



## **UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE  
LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN  
DEL DEPARTAMENTO DE SOPLADO DE BOTELLAS  
TIPO PET EN INDUSTRIAS EL CARMEN, C.A.**

**Autor:** Rodríguez, Ydaliana

Urb. Yuma II, calle N°3, Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 87123



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

**PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS OPERACIONES DE  
PRODUCCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SOPLADO DE BOTELLAS  
TIPO PET EN INDUSTRIAS EL CARMEN, C.A.**

Proyecto del trabajo de grado para optar por el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autor:**

Rodríguez, Ydaliana

C.I. 20.335.511

**Tutor:**

Ing. Jaime, Juan

C.I.4.134.078

**San Diego, Octubre de 2017**



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

FI-SE-I-008-2017-2

Valencia, 04 de Octubre de 2017.

Ciudadana:  
Rodríguez Ydalfina  
C.I: 20.335. 511  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 3-2017 de fecha 04/10/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado "PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SOPLADO DE BOTELLAS TIPO PET EN INDUSTRIAS EL CARMEN, C.A." Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación del Ing. Jaime Juan, C.I. 4.134.078 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Zulay Salcedo  
Decana (E) de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).

ZS/ff



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

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

• Quien suscribe, Ingeniero Jaime C. Juan Ferrer, portador de la cédula de identidad N°4.134.078 en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por la ciudadana Rodríguez Ramírez, Ydaliana de la Caridad, portadora de la cédula de identidad N°20.335.511, titulado **PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SOPLADO DE BOTELLAS TIPO PET EN INDUSTRIAS EL CARMEN, C.A.**, presentado como requisito parcial 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, a los veinticuatro días del Mes de octubre, del año dos mil diecisiete.

---

Ing. Jaime C. Juan Ferrer  
C.I.: 4.134.078

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a Dios y a mis santos por darme vida y salud para lograr lo que hasta ahora me he propuesto, a mi Abuelita Ana, quien ahora está con Dios y junto a él, guía y vigila mis pasos. Gracias abuela por bendecirme con tu presencia y tu amor en vida, hasta donde te lo permitió Dios, eres irremplazable. Esto es tuyo, te amo.

Le agradezco a mi Madre por tanto sacrificio, siempre me has sacado adelante y hoy día porto con orgullo, todas sus enseñanzas y valores aprendidos. Gracias por apoyarme siempre, gracias por celebrar mis alegrías y secarme las lagrimas cuando sentía que todo se me venía encima, siempre diré que todo se soluciona con un abrazo tuyo. Este logro es tuyo Mamito, te amo.

A mi abuelo Juan por siempre apoyarme y ayudarme desde que tengo uso de razón; a mi abuelo Cachu por siempre estar pendiente de mi; a mi abuela Gladys por tantas alegrías y tanto apoyo; a Lunita de mi alma, tu más que nadie sabes lo que es esta carrera, te doy las gracias por tu apoyo, amor y por siempre creer mi; a mis primos, en especial a Jesús, a mi tía Yanet por ser una consentidora, se que estas orgullosa de mi mamita, a la tía Romana por siempre alegrar mis momentos y por siempre creer en mí; a mi tía Viegla por ser una pieza fundamental en todo esto, gracias por tanto apoyo, tantas enseñanzas y amor, gracias por tanto. Gracias a todos estar. Familia es familia.

A los hermanos que me regaló la vida, Geruzza, Ailin, Igna, Milagros, Diego y Teo, gracias por ser un pilar principal en toda la carrera, sin ustedes no hubiese sido igual. Gracias por siempre sacarme sonrisas. Los adoro.

Gracias a la Sra. Sol y al Sr. Marcelino por ser mis padres también durante todo este tiempo, gracias por tanto apoyo. Los adoro.

Gracias a mi tutor, el Ing. Juan Jaime, por ser una bendición durante la investigación.

**Ydaliana Rodríguez Ramírez**

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mis Santos por siempre guiarme y por darme la fortaleza para superar todos los obstáculos que se me presentaron en el camino. A la estrella más brillante del cielo, mi abuela, se cuanto deseabas este momento, pero estas presente como siempre lo has estado y se que estas feliz por este logro. Te amo, esto es para ti.

A mi madre quien ha sido un ángel durante toda mi vida, por vivir conmigo cada lágrima y cada alegría de este proceso, siempre apostó a mí y me apoyó en todo lo que decidí. GRACIAS MAMÁ. TE AMO. Esto es para ti.

A mi Tía Viegla, por ser el señor sol de mis días, ella sabe por todas las pruebas, y de todo tipo, que he tenido que pasar para estar aquí, y siempre pero siempre, apostó y creyó en mí. TE AMO.

A mi abuelo Juan, que me ha enseñado infinitos valores, los cuales apliqué durante toda mi carrera y que hoy forman parte de mí, eres parte también de lo que soy.

A toda mi familia porque son la mayor bendición y riqueza que tengo en mi vida, esto es por y para ustedes.

A la Sra. Sol y al Sr. Marcelino pues ellos han sido parte de cada una de las lágrimas que derramé cuando el camino se puso difícil y compartieron cada una de mis alegrías, ustedes también son mi familia.

A mis amigas Igna, Geru y Ailin, y a mi amigo Diego, esto también se los dedico a ustedes, pues han estado en tantos momentos que es imposible enumerarlos, gracias por siempre creer en mí y por su amistad incondicional. Gracias por haber llegado, y por seguir a mi lado.

**Ydaliana Rodríguez Ramírez**

# ÍNDICE GENERAL

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.2 Formulación del Problema.....	10
1.3 Objetivos de la Investigación.....	10
1.3.1 Objetivo General .....	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	11
1.4 Justificación de la Investigación .....	11
1.5 Alcance y limitaciones.....	12
<b>II MARCOTEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la Investigación .....	13
2.2 Bases Teóricas .....	15
2.2.1. Línea de Producción.....	15
2.2.2. Productividad .....	15
2.2.3. AMEF – Análisis de modos y efectos de fallas .....	17
2.2.4 Diagrama de Ishikawa.....	24
2.2.5 Diagrama de Pareto.....	25
2.2.6 C.E.P - Control Estadísticos de Procesos .....	28
2.2.7 Definición de Términos Básicos.....	32

### **III MARCOMETOLÓGICO**

3.1. Tipo de Investigación.....	33
3.2 Diseño de la Investigación .....	34
3.3 Nivel de la Investigación .....	34
3.4. Población y Muestra .....	35
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	35
3.7. Fases de la investigación.....	36

### **IV RESULTADOS**

4.1 FASE I.Dignóstico de la situación actual .....	44
4.2 FASE II.Análisis de los elementos que afectan la productividad detectados en el diagnóstico.....	46
4.3 FASE III.Elaboración de estrategias para mejorar la productividad en la línea de producción de Industriasl El Carmen, C.A .....	58
4.4. FASE IV.Elaboración del impacto técnico-económico de las estrategias propuestas .....	79

<b>CONCLUSIONES</b> .....	83
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	84
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	85
<b>ANEXOS</b> .....	87

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp.
1. Diagrama de bloques del proceso de producción Soplado .....	5
2. Tipos de AMEF .....	19
3. Etapas de AMEF.....	20
4. Grado de severidad .....	22
5. Grado de Ocurrencia.....	23
6. Valor de la detección .....	23
7. Diagrama Causa – Efecto .....	25
8. Estructura general del diagrama de Pareto .....	27
9. Modelo de un Gráfico de Control.....	29
10. Diagrama de flujo del Departamento de Soplado de IC, C.A .....	45
11. Diagrama causa-efecto de la línea de soplado.....	46
12. Diagrama de Pareto .....	50
13. Gráfica de atributos P .....	58
14. Botella Buena .....	60
15. Defectos Menores .....	61
16. Defectos mayores .....	61
17. Defectos Mayores .....	62
18. Defectos Mayores .....	62
19. Defectos Críticos .....	63
20. Defectos Críticos .....	63
21. Defectos Críticos .....	64
22. Defectos Críticos .....	64

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Pp.</b>
1. Producción últimos tres años .....	5
2. Capacidades de Producción .....	7
3. Producción mes de Junio .....	8
4. Materia Prima .....	40
5. Equipos y Herramientas .....	41
6. Leyenda de las Causas que ocasionan botellas defectuosas .....	48
7. Datos para la construcción del Diagrama de Pareto .....	49
8. AMEF en la línea de soplado de IC, C.A .....	51
9. Datos para la construcción del diagrama P.....	57
10. Criterio de Evaluación.....	59
11. Formato para evaluación de los operarios .....	60
12. Formato de Mantenimiento AMEF .....	65
13. Plan de Reacción 1 .....	67
14. Plan de Reacción 2 .....	68
15. Plan de Reacción 3 .....	69
16. Plan de Reacción 4 .....	70
17. Plan de Reacción 5 .....	71
18. Plan de Reacción 6 .....	72
19. Plan de Reacción 7 .....	73
20. Plan de Reacción 8 .....	74
21. Plan de Reacción 9 .....	75
22. la relación existente en función de los costos y beneficios .....	81



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

**PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS OPERACIONES DE  
PRODUCCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SOPLADO DE BOTELLAS TIPO  
PET EN INDUSTRIAS EL CARMEN, C.A.**

**Autor:** Rodríguez, Ydaliana

**Tutor Académico:** Ing. Juan Jaime

**Fecha:** Octubre 2017

**RESUMEN**

La presente investigación busca enriquecer los canales de calidad de una organización, para que su estructura sea sólida y confiable; una compañía que no tenga líneas de calidad, fuertes y bien establecidas, puede lograr el éxito, pero de una manera poco eficaz y eficiente. Es importante capacitar al empleado, así como también enseñar los valores organizacionales, visión y objetivos y de esta manera trabajar en conjunto para llegar a la meta. Este trabajo propone estrategias basadas en la calidad para incrementar el desarrollo en la producción de Industrias El Carmen, C.A., realizando un estudio de campo y proyecto factible que permitió diagnosticar y analizar la situación actual tomando como población a 12 empleados y la muestra proveniente de la única línea de producción, determinando la evidente necesidad de la aplicación de mejoras. El objetivo es ubicar oportunidades de mejora y luego diseñar un plan de acción que permita atacarlas con eficacia, por medio de teorías creadas tanto por expertos como por el investigador, y utilizar técnicas de ingeniería industrial para realizar el estudio; una vez estudiado el caso, se evidenció debilidades en el control de calidad de la empresa y se ofrecieron una diversidad de estrategias que utilizándolas de manera adecuada el proceso se hace mucho más funcional, la inversión no es elevada y la atribución al patrimonio intangible de la empresa es significativo.

**Palabras claves:** defectuosas, herramientas, capacidad del proceso.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la globalización empresarial juega un papel preponderante, resulta vital para las organizaciones la mejora continua de sus procesos a fin de brindar productos y servicios de alta calidad garantizando así la satisfacción del cliente; en este punto, es de gran importancia la productividad de la empresa así como el ambiente laboral en el que se desenvuelvan los trabajadores, pues no es secreto que una persona desarrolla sus tareas de manera más eficaz y eficiente en un entorno agradable.

La productividad por su parte es una de las maneras más eficaces de medir el rendimiento de una organización, dado que permite realizar un balance entre inversión y resultado, comparando los recursos empleados con los productos obtenidos; siendo así un indicador importante a la hora de evaluar el nivel en el que se encuentran.

Bajo esta premisa las empresas en Venezuela vienen desarrollando planes, métodos y estrategias a fin de no detener la producción a pesar de la realidad del país, esto con miras a operar sin disminuir los estándares de productividad ya establecidos y buscando la consecución de los objetivos, misión y visión de la compañía. Para ello se cuenta con departamentos encargados de planificar, organizar, ejecutar y controlar las actividades propuestas y analizar oportunamente los resultados para medir el porcentaje de logro alcanzado respecto a la meta establecida.

Industrias El Carmen, C.A., es una empresa con más de 50 años en el mercado que ha presentado algunas dificultades en los últimos años, entre ellas, la falta de materia prima, que han traído como consecuencia reducir la gama de productos que ofrecían en sus inicios.

En base al panorama observado, en el presente trabajo especial de grado se realizará un estudio de la situación actual en la línea de producción de botellas de

plástico PET; con el objeto de delimitar las causas que originan los desperdicios, y cualquier otro aspecto que genere problemas para así brindar a la empresa estrategias que permitan incrementar la productividad, disminuir los costos y aumentar los beneficios.

Así pues, la presente investigación, está estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I: Planteamiento del Problema; se describe como está comprendida la empresa, presentando en éste una breve reseña, además, se desarrollan el objetivo general y los objetivos específicos que son los que garantizarán el éxito de dicho trabajo, así como la justificación que sustenta el porqué de la investigación, de igual forma, se describen los alcances y limitaciones encontradas.

Capítulo II: Marco Teórico; se presentan los antecedentes que sirven de referencia a la investigación, así como las bases teóricas.

Capítulo III: Marco Metodológico; se define el tipo y diseño de la investigación, unidad de análisis, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de análisis de datos y las fases de la investigación que permiten el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Capítulo IV: Resultados; describe el proceso que se ha de seguir en la elaboración de la propuesta a presentarse en la línea de producción, con el fin de proceder a realizar el plan de acción para desarrollar la productividad en la misma. Terminando las conclusiones a las cuales se llega con la investigación, así como las recomendaciones a la empresa.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Hoy en día las empresas a nivel mundial se ven en la obligación de impulsar nuevos enfoques y mejorar continuamente su dirección, organización, infraestructura y procesos para superar los diversos factores como el cambio organizacional, que no es más que aquella estrategia normativa que hace referencia a la necesidad de un cambio influenciada por agentes externos, bien sea la globalización o las situaciones de diversa índole presentadas en cada país que afectan su desempeño, logrando así aumentar sus niveles de productividad, competitividad y ofrecer productos de calidad. Es por ello que en el actual siglo XXI, donde impera un mercado cada vez más globalizado, es necesario apuntar a la maximización de la eficiencia de los procesos de producción, elevar los niveles de productividad, reducir los costos y aumentar la rentabilidad para así lograr una ventaja competitiva de carácter sustentable, ya que no solo es necesario hacer las cosas bien, sino hacerlas cada día mejor.

(Espinoza, 2016) señala que "la productividad resulta ser un indicador importante para soportar las políticas y programas de calidad de una organización, es pues el resultado de las acciones que se deben llevar a cabo para conseguir los objetivos de la empresa y tratar de garantizar un buen ambiente laboral. Al mismo tiempo demanda la correcta administración de los recursos a fin de lograr que todas las actividades sean desarrolladas eficientemente.

Uno de los factores que disminuyen la productividad es la falta de capacitación al personal, el mal diseño en los puestos de trabajo, la fatiga en los empleados, la falta de personal, el mal diseño en los puestos de trabajo, la fatiga en los empleados, la falta de estandarización de los tiempos de producción, entre otros aspectos

Es por ello que muchas organizaciones, sobre todo aquellas que tienen competencia cercana en su ámbito de trabajo, suelen estar altamente interesadas en mantener este indicador en la mejor posición posible y para ello realizan mediciones periódicas del mismo.

En Venezuela, las empresas requieren tomar acciones que incentiven al personal a mejorar continuamente, disponer de planes estratégicos, métodos de trabajo y procesos eficientes que se ajusten a la realidad del país y permitan responder a las situaciones cambiantes y riesgosas que se presentan actualmente, así como alcanzar los objetivos organizacionales. Las corporaciones deben evaluar constantemente cada una de las áreas que conforman sus procesos y de esta manera encontrar oportunidades de mejora.

En este camino busca incorporarse Industrias El Carmen, C.A fundada en febrero de 1962, con la firme intención de proveer a la población Venezolana bebidas alcohólicas, teniendo como objetivo principal tener una alta calidad en sus productos y procesos con el fin de satisfacer las exigencias de los consumidores. Entre estos productos se encuentran: Aguardiente El Carmen, B.E.S. Guárico, B.E.S. Moriche, B.E.S Palmita, Licor de Coco Coconis, Licor seco a base de tequila “Chiapas”, Sangría Sevillana y Whisky Escocés Winner.

En los últimos años las botellas de 1litro representan el 70% de la producción, siendo el restante 30% asignado a las botellas de 1,5 litros; es por eso que a continuación se presenta un cuadro de producción de botellas de 1 litro perteneciente a los últimos tres años (Ver Tabla 1):

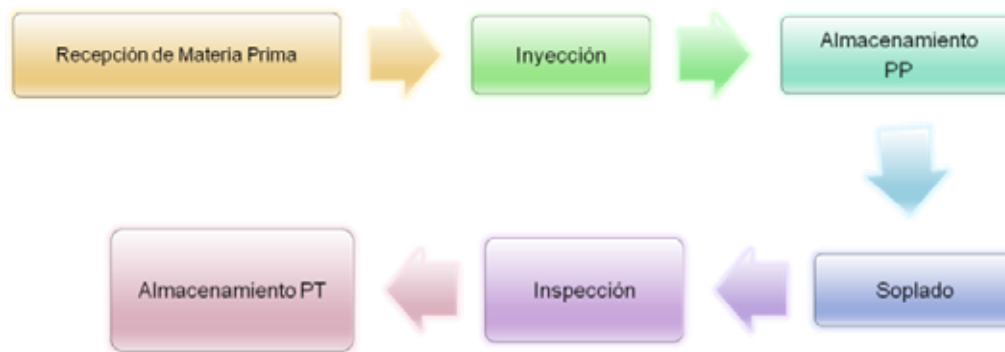
Haciendo una estimación por lo que resta de año podemos decir que la producción del 2017 será de: 
$$\text{Prod Año 2017} = \frac{120.000 \text{ botellas}}{7 \text{ meses}} * 11,5 \text{ meses} = 197.143 \text{ Botellas 1Litro.}$$

Para la elaboración de estos productos la empresa cuenta con dos plantas; Soplado, que se dedica a la producción de botellas de 1L y 1.5L y Envasado, lugar donde se encargan de preparar los licores y vinos. En soplado el proceso comienza desde la recepción de materia prima y el proceso de producción de las botellas es el siguiente (Ver Figura 1)

**Tabla 1 Producción últimos tres años**

Año	Producción (botellas 1 Litro)
2015	386.160
2016	338.160
2017 (hasta la fecha)	120.000

Fuente: Industrias El Carmen C.A; Rodríguez Ydaliana



**Figura 1 Diagrama de bloques del proceso de producción Soplado**

Fuente: Industrias El Carmen C.A; Rodríguez Ydaliana

Para la elaboración de las botellas el proceso inicia en la búsqueda de la resina en el almacén de materia prima, ésta es utilizada en el proceso de inyección, dicha operación se inicia llenando una tolva, de capacidad 2TM, en ésta operación entra en juego el operario, ya que para vaciar la resina, éste hace uso de un montacargas. La resina es transportada a través de una tubería, por succión, hasta un silo, equipo donde se retira la humedad de la misma, luego la resina es liberada a una cabina de calentamiento, donde es seguidamente fundida, en ésta etapa el operario debe hacer varias pruebas de calidad, necesarias y que forman parte del proceso, para ello éste realiza una purga a la inyectora que consiste en limpiar la máquina de la resina innecesaria, esto se hace para verificar que la máquina está en las condiciones específicas de temperatura. La siguiente fase es inyectar la resina fundida a una serie de moldes, y una vez culminada esta etapa las cavidades liberan las

preformas terminadas a una cinta transportadora y caen en una cesta donde el operario las retira haciendo uso de un montacargas, y las lleva al almacén de productos en proceso.

