preformas de desperdicios en el almacén de scrap, es de mencionar que esta serie de defectos en las preformas su característica crítica es el bajo IV la consecuencia de estos defectos críticos, afectando el desempeño de la futura botella. Se pudo concluir que estos defectos tienen como consecuencia deficiente Viscosidad Intrínseca (Bajo IV), por lo que se procedió a reorganizar la

gráfica mostrada anteriormente, con el fin de clasificar los motivos que genera scrap.
(Ver gráfica N°3)



Gráfica N ° 3. Resultados Gestión de Scrap.
Fuente: Amcor Rigid Plastics S.A
Autor: Giraldo, I (2020)

4.2.1.2. Aplicación de la herramienta A3 Report para la causa de Bajo IV.

A través del análisis de los resultados arrojado en la herramienta Gestión de Scrap, se pudo definir que Bajo IV es una causa potencial de scrap, ya que representa a preformas con defectos de calidad críticos, en aras de conocer que es lo que causa estas anomalías en las preformas, se procede a aplicar la herramienta de 5 ¿Por qué? (Ver figura 20) en conjunto con la herramienta de análisis A3 Report de esta manera conocer la causa raíz. (Ver figura 21).

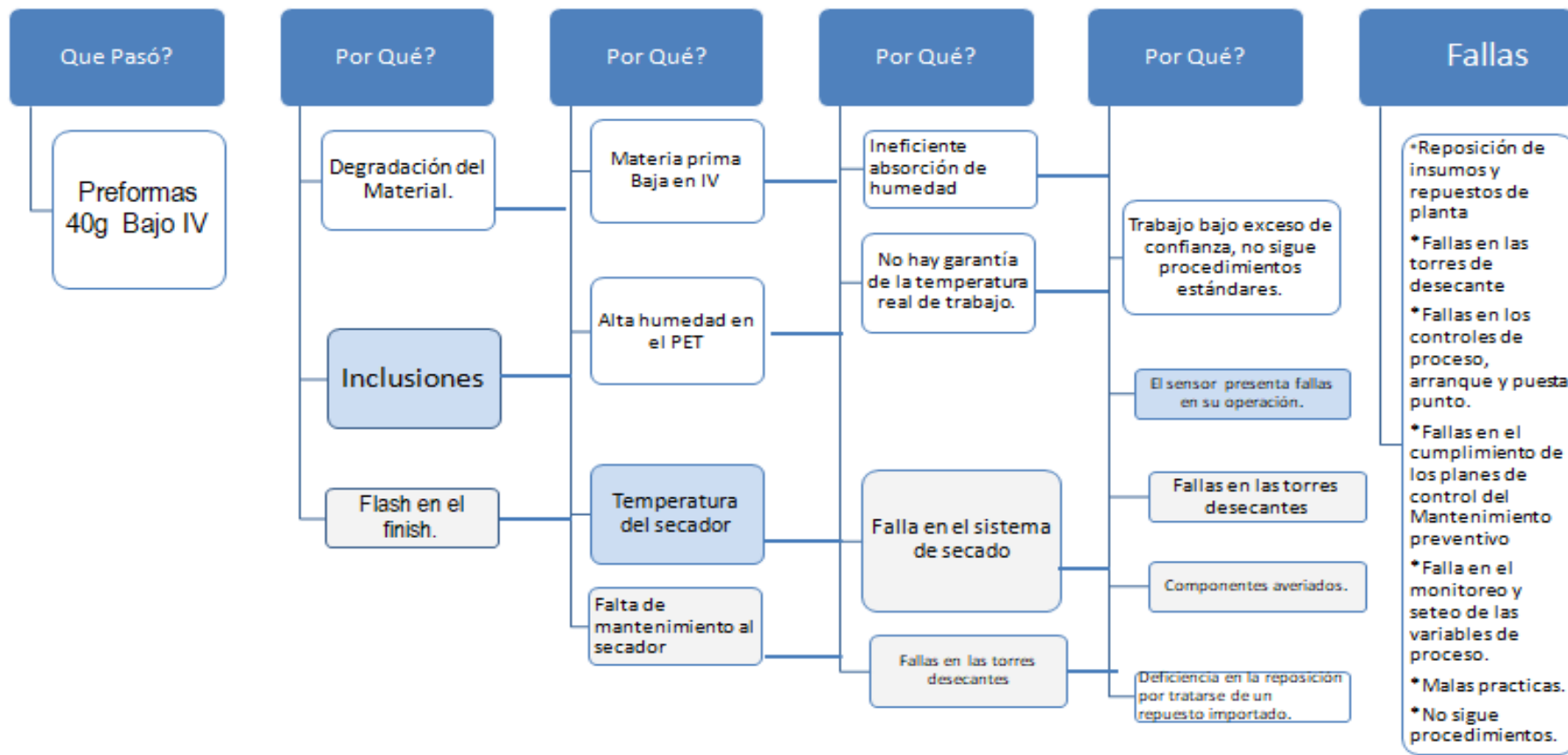
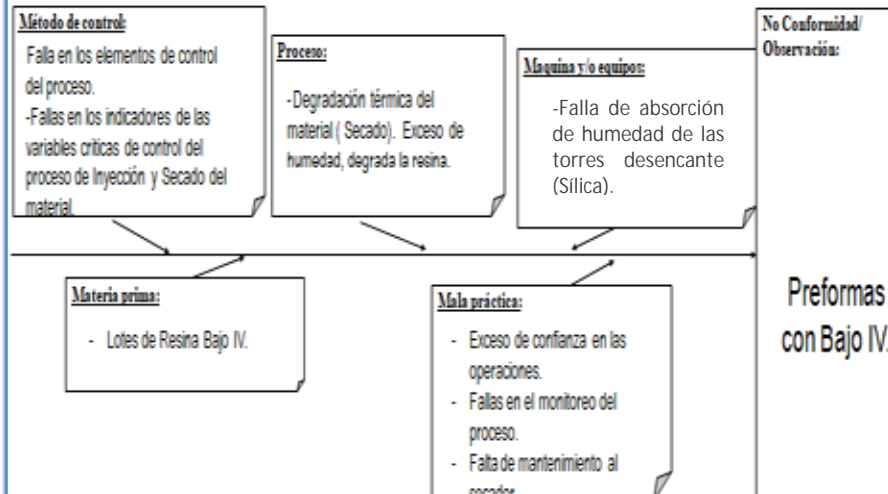


Figura N° 20. A3 Problem Solving Tool.
Fuente. Amcor Rigid Plastics S.A
Autor: Giraldo I. (2020)

A3 PROBLEM SOLVING TOOL: Prefomas 40g Bajo IV

Reporte del Problema: Fallas en Prefomas 40g.

Situación Actual: Mediante la aplicación de la herramienta de recolección de datos Gestión de Scrap, se pudo notar que una de las causas potenciales es el Bajo IV en las preformas, por lo que surge la necesidad de recabar que es lo que originó tal suceso.



ANALYSIS/ROOT CAUSES (POTENTIAL)

- 1.Reposición de insumos y repuestos de planta
- 2.Fallas en las torres de desecante
- 3.Fallas en los controles de proceso, arranque y puesta punto.
- 4.Fallas en el cumplimiento de los planes de control del Mantenimiento preventivo
- 5.Falla en el monitoreo y seteo de las variables de proceso.
- 6.Malas practicas.
- 7.No sigue procedimientos.
8. Alta humedad

ACCIONES INMEDIATAS:

Mantenimiento: Revisión de Secador IN08.

Gerencia Operaciones: Secador.

Incremento en la revisión y monitoreo de los parámetros de proceso.

80% Root Cause Contributor

- 1.Falla en las torres de desecante
- 2.Alta humedad
- 3.Fallas en el cumplimiento de los planes de control del Mantenimiento preventivo.
5. Falla en el monitoreo y seteo de las variables de proceso.

20% Root Cause Contributor

- 1.Reposición de insumos y repuestos de planta
- 3.Fallas en los controles de proceso, arranque y puesta punto.
- 6.Malas practicas.
- 7.No sigue procedimientos.
8. Alta humedad

Figura N° 21. A3 Report Solving Tool

Fuente. Amcor Rigid Plastics S.A

Autor: Giraldo I. (2020)

Mediante el análisis realizado se pudo indagar mediante la herramienta de análisis A3 Report, se pudo conocer que el bajo IV de las preformas se debe a la falla de las torres de desecantes, alta humedad, falla del cumplimiento del mantenimiento preventivo al secador y Falla en el monitoreo de variables del secador. Tomando esta serie de causas como una totalidad generadora del bajo IV de las preformas, se puede concluir que el problema principal es la falla del sistema de secado ya que para un eficiente secado se necesitan que todas esas variables estén perfectamente alineadas.

4.2.2. Análisis del compendio de causas, basado en el diagrama causa-efecto (Ishikawa).

Se procedió a la elaboración de un diagrama de causa y efecto, con el fin de organizar, así como clasificar por área los problemas principales y sus causas directas. En esta parte del análisis es donde converge la observación directa realizada, la aplicación del formato gestión de scrap y el testimonio del personal involucrado en el proceso por medio de las entrevistas no estructuradas, se realizó una jerarquización de las mismas aplicando la técnica del grupo nominal, posteriormente un análisis de Pareto, 5 ¿Por qué? y por último un A3 Report. Aplicando estas herramientas como técnicas de redundancia para corroborar los resultados de las causas potenciales que contribuyen al scrap. Para finalmente realizar una lista de las oportunidades de mejoras, las cuales permitieron proseguir a la fase III de esta investigación. Las causas de la problemática que se presentaron en la observación directa en la línea IN08 del departamento de inyección, son las siguientes:

- Genera Scrap en la puesta punto de las máquinas.
- No existe un criterio de purga.
- Paradas no planificadas, existe una generación de Scrap.
- Falla del sistema de secado, defectos de calidad inclusiones, pellets sin fundir, material degradado, la resina pierde sus propiedades, como consecuencia Bajo IV.
- Conveyor (Bandas transportadoras) dañadas, que permiten que se salgan las preformas y caigan directamente al suelo.
- No se controlan los diferentes parámetros de producción.

- Moldes reparados con fallas persistentes.
- Bloqueo de cavidades.
- Los trabajadores de la línea no siguen los estándares de trabajo para el proceso.
- Exceso de confianza de los trabajadores en los procesos.

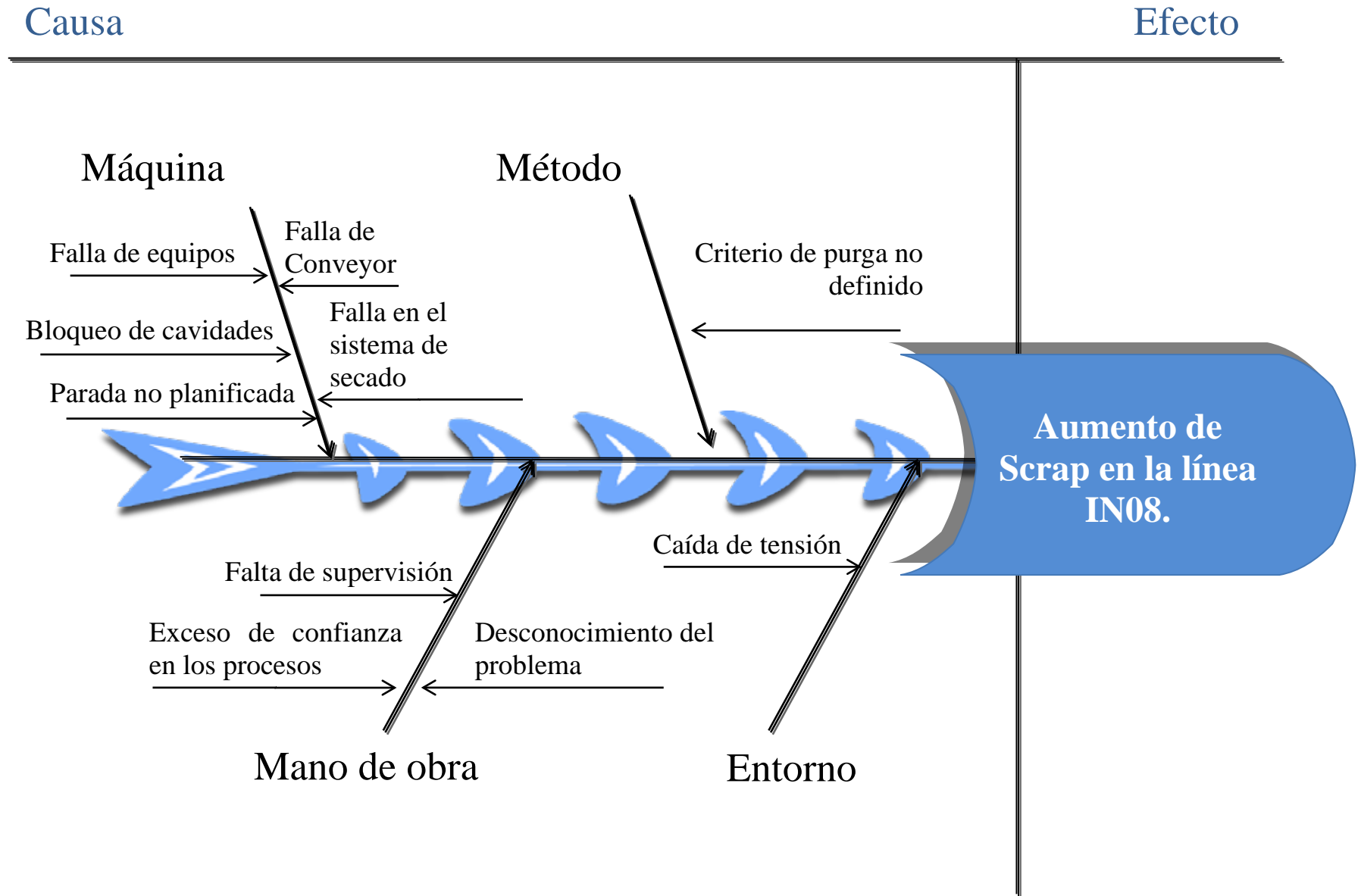


Figura N° 22. Diagrama causa – efecto

Autor: Giraldo I. (2020)