El siguiente proceso es el soplado, aquí las preformas son colocadas por un operario haciendo uso de un montacargas, en la tolva de la sopladora, donde las preformas suben a un dispositivo de ordenamiento y se introducen en un platillo o platorelo para ser llevadas al pre-horno y horno, aquí los moldes son un factor determinante ya que permiten cumplir con las especificaciones de las botellas de 1L y 1,5 L; una vez listas las botellas, éstas caen a una cesta donde un operario realiza la inspección de las unidades manualmente, y separa las defectuosas. Las unidades buenas son apiladas en paletas y luego son llevadas al almacén de productos terminados.

En el proceso de producción de Industrias El Carmen, C.A dirección Soplado, se observa, al final de la jornada de trabajo, unidades defectuosas provenientes de la operación de inyección y de soplado, es decir, en las preformas y en las botellas respectivamente. Las defectuosas generadas por la operación de inyección son mínimas, por lo tanto, podríamos decir que son despreciables dentro del proceso, al contrario de la operación de soplado, siendo éste el proceso de estudio.

A continuación, se presenta una serie de cálculos y datos que muestran cuantitativamente la problemática en el área de estudio, dentro del área de soplado de la empresa se encuentra la sopladora y su capacidad es 2400 botellas/hora = Capacidad MAQ; ante la imposibilidad de usar el 100% de la capacidad de la máquina, la gerencia adopta una capacidad ajustada y ésta solo alcanza el 52,08% de la capacidad de la máquina que a su vez representa la cantidad de 1250 botellas/hora, a pesar del tiempo de fundada la empresa, no se han enfocado a buscar el porqué no se consigue la capacidad máxima, pero, en realidad la capacidad actual de producción real y observada en el tiempo de estudio es de 960 botellas/hora. (Ver Tabla 2)

Tenemos que la producción máxima por día es de:

$$\text{Prod. Max.}/\text{Día} = \frac{6 \text{ paletas}}{\text{día}}$$

**Tabla 2 Capacidades de Producción**

<b>Capacidad</b>	<b>Producción</b>	<b>Porcentaje</b>
Capacidad Máquina	2400 botellas / hora	100%
Capacidad Ajustada	1250 botellas / hora	52,08% respecto a la capacidad de la máquina.
Capacidad Real (máxima)	960 botellas / hora	40% respecto a la capacidad de la máq. y 76,8% respecto a la capacidad ajustada.

Fuente: Rodríguez, Ydaliana.

$$Prod. Max./Día = \frac{7200 \text{ botellas}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{7,5 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = \frac{16 \text{ botellas}}{\text{min}}$$

De acuerdo a los datos tomados durante un mes en el área de producción de la planta de soplado (Ver Tabla 3) podemos decir que el promedio de unidades defectuosas por día es de 307 *unid defect/día*, también es importante acotar que los porcentajes de desviación estándar (Ver Tabla 3) tanto para la producción como para las unidades defectuosas es de 26,75% y 56,54% respectivamente, esto nos permite inferir que hay causas asignables dentro del proceso que se pueden mejorar a través de técnicas de calidad.

Ahora bien, con el dato promedio de las unidades defectuosas por día y la producción máxima se puede calcular el % de defectuosas por día:

$$\% \text{ defectuosas} = \frac{307 \text{ botellas defect}}{7200 \text{ botellas}} * 100 = 4,26\% \text{ o } 42600 \text{ ppm}$$

Es importante aclarar que las empresas de categoría mundial manejan 12 o 16 ppm dentro de sus procesos, es decir, que el porcentaje de defectuosas diaria para Industrias El Carmen, C.A, es bastante considerable.

**Tabla 3 Producción mes de Junio**

Producción Mes de Junio				
	paletas/día	Bot. producidas	botellas defect	% defect.
	2	2400	273	11,38
	4	4800	592	12,33
	6	7200	390	5,42
	5	6000	164	2,73
	4	4800	192	4
	4	4800	131	2,73
	6	7200	210	2,92
	5	6000	90	1,5
	7	8400	159	1,89
	6	7200	195	2,71
	6	7200	218	3,03
	6	7200	107	1,49
	6	7200	161	2,24
	5	6000	40	0,67
	5	6000	140	2,33
	6	7200	267	3,71
	2	2400	250	10,41
	6	7200	150	2,08
	5	6000	200	3,33
	4	4800	250	5,2
<b>total:</b>	<b>100</b>	<b>120000</b>	<b>4179</b>	<b>69,77</b>
<b>Media</b>		<b>6000</b>	<b>208,95</b>	<b>4,105</b>
<b>desv estándar</b>		<b>1605,25</b>	<b>118,15</b>	<b>3,35</b>
<b>% desv estándar</b>		<b>25,75</b>	<b>56,64</b>	

Fuente: Rodríguez, Ydaliana.

Durante este mes de producción se observó una producción real de:

$$Prod. Real / hora = \frac{120.000 \text{ botellas}}{mes} * \frac{1 \text{ mes}}{20 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{7,5 \text{ horas}} = \frac{800 \text{ botellas}}{hora}$$

Este número representa que durante este mes arrojó un 16,67% de disminución de la producción, comparándolo con la capacidad actual real de producción que es 960 botellas/horas.

El porcentaje de la desviación estándar en las defectuosas y en la producción, evidencia que dentro del proceso están actuando causas asignables de variación, y también es síntoma de que no se cumple con las entrega a tiempo para los clientes.

Seguidamente, llevando esta situación al enfoque monetario tenemos que:

$$\text{Costo de producción} = \frac{67,77 \text{ Bs}}{\text{botella}} \frac{1.656.000 \text{ botellas}}{\text{año}} = 112.227.120 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

$$\text{Bs perdidos por defectos} = 112.227.120 \frac{\text{Bs}}{\text{año}} * 4,26\% \text{ defect} = 4.780.876 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

Por último, se muestra la demora de entrega para las órdenes de producción:

76,8% de capacidad 1250 botellas/hora (Ver Tabla 2)

52,08% de capacidad 960 botellas/hora (Ver Tabla 2)

-24,72%

-4,26% de defectuosas

} -28,98 % pérdida de prod.\* 22 días hábiles = 6,37 días de retraso

A ésta problemática le sumamos que la materia prima (resina) utilizada para elaborar las preformas que a su vez terminarán como botellas en el producto final de esta planta, es importada, debido a la situación país ya se sabe el elevado costo que esto puede traer y en caso de no comprar la resina para ellos elaborar las preformas, hacen uso de un proveedor que suministre las preformas, esto quiere decir, que la pérdida monetaria cada vez que una botella sale del proceso de soplado como defectuosa, resulta bastante significativa para la empresa, estas dos situaciones tendrían un gasto extra que se debe cargar al producto, afectando así la utilidad final de la empresa. Por otra parte, el costo unitario de la preforma al ser adquirida por medio de un proveedor, será mucho más elevado, por ende, será mucho mayor la pérdida anual.

Por último, es importante acotar que Industrias El Carmen, C.A está en un mercado bastante exigente y muy competitivo, en donde productos como la Sangría Caroreña, Sangría Don Julián, licor de coco Naiguatá, entre otros, son su competencia directa, por ende debe estar siempre innovando y mejorando la productividad en todos sus procesos para así aumentar la calidad de sus productos y esto se vea reflejado en las ventas.

Ahora bien, ante la variación observada (Ver Anexo 1) en el tiempo de estudio, de 26,75% del promedio de la producción real y de 56,54% en el porcentaje de defectuosas,

nos permite inferir que hay una ausencia de control del proceso y a su vez están actuando causas asignables en el proceso.

La empresa Industrias El Carmen, C.A., en la actualidad no utiliza ni técnicas estadísticas tales como el control estadístico del proceso (CEP) ni técnicas de prevención de calidad como, el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), por lo que, la implementación del Control Estadístico de Proceso (CEP) en Dirección Soplado, dentro de la empresa Industrias El Carmen, C.A apoyándose en la herramienta para el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) permitirá identificar todas las causas, efectos y fallas dentro del proceso, haciendo énfasis en las potenciales, así como también aportará de manera cuantitativa cual exactamente es la capacidad del proceso para producir dentro de sus especificaciones, tomando como referencia aquella falla más crítica. La empresa obtendrá mayor eficiencia en la realización de las tareas, obteniendo así un control de los factores que puedan intervenir en el retraso del cumplimiento de la producción estimada, de esta forma se podrá maximizar la productividad y proporcionar mayores beneficios a la empresa que se verán reflejados en los tiempos de respuesta a los clientes.

## **1.2 Formulación del Problema**

Con el desarrollo de esta investigación se procura dar respuesta a ¿cuáles son los elementos que afectan la productividad en la línea de producción de soplado de la empresa Industrias El Carmen, C.A? y ¿Cuáles recomendaciones aportaría la investigación para mejorar la productividad del proceso Soplado?, Así como también ¿Cuáles serían los beneficios en caso de ser corregidas las fallas potenciales dentro de la operación Soplado, de la empresa Industrias El Carmen, C.A?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer un plan de mejoras para las operaciones de producción del departamento de soplado de botellas tipo PET en Industrias El Carmen, C.A.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar la situación actual de la operación de Soplado, perteneciente a la línea de producción de botellas de 1 litro, de la empresa Industrias El Carmen, C.A, identificando los factores críticos que generan desperdicios.

2. Analizar las causas que originan los defectos en las botellas de 1 litro y por consiguiente las pérdidas de la empresa.

3. Diseñar las estrategias que permitan reducir los niveles defectuosos en la operación de Soplado de botellas de 1 litro, pertenecientes a la línea de producción de la empresa Industrias El Carmen, C.A.

4. Evaluar la relación costo-beneficio de las estrategias propuestas.

### **1.4 Justificación de la Investigación**

Por medio de este trabajo, se contribuirá con la empresa Industrias El Carmen, C.A. a través de propuestas de mejoras, producto de la aplicación del control estadístico del proceso, complementando con la herramienta para el análisis de modos y efectos de falla, aumentando así la productividad en la operación de Soplado, perteneciente a la línea de producción de botellas de plástico tipo PET en la presentación de 1Litro, que permitirán aportar soluciones a las problemáticas identificadas y diagnosticadas en la empresa, de esta manera se podrá facilitar las actividades llevadas a cabo en dicho proceso. Al final se traducirán en una disminución de costos y mayor producción para la empresa. También será un aporte científico para la ilustre Universidad José Antonio Páez, específicamente para la Escuela de Ingeniería Industrial, por los métodos empleados para la solución de los problemas, los cuales podrán ser utilizados como referencia y orientación para futuras investigaciones relacionadas con esta área.

Dentro de este marco, esta investigación se justifica desde el punto de vista teórico, metodológico, práctico y organizacional.

Desde el punto de vista teórico, esta investigación procura proponer bases para la interrelación de los conceptos asociados al proceso de producción de botellas tipo PET, con el fin de construir una herramienta que contribuya con el mejoramiento organizacional de la empresa.

Desde el punto de vista metodológico, se basará en el método descriptivo, lo cual permitirá conocer cómo se realiza el proceso de producción, a los fines de determinar las debilidades y fortalezas, lo que a su vez dará conocimientos para la propuesta, que tratará de unificar todos los instrumentos de promoción de individuos dentro de una unidad operativa, en función de aspectos tales como tiempos de entrega, disminución de costos, aumento de la producción, entre otros, necesaria para la problemática objeto de estudio.

Por último, es importante para la autora de este trabajo, puesto que permite llevar en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica, logrando así desarrollar habilidades y destrezas en esta área, además proporciona la adquisición de experiencia estando en contacto con el ambiente laboral.

### **1.5 Alcance y limitaciones**

Las estrategias de mejoras a la productividad que se plantearán, podrán ser aplicadas específicamente a las actividades inherentes en la producción de botellas de plástico tipo PET de la empresa Industrias El Carmen, C.A. no obstante, los resultados podrían servir de base para otras organizaciones con similares características e interesadas a mejorar los procesos de producción para el logro de los objetivos. El mismo se ejecutará en los meses de septiembre, octubre y Noviembre del año 2017. Se debe señalar que la implementación de las estrategias de mejora no forma parte de los objetivos del Trabajo Especial de Grado, por lo que éstas serán llevadas a cabo sólo si la empresa lo considera necesario.

Por su parte en cuanto a las limitaciones encontradas al momento de desarrollar la investigación se destaca, pese a la disposición del personal de la empresa para brindar información y apoyo a la investigadora, debido a la falta de la resina (tereftalato de polietileno) no se cuenta con una gran cantidad de registros para la recolección de datos en cuanto a las unidades defectuosas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Todos los trabajos de investigación que anteceden al presente, es decir, aquellos donde se hayan manejado las mismas variables o propuesto objetivos similares; servirán de guía y permitirán hacer comparaciones y tener ideas sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad. Los antecedentes muestran los avances y estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones.

Martínez Gómez (2016) ante la Facultad de Estudios Zaragoza en México a través de su trabajo especial de grado, titulado “Elaboración de un plan de manejo de riesgos de medicamentos mediante la detección de errores de medicamentos en niños hospitalizados en un hospital de tercer nivel de la Ciudad de México” se ve evidenciado como a través de un AMEF representa las causas y raíces del problema planteado.

Todas estas investigaciones sirven de gran referencia para el desarrollo del trabajo que se está llevando a cabo y permitieron tener una guía para la elaboración del mismo, con miras a brindar a la empresa una serie de pautas que permitan mantener un ambiente de trabajo eficaz y eficiente.

Por otra parte, Lisbeth Roa (2016) presenta ante la Universidad Tecnológica del Centro, en su trabajo especial de grado, titulado “Control estadístico de proceso en planta APC limpieza valencia de alimentos polar”, planteó a través de una investigación de campo como objetivo principal, analizar mediante herramientas del CEP el desempeño del proceso de llenado en cuanto a control de pesos en planta de lavaplatos crema, para esto se realizó la verificación de que los límites de especificación en peso establecidos por las especificaciones para el proceso son los adecuados, se calculó la aptitud potencial del proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ), además se evaluó el comportamiento actual de los equipos en cuanto a las especificaciones de peso.

La vinculación con la presente investigación resulta importante, pues se podrá tomar como referencia la aplicación del CEP para determinar si el proceso produce dentro de las especificaciones y en forma consistente, además ayuda a mantener una actitud de mejora continua del proceso, que es lo que se busca en la presente investigación. Por lo que aportará una referencia positiva al estudio que se realiza.

Betancourt y Gómez (2014) ante la Universidad José Antonio Páez en su trabajo especial de grado, titulado “Plan de mejoras para reducir las pérdidas de botellas e insumos en la Línea PET de la Empresa Embotelladora Terepaima C.A., ubicada en Cabudare, Estado Lara”. En este proyecto de investigación se tuvo como objetivo general proponer un plan de mejoras para reducir la pérdida de materia prima e insumos en la línea PET. Se basa en los lineamientos de mejora continua y reducción de los altos porcentajes de desperdicios ya que representan un alto costo para la empresa, situación parecida a la actual investigación.

Por último, Yelitza García (2014) ante la Universidad Tecnológica del Centro, en su proyecto de control estadístico del proceso, titulado “análisis de modo y efecto de falla potencial”, planteó como objetivo general, describir la metodología analítica del Análisis del modo y efecto de falla potencial AMEF, mediante un caso práctico en la empresa Metalúrgica Carabobo, S.A (METALCAR). Orientada a mostrar el uso del Diagrama Causa - Efecto como una de las entradas de datos e información más idóneas para elaborar el AMEF, también, promover el uso del AMEF como metodología para garantizar la calidad del producto, y por último reconocer la diferencia entre los modos de falla potencial y las causas asociadas con el proceso de manufactura, y familiarizarse con los términos Severidad, Ocurrencia y Detección.

Durante el desarrollo del proyecto se ve evidenciado que mediante el uso del AMEF, se puede establecer un sistema de prioridades para el control de las acciones correctivas y preventivas.

Esta investigación contribuye a la autora del presente trabajo ya que plantea mejoras y comparten debilidades en zonas similares al actual objeto de estudio; así pues estas

similitudes pueden servir de soporte para el logro de los objetivos planteados, además sirve como referencia la utilización de la herramienta AMEF.

## **2.2 Bases Teóricas**

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. Línea de Producción**

(Cardona, 2010), señala que una línea de producción es un seguimiento de componentes discretos que pasan de una estación de trabajo a otra a un ritmo controlado, siguiendo la secuencia requerida para la fabricación de un producto.

### **2.2.2. Productividad**

El diccionario de la Real Academia Española (RAE), la productividad “Es un concepto que describe la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficies de tierras cultivadas, de trabajo o de equipos industriales”, (Consulta: Julio, 2017) desde <http://dle.rae.es/?id=UH8mXZv>.

Juran (1990), propone que la fórmula utilizada con más frecuencia para que las empresas midan su productividad es:

$$\frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{número total de horas hombre}} \text{(Ecuación 1)}$$

Esta fórmula se emplea en pequeñas, medianas y grandes empresas manufactureras, o talleres que fabriquen un conjunto homogéneo de productos. (p. 57)

Mientras que (Levitan, 1984), señala que la productividad es un indicador para reflejar que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios, por lo que la productividad es la relación entre recursos utilizados y

productos obtenidos, denotando la eficiencia con la cual los recursos humanos, capital, conocimientos, energía, entre otros, son usados para producir bienes y servicios en el mercado.

(Carballal, 2006), sostiene que el concepto más generalizado de productividad es el siguiente:

“Productividad = Producción = Resultados Logrados / Insumos Recursos Empleados”.  
(p. 12)

Tal planteamiento transfigura la esencia de la productividad más allá de una simple medida de un proceso de producción o del volumen de producción, sino también como una medida de la combinación y utilización de los recursos requeridos para obtener un bien y/o servicio deseado.

Por su parte Fernández (2010), infiere que la productividad:

Se constituye en uno de los principales objetivos estratégicos de las empresas, debido a que sin ella los productos o servicios, no alcanzan los niveles de competitividad necesarios en el mundo globalizado. Es la relación entre la producción obtenida y los insumos utilizados. Mientras más eficientes y eficaces seamos en la utilización de los recursos, tanto más productivos y competitivos podremos ser. (Obtenido de la Red Mundial el 16 de Julio de 2011.) (p. 32)

Este concepto destaca la importancia de incorporar la productividad como objetivo estratégico organizacional, para obtener una ventaja competitiva en el mercado, mediante el desarrollo de actividades y operaciones eficientes y eficaces, punto importante para que una vez descrito y analizado el proceso de producción en estudio, se resguarde la intención de promover un plan de mejoras a dicho proceso que incremente la productividad.

Para las autoras de este trabajo la productividad es la cantidad de unidades técnicas obtenidas con la mejor utilización de los recursos tanto humanos como materiales en el menor tiempo posible, para de esta manera ser más competitivos.

### **Beneficios del incremento productividad**

Según (Quillupangui, 2014) en su trabajo de grado, el aumento de la productividad ayuda a las empresas a generar mayor utilidad y con ellos adecuar con mejores tecnología a sus instalaciones, generando mayor productividad. También son beneficiados los trabajadores, pues obtendrán mayor ingreso al aumentar la productividad de la empresa mejorando así su calidad de vida. Por otra parte los empresarios ganaran más conforme se invierta y se incentive a ser productivo, y finalmente el más beneficiado será el consumidor al adquirir los productos a bajos costos. Como se puede observar la productividad abarca a toda la cadena de valor desde los inversionista hasta el consumidor.

### **2.2.3. AMEF – Análisis de modos y efectos de fallas / FMEA - FailureMode and EffectAnalysis**

#### **Reseña histórica**

La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de los Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado “Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad” y elaborado el 9 de noviembre de 1949, este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.