4.2.3. Estudio del Diagrama Causa – Efecto realizado en la línea IN08 del área Inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A.

Anteriormente se pudo apreciar la distribución que se le dio a las causas plasmada en el diagrama Causa – Efecto según el criterio al cual correspondiera, ahora se explica por medio de un análisis más detallado dichas debilidades que fueron encontradas en el proceso de inyección de las preformas de 40 g de la línea IN08, con ello se evidencia el desperdicio que es tangible tanto como el intangible que va asociada a cada una de los mismos. (Ver Cuadro N° 7).

Cuadro N° 7. Resumen de tallado de las causas registradas del proceso.

RAMA	CAUSA	EFECTO	DESCRIPCIÓN	DESPERDICIO
MÁQUINA	-Falla de equipos.	Aumento de Scrap.	Al fallar los equipos va a generar Break Down en la máquina de esta manera agregar arranques adicionales que generan scrap.	-Scrap.
	Conveyor	Preformas debajo de las máquinas.	Por el mal estado del conveyor tiene como efecto la caída de la preformas buenas al piso, generando un desperdicio.	-Scrap.
	Falla del sistema de secados	Defectos críticos en las preformas.	Deficiencia de Viscosidad Intrínseca en las preformas. Falta del chequeo de las variables del secado.	-Scrap. -Pérdidas de materia prima.
MÁQUINA	Bloqueo de cavidades	Preformas defectuosas.	Falta de mantenimientos preventivos.	-Scrap durante el proceso.
	Parada no planificadas	Resina se solidifica en el tornillo	Por falta de un checklist de puesta punto, se para las	-Tiempo. -Materia prima.

			máquinas por fugas, averías.	-Scrap.
MÉTODO	Criterio de purga no de definido	Falta de un dispositivo a prueba de errores, que estandarice el proceso.	El proceso de purga se hace con resina virgen, sino está estandarizado el proceso, no hay un límite de kilogramos a emplear en dichas purgas, dejando de usar esa materia prima para piezas buenas que si agreguen valor.	-Scrap. -Proceso sin añadir valor.
MANO DE OBRA	Exceso de confianza en los procesos.	Falta de talleres, para actualizar y renovar conocimientos	Desinterés en el área, al inicio de producción se evidencio que lo hacen sin las herramientas pertinentes para el proceso, a su vez se para la máquina para buscar las herramientas.	-Scrap -Exceso de tiempo en la puesta puntos
ENTORNO	Caída de tensión	Falta del uso de la planta generadora.	Al faltar el servicio eléctrico se solidifica toda la resina que está dentro de la unidad de inyección. No se recupera esa materia prima	-Scrap.

Fuente: Amcor Rigid Plastics S.A.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Como se puede observar el diagrama causa efecto, se divide en dos partes las causas que generan la problemática y el efecto que surge, en tal sentido es importante resaltar que la problemática existente en la línea IN08 es el aumento de Scrap. En relación a lo descrito en el aparte anterior, y de acuerdo a los diferentes factores que ocasionan la problemática se detallan una serie de fallas que sin orden específico que

afectan el proceso productivo generando un aumento de Scrap en el área de inyección en la línea IN08, tomando en cuenta la identificación de las mismas durante el diagnóstico, las cuales se muestran a continuación para la realización del análisis de la problemática mediante un diagrama de Pareto:

1. Falla en sistema del secado
2. Criterio de purga no definido
3. Falla del Conveyor
4. Falta de supervisión
5. Bloqueo de cavidades
6. Caída de tensión
7. Falla de equipos
8. Procesos sin parámetros
9. Secuencias erróneas
10. Paradas no planificadas.

4.2.4. Jerarquización de las causas principales por medio de diagrama de Pareto.

Una vez determinadas las causas que generan la problemática detectada en la línea IN08, , Se procede a priorizar las causas que generan desperdicios anteriormente mencionado, para esto se utilizara el Diagrama de Pareto, todos los datos obtenidos fue gracias al estudio que se hizo en los (3) meses de Agosto, Septiembre y Octubre, también por información suministrada por la empresa Amcor Rigid Plastics S.A, se realizaron varias observaciones para poder registrar las causas que están generando todos los desperdicios en el proceso de fabricación de preformas, en la Cuadro 8se puede apreciar la repetividad de las causas.

Cuadro N° 8.Resultados del diagrama Causa-Efecto.

Criterio de purga no definido	60	25,75%	60	25,8%
Sistema de secado	58	24,89%	118	50,6%
Falla de Conveyor	50	21,46%	168	72,1%
Paradas no planificadas	25	10,73%	193	82,8%
Desconocimiento del proceso	9	3,86%	202	86,7%
Procesos sin parámetros	9	3,86%	211	90,6%
Falta de supervisión	8	3,43%	219	94%
Secuencias erróneas	6	2,58%	225	96,6%
Falla de equipos	4	1,72%	229	98,3%
Caída de tensión	3	1,29%	232	99,6%
Bloqueo de cavidades	1	0,43%	233	100,00%
Total	233	100%		

Autor: Giraldo, I. (2020)

Tabla N° 9.Tabla Causa-Efecto.

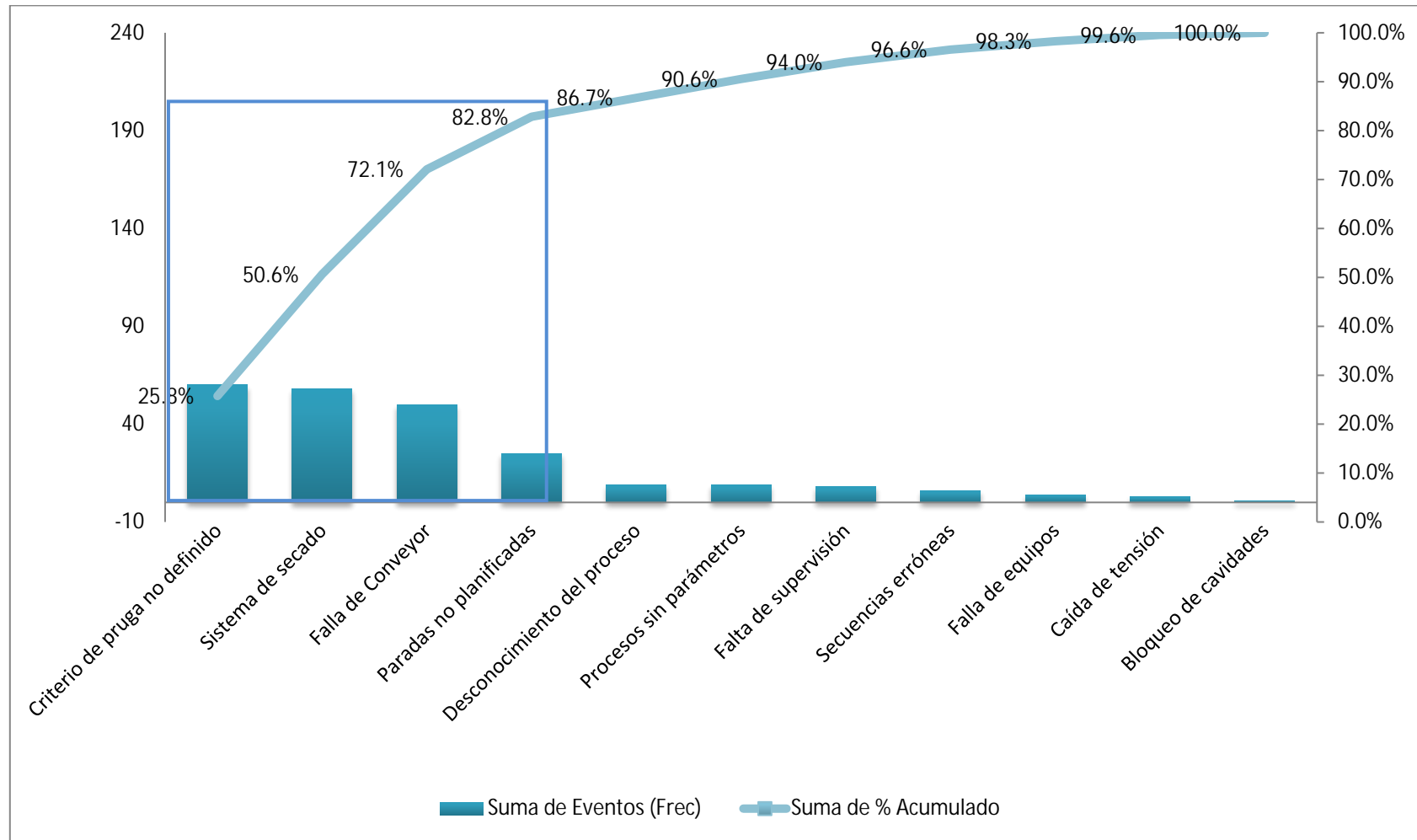


Gráfico N° 4. Diagrama de Pareto, en función a las causas encontradas en el proceso de inyección de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A.
Autor: Giraldo, I. (2020)

Como se puede evidenciar en el gráfico 1, se presentan las causas que generan el aumento de Scrap en la Línea IN08, el cual el 82.8 % que representa al aumento de Scrap son, Criterios de purgas no definidos, Torre desecante, Falla de conveyor y Paradas no planificados. Siguiendo con el análisis de las causas se presenta una tercera herramienta para conocer con mayor relevancia porque se generan las causas que ocasionan el aumento de Scrap en la línea y de esta manera tener un indicio de las posibles propuestas, para ello se plantea el cinco (5) ¿Por qué?.

4.2.5. Herramienta de análisis de cinco (5) ¿Por qué?

La herramienta de cinco (5) porque se emplea con la finalidad de tener un conocimientos más amplio a cerca de las diferentes causas que generan la problemática existente en la línea IN08 en cuanto al aumento de Scrap, por lo que se puede señalar que es una metodología que le presenta al investigador la oportunidad de ver más allá de una simple causa, con la cual se pueden plantear soluciones mientras se genera la investigación, ya que el objetivo de esta es encontrar la causa raíz del problema para atacarlo y alcanzar el cero defecto y encontrar respuesta a los problemas usando un enfoque estructural. Teniendo en cuenta los resultados arrojados del diagrama de Pareto se procedió a aplicar dicha herramienta a las cuatro causas que generan el problema, para ello se presenta la cuadro 9, con la primera causa seleccionada en el Pareto.

Cuadro N° 9. Técnica de los 5 ¿Por qué?, Causa Criterio de purga no definido.

Causa: Criterio de purga no definido				
Primer ¿Por qué?	Segundo ¿Por qué?	Tercer ¿Por qué?	Cuarto ¿Por qué?	Quinto ¿Por qué?
Los operadores no conocen como determinar dosis necesaria de purga	Por falta de conocimiento del proceso	Por falta de capacitación	La empresa no cuenta con parámetros estrictos y reglamentados para la purga de los equipos	No hay una estandarización del proceso de purga

Autor: Giraldo, I. (2020)

Cuadro N°10. Técnica de los 5 ¿Por qué?, de la causa, Sistema de secado

Causa: Sistema de secado.				
Primer ¿Por qué?	Segundo ¿Por qué?	Tercer ¿Por qué?	Cuarto ¿Por qué?	Quinto ¿Por qué?
Ineficiente secado en el proceso.	No hay un seguimiento en las variables del secador.	El material desecante está saturado de humedad.	Excede el tiempo de vida útil.	Incumplimiento del plan de mantenimiento preventivo y correctivo. No se siguen los parámetros de proceso.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Cuadro N° 11. Técnica de los 5 ¿Por qué?, de la causa Fallas del conveyor

Causa: Fallas del conveyor				
Primer ¿Por qué?	Segundo ¿Por qué?	Tercer ¿Por qué?	Cuarto ¿Por qué?	Quinto ¿Por qué?
Conveyor defectuoso	Canjilones despegados o faltantes	Vida útil completada y fallas en la reparación	No se cumplen con los planes correctivos en el tiempo.	No existencia de repuestos en almacén.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Cuadro N° 12.Técnica de los 5 ¿Por qué? Paradas no planificados.

Causa: Paradas no planificados.				
Primer ¿Por qué?	Segundo ¿Por qué?	Tercer ¿Por qué?	Cuarto ¿Por qué?	Quinto ¿Por qué?
Averías durante el arranque, tales como fugas y fallas en los equipos.	Falta de chequeo previo al arranque de la máquina.	No se siguen los procesos.	Inexistencia de un Check list para el proceso de puesta punto	No se realizan adiestramientos sobre la puesta puntos de las máquinas.

Autor: Giraldo, I. (2020)

Cuadro N° 13. Resumen de las causas potenciales generadoras de Scrap y las oportunidades encontradas.

CAUSAS	ANÁLISIS	PROPUESTAS
Criterio de purga no definido.	-Se pudo constatar a lo largo de la fase 2, que el proceso de purga no está estandarizado.	-Proponer un sistema de purga automatizado.
Falla del sistema de secado.	-Mediante el análisis del 5 ¿Por qué? Se pudo concluir que el plan de mantenimiento no era completo. No hay seguimientos en las variaciones del secador.	-Anexarla al plan de mantenimiento preventivo. -Hacer una capacitación sobre el mantenimiento de la misma, al departamento de mantenimiento y de operaciones.
-Falla del conveyor.	-No se hacen mantenimientos correctivos al mismo.	-Corrección de falla del conveyor.
Parada no planificada.	-Se verifico que no se le hace un chequeo previo al arranque de la máquina.	-Check list de puesta punto.

Autor: Giraldo, I. (2020)

4.2.6. Proceso de purga

Para profundizar en la interpretación de los resultados obtenidos con las herramientas de análisis sobre todo en los picos alcanzados en el criterio de purga no definido, se procedió a una evaluación para estandarizar el proceso de purga, el cual este puede ser calculado según el volumen de resina que se contiene en la unidad de inyección. (Ver figura N° 23). De esta manera se procedió a calcular la masa total que dosifica la máquina para cada purga, eso corresponde a la capacidad máxima que la inyectora puede repartir resina cada tiro. Para este cálculo necesitamos conocer los siguientes datos:

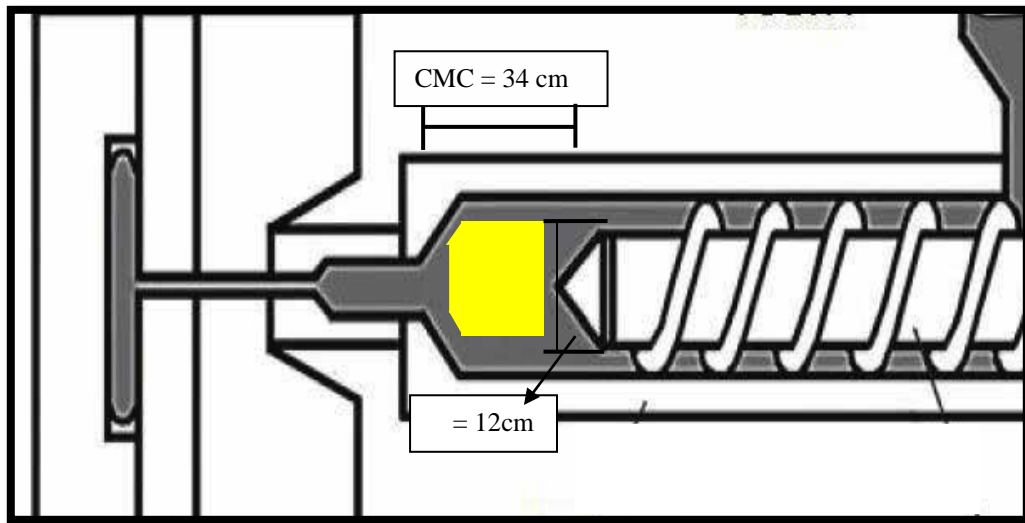


Figura N ° 23. Calculo de la dosis de inyección.

Autor: Giraldo, I (2020)

= Diámetro del husillo

CMC = Carrera máxima de carga de la máquina de Inyección.

f_m = Densidad del material fundido.

$f_m PET = 0.856$

Para calcular el volumen de resina que se contiene en la unidad inyección, se va utilizar la fórmula de área de un cilindro:

$V =$

Esto es igual

VMC= Volumen Máximo de Carga

$VMC =$)

$VMC = [3.1416$]

$VMC = 3845.31$ / Volumen de la unidad de inyección.

Fórmula para calcular la masa se va a utilizar la fórmula de Densidad:

$$m = 3291,58 \text{ g}$$

$$m = 3,291 \text{ Kg}$$

Teniendo en consideración el resultado obtenido se puede señalar que, un tiro de purga debe tener la cantidad de 3,291 kg. Según expertos de moldeo por inyección, recomiendan que se hagan tres tiros de purga para que el proceso de limpieza del tornillo sea eficiente y arrastre los residuos de resina degradada o quemada, este sería el equivalente de 9,873 kg, que en relación a los kilogramos empleados en la cotidianidad de la línea IN08 están comprendidos entre 50 kg y 90 kg ya que no se cuenta con un proceso automatizado del mismo que solo permita esa cantidad máxima de purga, se puede observar que hay una diferencia bastante notoria, por lo que con la propuesta de diseño, se puede llegar a aproximar al valor calculado 3.219kg por cada purga. Así mismo se procedió a realizar una tabla el cual representa el equivalente Kg de purga en unidades dejadas de producir (Ver cuadro N° 14)

Cuadro N° 14. Purga kg equivalente en piezas.

Purga kg	Equivalentes en Piezas
3,29 kg	82
6,85 Kg	171
9,8 Kg	247
20 kg	500
50 kg	1.250
90 kg	2.250
150 kg	3.750

Autor: Giraldo, I. (2020)

Fuente: Elaborado con datos aportados por la empresa Amcor Rigid Plastics de Venezuela, S.A.

4.2.7. Resumen de mejoras encontradas en el análisis

Teniendo en consideración los resultados arrojados en la fase II, se presenta el cuadro 15 mediante la cual se puede visualizar las causas de mayor significancia y la propuesta para su posible solución.

Cuadro N° 15.Resumen de mejoras encontradas en el análisis

Causa	Mejora
-Criterio de purga no definido	-Proponer un sistema de purga automatizado. -Check list de puesta punto.
-Falla del sistema de secado	-Anexarla al plan de mantenimiento preventivo. -Hacer una capacitación sobre el mantenimiento de la misma, al departamento de mantenimiento y de operaciones.
-Falla de conveyor	Mantenimiento correctivo del Conveyor
-Paradas no planificadas.	-Check list de puesta punto.

Autor: Giraldo, I. (2020)

4.3. Fase III: Diseñar un plan de mejora para disminuir el scrap en el proceso de inyección de preformas de 40 g.

Esta fase diseñará un plan estratégico con propuestas de mejora para disminuir el 80% del problema generado en las áreas de más importancia de las causas potenciales generadora de Scrap en la fase II. Las propuestas de mejora con respecto al área de inyección, van orientadas al funcionamiento mecánico de la máquina, funcionamiento eléctrico de la máquina y el buen funcionamiento de sus sensores, para que el proceso sea preciso y de esta manera reducir los altos índices de Scrap. En función a los resultados obtenidos en la fase de análisis del presente trabajo de investigación, se debe mencionar que el alcance es la mejora de los procesos, herramientas y equipos del área de inyección.

4.3.1. Estrategia de mejora N° 1: Propuesta de implementación de dispositivo de purga automatizada.

Los errores en el proceso de purga son ocasionados por falta de establecimiento de parámetros, conocimiento, y exceso de confianza al realizar

esta actividad por parte de los operadores, ya que los mismos dejan el sistema de purga por un tiempo prolongado, cuya manera de detenerla es pulsar el botón nuevamente para detener la purga, botando un exceso de resina, lo que genera una pérdida considerable de materia prima, que no puede ser reciclada ni utilizada en el proceso, de allí se plantea una mejora en el sistema.

4.3.1.1. Características técnicas del dispositivo de purga automatizada.

El dispositivo de Purga automatizado es una herramienta a prueba de error, el cual consiste en la instalación de un lector de código de barras como dispositivo electrónico el cual deberá tener una conexión con el PLC de la máquina, mediante un interface hombre máquina (IHM), unidad que permite el vínculo de comunicación entre la máquina, los controles y el usuario para ser leído por la misma. Los usuario en este caso será el jefe del área de inyección y los supervisores de cada turno, el cual contarán con un carnet con código de barras, tal que para poder realizar una purga el jefe del área tiene que autorizar pasando el carnet por lector, si y solo si hizo el chequeo previo a la puesta punto de la máquina, al autorizar que el chequeo fue realizado emitirá una señal aprobando tal proceso, de no estar lista se emitirá un señal que va bloquear dicho proceso, mediante un sistema de configuración lógica. El jefe del área tendrá que proceder a realizar los ajustes necesarios para el alineamiento de la máquina.

Después de ser aprobado el alineamiento de la máquina, prosigue el supervisor a pasar su carnet, de esta manera el escáner lee el símbolo del código de barras del carnet y proporciona una salida eléctrica a la computadora de la máquina transmitiendo datos como ficha del trabajador, fecha, hora y cantidad de purga empleada, de esta manera va indicar si la máquina esta puesta punto para realizar la purga, de estar lista, se emitirá una señal aprobando tal proceso, automáticamente el sistema hará dos dosis de purga, que es el equivalente a 6,85 kg, de no estar puesta a punto se emitirá un señal que va bloquear dicho proceso, el supervisor tendrá que proceder a realizar los ajustes necesarios para el alineamiento de la máquina. A continuación, se muestra un diagrama de flujo propuesto, con el automatizado de purga. (Ver Figura N° 24)

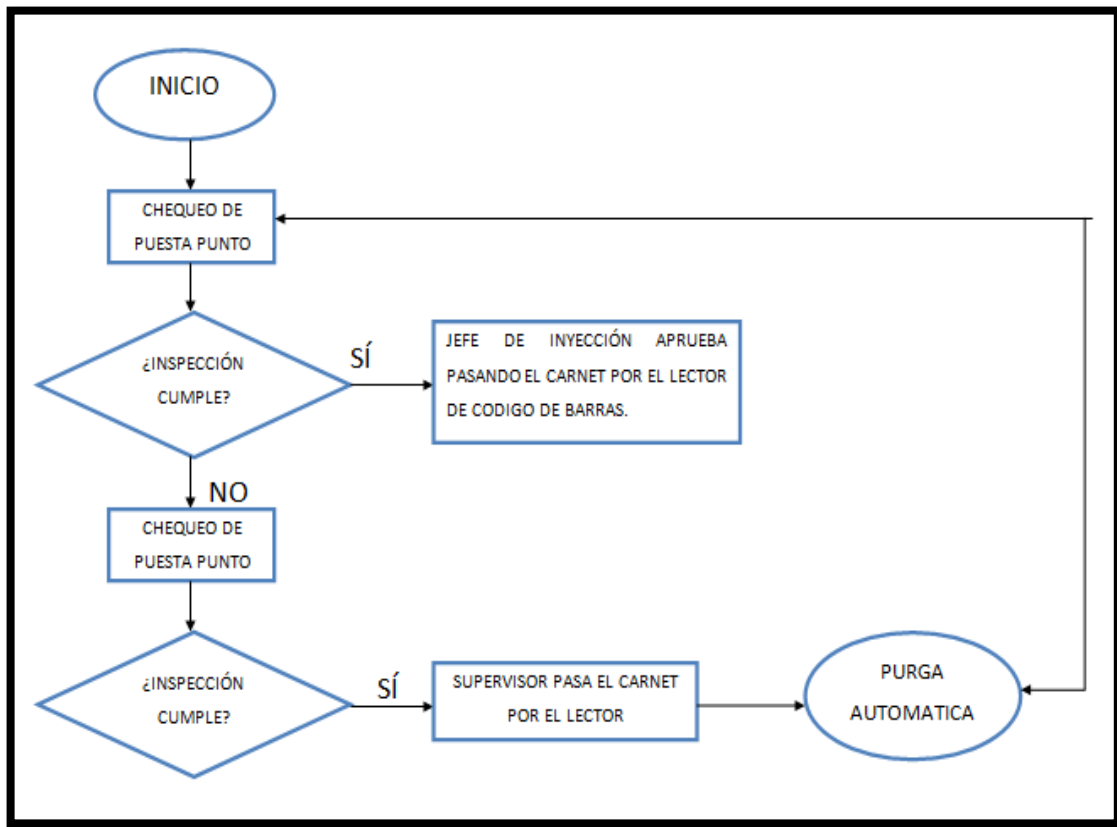


Figura N° 24. Diagrama de flujo automatización del Scrap.
Autor: Giraldo, I (2020).