En 1998 la organización internacional para la Estandarización (ISO), publicó las serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió en el área automotriz el QS 9000, éste fue desarrollado por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores, de acuerdo con las normas del QS 9000 los proveedores automotrices deben emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control.

Posteriormente, en febrero de 1993 el grupo de acción automotriz industrial (AIAG) y la sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC) registraron las normas AMEF para su implementación en la industria, estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J-1739. Los estándares son presentados en el manual de AMEF aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors; este manual proporciona lineamientos generales para la preparación y ejecución del AMEF.

Actualmente, el AMEF se ha popularizado en todas las empresas automotrices americanas y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas a nivel mundial.

### **Definición de AMEF**

El diseño de modos y efectos de fallas potenciales AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstos ocurran, con el propósito de eliminarlos o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de formas sistemáticas y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.

- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.

- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.

- Analizar la confiabilidad del sistema.

- Documentar el proceso.

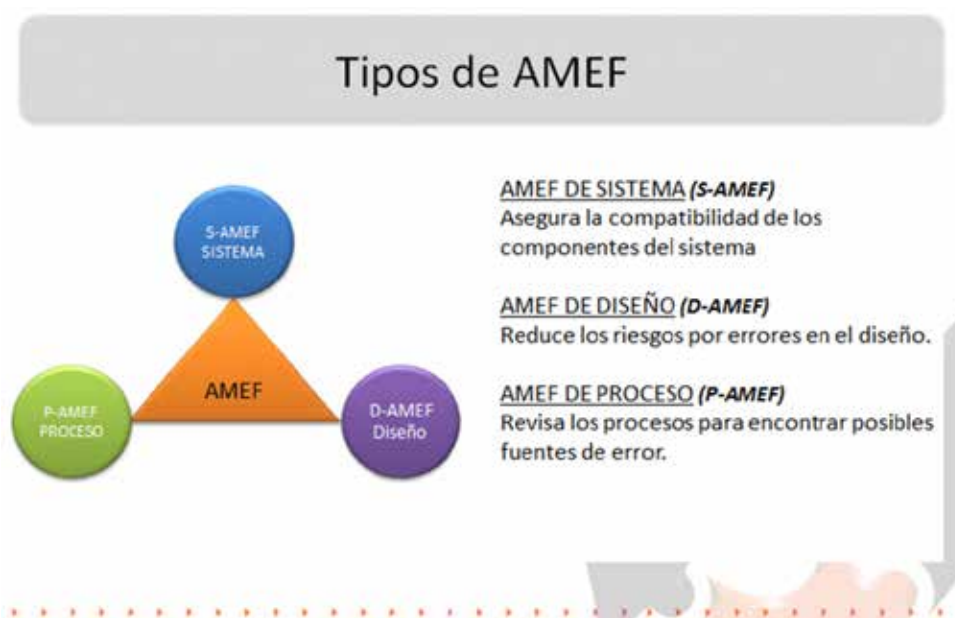
Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que éstos se

encuentren en operación o en fase de proyecto, así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

**Los beneficios de implantación de AMEF en un sistema son:**

- Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran
- Reducir los costos de garantías
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re-trabajos)
- Procesos de desarrollo más cortos
- Documenta los conocimientos sobre los procesos
- Incrementa la satisfacción del cliente
- Mantiene el Know-How en la compañía

**Tipos de AMEF** (Ver Figura 2)



**Figura 2 Tipos de AMEF**

Fuente: lean Solutions

### Etapas Del AMEF(Ver Figura 3)



**Figura 3 Etapas de AMEF**

Fuente: Lean Solutions

#### AMEF de diseño (D-AMEF)

- Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los Modos de Falla asociados con la funcionalidad de un componente, causados por el diseño
- Evalúa subsistemas del producto o servicio.

#### AMEF de proceso (P-AMEF)

- No debe utilizar controles en el proceso para superar debilidades del diseño.
- Se usa para analizar los procesos de manufactura, ensamble o instalación. Se enfoca en la incapacidad para producir el requerimiento que se pretende,
- Los Modos de Falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF de Diseño.
- Asume que el producto según el diseño cumplirá su intención final
- Evalúa cada proceso y sus respectivos elementos
- Usado en el análisis de proceso y transiciones.

### **AMEF de proceso (P-AMEF)**

- Se usa para analizar los procesos de manufactura, ensamble o instalación. Se enfoca en la incapacidad para producir el requerimiento que se pretende,
- Los Modos de Falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF de Diseño.
- Asume que el producto según el diseño cumplirá su intención final
- Evalúa cada proceso y sus respectivos elementos
- Usado en el análisis de proceso y transiciones

### **¿Cuándo iniciar un AMEF?**

- Cuando el proceso es muy complejo.
- Cuando un producto o servicio nuevo está siendo diseñado.
- Cuando un proceso es creado, mejorado o re diseñado.
- Cuando productos existentes, servicios, o procesos son usados en formas nuevas o nuevos ambientes.
- En el paso de mejorar problemas potenciales en las soluciones encontradas.

### **Pasos para hacer un AMEF**

- 1) Determine el producto o proceso a analizar
- 2) Determinar los posibles modos de falla
- 3) Listar los efectos de cada potencial modo de falla
- 4) Asignar el grado de severidad de cada efecto, la Severidad es la consecuencia de que la falla ocurra.
- 5) Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra
- 6) Asignar el grado de detección de cada modo de falla. La detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente
- 7) Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo) de cada efecto  
$$\text{NPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{detección}$$
- 8) Priorizar los modos de falla
- 9) Tomar acciones para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla

10) Calcular el nuevo resultado del NPR para revisar si el riesgo ha sido eliminado o reducido.

**Determinar el grado de severidad**

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: el ‘1’ indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia grave. (Ver Figura 4)

Efecto	Rango	Criterio
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada - falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

**Figura 4 Grado de severidad**

Fuente: Lean Solutions

**Calcule el valor del NPR**

Es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla, identificando ítems críticos.

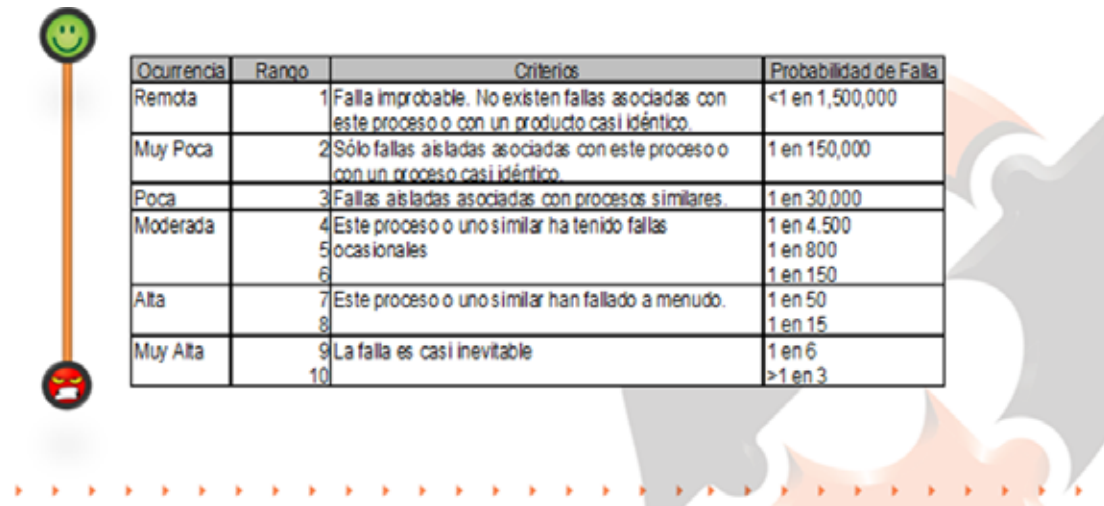
$$\text{NPR} = \text{ocurrencia} * \text{severidad} * \text{detección}$$

**Prioridad de NPR:**

- 500 – 1000 Alto riesgo de falla
- 125 – 499 Riesgo de falla medio

- 1 – 124      Riesgo de falla bajo
- 0              No existe riesgo de falla

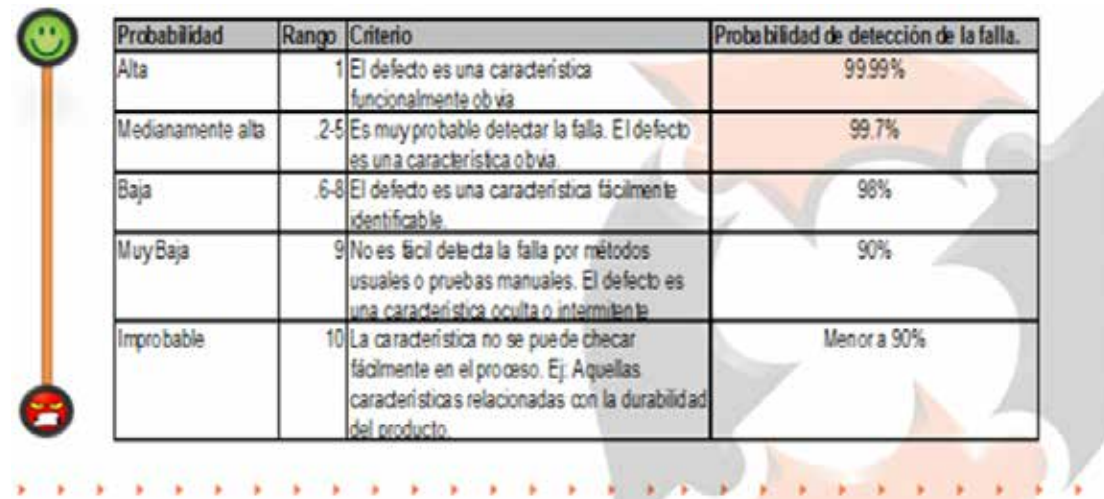
**Determinar el grado de ocurrencia** (Ver figura 5)



**Figura 5 Grado de Ocurrencia**

Fuente: Lean Solutions

**Determinar el valor de la detección** (Ver Figura 6)



**Figura 6 Valor de la detección**

Fuente: Lean Solutions

#### **2.2.4 Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa, conocido también como Causa-Efecto o Diagrama de Espina de Pescado, fue desarrollado por el Dr. Kaoru Ishikawa en 1953. Consiste en una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema, lo cual la convierte en una herramienta de la Gestión de la Calidad ampliamente utilizada dado que orienta la toma de decisiones al abordar las bases que determinan un desempeño deficiente.

La utilización del Diagrama de Ishikawa se complementa de buena forma con el Diagrama de Pareto el cual permite priorizar las medidas de acción relevantes en aquellas causas que representan un mayor porcentaje de problemas y que usualmente en término nominales son reducidas.

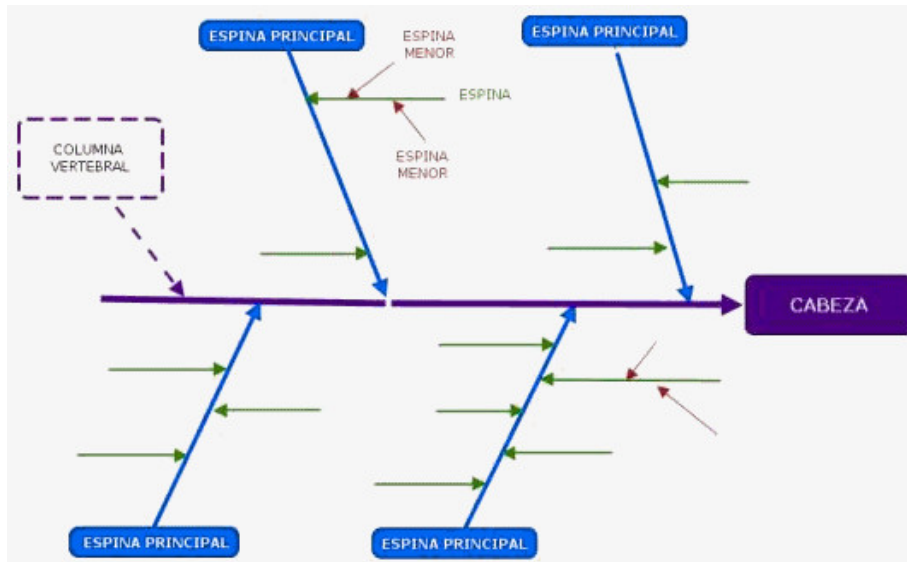
La estructura del Diagrama de Ishikawa es intuitiva: ya que identifica un problema o efecto y luego enumera un conjunto de causas que potencialmente explican dicho efecto y luego enumera un conjunto de causas que potencialmente explican dicho comportamiento. Adicionalmente cada causa se puede desagregar con grado mayor de detalle en subcausas. Esto último resulta útil al momento de tomar decisiones correctivas dado que se deberá actuar con precisión sobre el fenómeno que explica el comportamiento no deseado.

Una representación del Diagrama de Causa-Efecto o Diagrama de Espina de Pescado tiene la siguiente forma (Ver Figura 8):

#### **Pasos para construir un Diagrama de Ishikawa**

El diagrama se elabora de la siguiente manera:

1. Se debe concretar cuál va a ser el problema o “efecto” a solucionar, se dibuja una flecha y se pone el tema a tratar al final de la misma.
2. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal, se pueden establecer categorías dependiendo de cada problema.



**Figura 7 Diagrama Causa – Efecto**  
Fuente: GEO Tutoriales

3. Se debe identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, esto se puede realizar mediante un análisis de cada parámetro, escribiendo cada causa de forma concisa.
4. Se puede hacer una asignación de la importancia de cada factor.
5. Se usan 5 categorías para definir el esquema de Ishikawa: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente; conocidas como las 5M's.

Se puede establecer una relevancia de las causas principales para tratar unas antes que otras, además se puede añadir cualquier otra información que sea de utilidad para el proceso y ayude a la resolución del problema.

### **2.2.5 Diagrama de Pareto**

#### **Origen del Diagrama de Pareto**

En 1909 el economista y sociólogo Vilfredo Pareto (1848-1923) publicó los resultados de sus estudios sobre la distribución de la riqueza, observando que el 80% de la misma se encontraba concentrada en el 20% de la población.

A finales de los años 30, durante una visita a la central de General Motors Corporation para el intercambio de buenas prácticas de ingeniería industrial, Juran tuvo la oportunidad de conocer los trabajos de Pareto sobre la distribución de la riqueza.

Más adelante Juran, mientras preparaba la primera edición de su obra Manual de Control de la Calidad, se vio ante la necesidad de dar un nombre corto al principio de “los pocos vitales los muchos triviales”. Bajo el título “La Mala distribución de las Pérdidas de Calidad” en el que figuraban numerosos ejemplos de mala distribución, también señaló que Pareto había encontrado mal distribuida la riqueza. Juran reconoce que si hubiese expuesto su trabajo de otro modo, seguramente se habría denominado Principio de Juran, al que hoy se como Principio de Pareto y consecuentemente, hoy se denominaría Diagrama de Juran, al que se utiliza bajo el nombre de Diagrama de Pareto.

Para finalizar, las curvas acumulativas características del diagrama de Pareto, se deben al economista norteamericano, Max Otto Lorenz (1905), quien dedujo la curva de Lorenz: una medida de la desigualdad en los ingresos de una sociedad.

### **Definición**

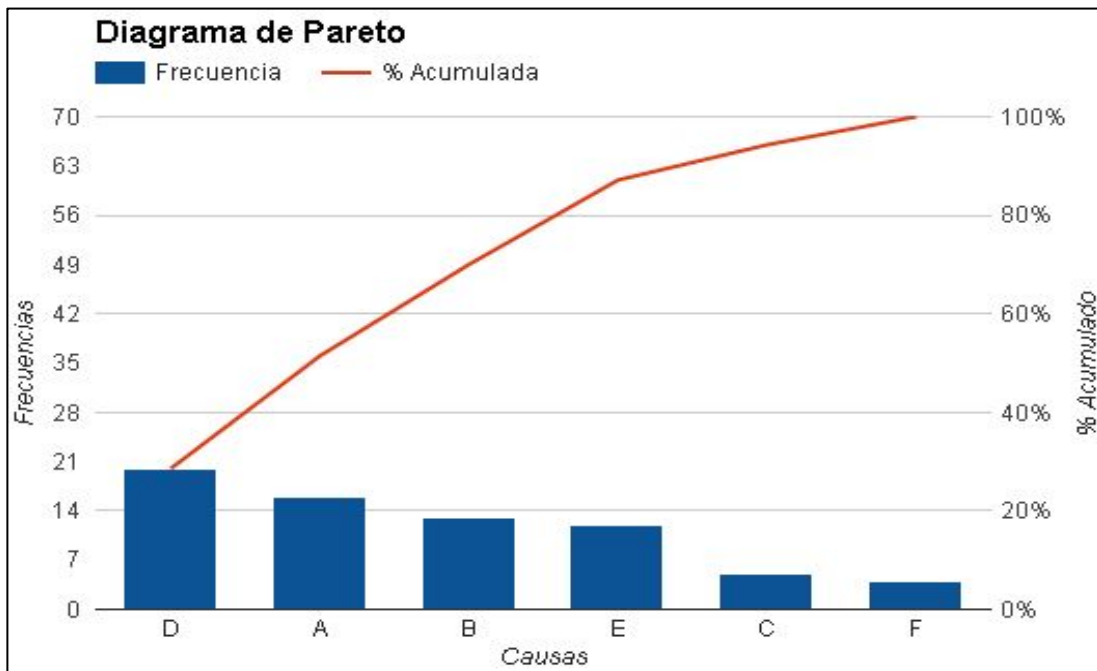
El diagrama de Pareto es un método gráfico de organización de datos sobre un plano cartesiano, que permite analizar y establecer de forma sencilla un orden de prioridades, discriminando entre los problemas fundamentales (que son vitales y pocos) y los triviales, que son muchos y de menor importancia. Es una gráfica de barras verticales que brinda respuestas categorizadas en orden descendente, muy utilizada en estadística de procesos. Este diagrama se basa bajo el principio de Pareto, éste establece que el 80% de las consecuencias se derivan de 20% de las causas; regla 80/20.

Por consiguiente, Domenech (2012), afirma que el Diagrama de Pareto “es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar”. (p.36). En la Figura, se puede apreciar de forma general la estructura del Diagrama de Pareto.(Ver Figura 9)

### **Elaboración del Diagrama de Pareto**

Los pasos a seguir para la elaboración del diagrama de Pareto son:

- 1) Seleccionar los datos que se van a analizar, así como el periodo de tiempo al que se refieren dichos datos.
- 2) Agrupar los datos por categorías, de acuerdo con un criterio determinado.
- 3) Tabular los datos, comenzando por la categoría que contenga mas elementos siguiendo en orden descendente.



**Figura 8 Estructura general del diagrama de Pareto**

Fuente: Aiteco

- 4) Calcular las frecuencias: absoluta, absoluta acumulada, relativa unitaria, relativa acumulada
- 5) Dibujar el diagrama de Pareto
- 6) Representar el grafico de barras correspondiente, que en el eje horizontal aparecerá también en orden descendente.
- 7) Delinear la curva acumulativa. Se dibuja un punto que represente el total de cada categoría. Tras la conexión de estos puntos se formará una línea poligonal.
- 8) Identificar el diagrama. Etiquetándolo con el título, fecha de elaboración, periodo estudiado, entre otros.

9) Analizar el diagrama de Pareto.