A continuación se muestra el antes de la máquina sin el dispositivo (Ver Figura N° 25) y el después con el concepto de la herramienta a prueba de errores; el dispositivo automatizado de purga, mediante un código de barras. (Ver Figura N° 26 y 27)).

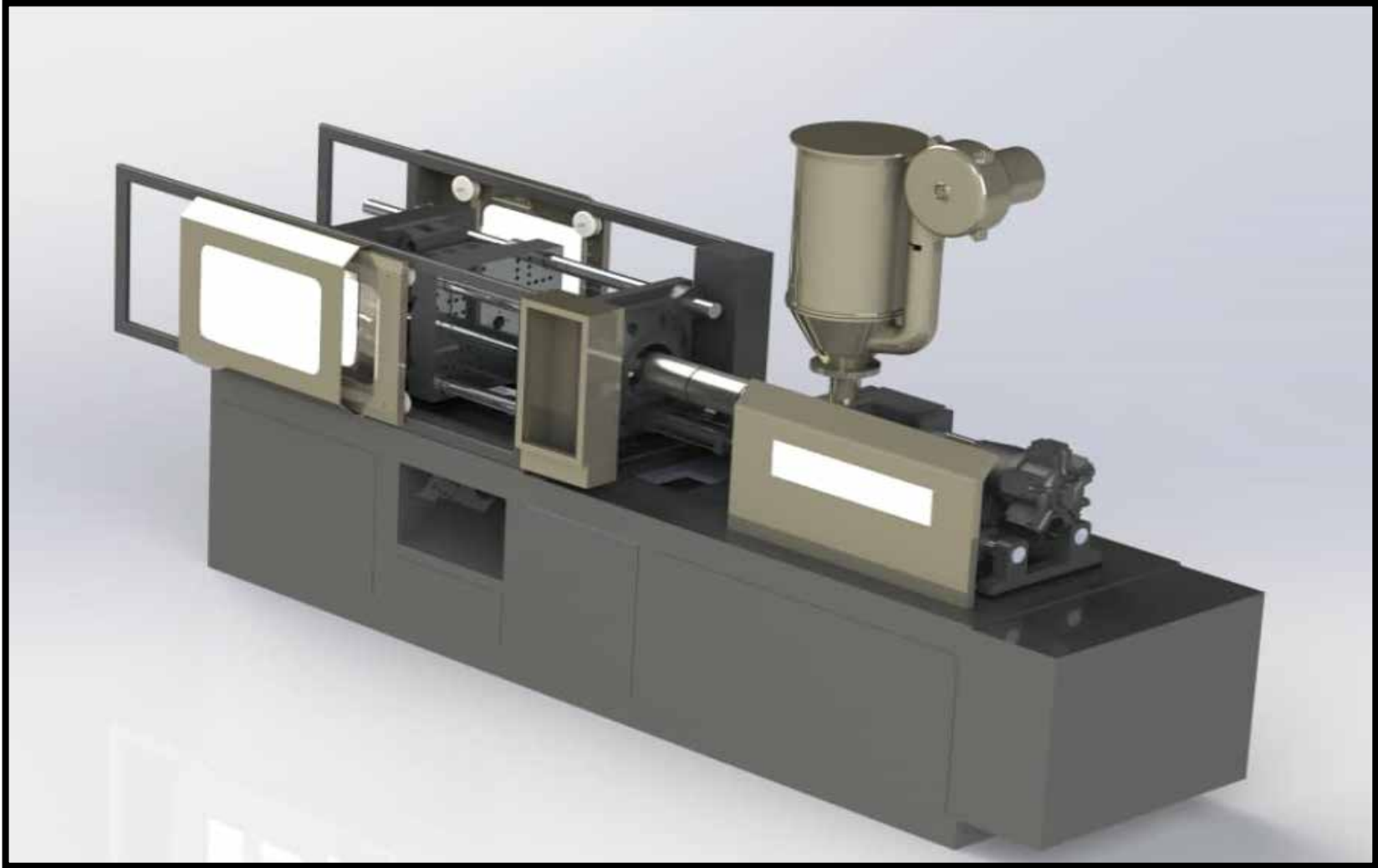


Figura N°25Máquina inyectora Antes de ser instalado el dispositivo.
Autor: Giraldo, I (2020).

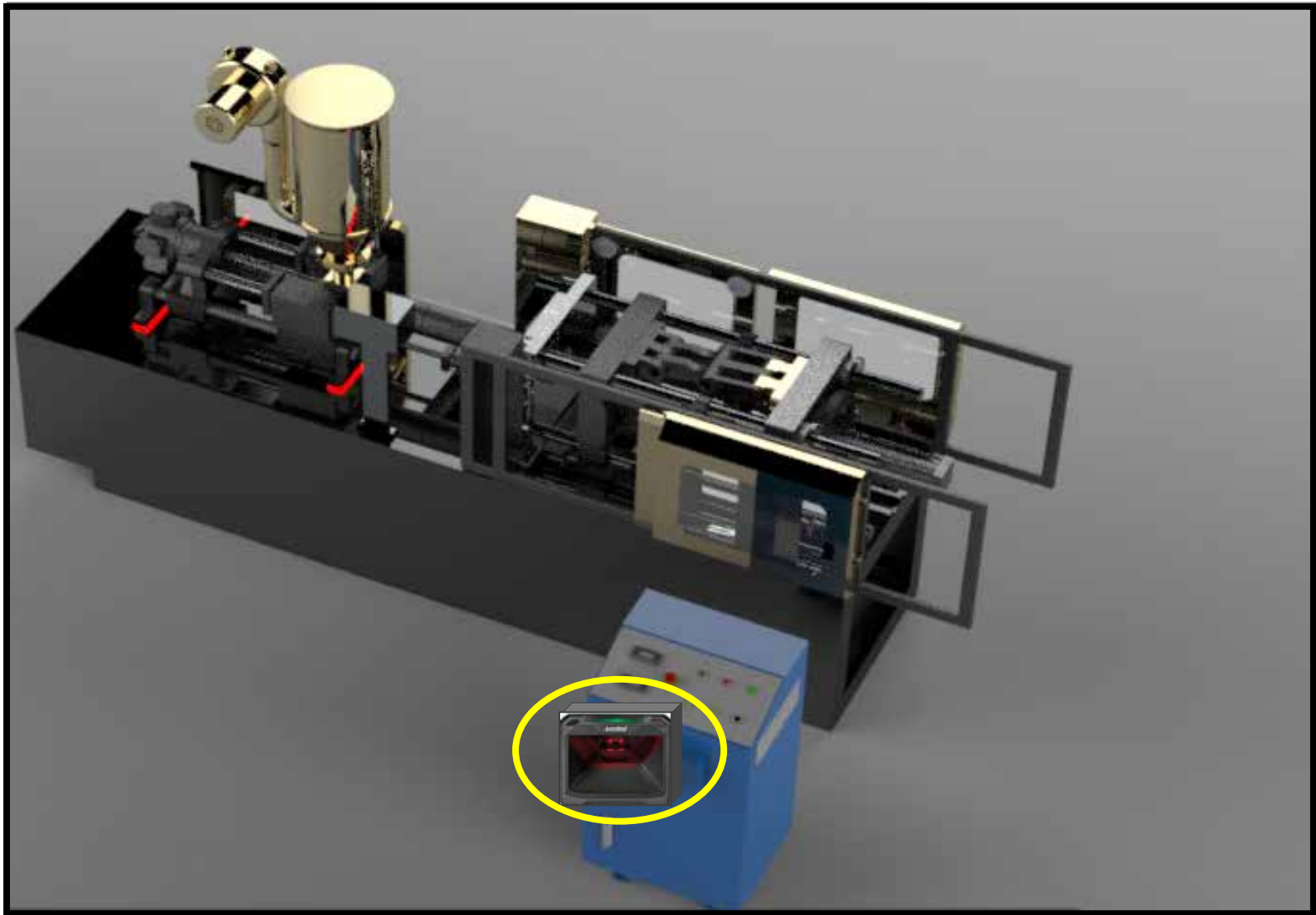


Figura N° 26. Máquina inyectora con Dispositivo de purga automatizada, vista lateral.
Autor: Giraldo, I (2020).

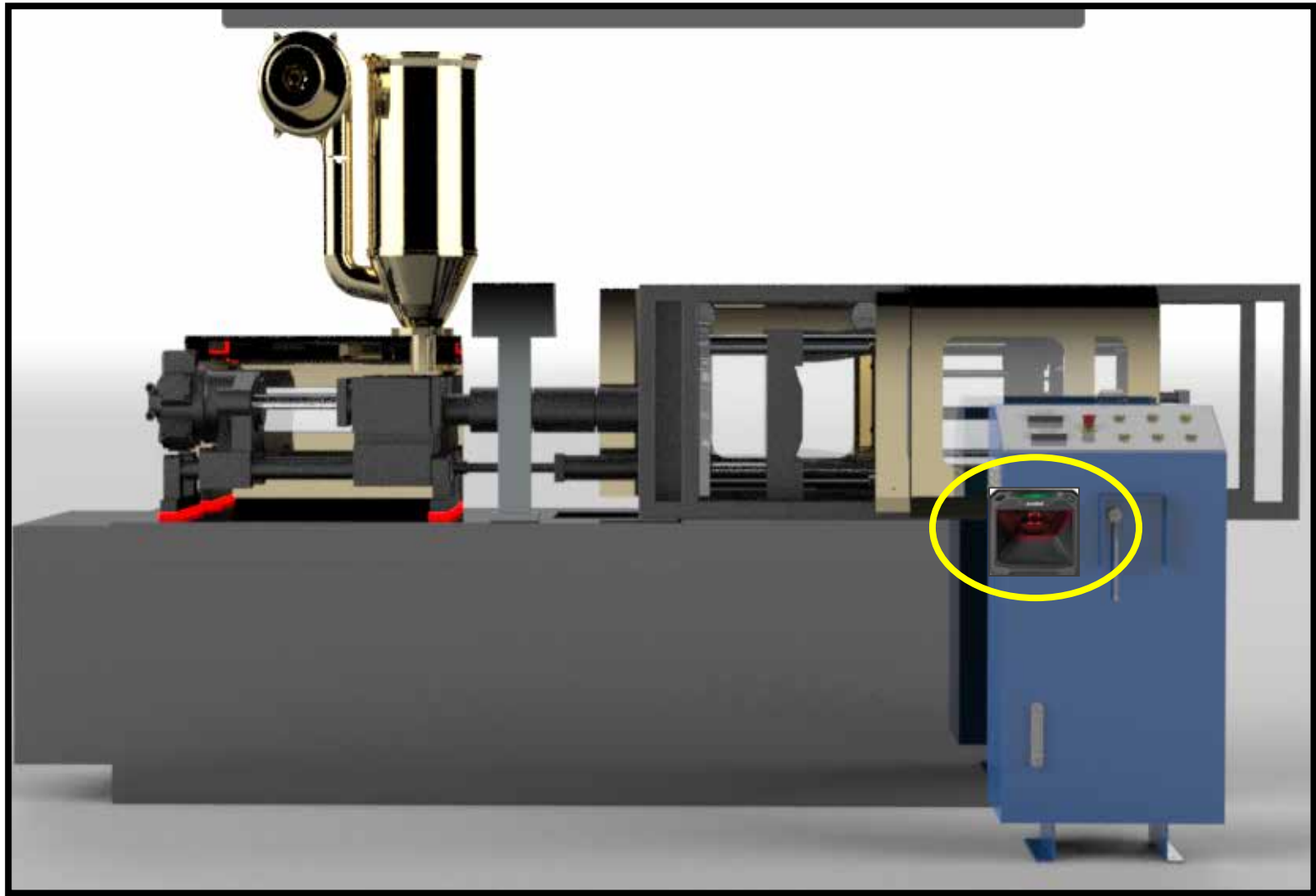


Figura N° 27. Dispositivo de purga automatizada, vista de frente.
Autor: Giraldo, I (2020).

4.3.1.2. Usos y beneficios del dispositivo de automatización de la purga.

Su principal uso es controlar y estandarizar el proceso de inyección, a su vez evitar el arranque de la máquina sin un chequeo previo, ya que esta bloqueara el proceso de purga ya que esta no está lista para iniciar el proceso.

Beneficios

- Proporciona una interfaz simple para comunicar errores.
- Proporciona notificaciones y registros para ayudar al equipo a seguir, controlar y estimar el trabajo relacionado con errores como la puesta punto de la máquina.
- Proporciona una base de datos de errores que el equipo de desarrollo pueda usar como referencia en el futuro
- Automatiza las tareas manuales asociadas con la captura de errores y la actualización de problemas
- Va a reducir considerablemente el scrap ocasionado por los arranque de máquinas
- Evitará paros no planificados por falta de previos chequeos del equipo.

En la siguiente tabla de manera de hacer un cuadro comparativo con respecto de las cantidades de purgas realizadas en estos últimos 3 meses de estudio, recolectado mediante la herramienta de recolección de datos, tal que se empleó 7.852 kg en la suma de los 3 meses, dando un promedio de purga diaria de 87 kg, con el uso de la purga automatizada la purga diaria promedio de 6,85 kg lo que equivale a 617 kg en 3 meses, fue se puede evidenciar los kg de purgas empleados en el proceso actual al propuesto:

Cuadro N° 16. Datos del proceso actual y propuesta proceso de purga.

PURGA	Purga kg.	Purga equivalente en piezas.
ACTUAL	7.852Kg	196.300 Piezas
PROPUESTO	617 kg	15.425 Piezas

Autor: Giraldo, I (2020)

Con respecto al proceso actual en el cual se emplea la purga sin ningún tipo de criterio o estándar, en un arranque de la máquina cada dosis de inyección es equivalente a 3,291 kg cada 17.50 segundos por consiguiente si se genera 87 kg de purga diario eso equivale a 7 min en el cual la máquina sigue purgando sin parar, lo que representaría 2.175 piezas que se están dejando de producir.

Gracias a la propuesta nada más se emplearían 2 purgas que son el equivalente a 6,85 kg diario, eso equivale a 35 segundos de purga, y se traducen 171 piezas. Al tener dicho dispositivo, se harán más efectivos los arranques de producción, disminuyendo los tiempos de puesta punto y las paradas no programadas por ineficientes chequeo de los equipos, así como también reduce el error humanos que perenne endicho proceso.

4.3.1.3. Ventajas productivas y económicas con el uso del Dispositivo de automatización de la purga.

Gracias a la implementación del Dispositivo al proceso, se puede analizar varias ventajas a lo que se refiere en el ámbito productivo y económico de la empresa y más específico a la fabricación de preformas de 40 g. A continuación, en la cuadro 17 se muestra las ventajas productivas y económicas que la empresa puede tener a implementar el dispositivo de automatización de purga al proceso de inyección de las preformas 40 g en la línea IN08.

Cuadro N° 17. Ventajas productivas y económicas del Dispositivo automatizado de purga.

VENTAJAS	
PRODUCTIVAS	ECONOMICAS
Aumentar el número de piezas en menos tiempo.	Se cumplirán las órdenes de producción en menor tiempo.
Disminuye el error humano que había presente en el proceso actual.	No habrá pérdida de dinero por exceso de purgas empleadas.
Reduce el desperdicio de materia prima que no se puede reutilizar.	Se disminuyen las actividades que no agregan valor al proceso. Menor impacto en el medio ambiente.
Evitará paros no planificados por consecuencia de la deficiencia en la puesta punto de la máquina.	Aumentará la eficiencia de productiva.

Autor: Giraldo, I (2020).

4.3.2. Estrategia de propuesta N° 2: Propuesta de Check list de puesta punto para el arranque de la máquina.

En consecuencia a ello y para mejorar el proceso se presenta el Check lists que se deberá emplear para un eficiente funcionamiento de la herramienta de automatización de la purga (Ver figura N° 28) con el fin de que los operarios lo ejecuten de antes de hacer el arranque de máquina, esto evitará paradas no programadas por falta de seguimiento de las variables para el arranque de la máquina y de los equipos del proceso de inyección.

4.3.2.1. Usos y beneficios del Check list de puesta punto.

Los listados de control, siendo formatos generados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado ordenado y de manera sistemática, asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

Beneficios

- Sirve como guía básica para el arranque
- Permite la verificación, previamente al arranque, de cada uno de los aspectos importantes del proceso.
- Permite seguir la secuencia de actividades a realizar
- Ayuda en la gestión del Sistema de Calidad.
- Evita paradas no programadas por fugas de aceites, de agua, etc.

Cuadro 18. Ventajas productivas y económicas del Check list de puesta punto.

VENTAJAS	
PRODUCTIVAS	ECONOMICAS
Amplificar el número de piezas en menos tiempo.	Se cumplirán las órdenes de producción en menor tiempo.
Disminuye el error humano que había presente en el proceso actual.	Será más efectivo el tiempo de producción.
Evitará paros no planificados por consecuencia de la deficiencia en la puesta punto de la máquina.	Aumentará la eficiencia de productiva.

Autor: Giraldo, I (2020)



Máquina: _____ Preforma: _____
Supervisor de Producción: _____ Firma: _____

Check List para Puesta a Punto

Datos de Producción

- Están limpias y libres de preformas la máquina y conveyor
- Están colocada en máquina la cesta del Scrap
- Están las bandejas de purga y preformas ubicadas y limpias en la máquina
- Se encuentra la máquina sin alarmas activas
- Están las herramientas de trabajo en el sitio (martillo de bronce, barra de bronce y desmoldeante)

Datos de Mantenimiento

- Pudo operar la máquina en ciclo seco después del cambio de molde
- Está el mapa de cavidades en sitio y actualizado
- Están calibradas las foto celdas
- Está la temperatura del secador correctamente chequeada para arranque y sin alarmas
- Está el deshumidificador encendido y sin alarmas

Datos de Proceso

- Está el equipo de dosificación de Color y Mixer Calibrado y listo para operar
- Está la parametria en sitio y cargada en la máquina
- Se encuentran las hojas de "Registro de ajuste de parametrías y auditoria"
- Está la temperatura de la máquina correctamente para arranque
- Está la temperatura del molde correctamente para arranque
- Están chequeados los parámetros de arranque de máquina
- Está la presión de agua helada según lo indicado en la parametría estándar
- Está la temperatura del Chiller según lo indicado en la parametría estándar
- Está la presión de aire de baja según lo indicado en la parametría estándar
- Están las preformas aprobadas por calidad y/o proceso para su arranque

Figura N° 28. Check list de puesta punto.
Autor: Giraldo I. (2020)

4.3.3 Estrategia de Mejora N° 3: Propuesta de mejora para el sistema de secado.

La propuesta de mejora con respecto al proceso de secado, es orientada a la mantención del sistema, siendo esta una de las actividades principales en la etapa de secado, para que el proceso sea preciso, además del orden, la limpieza y el mantenimiento del área.

En función a los resultados obtenidos en la fase de análisis del presente trabajo de investigación, es importante señalar que la problemática en el proceso de secado es una de las causas que está generando mayor Scrap, tal como productos no conformes que no cumple con las especificaciones de calidad, por lo que es determinante que existe un control de los parámetros de dicho proceso con la finalidad de minimizar la problemática en el área, en ese sentido también se debe tener en consideración que el plan de mantenimiento implementado actualmente no es el correcto, ya que, ha traído como consecuencia la baja en la calidad en las preformas.

Esto evidentemente influye en los costos operativos de la empresa, incrementándolos de manera vertiginosa, en relación a mano de obra, insumos, consumibles, materiales, etc. Además de esto interviene en los tiempos necesarios para la fabricación de las piezas conformes, alargando así el proceso y prolongando el tiempo total de culminación de la producción.

4.3.3.1. Objetivo de la propuesta de actualización plan de mantenimiento.

El objetivo de esta propuesta es mostrar un modelo de propuesta del Mantenimiento Productivo que tenga como finalidad una mejora en la productividad, confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria buscando la excelencia con una operación adecuada, con un mantenimiento preventivo, Predictivo y correctivo planeado para disminuir pérdidas causadas por el mal funcionamiento del equipo de producción.

En este caso es importante mencionar que el mantenimiento correctivo es aplicable a la torre de desecante además de todos y cada uno de sus componentes. En este caso se hace la aplicación de la técnica de TPM (Mantenimiento Productivo Total). En esta técnica se ven los pasos a seguir para el buen mantenimiento de los

equipos, lo cual resultaría beneficioso para la línea de producción de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A.

4.3.3.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Fase 1 Limpieza

Mantener limpia la máquina ayuda a inspeccionar mejor, con el fin de dejar sus partes perfectamente visibles. De esta manera percatarse si hay alguna fuga o avería, recordando que limpiar es inspeccionar. Con ayuda de los operadores se hace la limpieza de todas las piezas susceptibles al polvo.

Fase 2: Identificar fallas.

Mediante el análisis de la investigación gracias a diferentes fuentes de información que se usaron como primer aliado para recabar sobre la situación concerniente al problema, se pudo identificar el mal estado de las torres de desecantes, siendo el estado de estas saturadas por cumplir con el tiempo de vida útil.

Fase 3: Preparación de procedimientos de limpieza.

En esta fase aparecen de nuevo las dos funciones de mantenimiento primario o de primer nivel asignadas al personal de producción: Se preparan en esta fase procedimientos estándar con el objeto que las actividades de limpieza, lubricación y ajustes menores de los componentes se puedan realizar en tiempos cortos.

Habiendo identificado las fallas y sus fuentes, se pueden preparar los procedimientos estándar que en definitiva se aplicaran a la máquina. Estos procedimientos son:

Se debe hacer un chequeo general de la máquina, en relación a todos sus componentes principales. Con el fin de verificar el estado del equipo y tomar acciones correspondientes.

Se hace un manteamiento de primer nivel, en función a limpieza y lubricación (si lo amerita). Las áreas críticas son:

- Torres de desecante.
- Filtro de aire de retorno

- Limpieza de entrada de aire
- Limpieza de salida del aire
- Radiador
- Calefactores
- Monitoreo del punto de condensado.

En relación a todos estos elementos se debe seguir el patrón de mantenimiento de primer nivel, el cual consta de una limpieza que permita diferenciar cada parte de la máquina, así como también la lubricación de las partes en donde se necesite hacerlo.

Fase 4: Inspecciones Generales

Al contar con el personal se responsabilice de la limpieza, la lubricación y los ajustes menores, se entrena al personal de producción para que pueda inspeccionar y chequear el equipo en busca de fallas menores y fallas la en fase de gestación, y por supuesto, solucionarlos.

En el caso del secador se recomienda seleccionar al personal que están relacionado con el proceso y manejo de la máquina dentro de la planta, con el fin de minimizar los tiempos de formación y poder implementar los procedimientos lo antes posible. Luego de formado el personal se debe implementar lo que es el chequeo del equipo, para así detectar las fallas de manera anticipada, y por supuesto solucionarlos antes de poner en funcionamiento al equipo.