## **2.2.6 C.E.P - Control Estadísticos de Procesos**

### **Definición**

El CEP es una herramienta estadística que se utiliza en el puesto de trabajo para conseguir el producto adecuado y a la primera. Los gráficos de control o cartas de control constituyen el procedimiento básico del C.E.P. Con dicho procedimiento se pretende cubrir 3 objetivos:

- 1) Seguimiento y vigilancia del proceso.
- 2) Reducción de la variación.
- 3) Menos costo por unidad.

En cualquier proceso productivo, por muy bien que se diseñe y por muy cuidadosamente que se controle, siempre existirá una cierta variabilidad inherente, natural, que no se puede evitar. Esta variabilidad natural, es el efecto acumulado de muchas pequeñas causas de carácter, esencialmente, incontrolable. Cuando la variabilidad natural sea relativamente pequeña consideraremos aceptable el nivel de funcionamiento del proceso y diremos que la variabilidad natural es originada por un ‘sistema estable de causas de azar’ por ende se dice que está bajo control estadístico

Por el contrario, existen otras causas de variabilidad que pueden estar, ocasionalmente, presentes y que actuarán sobre el proceso. Estas causas se derivan, fundamentalmente, de tres fuentes:

Ajuste inadecuado de las máquinas

Errores de las personas que manejan las máquinas

Materia prima defectuosa.

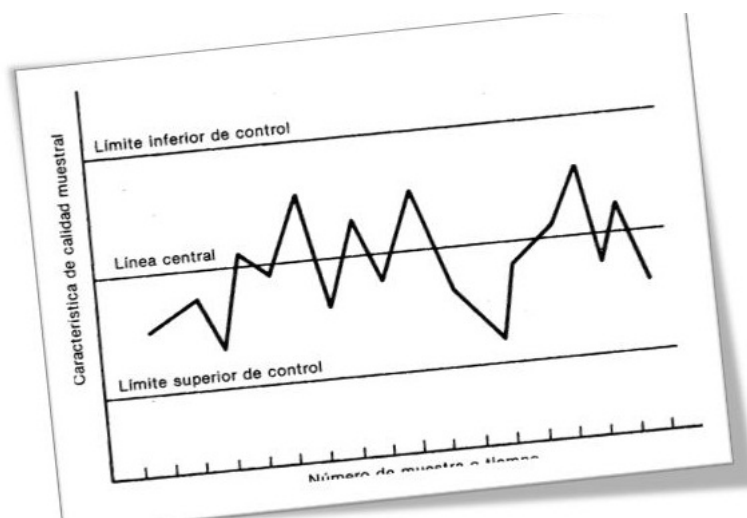
La variabilidad producida por estas causas suele ser grande y habitualmente sitúa al proceso en un nivel inaceptable de funcionamiento. Denominaremos a estas causas “

” y decimos que está fuera de control estadístico.

Un objetivo fundamental del C.E.P. es detectar rápidamente la presencia de “causas asignables” para emprender acciones correctoras que evite la fabricación de productos defectuosos.

## **Gráficos de Control**

Los gráficos de control o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente, una Carta de Control es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso, es decir, determina si el modelo de probabilidad (variabilidad) es estable o cambia a lo largo del tiempo. (Ver Figura 9)



**Figura 9 Modelo de un Gráfico de Control**

Fuente: Isotools

## **Tipos de Gráficos de control**

Los tipos de gráficos existen de acuerdo a los tipos de datos con los que se esté trabajando, éstos pueden ser:

Datos variables: son aquellos que incluyen medidas numéricas sobre un producto o material, tales como su tamaño, peso o edad

Datos de atributos: consideran la calidad de un producto o artículo en lugar de números cuantificables, es decir, es un conteo de una sola variable en específico.

**Esta investigación se enfoca en la toma de datos por atributos, por lo tanto, el gráfico de control que se va a usar es El Gráfico P para porcentajes defectuosos, esto es debido a los registros que actualmente se manejan dentro del área de soplado de la empresa.**

### **Gráfica de proporciones o Gráfica P**

Analiza la proporción de artículos que no cumplen con las especificaciones en un lote producido. Se considera que un artículo es defectuoso cuando éste no cumple las especificaciones. Los datos de atributos por tanto sólo asumen 2 valores: "bueno" o "malo" ("aceptable" o "defectuoso").

Para construir una **Gráfica p** se requieren tomar muestras suficientemente "grandes" para que contengan varios artículos defectuosos. Principalmente se busca garantizar que la muestra sea representativa de la población. Es conveniente definir claramente el procedimiento de obtención de las muestras de modo que se puedan identificar posibles causas asignables que expliquen, por ejemplo, una proporción mayor de defectuosos.

Los límites de control para la **Gráfica de Proporciones** se obtienen a través de las siguientes fórmulas:

Línea central:  $p$

$$\text{Límite Inferior: } p - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$\text{Límite Superior: } p + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

### **Pautas para la implementación del estadístico del proceso**

#### **1) Definir la operación a controlar bajo C.E.P.**

Hay dos fuentes:

- a) Variable crítica o de seguridad mandataria a controlar bajo CEP por la corporación (Establecido en la hoja de procesos)
- b) Defecto repetitivo detectado por los reclamos de garantía ó por las auditorías internas.

**2) Definir la frecuencia y tamaño de la muestra.**

**Frecuencia:** Es el número de unidades por día a las cuales se les va a realizar la medición. No hay criterios teóricos para esto se debería definir un %. Si son 12und.lIdía y la frecuencia es 30% serían 4und.lIdía (una sí, tres no), es crítico respetar la frecuencia para evitar saltos en el gráfico.

**Tamaño de la Muestra:** Una medición ó una observación es un dato una muestra debe tener 2 o más datos.

**Condición 1.** Hay casos en que un dato es de una sola unidad así que una muestra tamaño 2 corresponderá a 2 unidades.

**Condición 2.** Hay casos en que los 2 datos mínimos se pueden tomar a una unidad.

**Condición 3.** Hay casos en que los 3 datos se toman a una unidad entonces 3 datos corresponden a una unidad.

Si por un momento de producción y por restricción de estándares nos viésemos obligados a reducir el N° de muestras de condición (3) a condición (2) ó de condición (2) a (1), siempre mantendríamos el dato donde es más difícil realizar la operación o donde esta sea más crítica.

**3) Recolección de datos (no-control estadístico)**

Se de recoger mínimo un grupo de 25 grupos de muestra con el tamaño y la frecuencia establecida, durante esta etapa se deben garantizar condiciones estándar.

Condición estándar { *1. Flujo constante de producción.*  
*2. Herramientas y equipos según oja de procesos.*  
*3. Operario calificado siguiendo método estándar.*

**4) Cálculo de límites de control**

Línea central:  $p$

$$\text{Límite Inferior: } p - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$\text{Límite Superior: } p + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Donde:  $p$  = promedio de las defectuosas.

$n$  = total de la producción.

### 5) Graficar los datos e interpretar los resultados

A continuación se realiza la gráfica, en la cual se marcan los límites de control y en relación a ellos se grafica el número de defectuosos de cada una de las muestras. Además se compara el proceso con los límites de especificaciones, se observa el comportamiento del proceso de acuerdo con la gráfica y se sacan conclusiones.

#### 2.2.7. Definición de Términos Básicos

**Producción de productos defectuoso:** El producto final no cumple los requerimientos de calidad, debido a diseños y especificaciones pobres, carencia de planeación y control, falta de coherencia entre el diseño y la producción.

**Tereftalato de polietileno (PET):** Es un tipo de plástico (tipo 1) muy usado en envases de bebidas y textiles. Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad, puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termoconformado.

**Máquina:** Es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado.

**Mejoras:** Adelantar, incrementar, modo más conveniente de manejar algo.

**Departamento:** Se refiere a las divisiones dentro de una organización y se organizan según diferentes parámetros.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación resume los pasos que se siguieron desde el momento en que se inicia el diseño de la propuesta para mejorar la planificación de la producción de botellas de plástico tipo PET de la empresa Industrias El Carmen, C.A. hasta cumplir con los objetivos planteados en la investigación.

La metodología entonces se entiende, como la estructura modelo que se sigue durante la realización de un estudio o investigación para lograr pleno conocimiento de las variables que influyen en determinada situación, dando así respuesta a las inquietudes que generan en un caso particular de estudio.

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Según Arias (2004) expresa que la investigación “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. (p. 25)

De manera similar, las definiciones dadas por la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2010) sintetizan que el proyecto factible:

Consistirá en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades (p. 21).

De acuerdo a la naturaleza del estudio en cuestión, el mismo estará enmarcado dentro de la modalidad de un Proyecto Factible, el cual es aquel proyecto que, por sus características, pueden materializarse para brindar solución a determinados problemas. Esto quiere decir que los proyectos factibles son viables y permiten satisfacer una necesidad

concreta, detectada tras un análisis previo, tal es el caso de la empresa Industrias El Carmen, C.A., donde se plantea proponer estrategias para la mejora de la productividad en la línea de producción de botellas tipo PET.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

Respecto al diseño de investigación Sabino (1996), señala que:

Una investigación de campo es aquella que se refiere a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad lo cual permite al investigador cerciorarse de las verdaderas condiciones de la información, haciendo posible detectar las consecuencias externas de dicha investigación. (p. 34)

Es necesario que el estudio que se está realizando adopte un diseño que proporcione a las autoras definir la metodología que se va a emplear para validar los datos y a su vez plasmar la información de manera clara en pro de satisfacer las interrogantes planteadas. Según Altuve (1980), considera que un diseño de investigación es, “la presentación de las condiciones que posibilitan la recolección y análisis de datos, de tal forma que se puedan combinar resultados relevantes con la economía de procedimientos”. (p.89).

Por ello la presente, se llevó a cabo mediante un diseño debido a que según Arias (2006), “los datos serán recolectados directamente de los sujetos investigados, o la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”. (p. 45)

### **3.3 Nivel de la Investigación**

Además, este autor también expresa que la investigación “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24); de allí que este estudio sea reconocido como tal puesto que plantea la situación estudiada como ocurre en la realidad, sin manipulación alguna, con todos sus rasgos y características en un momento único del tiempo y conducirá a mantener, corregir, reformar, transformar o cambiar la situación abordada en la empresa Industrias El Carmen, C.A., si a ello dieran lugar los resultados encontrados en el trabajo.

### **3.4. Población y Muestra**

Se entiende por población todo el conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas de las cuales se desea obtener información y que generalmente son inaccesibles.

Por su parte, Arias, (2012) define a la población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p.81). En este caso la población está representada por el departamento de producción de botellas tipo PET de la empresa Industrias El Carmen, C.A. conformado por 12 personas, ya que es donde se enfocará el estudio.

Para la selección de la muestra se utilizará el muestreo no probabilístico intencional, que según Sampieri, (2014), es “la técnica de selección de los elementos con base en criterios o juicios preestablecido por el investigador” (p.85). Atendiendo a este concepto, la muestra estará representada por una única línea de producción de la empresa Industrias El Carmen, C.A, en donde se detectó un aumento de las botellas defectuosas para un total de 4179 unidades, obtenidos durante un mes de producción.

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

Para obtener la información necesaria del estudio se utilizarán como técnicas de recolección de datos primarios la observación directa, mediciones y entrevistas en su modalidad no estructuradas al personal involucrado en la línea de soplado de botellas tipo PET, las cuales permitirán determinar las condiciones actuales de los procesos, métodos y comportamientos en el área de trabajo, a fin de identificar todos los problemas e inconvenientes presentes.

Según Arias (2006), indica que la observación directa consiste “en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (p.67)

La entrevista no estructurada, según Arias (2004) es

Más que un simple interrogatorio es una técnica basada en un dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un

tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida (p.73).

La obtención de los datos secundarios, que son aquellos que han sido obtenidos y procesados por otro investigador, se hará a través de los registros de la empresa con información relevante para el estudio, la revisión de textos bibliográficos, trabajos de grado y consultas a internet.

### **3.6. Herramientas para el Análisis de Datos**

En relación con las técnicas de análisis de datos, Balestrini (1999), expresa “al culminar la fase de relación de la información, los datos han de ser sometidos a un proceso de elaboración técnica, que permite recontarlos y resumirlos antes de introducir el análisis diferenciado a partir de procedimientos estadísticos.” (p.149).

Ahora, para analizar de forma crítica la información obtenida y determinar las posibles causas de los problemas presentes en el área, se implementaron herramientas y estrategias basadas en la mejora continua que permitan a la empresa adoptar la filosofía Lean Manufacturing. Para diagnosticar la situación actual del área en estudio se realizó una observación por varias semanas del proceso de la sopladora, específicamente en la máquina SIAPI, que determinaron la raíz de los problemas presentes en la línea, posterior a esto se observó la severidad, la ocurrencia y la detección de cada falla que se iba presentando en el proceso, por lo que para ello también es necesario aplicar la herramienta de ingeniería, análisis de modos y efectos de falla (AMEF) para calcular a través del NPR aquellas situaciones críticas en las que ya se deben tomar medidas correctivas inmediatas y aquellas que ya presentan un riesgo de falla para el proceso, también se cuantificó la unidades defectuosas durante esos días de observación, con la finalidad de tener un registro que permitiera calcular la capacidad actual del proceso y ayudar a construir el gráfico de control del proceso.

### **3.7. Fases de la investigación**

#### **FASE I. Diagnóstico de la situación actual.**

Esta fase consiste en la realización de visitas al área de producción de botellas tipo PET de la empresa, donde se observó de forma directa las diferentes operaciones realizadas por la máquina SIAPI en el proceso de fabricación, se hicieron entrevistas

informales al personal, con el fin de recolectar la información referente a la operación de la máquina, defectuosas en el moldeo o antes del moldeo, el proceso de alimentación de preformas, en el túnel de pre-calentamiento y calentamiento, fallas comunes, ocurrencia, tiempo y los diversos factores que influyen en el desarrollo de las actividades, de tal modo que se logren identificar los problemas presentes. Además se debe recurrir a la consulta detallada de material bibliográfico, Trabajos de Grado relacionados con el tema de estudio e internet como apoyo para el desarrollo de esta etapa.

### **FASE II. Análisis de los elementos que afectan la productividad en la línea de producción**

En esta etapa se realizó un análisis detallado de la situación actual en la línea de producción, a través del procesamiento de la información recopilada en la Fase I, con la utilización de una tormenta de ideas, AMEF, y CEP que permitieron determinar y cuantificar los diferentes elementos que dan lugar a las deficiencias detectadas, el impacto de éstos en el desarrollo de las actividades y como podrían eliminarse o mejorarse.

### **FASE III. Propuestas de estrategias de mejoras.**

Esta fase está basada en generar estrategias orientadas a la mejora continua en el proceso de producción adaptándose a las necesidades de la empresa, presupuesto y tiempo, con el objetivo de minimizar los costos asociados a esta actividad y garantizar mejores condiciones de trabajo con la estandarización de su proceso.

### **FASE IV. Evaluación del impacto técnico-económico de las estrategias propuestas.**

Consiste en estudiar la recuperación económica de la implementación de la corrección de fallas presentadas

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En esta fase lo que se busca es realizar un diagnóstico de la situación actual del área caso en estudio, a través del análisis de los procesos que se llevan a cabo y que tienen relación directa con la fabricación de botellas tipo PET, a fin de determinar las causas principales de los problemas que se originan en la línea de producción, así como también plantear propuestas de mejora bajo los lineamientos de expertos y a criterio del investigador, que traerán beneficios en la línea de producción y en la empresa.

#### **Descripción de la empresa**

La empresa Industrias El Carmen, C.A está ubicada en la urbanización Industrial Carabobo 8° transversal, parcelas Q3 - Q4, Sector la quizanda, Municipio Valencia, Estado Carabobo. Cuenta con un terreno de 11.500 m<sup>2</sup>, 4.500 m<sup>2</sup> de construcción, en el cual se encuentra ubicada la planta que elabora actualmente botellas tipo PET. Esta empresa fue fundada en el año 1962, con la firme intención de proveer a la población Venezolana bebidas alcohólicas para el disfrute de las familias, teniendo como objetivo principal la efectividad y la calidad de los mismos con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores, entre estos productos están: en la planta de Envasado se encuentran la Sangría Sevillana, Whisky Escocés Winner, Licor Seco a Base de Tequila “Chiapas”, Licor de Coco Coconis, B.E.S. Palmita, B.E.S Moriche, B.E.S. Guárico, y Aguardiente El Carmen; y en la planta de soplado botellas de plástico tipo PET; debido a la situación actual del país estos productos no se producen continuamente por falta de materia prima.

**Misión:**

Ser una empresa confiable y reconocida por la calidad de sus productos, procesos, recursos humanos y sistemas gerenciales tales que sean rentables para la empresa y preferidos por los consumidores.

**Visión:**

Ser una empresa de producción y distribución reconocida en el mercado de licores en el ámbito nacional e internacional, ofreciendo una diversa gama de productos tales como ronones, aguardientes, licores secos, anís, vinos, sangría y bebidas no alcohólicas, isotónicas o sustitutivas, capaces de satisfacer las expectativas del consumidor.

**Objetivos:**

Conservar la competitividad en el mercado industrial y comercial.

Emplear la tecnología apropiada en los procesos de elaboración del producto.

Mejorar el nivel de rendimiento laboral del personal propiciando la motivación para el trabajo en equipo.

Proveer un ambiente de trabajo seguro, limpio y ordenando logrando la participación total del personal de la empresa.

**Productos, Materiales e Insumos utilizados**

La empresa Industrias El Carmen, C.A dirección soplado en la actualidad posee una línea de producción de botellas de plástico tipo PET, este producto se encuentra en dos presentaciones, una presentación de 1L y otra presentación de 1,5L. Para la elaboración de este producto intervienen diversos materiales e insumos donde cada uno posee unas características propias que se describirán en la siguiente tabla (Ver Tabla 4).

**Tabla 4 Materia Prima**

<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>
Resina  <b>Ver Anexo 1</b>	Tereftalato de Polietileno. Alta transparencia (En estado amorfo). Alta resistencia al desgaste y corrosión. Muy buen coeficiente del deslizamiento. Es reciclable. Posee buena resistencia química y Térmica	Tamaño granular	Sacos de 1000kg
Preformas  <b>Ver Anexo 2</b>	Para producir botellas de 1L y 1,5L son transparentes y pesan 52g.	Para 1L: Diámetro:80mm Altura: 293mm <b>Ver Apéndice N°</b> Para 1,5L: Diámetro:102mm Altura: 292mm <b>Ver Apéndice N°</b>	Cesta de preformas  <b>Ver Anexo 3</b>
Paletas, stretch y Flejes. <b>Ver Anexo 4</b>	Las paletas son cuadradas, de madera, brindan mayor seguridad de carga y no se corroen. Los flejes son de plástico y en color blanco. El stretch es el papel que se usa para envolver la paleta, es de color transparente.	Dimensiones de la paleta:  Largo: 48" Ancho: 48"	

**Fuente:** Industrias El Carmen, C.A., Rodríguez, Ydaliana

**Equipos y Herramientas utilizadas**

En la línea de producción de botellas tipo PET se cuenta con los siguientes equipos y herramientas para poder llevar a cabo el proceso. (Ver Tabla 5).