Las siguientes son algunas de las recomendaciones a seguir en el sistema de secado, alguna de ellas surge de la aplicación de la técnica de secado para asegurar el correcto funcionamiento del equipo, otras para asegurar el correcto secado del PET, cerramos diciendo que estas verificaciones son modificadas de acuerdo a los sucesos dados en los eventos prácticos:

- Monitoreo de punto de condensación de aire de secado
- Limpiar filtros de aire de retorno
- Verificación de temperatura de aire de secado adecuado
- Verificación de flujo de aire adecuado

- Verificación de operaciones de la tolva adecuado
- Verificación de calentadores para secuencia adecuada
- Verificar si hay fugas de aire
- Verificar temperatura de aire de regeneración
- Limpieza de las torres desecantes
- Verificar punto de condensación
- Verificar tolva para conexión
- Verificar controlador de temperatura
- Corregir torres de desecantes

Fase 5: Inspecciones autónomas

En esta quinta fase se preparan las gamas de mantenimiento autónomo, o mantenimiento operativo. Se preparan listas de chequeo (Check list) de las máquinas realizadas por los propios operarios, y se ponen en práctica. Es en esta fase donde se produce la verdadera implantación del mantenimiento preventivo periódico realizado por el personal que opera la máquina. (Ver figura N° 29)

En el área de secado se puede manejar el plan de mantenimiento con un listado sencillo de actividades por hacer, en relación a esto dependerá de la frecuencia con la cual este grupo de actividades serán llevadas a cabo, tema a mencionar en la fase posterior. A continuación un breve listado de las actividades necesarias para la inspección de parte del operario del equipo.



Mantenimiento del secador

Fecha inicio: ___/___/___ Hora: ___:___

Secador # _____

Fecha finalización: ___/___/___ Hora finalización: ___:___

Proveedor: _____

Desarrollo

Frecuencias: 2A ___ Bienal W ___ Semanal D ___ Diarios

Indicar tipo de mantenimiento a realizar _____

	2A	W	D
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

- 1 Monitoreo de punto de condensación de aire de secado
- 2 Limpiar filtros de aire de retorno
- 3 Verificación de temperatura de aire de secado adecuado
- 4 Verificación de flujo de aire adecuado
- 5 Verificación de operaciones de la tolva adecuado
- 6 Verificación de calentadores para secuencia adecuada
- 7 Verificar si hay fugas de aire
- 8 Verificar temperatura de aire de regeneración
- 9 Limpieza de las torres desecantes
- 10 Verificar punto de condensación
- 11 Verificar tolva para conexión
- 12 Verificar controlador de temperatura
- 13 Cambia Cambiar desecantes

Figura.Nº29. Check list de inspección para operarios encargados del secador.

Autor: Giraldo I. (2020)

Fase 6: Frecuencia de actividades

Se busca crear procedimientos y estándares para la limpieza, la inspección, la lubricación, el mantenimiento de registros en los que se reflejarán todas las actividades de mantenimiento y producción, la gestión de la herramienta y del repuesto, etc. Se recomienda hacer sus respectivos registros de revisiones totales o parciales según el listado de procedimientos, al menos una vez al día. La frecuencia de mantenimiento preventivo varía en relación al elemento en cuestión. (Ver Figura N° 30)


	
Elemento de secador	Frecuencia de mantenimiento
Monitoreo de punto de condensación de aire de secado	Diario
Limpiar filtros de aire de retorno	Diario
Verificación de temperatura de aire de secado adecuado	Diario
Verificación de flujo de aire adecuado	Diario
Verificación de operaciones de la tolva adecuado	Diario
Verificación de calentadores para secuencia adecuada	Diario
Verificar si hay fugas de aire	Semanal
Verificar temperatura de aire de regeneración	Semanal
Limpieza de las torres desecantes	Semanal
Verificar punto de condensación	Semanal
Verificar tolva para conexión	Semanal
Verificar controlador de temperatura	Semanal
Cambiar desecantes	Bienal

Figura N° 30. Check list de inspección para operarios encargados del secador.
Autor: Giraldo, I (2020).

Cuadro 19. Ventajas productivas y económicas para el sistema de secado.

VENTAJAS	
PRODUCTIVAS	ECONOMICAS
Disminuir la existencias de defectos críticos en las preformas.	Satisfacción plena al cliente
Reducir el Scrap por bajo IV.	Se aumenta la cuota de mercado y se entra en mercados de mayor calidad y mayores precios.
Reduce el re trabajo por inspección y reducción.	Reducción de inspecciones. Disminuyen los costos por errores e inspecciones.

Autor: Giraldo, I (2020)

Incluir el Mantenimiento Productivo Total al sistema.

Se propone incluir el plan de mantenimiento al sistema SAP; es de gran importancia tomar en cuenta la introducción al mismo de manera eficiente y actualizado para así disminuir las pérdidas de preformas por defectos de calidad generados por fallas en el sistema de secado. Al incluir el plan de mantenimiento al sistema se puede reforzar el programa de certificación de la mano de obra directa implementado en planta, en cuanto a conocimiento y entendimiento del funcionamiento, inspección y medidas preventivas de los equipos que se utilizan.

La aplicación del mismo, requiere de la participación activa del personal del área operaciones y de mantenimiento, el cual podrá advertir necesidades de posibles mejoras, analizando y solucionando averías del equipo y acciones que conlleven a mantener su óptimo funcionamiento.

Finalmente, hacer un análisis del historial de mantenimiento realizado en cada equipo que conforma el sistema de secado, de esta manera actualizarlos de ser necesario o el rediseño de las mismas para hacerlas más eficientes: mantenimiento proactivo.

4.3.4. Estrategia de Mejora Nro. 4: plan de mejora del Conveyor.

Actualmente el conveyor con el que cuenta la línea IN08 no cumple con su función ya que los cangilones o pestañas que se encargan de transportar las preformas a la cesta de producto terminado son casi inexistentes, trayendo como consecuencia que las misma deslicen y caigan debajo de la máquina de inyección, generando un cúmulo de preformas que estarían destinadas a la cesta de producto terminado a Scrap. Por ser una empresa por ser de ramo alimenticio, los estándares de inocuidad son bastante exigentes. Por ende se propone una revisión completa, instalación, correcciones de las fallas y acondicionamiento del conveyor. En la siguiente figura se muestra como es el estado del conveyor actualmente. (Ver figura N° 31)



Figura N° 31. Conveyor actual de la línea IN08.
Autor: Giraldo, I (2020).

4.3.4.1. Usos y beneficios del plan de mejora para el Conveyor.

Su principal uso es transportar las preformas que vienen de la máquina inyectora y hasta la banda transportadora para ser depositadas en la cesta de producto terminado.

Beneficios

- Proporcionará que no se caigan las preformas al piso.
- Evitará paradas de maquina por acumulación de preformas en el área.
- Disminución de tiempo en cumplir las órdenes de producción debido a que ninguna preforma se caerá al piso.
- Evitará un retrabajo, el cual consiste en recoger la preforma y pesarla como Scrap.
- Va a reducir considerablemente el Scrap debido a que no habrá pérdida de preformas terminadas.

En relación a ello se presentara el cuadro 20, en la cual se presenta la cantidad de piezas perdidas en los 3 meses de estudio, recolectado mediante la herramienta de recaudo de datos.

Cuadro N° 20. Piezas perdidas por falla de Conveyor.

Conveyor	Preformas Kg	Preformas pizzas
ACTUAL	6.058Kg	150.450 Piezas
PROPUESTO	0 kg	0 Piezas

Autor: Giraldo, I (2020)

Con respecto al plan de mejora del conveyor es importante resaltar que dicha actividad será ejecutada por una empresa externa, la cual deberá realizar todo el acondicionamiento del equipo, como es la vulcanización de los cangilones de la banda transportadora (conveyor), luego de ello la prueba de funcionamiento y una operativa, deberá realizar los últimos ajustes al equipo. Gracias a la propuesta se evitara que las preformas caigan al suelo, lo que traerá como resultado una disminución de Scrap por ese equipo, de allí que en el cuadro anexo el producto de Scrap tanto en kilo como en piezas será de cero (0).

Para la realización de dicha actividad, a continuación se va a Indicar las actividades a seguir. (Ver cuadro N° 21)

Cuadro N° 21.Procedimiento para el mantenimiento correctivo del conveyor.

PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL CONVEYOR.	
Actividad	Responsable
Identifica necesidad de recursos y establecer Plan de Necesidades de Mantenimiento Correctivo, para su aprobación	Jefe de Mantenimiento.
Plan de Necesidades de Mantenimiento Correctivo aprobado	Jefe de Mantenimiento.
Buscar empresa encargada de realizar el mantenimiento correctivo del conveyor.	Jefe de Mantenimiento.
Llenar y enviar formato de solicitud de orden de servicio de mantenimiento correctivo, impresa, a la oficina de mantenimiento.	Supervisor del área.

Se procede a revisar el equipo averiado y se informa del estado y tiempo aproximado para su reparación,	Auxiliar de mantenimiento / Empresa contratada.
Se procede a la reparación del equipo.	Empresa contratada.
Realiza seguimiento al cumplimiento del Mantenimiento correctivo.	Jefe de Mantenimiento.
Elabora informe de estado de los equipos y recomendaciones de mejora, de acuerdo al seguimiento realizado.	Jefe de Mantenimiento.

Autor: Giraldo, I (2020)

4.3.4.2. Ventajas productivas y económicas con el plan correctivo del Conveyor.

En consideración al plan correctivo el equipo, se puede analizar varias ventajas en relación al ámbito productivo y económico de la empresa relacionados directamente con la fabricación de preformas de 40 g. (ver cuadro N° 22).

Cuadro N° 22. Ventajas productivas y económicas del plan de correctivo del conveyor.

VENTAJAS	
PRODUCTIVAS	ECONOMICAS
Aumentar el número de piezas en menos tiempo.	Se cumplirán las órdenes de producción en menor tiempo.
Reduce el desperdicio de preformas en buen estado.	No habrá pérdida de dinero adicionales a la materia prima, debido a la transformación de la misma en preformas, ya que cada proceso le agrega un valor al producto.
Evitará paros no planificados por consecuencia de la deficiencia del equipo	Se disminuyen las actividades que no generan valor agregan al proceso.
Aumentará la eficiencia de productiva.	

Autor: Giraldo, I (2020)

4.4 Fase IV: Evaluar económicamente las propuestas planteadas

En esta fase se realizará una evaluación económica, técnica, operativa, social y ambiental de las propuesta de mejora realizada en la fase anterior, valorándose los costos de inversión que se requieren para poner en marcha el plan de mejoras, seguidamente por medio de la relación costo-beneficio se puede justificar dicha inversión en función a los beneficios que traerá la aplicación de la propuesta.

Estrategia de Mejora N° 1: Propuesta de implementación de dispositivo de purga automatizada.

Cuadro N° 23: Inversión requerida para la primera propuesta

Mejoras	Cantidad (unidades)	Costo
Dispositivo lector de código de barras	1	80\$
Costo de importación	1	24\$
Costo de codificación de los carnet	6	100\$
Costo del sistema	1	2.000\$
Costo de la instalación	1	500
Total		2.704\$

Autor: Giraldo, I (2020)

En relación a la tabla anterior se muestra el costo total de la adquisición de los elementos necesarios para la mejora de la automatización de la purga, para esto se debe invertir en:

- Un dispositivo lector de código de barras con un coste de 80 \$USD se tiene un costo adicional por concepto de importación de 24 \$ USD.
- Costo de codificar (5) carnets de 100\$ USD; son (5) porque es solo para uso estricto de los supervisores, son (4) turnos de trabajo por consecuencia son (4) supervisores y (2) carnet a adicionales (1) para el Jefe de inyección y (1) para el Ingeniero de procesos de inyección.
- El costo de realización del software de escaneo del código QR 2.000\$ USD.
- Costo de instalación 500\$ USD.

En el mismo orden de ideas, es de notar la variación que se produciría al aplicar la mejora como ya se ha demostrado por medio de simulaciones en la fase anterior de la actual investigación, debido a que el proceso sería continuo, más eficiente, y con menos retrabajos. Todo esto se traduce en menos retrasos y evidentemente en menos costos adicionales no planificados, lo cual resultaría positivo para el proceso productivo de la empresa.

Estrategia de Mejora N° 2: Checklist de puesta punto para el arranque de la máquina.

En esta propuesta se hará la realización del formato Check List de puesta punto, en contribución a la primera propuesta el cual tiene el objetivo de hacer inspecciones previas al inicio de producción, de esta manera se haga en menor tiempo y de manera eficiente, disminuyendo paradas no planificadas. La cual influirá en la eficacia, organización y productividad de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A.

Cuadro N° 24: Inversión requerida para la propuesta Check list de puesta punto.

Mejoras	Costo
Elaboración de formatos (Check List)	25\$
Total	25\$

Autor: Giraldo, I (2020)

En relación a la tabla anterior se muestra el costo total de la adquisición de los elementos necesarios para la mejora de la automatización de la purga, para esto se debe invertir en:

- El costo descrito en la tabla anterior incluye, costo de la remas de papel y los costos de impresión.

Estrategia de Mejora N° 3: Propuesta de mejora para el sistema de secado.

En función a la mejora propuesta, el programa TPM busca la preparación técnica del personal relacionado al proceso, es por ello que en este caso se hace mención a los costos asociados al programa de capacitación. Uno de los institutos que ofrecen

formación en mantenimiento de equipos en la zona es Fundametal, en este instituto técnico el curso de formación tiene un costo de inversión de 50 \$ USD por operario.

En este caso cada operario será formado en las áreas de detección de fallas, clasificación de las fallas, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, además de elaboración de informes de mantenimiento y fallas. A continuación se presenta una tabla en la cual se muestran los costos relacionados a este plan de adiestramiento para operadores.

Cuadro N° 25: Inversión requerida para la propuesta, formación técnica de operadores

Descripción	Cantidad	Costo unitario \$ USD
-Curso para Operadores	8	50 \$
-Transporte operarios y alimentación durante cursos	10	10\$
-Check list de Inspección del secador.	-	25\$
-Check list de frecuencia de actividades	-	25\$
TOTAL		500\$

Autor: Giraldo, I (2020)

En relación a la tabla anterior se muestra el costo total de la adquisición de los elementos necesarios para la mejora de la automatización de la purga, para esto se debe invertir en:

- Se le brindará capacitación a operadores; Técnico de procesos (1), Jefe de mantenimiento del área (1), Supervisores del área (4) y Asistente de operaciones (2), presentando un total de 8 operadores, son 50 \$ por persona lo que equivale a 400\$.
- Por otra parte se tiene el costo del transporte y alimentación del personal a lo largo de su curso, fijado en 10 \$ USD por persona a lo largo del curso el cual consta de (5) semanas, con una frecuencia de una sesión semanal, para un monto de 30 \$

USD, en total la empresa requiere de 450 \$ USD para la aplicación de esta preparación técnica a su personal.

Con relación a lo anterior, esto traería consigo beneficios directos al procesos y como consiguiente a la empresa, esto reduciría el riesgo de producción de preformas con defectos de bajo IV, lo cual se traduce a Scrap. Se disminuirían los procesos correctivos prolongados, paradas no programadas por mantenimiento, pérdida de tiempo productivo, incrementando así la operatividad.

Estrategia de Mejora N° 4: Plan de mejora para el conveyor.

Por último tenemos la propuesta de plan de mejora para el conveyor o cinta transportadora, la empresa se encargara de la adquisición de dicho equipo con el fin de reducir los desperdicios generados por el mal estado del actual.

Cuadro N° 26: Inversión requerida para la propuesta Plan de mejora para el conveyor.

Descripción	Cantidad	Costo unitario \$ USD
Mantenimiento correctivo del conveyor	1	1.000\$
Instalación	1	500\$
TOTAL		1.500\$

Autor: Giraldo, I (2020)

4.4.1 Inversión requerida para cada propuesta.

Cuadro N° 27: Inversión Total del Plan de Mejoras

Propuesta	Costo (\$)
-Propuesta de dispositivo de purga automatizada.	2.704\$
-Check List de puesta punto.	25\$
-Actualización del plan de mantenimiento al secador, taller de inducción.	500\$
-Plan correctivo para el Conveyor.	1.500\$
Total	4.729\$

Autor: Giraldo, I (2020)

4.4.2 Análisis de la relación Costo-Beneficio

Actualmente la empresa tiene una producción diaria en el proceso de inyección de 91.050 preformas/unidad, lo que equivale a 12 cestas de preformas diarias. Con las propuestas se espera producir en el área del inyección 177.737 preformas/unidad que equivalen a 23 cestas diarias, lo que representa un aumento de la capacidad de producción, la empresa estaría produciendo 11cestas de preformas que equivalen a 85.535 unidades diarias, gracias a la disminución del scrap en el proceso de inyección. Si cada día con la propuestas aplicadas se va a producir 23 cestas de preformas diarias, eso equivale a 690 cestas de preformas mensuales, es de mencionar que cada cesta contiene la cantidad de 7.776 preformas, lo que da un total de 5.365.440 piezas mensualmente, desde el punto de vista económico teniendo en cuenta que cada preforma de 40 gramos tiene un valor aproximado de 0.135\$ la unidad, teniendo un beneficio de 724.334\$ mensual.

Ya teniendo los beneficios económicos que generan las propuestas planteadas y la inversión total (costos) requerida para poder aplicarlas se procede a hacer el cálculo del costo-beneficio con el fin de determinar si es factible para la organización implementar dichas propuestas.

La relación beneficio-costo es de 153, lo que significa que se espera dejar de perder mensualmente 153\$ por cada dólar invertido. Esto indica que en este día la organización recuperar la inversión que se requiere para llevar a cabo todas las propuestas planteadas en la fase III.

Tiempo de recuperación de la inversión

A continuación, para conocer el tiempo que le llevara la empresa recuperar los dólares invertidos en las propuestas, se hace el mismo calculo que se utilizó anteriormente para el TR.

El tiempo de retorno de la inversión es de 0,006528 meses, lo cual indica que se recupera en 5 horas de producción continua, tal que esto indica que la empresa recupera la inversión en breves horas llevando a cabo todas las propuestas planteadas en la fase III.

En lo que respecta a la evaluación de los costos entre el ingreso mensual que percibe la empresa con la fabricación de rodillos, se tiene que partiendo de la definición de la rentabilidad como:

- **$R (B/C) > 1$ Rentable**
- **$R (B/C) = 1$ Indiferente**
- **$R (B/C) < 1$ Inviabile**

4.4.3. Factibilidad operativa de las propuestas








Actualmente, la empresa Amcor Rigid Plastics S.A cuenta con un personal capacitado para el desempeño de la mayoría de las actividades, es destacable que la empresa mantiene en adiestramiento a su personal, por esta razón, son capaces de hacer actividades que sean requeridas, se puede asegurar que el personal que se posee, tiene las capacidades para llevar a cabo las propuestas de este trabajo de investigación. En función a la mejora propuesta, el programa TPM busca la preparación técnica del personal relacionado al proceso de secado, es por ello que en este caso se hace mención a los costos asociados al programa de capacitación. Uno de los institutos que ofrecen formación en mantenimiento de equipos en la zona es Fundametal, en este instituto técnico el curso de formación tiene un costo de inversión de 50 \$ USD por operario. En este caso cada operario será formado en las áreas de detección de fallas, clasificación de las fallas, consecuencias de las falla en la materia prima, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, además de elaboración de informes de mantenimiento y fallas.

4.4.4 Factibilidad ambiental

Uno de los objetivos como investigadora es generar un impacto ambiental en la presente investigación, mediante el análisis y de esta manera conocer que está generando tal desperdicio, así como también generar un efecto de mejora y por consiguiente una reacción ambiental dentro de la empresa, abarcados con los planes de mejora propuestos para la reducción de Scrap, brindando la solución de problemas simultáneos.

Identificar las causas es una de las acciones esenciales con impacto favorable ambiental, lo largo de la investigación en cuestión, en este caso la mejora es tratar de corregir los problemas no solo de la máquina, sino también las posibles fuentes de contaminación que pueden incidir en el proceso, así como también reducir el error operacional. Se puede destacar que la implementación de la purga automatizada es de gran beneficio, ya que se minimizaría al máximo los desperdicios de materia prima que no agrega ningún valor y que no puede ser reciclada, también es importante hacer referencia al del plan de mejoras sustentado en la técnica TPM, en donde se describe la identificación de sucio, polvo, agentes externos contaminantes al equipo, con el propósito de saber cuáles son sus principales fuentes y así poder erradicarlas, a fin de evitar en lo posible de que se vuelva a contaminar el equipo y la resina por su mal funcionamiento. El impacto ambiental es el criterio primordial de la valoración de algunos proyectos, aunque los demás criterios también son determinantes. Se valora tomando en cuenta los siguientes indicadores:

Cuadro N° 28. Valoración de impacto Ambiental.

INDICADOR	ESCALA		
	MALO	REGULAR	BUENO
1. Disminución de procesos de deterioro			
2. Restauración o rehabilitación de ecosistema			
3. Aumento de área de producción sostenible			
4. Desarrollo de técnica sostenible			
5. Desarrollo de conocimientos tecnológicos			
6. Incremento en la productividad			
7. Combinación de métodos tradicionales con innovación			

Autor: Giraldo, I (2020)

Según la valoración del impacto ambiental en el cuadro anterior se puede destacar que se obtuvo 7 puntos a favor del medio ambiente, ya que nuestras propuestas impactan de alguna manera a la restauración o rehabilitación del ecosistema, de tal manera que al disminuir los desperdicios de plásticos y darle un mejor manejo se está dejando de emitir CO² (Dióxido de carbono), entre las fuentes antropogénicas de emisión de CO₂ se encuentran los procesos industriales y la generación de scrap en los procesos.

Valoración positiva: 7

Valoración negativa: 0

$$VIA = 7$$

Con esto se concluye que las propuestas son totalmente viables ambientalmente. Todo plan que se desarrolle para la reducción de desperdicios, así como también optimizar los recursos y los procesos, tiene un impacto en pro al medio ambiente. De manera que se implementen las propuestas mencionadas, se aconseja hacer proyecciones y seguimientos semestrales o anuales, para tener cifras y números con respecto al impacto ambiental positivo que se está proponiendo con el plan de mejora.

Es por ello que los planes de mejoras tendría un impacto sumamente positivo en el medio circundante en donde el proceso se desarrolla, maximizando la limpieza y orden de las áreas adyacentes al equipo de Secado. Otros de los impactos ambientales favorables que generan la puesta en marcha de las propuestas es ahorro de energía, ya que se va a reducir los procesos que procesas una materia prima el cual se convierte en Scrap, generando un uso de energía que no tiene valor agregado.

4.4.5. Factibilidad Técnica.

La factibilidad técnica es la capacidad del proyecto para aplicar con efectividad el método y la tecnología. A continuación, para realizar la valoración de la factibilidad técnica que genera la implementación de las propuestas en la empresa Amcor Rigid Plastics S.A. La factibilidad técnica será valorada tomando en cuenta los siguientes indicadores.

Cuadro N° 29. Valoración de factibilidad técnica.

Ítems	SI	NO
¿Se cuenta con computadoras?	X	
¿Se cuenta con internet?	X	
¿Se cuenta con carnets?	X	
¿Se cuenta con lector de código de barras?		x
¿Se cuenta con personal profesional?	X	

Autor: Giraldo, I (2020)

En la tabla cuadro se hace una valoración de factibilidad técnica en la cual se toman los Ítems de acuerdo a las propuestas, se puede destacar que hay que contar con la adquisición de un dispositivo lector de código QR o código de barras que tiene un precio de 80\$ con un coste de importación de 24\$, así como la codificación de los carnets de los supervisores y el jefe del área con un coste de 100\$, el costo del diseño del sistema de 2000\$ y por último la instalación de la puesta en marcha de la propuesta con un coste de 500\$, dando una inversión total de 2.704\$.

En el mismo orden de ideas, es de notar la variación que se produciría al aplicar la mejora como ya se ha demostrado por medio de análisis en la fase anterior de la actual investigación, debido a que el proceso sería continuo, más eficiente, y con una notable disminución de desperdicios. Todo esto se traduce a menos desperdicios y evidentemente en menos costos adicionales no planificados, lo cual resultaría positivo para el proceso productivo de la empresa.