**Tabla 5 Equipos y Herramientas**

<b>EQUIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DIMENSIONES</b>
Sopladora SIAPI  <b>Ver Anexo 5</b>	Modelo EA 20 200, Voltaje 440v, Corriente 79 A, Masa 3.500 kg, Frecuencia 60 Hz, Potencia: 49Kw, Serial SO505, Año 2001	Ancho: 1,90m Alto: 2,20m Largo: 2,60m
Montacargas  <b>Ver Anexo 6</b>	Hay 3 montacargas en total. Tienen un sistema de elevación hidráulico. Tiene 4 ruedas, un chasis de carga.  Se utiliza para transportar la materia prima, y productos ya paletizados en forma vertical.	Modelo: TOYOTA 42 – 6FGU25 Año: 1998 Capacidad: 2500 kg Altura de la torre: 3,30 m doble torre.
Balanza Industrial de Plataforma <b>Ver Anexo 7</b>	Modelo: DLP – 200 Capacidad: 5 Toneladas Métricas Precisión: 0,1 hasta 0,5 kg.	150 x 150 x 12,7 cm

Fuente: Industrias El Carmen, C.A; Rodríguez Ydaliana

**Descripción del personal y Actividades que realizan**

**Presidente de la empresa.**

Es el accionista universal de la empresa, quien se encarga de comercializar, recibir los pedidos del producto y notificar a la planta, este a su vez se comunica con los proveedores y realiza la compra de materia prima e insumos.

**Gerente General.**

Es el abogado de la empresa y es quien se encarga de todo lo legal, como la patente, permiso de bomberos, RESQUIMC, entre otros.

### **Gerente de planta**

Es la persona encargada de la planta, esta persona realiza múltiples actividades entre las cuales están:

Llevar el inventario de materia prima, producto terminado e insumos.

Emitir órdenes de producción de materia prima e insumos

Realizar el control de calidad del producto.

Publicar órdenes a preparar y despachar.

Supervisar la calidad del producto a ser despachado

### **Supervisor**

Es la persona responsable y encargada del correcto funcionamiento del proceso de producción, entre las actividades que realiza se encuentra:

Asignar a los operarios de la línea las actividades a realizar.

Llevar el conteo de defectuosas y escombros que se produce por jornada

Recepción de mercancía y verificación de la misma.

Organizar los requerimientos de materia prima e insumos.

Verificar que el proceso se esté llevando correctamente

Supervisar que el material tiene el peso requerido.

### **Operarios**

La empresa Industrias El Carmen, C.A cuenta con 7 operarios para todas sus actividades, quienes comparten la carga de las mismas entre las cuales se encuentran:

Verificar que el túnel de ordenamiento esté lleno de preformas

Realizar la inspección de botellas defectuosas al salir del moldeo.

Llenar la tolva de la sopladora

Ordenar las botellas en la paleta

Paletizar el producto terminado

Envolver la paleta

Manejar el montacargas.

Pesar las defectuosas al final de la jornada

Colocar los flejes

### **Áreas Involucradas en el estudio**

#### **Departamento de compras**

Este departamento es el que realiza la planificación de compras de toda la materia que se requiere para el proceso de fabricación. Así como también es el que se encarga de la compra de todos aquellos insumos y suministros que son utilizados y no son fabricados dentro de la empresa. El proceso de compra se realiza por medio de una serie de proveedores, basándose en el stock mínimo que debe tener cada material e insumo para remitir una orden de compra la cual debe ser confirmada por el gerente de la planta.

#### **Área de recepción de materia prima**

Esta área es donde se descargada la materia prima, este proceso es observado por el supervisor de la planta quien debe constatar que todo se esté realizando correctamente. Igualmente en esta área se reciben todos los insumos que se requieren los cuales son verificados también por el supervisor de la planta.

#### **Área de Soplado**

Dentro de ella, la protagonista es la máquina SIAPI, encargada de la producción de botellas de plástico tipo PET, actualmente con una producción dedicada en un 70% a las botellas de 1 litro, dentro de esta área también entran en juego los operarios de turno, y el supervisor general, quien se encarga también del mantenimiento de la máquina.

#### **Área de Inspección**

Esta área no está delimitada como tal, pues se realiza dentro del área de soplado, exactamente al lado de la máquina, esta acción es realizada por los operarios de turno una vez que la botella sale de la máquina, es importante acotar que esta inspección final, donde se determinan las defectuosas y no defectuosas, se realiza de acuerdo al criterio de cada operario.

#### **Área de productos terminados**

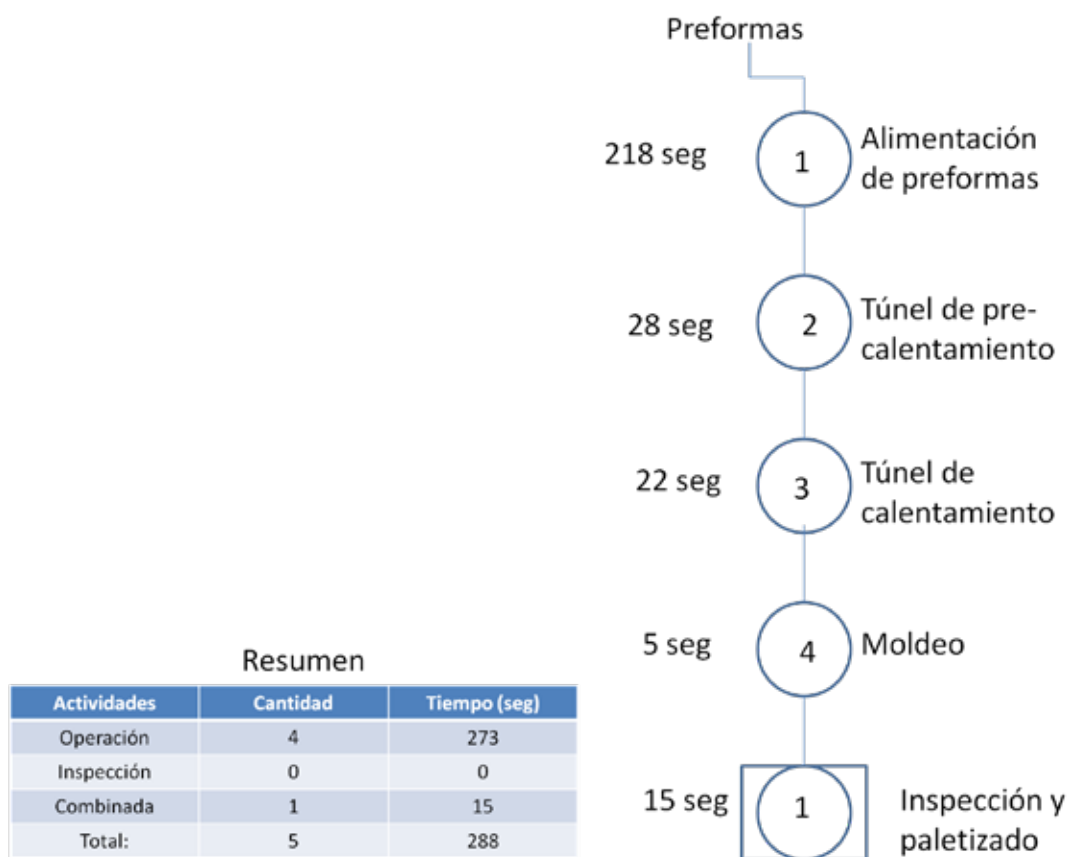
Esta área se encuentra frente al área de soplado y contiene aquellas órdenes de producción listas para ser llevadas a la planta de envasado, las botellas se almacenan en

hileras de tres paletas, cada paleta está envuelta en stretch y tirraje y contiene 1200 botellas de en la presentación de 1 litro.

#### **4.1 FASE I: Diagnóstico de la situación actual**

##### **Actividades involucradas en el diagnóstico**

**Soplado de botellas:** Para realizar esta actividad el montacarguista recoge la cesta de las preformas que previamente fue buscada y colocadamente fuera del departamento de soplado, el montacarguista alimenta la tolva de la sopladora para que ésta comience a hacer su proceso; el cual comienza por el ascenso de las preformas al dispositivo de ordenamiento de la máquina, este intervalo, que está comprendido desde el momento que la preforma está en la tolva hasta el momento justo antes de entrar al túnel de pre-calentamiento tarda 3,38 min, una vez que la preforma entra al túnel de pre-calentamiento ésta dura 28 seg dentro; la tercera fase es el túnel de calentamiento y tarda 22 seg en esta acción. La última fase de la máquina es el moldeo el cual solo tarda 5 segundos; una vez que la botella sale de la máquina entra en juego el operario de turno, quien se encarga de la inspección visual de las botellas, así como también su paletizado. A continuación se muestra el diagrama de flujo de dicho departamento (Ver Figura 10):



**Figura 10 Diagrama de flujo del Departamento de Soplado de IC, C.A**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

#### **4.2 FASE II: Análisis de los elementos que afectan la productividad, detectados en el diagnóstico.**

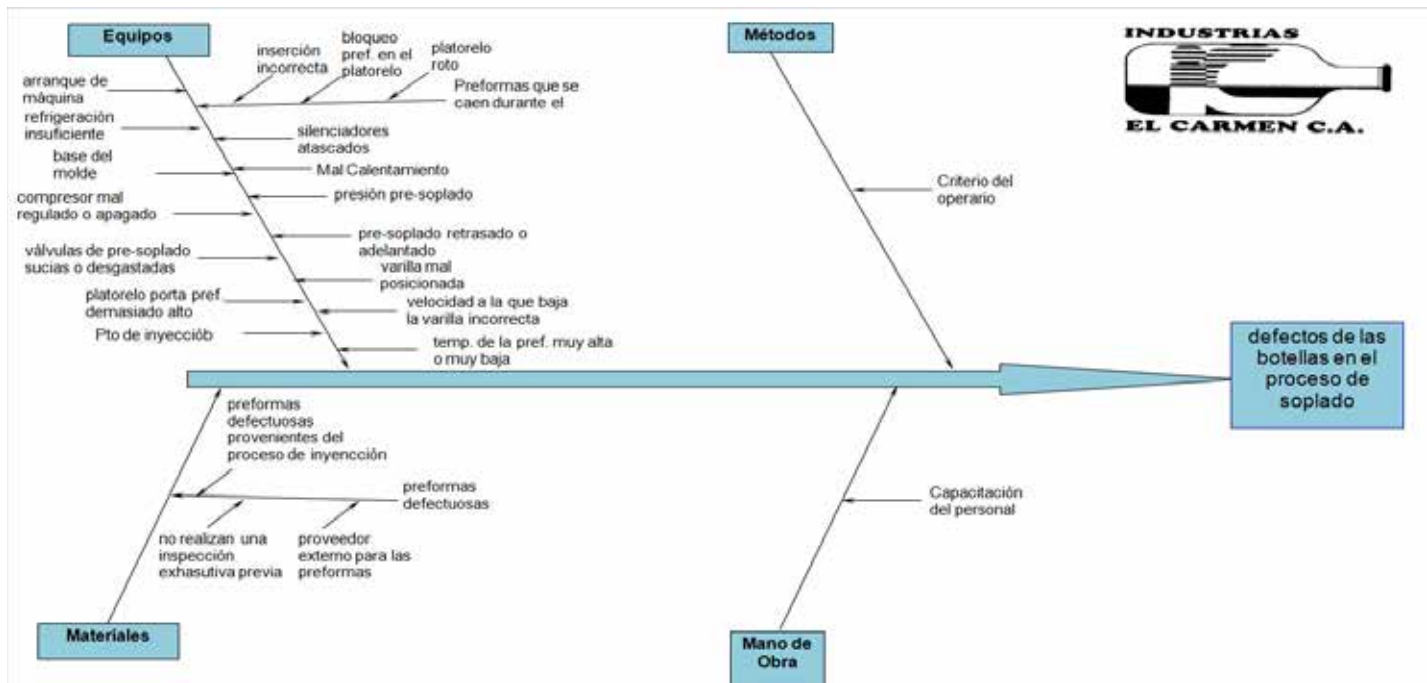
##### **Análisis de la Situación Actual**

Actualmente la empresa Industrias El Carmen, C.A. cuenta con diversos problemas influyentes en el área de soplado, en la producción de botellas de plástico tipo PET, es por ello, que se presenta a continuación un análisis detallado de los problemas observados en el proceso de producción.

##### **Análisis de las causas de defectos en las botellas durante la funcionalidad de la línea de producción, mediante el diagrama causa-efecto o Ishikawa:**

A través de la entrevista no estructurada que se realizó a todos los operarios y al supervisor del departamento, así como también gracias a la observación directa realizada

por la autora de esta investigación, dio como resultado la construcción de esta diagrama (Ver Figura 11).



**Figura 11 Diagrama causa-efecto de la línea de soplado**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

El diagrama de causa-efecto permite diagnosticar los motivos por los cuales es necesario implementar estrategias de mejora de ingeniería en la empresa Industrias El Carmen, C.A, con el fin de aumentar la productividad y disminuir los productos defectuosos que solo traen atrasos y pérdidas. Este diagrama permite delimitar de una manera macro en cuales áreas existen problemas, se puede observar como la mayoría de las causas se encuentran en el equipo, sin embargo no se puede descartar las otras causas hasta tener un mejor panorama éstas y dar con la raíz principal del problema, es por ello que a continuación se hace uso de una herramienta muy usada en la ingeniería para la toma de decisiones.

**Análisis de causas más relevantes dentro de la línea de producción de soplado**  
**mediante el diagrama de Pareto:**

Con la finalidad de analizar lo que representan las causas que originan defectos en las botellas, así como también poder tener una visión gráfica en la frecuencia de cada una de las causas, se hace uso del diagrama de Pareto, pero antes se presentan una serie de datos que sirven de fácil interpretación de la construcción del diagrama de Pareto (Ver Tabla 4), (Ver Tabla 5) y (Ver Figura 12).

Como primer paso para lograr una mejor comprensión gráfica del diagrama de Pareto, se realizó esta tabla, donde se le asigna un número a cada causa previamente mencionada en el diagrama Causa-Efecto anteriormente presentado (Ver Tabla 4)

**Tabla 6 Leyenda de las Causas que ocasionan botellas defectuosas**

<b>Leyenda de las Causas</b>	
Causa 1	Compresor mal regulado o apagado
Causa 2	Pre-soplado retrasado
Causa 3	Presión Pre-soplado débil
Causa 4	Platorelo roto
Causa 5	Mala refrigeración del molde
Causa 6	Preformas defectuosas de IC, C.A
Causa 7	Silenciadores atascados
Causa 8	Válvulas pre-soplado sucias o desgastadas
Causa 9	Platorelo demasiado alto
Causa 10	Inspección no exhaustiva de las preformas
Causa 11	Presión demasiado alta
Causa 12	Pre-soplado adelantado
Causa 13	Bloqueo de preformas en el platorelo
Causa 14	Temp. de la preforma demasiado alta o baja
Causa 15	Pto de inyección fuera de fondo
Causa 16	Temperatura mal graduada
Causa 17	Base del molde defectuosa
Causa 18	Varilla mal posicionada o velocidad incorrecta
Causa 19	Arranque de máquina
Causa 20	Mal calentamiento de las preformas dentro de la máq.
Causa 21	Proveedor externo para las preformas
Causa 22	No realizan una inspección exhaustiva de las preformas

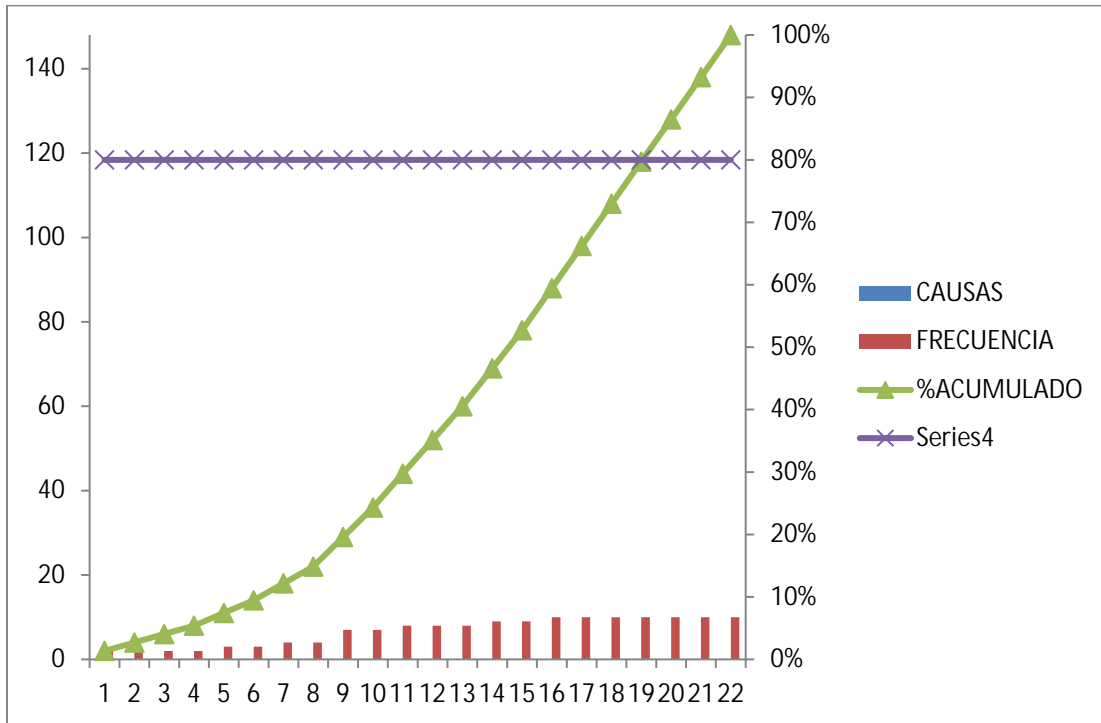
Fuente: Rodríguez, Ydaliana

**Tabla 7 Datos para la construcción del Diagrama de Pareto**

CAUSAS	FRECUENCIA	%ACUMULADO		80-20
Causa 1	2	1%	2	80%
Causa 2	2	3%	4	80%
Causa 3	2	4%	6	80%
Causa 4	2	5%	8	80%
Causa 5	3	7%	11	80%
Causa 6	3	9%	14	80%
Causa 7	4	12%	18	80%
Causa 8	4	15%	22	80%
Causa 9	7	20%	29	80%
Causa 10	7	24%	36	80%
Causa 11	8	30%	44	80%
Causa 12	8	35%	52	80%
Causa 13	8	41%	60	80%
Causa 14	9	47%	69	80%
Causa 15	9	53%	78	80%
Causa 16	10	59%	88	80%
Causa 17	10	66%	98	80%
Causa 18	10	73%	108	80%
Causa 19	10	80%	118	80%
Causa 20	10	86%	128	80%
Causa 21	10	93%	138	80%
Causa 22	10	100%	148	80%

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Como segundo paso se presenta la tabla 5, que contiene el número que se le asignó a cada causa y la frecuencia de cada una de ellas, este número de frecuencia se tomó en una escala del 1 al 10 y fue asignado producto de la observación directa de la autora durante el tiempo de estudio, así como también de entrevistas no estructuradas con los operarios y supervisores de la línea. Contiene además el porcentaje acumulado de la frecuencia, la suma de las frecuencias y el porcentaje 80-20, estas últimas columnas son útiles para la construcción del gráfico (Ver Figura 12)



**Figura 12 Diagrama de Pareto**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Para concluir este análisis, y luego de observar el Diagrama de Pareto, se puede decir que la línea de soplado está en presencia de un problema con una gran cantidad de causas presentes. Según el principio de Pareto, el 20% de las causas podrá resolver el 80% del problema y es donde gráficamente se puede apreciar aquellas causas vitales y de mayor relevancia, que son las que pertenecen a ese 20%, esas causas son aquellas comprendidas entre la número 17 y la 22 aproximadamente. Esas barras más largas en la gráfica servirán para realizar una mejora general y así, al mismo tiempo solventar las causas más pequeñas.

Por supuesto esto no quiere decir que solo se deberá atacar exclusivamente las causas vitales, puede suceder que se hagan combinaciones de los problemas vitales y los triviales y para esto se hace uso de una herramienta de la ingeniería, muy útil y novedosa, se trata del Análisis de modo y efecto de fallas o mejor como conocido como el AMEF, quien a través de un esquema informativo trata a fondo, el por qué y sobre todo el tiempo de ocurrencia de casa falla (Ver tabla 6).

**Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) dentro del proceso de soplado de botellas de Industrias El Carmen, C.A**

**Tabla 8 AMEF en la línea de soplado de IC, C.A**



**Análisis de Modo y Efecto de la Falla**

Nombre de Proceso o Producto:	soplado de botellas PET
Encargado:	Umberto Di Giammatteo

Preparado por: Ydaliana Rodriguez	Página: De:
AMEF Fecha (Orig): Ago-17	Rev. Por:

Pasos Clave del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	SEV	Causas Potenciales	OCU	Controles de Ocurrencia	DET	NPR	Acciones Recomendadas	Resp.	acciones implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
Alimentación de preformas (Gramaje) (Color) (Tolva) (Operación)	preformas defectuosas	color no cristalino, marcas de agua, roscas incompletas, preformas sin anillos	8	preformas defectuosas provenientes del proceso de inyección de IC,C.A	3	inspección de la máquina mientras opera	9	216	no aplica	Supervisores y operarios					
				no realizan una inspección previa. Error humano	10	inspección no exhaustiva	10	800	luego de la inspección visual, si son preformas hechas en IC dejar ese lote de producción de último y así poder completar órdenes de producción a tiempo y si son de un proveedor, rechazar por completo y notificar.	Supervisores y operarios					
				proveedor externo para las preformas	10	ninguno, depende netamente del proveedor	10	800	a pesar de que depende del proveedor, recomiendo buscar compañías que puedan dar referencias de proveedores y contactar uno de los mejores.	Supervisores y operarios					

túnel de pre-calentamiento y calentamiento (presión) (Temp.) (Maq. Siapi)	preformas defectuosas	color no cristalino, marcas de agua, roscas incompletas, preformas sin anillos	8	preformas defectuosas provenientes del proceso de inyección de IC,C.A	3	inspección de la máquina mientras opera	9	216	no aplica	Supervisores y operarios							
				no realizan una inspección previa. Error humano	10	inspección no exhaustiva	10	800	luego de la inspección visual, si son preformas hechas en IC dejar ese lote de producción de último y así poder completar órdenes de producción a tiempo y si son de un proveedor, rechazar por completo y notificar.	Supervisores y operarios							
				proveedor externo para las preformas	10	ninguno, depende netamente del proveedor	10	800	a pesar de que depende del proveedor, recomiendo buscar compañías que puedan dar referencias de proveedores y contactar uno de los mejores.	Supervisores y operarios							
	preformas que se caen durante el proceso	material dentro de la máquina	9	inserción incorrecta de las preformas	7	ninguno	2	216	controlar la alineación correcta de la carga de las preformas	Supervisores y operarios							
				bloqueo pref. En el platorelo	8	ninguno	2	144	controlar la alineación correcta de la carga de las preformas	Supervisores y operarios							
				platorelo roto	2	ninguno	2	36	reemplazar el platorelo	Supervisores y operarios							

<p>Moldeo (diámetro del cuerpo) (altura) (capacidad) (máq. SIAP)</p>	<p>botellas defectuosas al salir del molde</p>	<p>demasiado material en el fondo</p>	<p>8</p>	<p>mal calentamiento (fórmula maq.)</p>	<p>10</p>	<p>graduación de la temp. Durante la operación de la maq.</p>	<p>7</p>	<p>560</p>	<p>geralmente la maq. A pesar de que el supervisor gradúa la temp. Se descontrola, por ende recomiendo realizarle mantenimiento.</p>	<p>Supervisores y operarios</p>								
				<p>presión pre-soplado</p>	<p>2</p>	<p>revisión durante la maq. Opera</p>	<p>2</p>	<p>32</p>	<p>geralmente la maq. A pesar de que el supervisor gradúa la temp. Se descontrola, por ende recomiendo realizarle mantenimiento.</p>	<p>Supervisores y operarios</p>								
				<p>pre-soplado retrasado</p>	<p>2</p>	<p>revisión durante la maq. Opera</p>	<p>2</p>	<p>32</p>	<p>geralmente la maq. A pesar de que el supervisor gradúa la temp. Se descontrola, por ende recomiendo realizarle mantenimiento.</p>	<p>Supervisores y operarios</p>								
				<p>arranque de máquina (fórmula de la máq.)</p>	<p>10</p>	<p>una vez comienzan a salir defectuosas intentan corregir</p>	<p>7</p>	<p>560</p>	<p>capacitar por lo menos a una persona más, actualmente solo hay una persona que conoce por completo la maq.</p>	<p>Supervisores y operarios</p>								
				<p>varilla mal posicionada o velocidad a la que baja la varilla incorrecta</p>	<p>10</p>	<p>inspección de la varilla durante el proceso de producción y si es necesario cambian la varilla</p>	<p>7</p>	<p>560</p>	<p>realizar un mantenimiento exhaustivo y revisión de la maq. Ya que después de comenzar a operar comienza a presentar fallas y/o descontrol en la fórmula, esta falla de la varilla es muy común</p>	<p>Supervisores y operarios</p>								

Moldeo (diámetro del cuerpo) (altura) (capacidad) (máq. SIAP)	botellas defectuosas al salir del molde	espesor mayor en algunas zonas de la base o base no uniforme	8	pre-soplado demasiado débil	2	revisión durante la maq. Opera	2	32	cambiar la fórmula en la máquina, si persiste, detener la maq.	Supervisores y operarios										
				preformas débiles	9	inspección no exhaustiva	10	720	luego de la inspección visual, si son preformas hechas en IC dejar ese lote de producción de último y así poder completar órdenes de producción a tiempo y si son de un proveedor, rechazar por completo y notificar.	Supervisores y operarios										
				calentamiento incorrecto	10	revisión durante la maq. Opera	7	560	a la hora del arranque de la máquina, dejarla calentar un poco más y realizar un mantenimiento general	Supervisores y operarios										
				varilla mal posicionada o velocidad a la que baja la varilla incorrecta	10	inspección de la varilla durante el proceso de producción y si es necesario cambian la varilla	7	560	realizar un mantenimiento exhaustivo y revisión de la maq. Ya que después de comenzar a operar comienza a presentar fallas y/o descontrol en la fórmula, esta falla de la varilla es muy común	Supervisores y operarios										
				refrigeración del molde no suficiente	3	revisión durante la maq. Opera	2	48	revisar las mangueras y hacerle un mantenimiento	Supervisores y operarios										
				base del molde	10	ninguno	7	560	revisar la base del molde o la media luna del molde específicamente la cavidad 2, siempre sucede con las botellas de 1litro.	Supervisores y operarios										
				compresor mal regulado o apagado	2	revisión durante la maq. Al terminar la jornada	2	32	hacerle mantenimiento a la máquina. Revisar el compresor.	Supervisores y operarios										

Moldeo (diámetro del cuerpo) (altura) (capacidad) (máq. SI-API)	botellas defectuosas al salir del molde	botellas reventadas durante el soplado	9	pto de inyección fuera de fondo	9	ninguno	9	729	a pesar de que es imposible revisar preforma por preforma, se recomienda que el operario haga una inspección visual mas exhaustiva	Supervisores y operarios								
				presion demasiado corta o baja	2	revisión durante la maq. opera	2	36	mantenimiento de la máquina	Supervisores y operarios								
				temperatura mal graduada	10	graduación de la temp. Durante la operación de la maq.	7	630	mantenimiento de la máquina	Supervisores y operarios								
				válvula pre- soplado sucias o desgastadas	4	ninguno	7	252	mantenimeinto de la máquina	Supervisores y operarios								
		botellas que caen en el molde	9	silenciadores atascados	4	ninguno	2	72	revisar los silenciadores mantenimiento de la máquina	Supervisores y operarios								
				platorelo porta pref. Demasiado alto	7	detienen la maq. Y la corrijen	2	126	calibración y mantenimiento a la máquina	Supervisores y operarios								
		efecto nacar en el cuerpo	8	temp. De la preforma demasiado baja	9	gradúan la temp. Mientras la maq. Opera	2	144	a pesar de cambiar la temp. Al rato se descontrola, se recomienda realizar una calibración y un mantenimiento a la máquina.	Supervisores y operarios								
		cuerpo de color opaco	8	temp. De la preforma demasiado baja	9	gradúan la temp. Mientras la maq. Opera	2	144	a pesar de cambiar la temp. Al rato se descontrola, se recomienda realizar una calibración y un mantenimiento a la máquina.	Supervisores y operarios								
		fondo fuera de centro	8	pre-soplado demasiado adelantado	8	revisan mientras la maq. Opera	2	128	a pesar de cambiar la temp. Al rato se descontrola, se recomienda realizar una calibración y un mantenimiento a la máquina.	Supervisores y operarios								
				presion demasiado alta	8	revisan mientras la maq. Opera	2	128	a pesar de cambiar la temp. Al rato se descontrola, se recomienda realizar una calibración y un mantenimiento a la máquina.	Supervisores y operarios								
				temperatura elevada	10	graduación de la temp. Durante la operación de la maq.	7	560	geralmente la maq. A pesar de que el supervisor gradúa la temp. Se descontrola, por ende recomiendo realizarle mantenimiento.	Supervisores y operarios								

Mediante el uso del AMEF, podemos establecer un sistema de prioridades para el control de las acciones correctivas y preventivas y esto solo se logra identificando y atacando aquellas causas donde el NPR es mayor a 500 y es aquí donde se encuentran los altos riesgos de fallas, seguidos por los NPR entre 125 y 500, estos no pueden dejar de ser importantes ya que igualmente representan un riesgo para el proceso, el AMEF es un documento viviente, ya que una vez desarrolladas e implementadas las acciones recomendadas recalculamos el NPR y vamos al siguiente nivel de mejora. Es importante acotar que el AMEF se debe desarrollar bajo un enfoque de equipo donde participen todas las áreas involucradas en el proceso de producción.

El AMEF aplicado a la planta de soplado nos desglosa las fallas mencionadas desde el diagrama causa-efecto, con la diferencia de mostrar los efectos potenciales de la falla así como también la severidad, ocurrencia y el nivel de detección de la falla que tienen los responsables del área, ligado a los controles actuales que usa la empresa; permitiendo así tener una mejor visión para diseñar un plan de reacción en aquellos casos críticos, el AMEF permite concluir que en la operación de moldeo de la botella es donde más existen causas para una misma falla. Como último paso para detectar los problemas y debilidades de la línea de soplado se decide implementar un control estadístico del proceso para verificar que tan alejado de los parámetros de calidad se encuentran, los cálculos a continuación.

### **Análisis del control estadístico del proceso de soplado, mediante la implementación de una gráfica por atributos P**

En esta etapa se habla de implementación, ya que en la empresa no llevan ningún tipo de control estadístico del proceso, por cuestión de tiempo y por volumen de producción, solo se pudo tomar los datos de un mes de producción, así que solo se podía calcular un CEP por atributos, con el fin de tener un panorama mucho más amplio en lo que respecta a la variabilidad de defectuosas por día de producción, y así, permitir realizar planes para mejorar la calidad del producto, a continuación la tabla previa para la construcción del gráfico de control (Ver tabla 7).

Tabla 9 Datos para la construcción del diagrama P

Datos para la Construcción del Gráfico P en el Proceso de Soplado en IC, C.A				INDUSTRIAS EL CARMEN C.A.		
Días	Aprobados	Rechazos	Proporción	LCI	LC	LCS
1	2400	273	0,11375	0,0333682	0,0410527	0,0487371
2	4800	592	0,12333333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
3	7200	390	0,05416667	0,0333682	0,0410527	0,0487371
4	6000	164	0,02733333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
5	4800	192	0,04	0,0333682	0,0410527	0,0487371
6	4800	131	0,02729167	0,0333682	0,0410527	0,0487371
7	7200	210	0,02916667	0,0333682	0,0410527	0,0487371
8	6000	90	0,015	0,0333682	0,0410527	0,0487371
9	8400	159	0,01892857	0,0333682	0,0410527	0,0487371
10	7200	195	0,02708333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
11	7200	218	0,03027778	0,0333682	0,0410527	0,0487371
12	7200	107	0,01486111	0,0333682	0,0410527	0,0487371
13	7200	161	0,02236111	0,0333682	0,0410527	0,0487371
14	6000	40	0,00666667	0,0333682	0,0410527	0,0487371
15	6000	140	0,02333333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
16	7200	267	0,03708333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
17	2400	250	0,10416667	0,0333682	0,0410527	0,0487371
18	7200	150	0,02083333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
19	6000	200	0,03333333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
20	4800	250	0,05208333	0,0333682	0,0410527	0,0487371
	<b>6000</b>	<b>208,95</b>	<b>0,04105268</b>	0,0333682	0,0410527	0,0487371

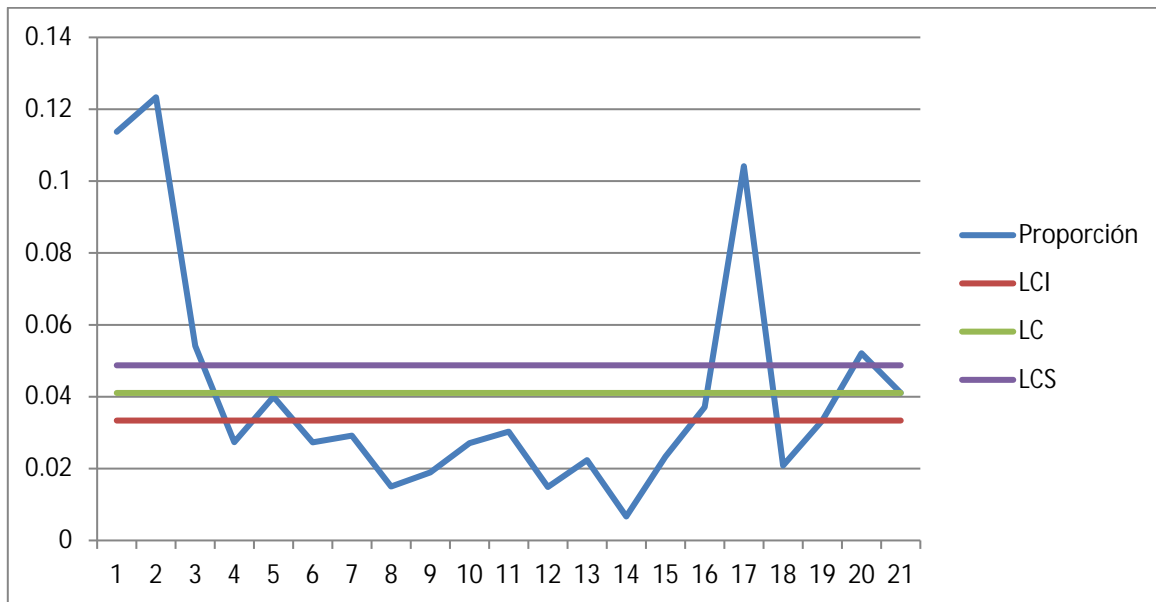
$\bar{p} = \mu_p$	Media de las proporciones	0,04105268
-------------------	---------------------------	------------

$$\begin{cases} \text{LSC} = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} & = 0,04873715 \\ \text{LC} = \bar{p} & = 0,04105268 \\ \text{LIC} = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} & = 0,03336821 \end{cases}$$

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tomando como base estos datos se presenta la gráfica P por atributos (Ver figura 13).



**Figura 13 Gráfica de atributos P**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Luego de observar esta herramienta de calidad, como lo es el gráfico por atributos P se puede concluir que efectivamente existe algo inusual dentro del proceso productivo de la línea de soplados de botellas tipo PET de Industrias El Carmen, C.A. Éste gráfico nos muestra como predominan los puntos que se encuentran fuera de los límites, es por ello, que la empresa debe implementar mejoras a su línea, lo cual es la base fundamental de esta investigación, proponer una serie de mejoras para reducir y/o eliminar las causas asignables que están actuando de manera negativa dentro del proceso de producción.

#### **4.3 FASE III: Elaboración de estrategias para mejorar la productividad en la línea de producción de Industrias El Carmen, C.A.**

Una vez diagnosticada la situación actual de la línea de soplado de botellas de la empresa Industrias El Carmen, C.A., y se analizaron las causas que originan las dificultades presentes, se propuso soluciones de mejora que permitirán el aumento de la productividad y aumentar la competitividad.

**Estrategia 1: Desarrollar un procedimiento de entrenamiento para los operarios del área de soplado de Industrias El Carmen, C.A**

El presente procedimiento tiene la finalidad de entrenar a los actuales y futuros inspectores del área de soplado.

Dado que la empresa utiliza un sistema de inspección por atributos, se ha detectado que entre los inspectores hay diferencias de criterios subjetivos que pueden alterar la aceptación o rechazo de las botellas.

Un aporte de esta investigación es, clasificar los defectos de las botellas en: Menores, Mayores y Críticos, el método de evaluación para definir la clasificación de estos defectos son visuales y el criterio es basado en los años de experiencia del supervisor de la línea. Durante el tiempo de observación en Planta, la autora fue apartando botellas rechazadas por los inspectores, estas botellas fueron fotografiadas y clasificadas con un número de peso para el criterio de evaluación, esto fue hecho con el Gerente de Planta y Calidad.

Así, tenemos (Ver Tabla 10):

**Tabla 10 Criterio de Evaluación**


<b>Criterio de Evaluación</b>	
	<b>Puntuación</b>
<b>Botella Buena</b>	<b>0</b>
<b>Botella con Defecto Menor</b>	<b>Del 1 al 3</b>
<b>Botella con Defecto Mayor</b>	<b>Del 4 al 6</b>
<b>Botella con Defecto Crítico</b>	<b>Del 7 al 9</b>

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

El entrenamiento se recomienda que se realice los días viernes, dado que hay menos presión de trabajo, se reunirá a los inspectores, se les entregarán al azar diferentes botellas y se les pedirá que le den una calificación del 0 al 9, donde 0 está BUENA y la de 9, está muy MALA.

Se les entregará un formato para que señalen su evaluación (Ver Tabla 11):

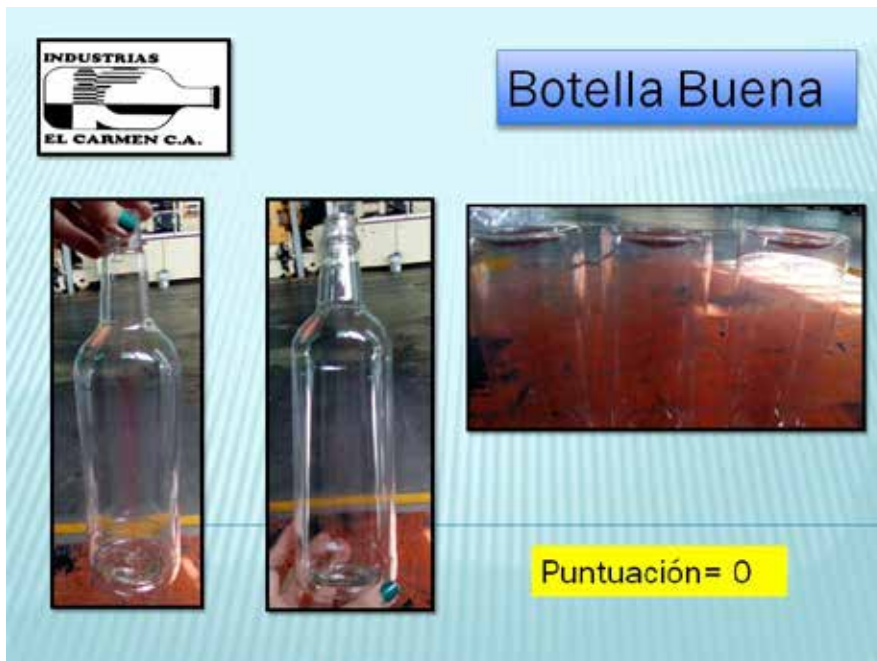
**Tabla 11 Formato para evaluación de los operarios**

Formato de Evaluación																					
Ficha del Trabajador:																					
Botella	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Evaluación (Del 0 al 9)																					

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Los resultados de esta Tabulación por inspector se colocarán en un formato en Papel milimetrado, en el Eje de las X estará el valor asignado a las Botellas por los Expertos, en el Eje de las Y se colocara el Valor calificado por el Inspector, mediante una correlación simple podremos ver que tan acertado es el criterio del inspector, así como también si la diferencia de criterios de aceptación es amplia.