4.4.6. Factibilidad Social.

Las empresas directa e indirectamente cumplen con ciertos compromisos relacionados a la sociedad, en este caso se relaciona el plan de mejoras con la factibilidad en el ámbito social. Es importante resaltar en esta oportunidad la influencia o impacto que puede tener el plan a la sociedad, iniciando por los mismos empleados, éstos se verían beneficiados por mejores procesos dentro de su área, así como actualizar los procesos, buscando soluciones innovadoras, como

es el caso del dispositivo automatizado, un mejor método de trabajo lo cual trae consigo una disminución de scrap. Evidentemente optan por una formación de mayor nivel técnico, esto se traduce en beneficios para su crecimiento profesional y su experiencia laboral.

En el mismo orden de ideas, se debe mencionar la parte del bienestar social, y seguridad laboral que se le presta a este grupo de empleados, los cuales pasarán a ser mano de obra calificada para la empresa, esto los llevaría a una promoción o al menos a un incremento de sus beneficios económicos y prestaciones por el cumplimiento de su labor. Por otra parte se generan beneficios indirectos, derivados de la utilización de servicios de otras empresas, como el caso del o los institutos encargados de la formación del personal, éstos estarían generando ingresos por sus servicios prestados, lo que se traduce en beneficios para los facilitadores o guías en las sesiones de aprendizaje y sus colaboradores.

Adicionalmente también se debe mencionar a la empresa especialista o especialistas técnicos independientes, encargados de la instalación de los nuevos componentes de la máquina IN08 de inyección también serían beneficiados por parte de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A, por la prestación de sus servicios. En resumen la propuesta tiene un alcance importante en cuanto los beneficios derivados a su aplicación en la empresa, es evidente que el impacto sería positivo para todas las partes.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo especial de grado, se logró, mediante las herramientas de ingeniería industrial implementar un plan de mejora para la reducción de los desperdicios de materia prima de la línea de producción de preformas de la empresa de Amcor Rigid Plastics S.A, con la finalidad de alcanzar la mejora en la productividad, reducir los problemas piezas no conformes, mejoras en el proceso, un ambiente de trabajo más cómodo y reducir los costos operativos. Todo esto se llevó a cabo mediante un diagnóstico de la situación del proceso, análisis de fallas encontradas y de esta manera se logró diseñar un plan de mejora para corregir las condiciones actuales.

- Durante la fase I se logró diagnosticar la situación actual de la línea IN08 de fabricación de preformas de 40 g de la empresa Amcor Rigid Plastics S.A. mediante técnicas de recolección de información tales como entrevistas no estructuradas, revisión documental y observación directas, así como también la implementación de una formato de recolección de datos, con el fin de recabar toda la información concerniente a la problemática, permitiendo detectar las principales debilidades del proceso, se pudo observar el mal empleo de la purga como proceso inherente del moldeo por inyección, el mal estado de los equipos fuera de funcionamiento eficiente, retrabajos derivados de fallas en la máquina tal como es el conveyor y como lo fue los defectos de calidad presentados en las preformas.
- En la fase II, se analizaron de las debilidades encontradas en la fase anterior que generan los desperdicios de la línea de producción IN08, mediante técnicas de priorización de fallas, diagrama de Pareto, matriz causa y efecto, diagramas de Ishikawa, 5 ¿Por qué?, A3 Report, las demás debilidades fueron encontradas alrededor del entorno que involucra el proceso productivo de la línea.
- En cuanto a la fase III, luego de realizar un análisis exhaustivo de las principales debilidades del proceso, se logró diseñar un plan de mejoras que conduzca a la disminución de scrap generado en la línea de producción IN08,

basada en el análisis realizado. Las propuestas son las siguientes:

- Implementar un sistema automatizado de purga con el fin de reducir las pérdidas de materia prima generado en ese proceso.
- La realización de un Check list en aura de contribuir con la propuesta de automatización, para hacer más eficiente el proceso de arranque y evitar posibles paros de máquina.
- Implementar la técnica de TPM en el sistema de secado, con el fin de dar mantenimiento correctivo al equipo, seguidamente se plantea un plan de mantenimiento preventivo, el cual va desde el orden y limpieza de la zona de trabajo, hasta el adiestramiento del personal para la detección y corrección de fallas, para poder realizar mantenimiento autónomo del equipo secador.
- Por último se propuso el plan de mejora para el conveyor o cinta transportadora, con el fin de reducir los desperdicios generados por el mal estado del conveyor actual.
- En la fase IV se hizo una evaluación económica bajo la relación costo-beneficio para verificar si la inversión que se requiere para implementar las propuestas se justifica con los beneficios a obtener. Se logró determinar que la inversión de las propuestas es factible ya que recuperaría la inversión en muy poco tiempo y lograría reducir el valor del desperdicio que hay presente en el proceso de inyección. Sabiendo esto, se da por cumplido el objetivo general del presente trabajo de investigación.

RECOMENDACIONES

A la luz de la interpretación de las conclusiones dadas por la presente investigación se recomienda a la empresa los diferentes planes de mejoras antes presentados en el trabajo de investigación.

- Que se apliquen los planes de mejora propuestos con el fin de reducir los desperdicios y la optimización de los recursos, el primero la automatización de la purga.
- Aplicar el check list de puesta a punto con el fin de hacer de optimar la automatización de la purga.
- Ofrecer charlas a los operadores y supervisores de la línea sobre el uso de los instrumentos de medición, la importancia de un correcto y verídico llenado de los reportes de puesta a punto y scrap, así como la supervisión detallada de los indicadores de eficiencia de la planta
- Actualizar el de mantenimiento a las torres desecantes del secador, con el fin de poder contar con una materia prima en excelente estado y pueda ser transformada e inyectada cumpliendo con las exigencias de calidad e inocuidad del target de la empresa.
- Cumplimiento y supervisión de los planes de mantenimiento preventivo existente en la empresa, además de la concientización de los mecánicos acerca de la importancia de dichos planes para el correcto funcionamiento de los equipos.
- El plan de mejora para el conveyer de la máquina IN08, de esta manera evitar pérdidas que no son inherentes en el proceso de inyección. La aplicación de las propuestas mencionadas será de gran contribución a la reducción de desperdicios, así como también aumentará la producción.
- Mantener un constante monitoreo de los equipos involucrados durante todo el proceso, tal como verificar el secador constantemente.
- Mantenimiento de los moldes de la máquina de moldeo por inyección, así reducir la brecha de generar preformas no conformes con los estándares de calidad.

- Cambio de Hot Runner (Placa fija) así evitar las cavidades bloqueadas en los moldes.
- Concientizar a los operarios, supervisores de la línea y mecánicos, mediante, charlas, imágenes, avisos, entre otros medios, sobre la importancia de controlar y reducir en lo posible el desperdicio, tanto de materiales como de piezas defectuosas, con la intención de disminuir en lo posible los descuidos que se traducen en pérdidas
- Se propone utilizar resina reciclada para los arranques de máquina, de esta manera evitar el uso de resina virgen para este proceso.
- Evaluaciones semestrales o anuales con respecto al impacto ambiental positivo con las mejoras propuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armillo, M (2009) **Planificación estratégica e indicadores de desempeño en el sector público Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)** Santiago de Chile
- Arias, F. (2012). **El Proyecto de Investigación**. 5^{ta} Edición. Caracas. Editorial Episteme.
- Baena, (2012). **Metodología de la Investigación**. 3^{ra} Edición Colombia: Pearson
- Bordones J, (2017) **Propuesta de un plan de mejora para reducir el Scrap en el área de cableado rígido, mediante herramientas de mejora continua, en la empresa Alcave de Venezuela C.C.A** Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, extensión Valencia Venezuela.
- Camacho, R. (2018) **Aplicación de un estudio de ingeniería de métodos para el incremento de la productividad en el departamento de TCF en la empresa FCA Venezuela.**, Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Extensión Valencia. Venezuela.
- Cámara Venezolana del Envase (CAVENVASE) (2019)
- Castañeda, N. (2016). **“Manual de Capacitación sobre Seguridad en Máquinas y Herramientas de Trabajo para la Empresa Grupo Proactivo C.A.”** Universidad Simón Bolívar (USB).
- Castro, F. (2010). **El proyecto de investigación y su esquema de elaboración**.3^{ra}. Caracas: Episteme C.A /Orial Ediciones.
- Chapman Stephen, (2006) **Planificación y control de la producción**, 1ra edición México: Editorial Pearson Educación
- Chiavenato, I. (2012). **“Iniciación a la Administración de la Producción. Serie Iniciación a la Administración”**. Editorial McGraw-Hill.
- Fernández, A. (2015) **Estudio para la Disminución de Desperdicios Metálico en el Proceso Productivo de Sidetur Planta Valencia**. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño Valencia Venezuela.

- Govea y Urdaneta. (2011) **Mejoramiento continuo de calidad y productividad. Técnicas y herramientas** 2da Edición Caracas: CAF. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/865>.
- Gutiérrez, M. (2008). **Administrar para la calidad: conceptos administrativos del control total de la calidad.** México: Limusa S.A de C.V.
- Harrington, H. J. (1993) **Mejoramiento de los procesos de la empresa.** 4ta Edición. México: Mc.Graw-Hill Interamericana. S.A.
- Hernández S, (2011) **Metodología de la Investigación** 2^{da} Edición México: Editorial Mc Graw Hill.
- Kosior, E. (2017) **Propiedades térmicas y mecánicas del PET.** Pdf disponible en <http://www.siepla.essiepla> [Consultado Noviembre 20, 2019]
- Lares, H. (2014) **Los polímeros, estructuras complejas.** Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela.
- Madariaga, F. (2013) **Lean Manufacturing** 3ra Edición México: Bubok Publishin.
- Marero R., y Mejías C. (2010). “Técnicas de resolución de Problemas de Ingeniería” Ciudad de Guatemala, Guatemala: 5 Consultores.
- Marín C, (2019) **Plan estratégico para la disminución de desperdicios en el proceso de soldadura de las balanzas en la empresa Dicentro Balanzas C.A.** Universidad José Antonio Páez. Valencia Venezuela
- Maraña, J. (2005) **Instrumentación y Control De procesos.** En web: https://www.academia.edu/10047837/INSTRUMENTACION_Y_CONTROL_DE_PROCESOS Autor es JUAN CARLOS MARAÑA Area técnica Industria y Energía consultado el 6 de agosto del 2019.
- Menéndez, G (2014) **Administración de recursos humanos** 6ta Edición México: Mc.Graw-Hill
- Muñoz, C. (2010). **Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis.** México: Edit. Pretince Hall.
- Murillo, A. (2013) “Técnicas de Herramienta Digital” Caracas Venezuela: FEDEUPEL

- Ortiz, J. (2015). Rediseño del Sistema de Producción y Operaciones para el área de Inyección de la Empresa Amcor Rigid Plastic de Colombia. Bogotá Colombia.
- Parella, S y Martins, F. (2012). **Metodología de la investigación cuantitativa**. Caracas FEDEUPEL.
- Pérez, A. (2012). **Metodologías de investigación. Modelo para el diseño de una investigación educativa**. Caracas FEDEUPEL.
- Polimeni, Fabozzi, y Adelberg (2005) **Contabilidad de costos conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales**. 3ra Edición México Mc.Graw-Hill
- Rajadell, M. y Sánchez, J. L. (2010). **Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad**. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Rodríguez F (2016) **Propuesta de mejora en el área de extrusión de la empresa GoodYear de Venezuela C. A.** Instituto Universitario Politécnico Santiago MariñoValencia Venezuela.
- Rojas (2010) **Los Procesos de la Investigación Científica**.4^{ta} Edición. México: Limusa
- Sabino, C. (2012). **El Proceso de Investigación**. Editorial Panapo. Caracas - Venezuela
- Shook, J (2018). **Entender el pensamiento A3 Report Solving Tool**. Disponible en https://www.academia.edu/36731973/Understanding_A3_Thinking_A_Critical_Component_of_Toyotas_PDCA_Management_System. Durward K. Sobek. 1 de enero de 2008.
- Smiller,H.(2013) **Poka - Yoke**. Visualizar en: http://poka-yoke0020unal.blogspot.com/2013/11/blog-post_2125.html consultado el 3 de agosto del 2019.
- Tamayo, M. y Tamayo (2010) **El proceso de la Investigación Científica**. 4^o edición. México: Limusa

Villaseñor, A. y Galindo, E. (2011). **Sistema 5 S. Guía de implementación.** México, D.F.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. UPEL. (2014). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales.** (4ta Edición). Caracas: FEDUPEL

[www.http://portalweb/National/Electrical/Manufactures/Associatuón/MENA](http://portalweb/National/Electrical/Manufactures/Associatuón/MENA).

Consultado [12-deoctubre-2019]