La clasificación de los defectos se hizo de la siguiente manera:



**Figura 14 Botella Buena**

Fuente: Rodríguez Ydaliana



**Figura 15 Defectos Menores**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana



**Figura 16 Defectos mayores**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana



**Figura 17 Defectos Mayores**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana



**Figura 18 Defectos Mayores**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana



**Figura 19 Defectos Críticos**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana



**Figura 20 Defectos Críticos**

Fuente: Rodríguez, Ydaliana



**Figura 21 Defectos Críticos**  
Fuente: Rodríguez, Ydaliana



**Figura 22 Defectos Críticos**  
Fuente: Rodríguez, Ydaliana


## Estrategia 2: Diseño de un formato de revisión y mantenimiento del documento

### AMEF.

Esta estrategia tiene como finalidad crear un formato que permita llevar un control en el proceso, el AMEF es un documento viviente ya que por cada cambio (nuevos equipos, en el personal, en los proveedores, entre otros) en el proceso, habrá una reacción, por consiguiente el departamento de calidad tiene que mantener una constante revisión y mantenimiento del AMEF, con la finalidad de pasar al siguiente nivel de mejora.

A continuación el formato de revisión y mantenimiento del AMEF (Ver Tabla 12):

**Tabla 12 Formato de Mantenimiento AMEF**

<b>Programa de Gestión del Riesgo de Calidad (Revisión y Mantenimiento del AMEF)</b>	
(Basándose que se revise una vez al año)	
	
<b>Revisión AMEF:</b>	
Fecha:	
Fecha de la última revisión:	
Área:	
Línea:	
<b>Equipo de Revisión:</b>	
Operadores:	
Ingenieros:	
Facilitador:	
Otros:	
<b>Cambios desde la última revisión:</b>	
Nota: Esto podría incluir cambios en los equipos, en el personal, en los proveedores, nuevos productos, entre otros.	
<b>Incidentes de quejas (últimos 12 meses)</b>	
<b>Incidentes (últimos 12 meses)</b>	


Fuente: Rodríguez, Ydaliana

**Estrategia 3: Diseño de planes de calidad basados en las situaciones críticas del AMEF, con la finalidad de separar por categoría los lotes de defectuosas provenientes de la sopladora.**

Ésta estrategia a pesar de estar basada en las situaciones de alto riesgo de falla y en aquellas con riesgo de falla, también está altamente ligada a las mejoras referentes al control estadístico del proceso, ya que, al llevar un control de la producción con éstos planes de calidad le permitirá a la empresa separar por lote de defectos aquellas unidades defectuosas, facilitando la toma decisiones de una manera más específica a la hora de buscar una mejora ya que el supervisor tendrá una visión detallada de cuáles son las causas que más se repiten en el proceso, es decir, aquellas causas que generan mayor cantidad de defectuosas.


A continuación lo planes de calidad.

Tabla 13 Plan de Reacción 1

Plan de Reacción Basado en la Situación Crítica del AMEF									
	<b>Producto:</b> <b>Proceso:</b> <b>Miembros del equipo:</b>			<b>Fecha de emisión:</b> <b>Fecha de Revisión:</b>		<b>Lote N°:</b> <b>Capacidad del lote:</b>			
				<b>Preparado por:</b> <b>Revisado por:</b>					
Pasos del proceso (de la hoja del AMEF)	Características	Método de evaluación	Equipo de Evaluación	Se considera un desecho si:	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Preformas provenientes de:	acción a tomar	Obs.
Alimentación de preformas	Gramaje: (56±0,5gr) color: cristalino	peso	balanza	color no cristalino, marcas de agua, roscas incompletas, preformas sin anillos	>20	en la tolva de la máq. O cuando está en el almacén de PP	<input type="checkbox"/>	Proveedores	Rechazar el lote completo y contactar al proveedor para notificar
		visual	visual				<input type="checkbox"/>	Proceso de inyección de IC, C.A	Dejar el lote de último y cubrir las órdenes de producción con otro
<b>Resultados:</b> <b>Cant. Defect:</b> <b>Inspección realizada en:</b>				<b>Las aprobadas se le asignan a la orden de producción N°:</b>					
<input type="checkbox"/> Almacén de PP <input type="checkbox"/> En la tolva de la máq.									


Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tabla 14 Plan de Reacción 2

Plan de Reacción Basado en la Situación Crítica del AMEF							
	<b>Producto:</b> <b>Proceso:</b> <b>Miembros del equipo:</b>			<b>Fecha de emisión:</b> <b>Fecha de Revisión:</b>		<b>Preformas del Lote N°:</b> <b>Orden de prod. N°:</b>	
				<b>Preparado por:</b> <b>Revisado por:</b>			
Pasos del proceso (de la hoja del AMEF)	Método de evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	la preforma cayó en:	Acción a tomar:	Obs.
Túnel de pre-calentamiento y calentamiento	Visual	$\sum_{j=1}^n X_j$ <p>donde:                      X= preformas                      j=1,2,...,n</p>	durante toda la jornada de la máq.	las preformas caen antes de entrar al túnel y/o dentro del túnel	<input type="checkbox"/> antes de entrar al túnel de pre-calentamiento  <input type="checkbox"/> Dentro del túnel de pre-calentamiento y/o calentamiento	Detener la máq. Si la ocurrencia es alta. Controlar la alineación de la carga de las preformas  Detener la máq. Si la ocurrencia es alta. Reemplazar el platoreo	
<b>Resultados:</b>				<b>Se notificó la falla:</b> <input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No ¿Por qué?</b>			
Cant. Preformas caídas antes de entrar al túnel:							
Cant. Preformas caídas dentro del túnel:							
				<b>Se corrigió la falla:</b> <input type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> <b>No ¿Por qué?</b>			


Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tabla 15 Plan de Reacción 3

Plan de Reacción Basado en la Situación Crítica del AMEF							
		<b>Producto:</b> <b>Proceso:</b> <b>Miembros del equipo:</b>			<b>Fecha de Emisión:</b> <b>Fecha de Revisión:</b>		<b>Orden de Prod. N°:</b>
					<b>Preparado por:</b> <b>Revisado por:</b>		
Pasos del proceso (de la hoja del AMEF)	Método de Evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	Causas	Acción a tomar:	Obs.
Moldeo (diámetro del cuerpo) (Altura) (Capacidad) (Máq. Siapi)	Visual	$\sum_{j=1}^n X_j$ donde: X= preformas J= 1,2,...,n.	Durante toda la jornada de la máq.	La botella sale con demasiado material en el fondo	<input type="checkbox"/> 1 Mal Calentamiento (fórmula de la máq.)	Graduar la temp. en el panel digital de la máquina mientras ésta opera, si el problema es muy frecuente notificar y/o detener la máquina	
					<input type="checkbox"/> 2 Presión pre-soplado incorrecta (Fórmula en la máq.)	Graduar la presión de pre-soplado en el panel digital de la máq.	
					<input type="checkbox"/> 3 Pre-soplado retrasado (Fórmula en la máq.)	Graduar la velocidad de pre-soplado en el panel digital	
					<input type="checkbox"/> 4 Arranque de máq. (fórmula en la máq.)	ir graduando temperatura, presión, velocidad, entre otros; lo que respecta a la fórmula en la máq.	
					<input type="checkbox"/> 5 Varilla mal posicionada o velocidad a la que baja incorrecta	Inspección de la varilla durante el proceso, si se observa mal posicionada, detener la máq. Y realizarla o cambiarla	
<b>Cant. Def:</b>							<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por qué?
¿Cuál(es) fue(ron) la causa más común?		<input type="checkbox"/> Causa 1 <input type="checkbox"/> Causa 2 <input type="checkbox"/> Causa 3			<input type="checkbox"/> Causa 4 <input type="checkbox"/> Causa 5		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por qué?


Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tabla 16 Plan de Reacción 4

Plan de Reacción Basado en la Situación Crítica AMEF						
		Producto:			Fecha de Emisión:	
		Proceso:			Fecha de Revisión:	
Miembros del Equipo:			Preparado por:		Orden de Prod. N°:	
			Revisado por:			
Pasos del proceso (de la hoja del AMEF)	Método de Evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	Causas	Acción a Tomar:
Mokleo (diámetro del cuerpo) (Altura) (capacidad) (Máq. SLAPI)	Visual	$\sum_{j=1}^n X_j$ Donde X= Preformas J=1,2,...,n	Durante toda la jornada de la máq.	la botella presenta mayor espesor en algunas zonas de la base o la base es uniforme	1 Pre-soplado demasiado débil	Cambiar la fórmula en la máq. Y si persiste, detener la máq.
					2 Preformas débiles	No aplica
					3 Calentamiento incorrecto	en el arranque, dejar calentar por más tiempo la máq. Y realizar mantenimiento
					4 Varilla mal posicionada o velocidad a la que baja la varilla incorrecta	realizar un mantenimiento exhaustivo y revisión a la máq. Ya que después de comenzar a operar comienza a fallar y/o descontrol en la fórmula.
					5 Refrigeración del mokle no suficiente	realizar mantenimiento a la máq. Revisar las mangueras
					6 Base del mokle	Revisar la base del mokle o la media luna del mokle específicamente la cavidad 2
					7 compresor mal regulado o apagado	realizar mantenimiento a la máq. Revisar el compresor.
Cant. Def:					¿Se notificó la falla? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por qué?	
¿Cuál(es) fue(ron) la(s) causa(s) más común(es)?					¿Se corrigió la falla? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por qué?	
<input type="checkbox"/> Causa 1 <input type="checkbox"/> Causa 4 <input type="checkbox"/> Causa 7 <input type="checkbox"/> Causa 2 <input type="checkbox"/> Causa 5 <input type="checkbox"/> Causa 3 <input type="checkbox"/> Causa 6						


Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tabla 17 Plan de Reacción 5

Plan de Reacción Basado en la situación Crítica AMEF							
		<b>Producto:</b> <b>Proceso:</b> <b>Miembros del Equipo:</b>			<b>Fecha de Emisión:</b> <b>Fecha de Revisión:</b>		<b>Orden de Prod.:</b>
					<b>Preparado por:</b> <b>Revisado por:</b>		
Pasos del proceso (de la hoja AMEF)	Método de evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	Causas	Acción a Tomar:	Obs.
Moldeo (diámetro del cuerpo) (altura) (capac.) (Máq. SIAPÍ)	Visual	$\sum_{j=1}^n X_j$ Donde X= preformas J=1,2,...,n	durante toda la jornada de la máq.	las botellas se revientan durante el soplado	<input type="checkbox"/> 1 Pto de inyección fuera de fondo	a pesar de que es casi imposible revisar preforma por preforma, se recomienda que el operario haga otra inspección visual cuando las preformas esten en la tolva de la sopladora	
					<input type="checkbox"/> 2 Presión demasiado corta o baja	realizar mantenimiento a la máquina	
					<input type="checkbox"/> 3 Temp. Mal graduada	realizar mantenimiento a la máquina	
					<input type="checkbox"/> 4 Válvulas de Pre-soplado sucias o desgastadas	realizar mantenimiento a la máquina	
<b>Cant. Def:</b>				<input type="checkbox"/> ¿Se notificó la falla?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por qué?	
<input type="checkbox"/> ¿Cuál(es) fue(ron) la(s) causa(s) más común(es)?		<input type="checkbox"/> Causa 1 <input type="checkbox"/> Causa 3 <input type="checkbox"/> Causa 2 <input type="checkbox"/> Causa 4		<input type="checkbox"/> ¿Se corrigió la falla?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por qué?	


Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tabla 18 Plan de Reacción 6

Plan de Reacción Basado en la situación Crítica AMEF							
	Producto:			Fecha de Emisión:		Orden de Prod.:	
	Proceso:			Fecha de Revisión:			
	Miembros del equipo:			Preparado por:		Revisado por:	
Pasos del proceso (de la hoja del AMEF)	Método de evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	Causas	Acción a Tomar:	Obs.
Moldeo (Diámetro del cuerpo) (altura) (Capac.) (máq. SIAP)	Visual	$\sum_{j=1}^n X_j$ donde X= preformas J=1,2,...,n	durante toda la jornada la máq.	las botellas caen en el molde	1 silenciadores atascados  2 Platoreo porta preformas demasiado alto	Revisar los silenciadores, mantenimiento general  mantenimiento y calibración a la máq.	
Cant. Defect.:					¿Se notificó la falla?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por Qué?	
¿Cuál(es) fue(ron) la(s) causa(s) más común(es)?					¿se corrigió la falla?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por Qué?	
<input type="checkbox"/> Causa 1 <input type="checkbox"/> Causa 2							


Fuente: Rodríguez, Ydañiana

Tabla 19 Plan de Reacción 7

Plan de Reacción Basado en la situación Crítica AMEF							
	<b>Producto:</b> <b>Proceso:</b> <b>Miembros del equipo:</b>			<b>Fecha de Emisión:</b> <b>Fecha de Revisión:</b>		<b>Orden de Prod.:</b>	
				<b>Preparado por:</b> <b>Revisado por:</b>			
Pasos del proceso (de la hoja del AMEF)	Método de evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	Causas	Acción a Tomar:	Obs.
Moldeo (diámetro del cuerpo) (altura) (capac.) (máq. SIAP)	Visual	$\sum_{j=1}^n X_j$ Donde X= preformas J=1,2,...,n.	durante toda la jornada de la máq.	la botella presenta un efecto nacar en el cuerpo	Temp. De la preforma demasiado baja	realizar mantenimiento y calibración a la máq.	
<b>Cant. Defect.:</b>			¿Se notificó la falla? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿Por qué?		¿Se corrigió la falla? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No. ¿por qué?		



Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tabla 20 Plan de Reacción 8

Plan de Reacción Basado en la situación Crítica AMEF							
		Producto:			Fecha de Emisión:		Orden de Prod.:
		Proceso:			Fecha de Revisión:		
		Miembros del equipo:			Preparado por:		Revisado por:
Pasos de proceso (de la hoja del AMEF)	Método de Evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	Causas	Acción a Tomar:	Obs
Moldeo (diámetro del cuerpo) (altura) (capac) (máq. SIAP)	Visual	$\sum_{j=1}^n X_j$ Donde X= preformas J=1,2,...,n	Durante toda la jornada de la máq.	el cuerpo de la botella es opaco	Temp. De la preforma demasiado alta	realizar mantenimiento y calibración a la máq.	
Cant. Defect.:		¿se notificó la falla?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿por qué?	¿se corrigió la falla?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿por qué?

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

Tabla 21 Plan de Reacción 9

Plan de Reacción Basado en la situación Crítica AMEF						
	<b>Producto:</b> <b>Proceso:</b> <b>Miembros del equipo:</b>			<b>Fecha de Emisión:</b> <b>Fecha de Revisión:</b>		<b>Orden de Prod.:</b>
				<b>Preparado por:</b> <b>Revisado por:</b>		
Pasos del proceso (de la hoja del AMEF)	Método de evaluación	Tamaño de la muestra	Frecuencia	Se considera falla si:	Causas	Obs.
moldeo (diámetro del cuerpo) (altura) (capac.) (máq. SIAP)	visual	 Donde X= preformas J=1,2,...,n	durante toda la jornada de la máq.	el fondo de la botella queda fuera de centro	<input type="checkbox"/> 1 pre-soplado demasiado adelantado	mantenimiento y calibración a la máquina
					<input type="checkbox"/> 2 presión demasiado alta	mantenimiento y calibración a la máquina
					<input type="checkbox"/> 3 temperatura alta	la máquina de descontrola realizar mantenimiento
<b>Cant. Defect.:</b>					<input type="checkbox"/> ¿Se notificó la falla?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿por qué?
<input type="checkbox"/> ¿cuál(es) fue(ron) la(s) causa(s) más común(es)?					<input type="checkbox"/> Causa 1 <input type="checkbox"/> Causa 3	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, ¿por qué?
					<input type="checkbox"/> Causa 2	

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

#### **Estrategia 4: Implementar un Control Estadístico por Variables**

Estamos en presencia de un proceso de producción con causas asignables previamente identificadas, por ende, esta estrategia busca mejorar la inspección de calidad de la empresa variando su enfoque, combinando una inspección precoz con un nuevo control estadístico del proceso por variables, enfocándose en la gráfico  $\bar{X}R$ , permitiendo medir variables específicas medibles, puesto que actualmente no manejan ninguna medición de la calidad.

Esta estrategia como ya se mencionó anteriormente está altamente relacionada con la estrategia 3, se plantea, llevar un plan de inspección y uno de acción, éste último consta de:

- 1) Definir la operación a controlar bajo el C.E.P.

Durante el tiempo de observación dentro de la planta de soplado, la autora tuvo la oportunidad de también estar presente en la planta de envasado, esto le permitió darse cuenta como a pesar de que los operarios hacían uso de unas gomas para los picos de la llenadora con la finalidad de lograr el mismo volumen en las botellas, el nivel de variación era muy distinto, tanto así, que en muchas oportunidades para completar el nivel de líquido establecido (escala visual) completaban el líquido en las botellas de forma manual; es por ello que una de las variables propuestas es la relación peso-volumen o capacidad de rebose.

La segunda variable propuesta a controlar en el proceso sería, el diámetro de la boca de la botella puesto que durante el tiempo de observación de la investigadora, notó muchos percances en la operación de tapar la botella, a pesar de que lo realiza una máquina, muchas veces los operarios notaban que quedaba mal sellada ocasionando una demora en el proceso por apretar la tapa manualmente.

- 2) Definir la frecuencia y el tamaño de la muestra.

Se plantea llevar una medición de unidades defectuosas cada hora, durante toda la jornada de trabajo de la máquina, separándolas por defectos. La medición que actualmente aplica la empresa, es contar y pesar la cantidad de defectuosas al final de la jornada.

- 3) Recolección de datos.

Se deben recoger mínimo 25 grupos de muestra, con el tamaño y la frecuencia establecida, durante esta etapa se debe garantizar un flujo constante de la producción, que las herramientas y equipos estén según su hoja de procesos y por supuesto un operario capacitado.

#### 4) Cálculos de límites de control

Calcular  $\bar{\bar{X}}$  y  $\bar{R}$  (Promedio de los Promedios y Rango Promedio):

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_{19} + \bar{X}_{25}}{25}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{15} + R_{25}}{25}$$

Límite de control para los promedios:

$$LIC = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

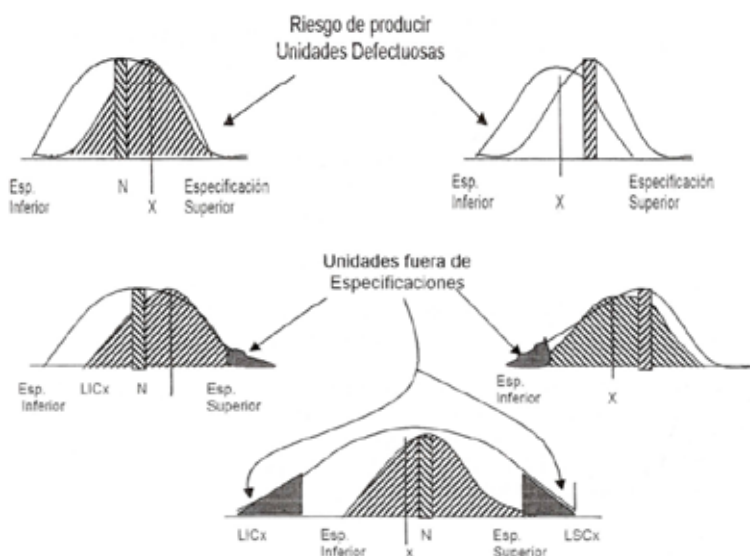
$$LSC = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

Límite de control para los rangos:

$$LSC = D_4 \bar{R}$$

$$LIC = D_3 \bar{R}$$

Pueden ocurrir dos escenarios gráficos:



5) Cálculo de la capacidad del proceso

El indicador Cp o de capacidad de proceso es un índice adimensional que compara las especificaciones del diseño contra los logros del proceso. El Cp mide la capacidad del proceso de producir unidades dentro del rango de tolerancias del diseño.

$$C_p = \frac{\text{Especificación Sup.} - \text{Especificación Inf.}}{6 \sigma X}$$

← Tolerancia permitida ← Diseño  
← Máxima variabilidad con 99,97% de confianza ← Proceso

(Seis desviaciones Estándar respecto de promedio)

$$C_p = \text{Esp. Sup} - \text{Esp. Inf.} = \begin{cases} 1) \text{ Mayor que} & 1 \\ 2) \text{ Igual a} & 1 \\ 3) \text{ Menor a} & 1 \end{cases}$$

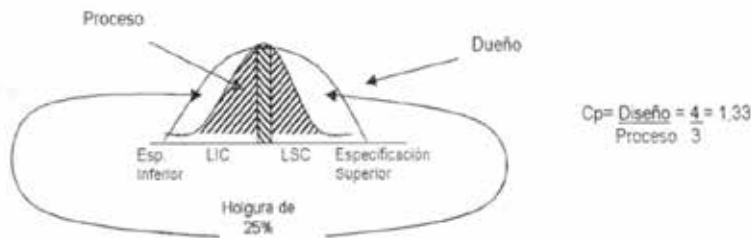
- Si el **Cp = 1** Las especificaciones de diseño son alcanzadas por el proceso.
- Si el **Cp > 1** Las condiciones de variabilidad del proceso son menores (por supuesto mejores) que las autorizadas por el diseño.
- Si el **Cp < 1** Las condiciones del diseño no pueden ser alcanzadas por el proceso (su variabilidad es muy grande)

Para calcular el Cp debemos calcular la promedio se calcula por:

$$\frac{\quad}{2}$$

Donde  $d_2$  es un factor que depende del tamaño de la muestra y se obtiene de la misma tabla donde se obtuvo  $A_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$ .

Se tiene por regla práctica que si el proceso supera en un 25% a las especificaciones de diseño es decir:



Entonces	$C_p = 1,33$	y el proceso es	<b>PROCESO CAPAZ</b>
Si	$1 < C_p < 1,33$	y el proceso es	<b>MEDIANAMENTE CAPAZ</b>
Si	$0,8 < C_p < 1$	y el proceso es	<b>MARGINAL</b>
Si	$C_p < 0,8$	y el proceso es	<b>NO CAPAZ</b>

Proceso Capaz o proceso robusto en la medida que se hace mayor a 1,33 garantiza estadísticamente la producción de unidades ok si 100% del tiempo.

Proceso Medianamente Capaz: No garantiza la producción de unidades dentro de especificaciones el 100% del tiempo generalmente hay una tendencia hacia la máxima o mínima de la especificación.

Proceso Marginal: Nos obliga a estar en fase de recolección de datos ya que alguno de los límites calculados para hacer la gráfica de control esta montado o fuera de especificaciones.

Proceso no capaz: Hay una alta incidencia de unidades defectuosas, el proceso esta cuestionado y es imposible aplicar control estadístico de procesos.

#### **4.4 FASE IV: Evaluación del impacto técnico-económico de las estrategias propuestas.**

La evaluación económica realizada en este estudio se hizo con la finalidad de observar el impacto que ocasiona la implementación de las propuestas descritas anteriormente.

##### **Evaluación Técnica**

La factibilidad técnica surge como consecuencia de la implementación de las mejoras planteadas ya que se logra obtener un proceso productivo óptimo y eficiente, debido al uso adecuado de cada una de las partes que conforman el proceso de fabricación de botellas tipo PET y logrando la reducción considerable de desperdicios que se evidenciaban a lo largo del proceso, al hablar de desperdicios nos referimos a toda aquella actividad que no agrega valor al producto disminuyendo la productividad de los operarios y por ende de la empresa.

Todas las estrategias planteadas van dirigidas a un mismo objetivo, realizarle mejoras a la línea de soplado trayendo un beneficio a corto y largo plazo para la empresa, así como también una mayor productividad y por ende un mayor beneficio monetario; otra consecuencia positiva de las mejoras es el de capacitar con un nuevo nivel de mejora en conocimientos, a todos los operarios que hacen vida en la línea de producción, esto se va a lograr con la implementación del entrenamiento para los trabajadores. Éste es un capital

intangibles de la empresa, cuestión que no es cuantificable en números, pero sí puede notarse en el cambio de cada empleado.

Con la implementación del AMEF, los planes de calidad y el control estadístico del proceso, no solo se forjan las bases que introducirán a la empresa a construir su casa Lean Manufacturing, sino que a corto plazo se disminuirán desperdicios para la filosofía lean como lo son el desperdicio del talento humano, los tiempos improductivos, productos defectuosos, retrabajos, entre otros,

### **Relación Costo-Beneficio**

Para hacer este punto de fácil interpretación se hace referencia a la tabla 2 mencionada en el capítulo I (Ver tabla 2).

La capacidad actual de la máquina es 7200 bot./día, durante el tiempo de observación dentro de la empresa el promedio de botellas diaria fue de 6000 bot./día, obteniendo una diferencia entre estos dos valores de 1200 bot./día

$$\text{Costo-beneficio} = 1200 \frac{\text{unid}}{\text{día}} * 20 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * 11,5 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 276.000 \text{ unid perdidas/año}$$

(Pérdida)

$$276.000 \frac{\text{unid}}{\text{año}} \quad 67,77 \frac{\text{Bs}}{\text{unid}} = 18.704.520 \text{ Bs perdidos/año}$$

Ahora bien, con estas propuestas se quiere mejorar un 50% la situación actual de pérdida en la empresa, entonces la empresa estará en presencia de un monto de recuperación anual de 9.352.260 bs/año. Estos valores fueron calculados con la capacidad real y la observada durante el tiempo de estudio, por otro lado, es importante acotar que si se calcula con la capacidad real y la capacidad ajustada de la máquina o la capacidad máxima de la máquina las pérdidas serían mucho elevadas.

Refiriéndonos a otro punto reflejado en el capítulo I pero en la tabla 3, como lo es la desviación estándar de las botellas defectuosas durante el tiempo de observación de la autora, éste tiene un valor de 118 lo que representa:

$$\text{Costo-beneficio} = 118 \frac{\text{bot.}}{\text{día}} * 20 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * 11,5 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 27.140 \text{ bot./año}$$

(Pérdida)

$$27.140 \frac{\text{unid}}{\text{año}} \quad 67,77 \frac{\text{Bs}}{\text{unid}} = 1.839.277,8 \text{ Bs perdidos/año}$$

**Tabla 22 La relación existente en función de los costos y beneficios**

Industrias El Carmen, C.A.	
Costo	Beneficio
Estrategia 1 Inv. En materiales de oficina = 300.000Bs	Mayor productividad
Estrategia 2 Inv. En materiales de oficina = 200.000 Bs Inv. En mantenimiento de la máquina = 450.000	Disminuye las paradas innecesarias
Estrategia 3 Inv. En materiales de oficina = 300.000Bs	Disminuye los retrabajos
Estrategia 4 Inv. En la contrata de un Ing. Industrial, aproximadamente 910.000Bs.	Mejorar la satisfacción del cliente
	Homogeneización del producto
	Aumento de la eficiencia
	Incremento de la rentabilidad económica
	Potenciación de la imagen de la empresa
	Impulso de la motivación de los trabajadores

Fuente: Rodríguez, Ydaliana

El costo de inversión no es elevado para la situación económica actual, pero los beneficios a corto y largo plazo hacen factible y ventajoso para la empresa Industrias El Carmen, C.A.

Los beneficios de este proyecto de investigación se centran en el desarrollo de una mejor calidad en el área de soplado, así como también en mejorar la capacitación de sus operarios actuales y los que vengan les va a permitir obtener un mejor sentido de pertenencia, sabiendo que la empresa los está capacitando en conocimiento y así sentir como su trabajo y aporte es valorado para la realización del producto. En lo que respecta a la puesta en marcha de estas estrategias se puede decir que la mayor inversión que va a realizar la empresa será en el tiempo.

## CONCLUSIONES

Se determinó que la falta de flujo de producción continuo ha llevado a que el departamento no sea constante en cuanto a implementar medidas de calidad que reduzcan las unidades defectuosas, generando descuido en los operarios y supervisores

Se analizaron también las opiniones de cada uno de los operarios de la línea, así como también la del supervisor, y todos llegaron a la conclusión de que una de las razones por las cuales existen unidades defectuosas es por la falta de mantenimiento a la sopladora; es importante acotar que producto de la observación práctica ese gran porcentaje arrojado en la desviación estándar como lo es el 56% es atribuible al criterio no uniforme dentro de los operarios.

Se aplicaron herramientas que ayudaran a estabilizar el proceso, logrando así, una disminución y prevención de la ocurrencia encontrada en cada una de las fallas encontradas; logrará que la empresa y su producto sea mucho más competitivo con los productos similares en el mercado, brindándole también la oportunidad de entrar en nuevos mercados; aumentará la productividad, haciendo que el equipo disponible en planta sea mucho más eficiente y con menos problemas para los operadores y supervisores, dando confiabilidad y satisfacción para la empresa como para los empleados; brinda una constante capacitación e incremento de conocimientos y habilidades en los colaboradores; habrá un cambio cultural de los empleados en su sentido de pertenencia hacia la compañía. Una vez implementadas estas mejoras se va a lograr transmitir al cliente esa eficiencia y nivel de mejora logrado, así como también aumentar la fidelización de los clientes existentes; permitirá al departamento de control llevar un control detallado de las fallas permitiendo detectarla con rapidez y poder reducir su efecto.

El proyecto de investigación es viable aunque su inversión sea elevada, pero tiene beneficios cuantificables, como no cuantificables, ya que también invierte en capital humano que también traerá cambios positivos dentro la organización.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la empresa aplicar las propuestas planteadas, y mantener su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

Poner en práctica la Filosofía Lean Manufacturing para la mejora continua.

Documentar los lineamientos que se requieren para la realización de las actividades competentes al proceso de producción.

La empresa Industrias El Carmen, C.A., debe promover el constante desarrollo personal de sus empleados con el fin de mantener un clima armonioso que propicie la productividad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altuve, M. (1980). **Metodología de la Investigación II**. Caracas: Universidad Nacional Experimental “Simón Rodríguez”, Vice-Rectorado Académico. Programa de Estudios Universitarios Supervisados.
- Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica**. 5ta edición. Venezuela: Editorial Espíteme.
- Arias, F. (2012) *Introducción a la metodología científica*. Caracas. Editorial Espíteme. Quinta Edición.
- Aiteco. (2015) **Diagrama de pareto**. En: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/> [Consulta: Julio, 2017]
- Balestrini, M. (1999). **Como se Elabora el Proyecto de Investigación**. 3ª edición. Caracas: B.L. Consultores Asociados Servicio Editorial.
- Borrego, D (2009) **Diagrama causa-efecto**. En: <http://www.herramientasparapymes.com/%C2%BFcomo-elaborar-un-diagrama-de-causa-efecto>
- Carballal, (2006). **Conceptos Modernos de Productividad**. [Artículo en Línea]. Disponible en: [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/productividadconceptos/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/productividadconceptos/). [Consulta: Julio, 2017]
- Cardona, M. (2010). **Investigación sobre Líneas de Producción**. En: <http://es.slideshare.net/090626/lineas-de-produccion> [Consulta: Julio, 2017]
- Carro, R y González, D. (2015). **Administración de las operaciones. Control estadístico de procesos**. Mar de plata: Universidad nacional de Mar de Plata.
- Espinoza, R. (2016). **KPI**. En: <http://robertoespinosa.es/2016/09/08/indicadores-de-gestion-que-es-kpi/> [Consulta: Julio, 2017]
- García, O. (2005) El análisis causa-raíz, estrategia de confiabilidad. En: <http://www.noria.com/sp/rw2005/memorias/ogarcia.pdf> [Consulta: Julio, 2017]
- Geo Tutoriales (2017) **Diagrama causa-efecto**. En: <http://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/> [Consulta: Julio, 2017]

- Hervás, J. (2017) **Control estadístico del proceso.** En: <http://www.matematicasyoesia.com.es/Estadist/ManualCPE06p2.htm> [Consulta: Julio, 2017]
- Isotools. (2015) **Control estadístico de procesos.** En: <https://www.isotools.org/2015/04/10/el-control-estadistico-de-procesos-conceptos-basicos/> [Consulta: Julio, 2017]
- Levitan S. y Werneke D. (1984) **Productivity: Problems, prospects, and policies**”. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Martínez, A (2016) **Análisis de modo y efecto de falla.** En: <https://prezi.com/jyrr2hppbh6e/tesis-em-amef/> [Consulta: Julio, 2017]
- Montgomery, D.C (1991) **Control estadístico de la calidad.** Edición Iberoamericana. México.
- Pdcahome (2015) **diagrama causa-efecto.** En: <http://www.pdcahome.com/diagrama-de-ishikawa-2/> [Consulta: Julio, 2017]
- Quillupangui, L (2014). **Incremento de la Productividad en la Línea de Producción de Bordados en la Industria Joribordados S. A.** Trabajo Especial de Grado. Universidad Central del Ecuador
- Sabino, C. (1995). **El proceso de investigación.** 2da. edición. Bogotá: Panamericana.
- UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ (2007). Normas para la elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajo de Grado.
- Zaratiegui, J.R (1999). **La gestión por procesos: su papel e importancia en la empresa.** Economía Industrial, volumen VI, 330.

Sampieri, R; Fernández, C. y Baptista, P. (2014), Metodología de la Investigación.6ra Edición Editorial: México: Mc Graw Hill.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2010), Manual para la Elaboración del Trabajo de Grado. 4<sup>o</sup>ta edición Caracas- Venezuela.

## ANEXOS

### **Anexo 1 resina (tereftalato de polietileno)**



**Fuente:** Rodríguez, Ydaliana

### **Anexo 2 Preformas**



**Fuente:** Rodríguez, Ydaliana

### **Anexo 3 Cesta de Preformas**



**Fuente:** Rodríguez, Ydaliana

#### **Anexo 4 Paletas, flejes y strech**



**Fuente:** Rodríguez, Ydaliana

#### **Anexo 5 Sopladora SIAPI**



**Fuente:** Rodríguez, Ydaliana

## Anexo 6 Montacargas



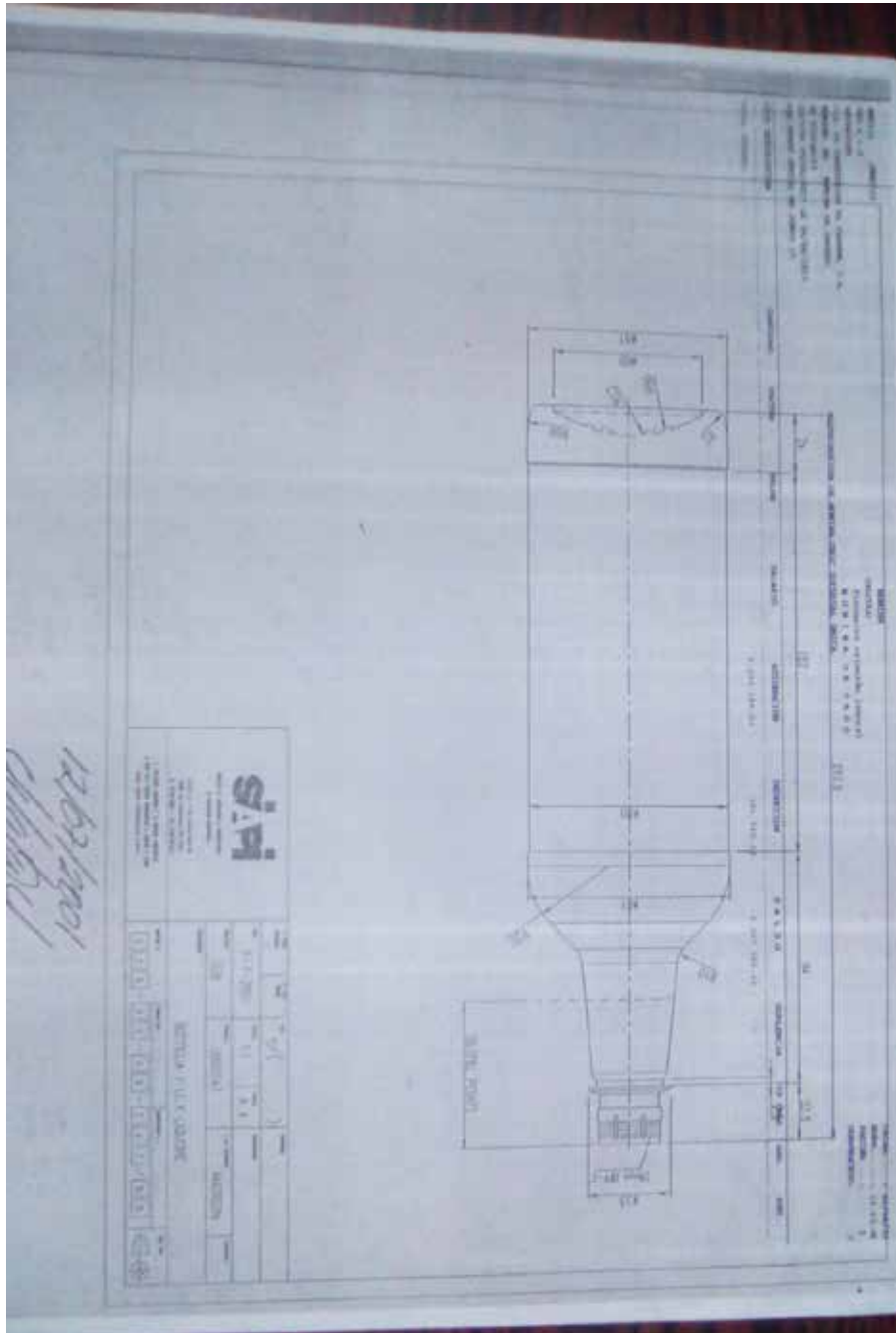
Fuente: Rodríguez, Ydaliana

## Anexo 7 Balanza Industrial de Plataforma



Fuente: Rodríguez, Ydaliana

### Anexo 8 Medidas de la botella de un litro



Fuente: Industrias El Carmen, C.A.