

Universidad Acción Pro Educación y Cultura



Decanato de Ingeniería e Informática

**Escuela de Ingeniería**

Tesis de Grado para Optar por el Título de:

**Ingeniero Industrial**

Optimización del proceso de elaboración de botellones  
plásticos en la empresa Agroplast S.R.L.

**Sustentantes:**

Br. Rosiris Solís Suárez	2010-1219
Br. Milagros Caraballo Pérez	2010-2030
Br. Melissa Valdez Báez	2009-1931

Distrito Nacional  
República Dominicana

Mayo 2014

“Los conceptos expuestos en esta investigación son de la exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es)”.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación contempla tres capítulos enfocados a la optimización de los procesos.

En el primer capítulo se muestran conceptos de autores acerca de diferentes investigaciones, siguiendo una secuencia lógica como soporte de este trabajo para la comprensión del significado de las herramientas y términos que posteriormente serán utilizados.

El caso de estudio constituye el segundo capítulo de esta propuesta, en el cual se presenta la situación actual del proceso de elaboración de los botellones plásticos, iniciando con una descripción general de la empresa y desglose de las cuatro etapas que intervienen en el sistema.

La tercera parte de esta investigación está conformada por la propuesta de optimización, donde la misma es realizada en base a las oportunidades de mejora que fueron identificadas en las distintas etapas del proceso de elaboración de los botellones plásticos. Así mismo, se realiza una estimación de los posibles resultados que se alcanzarían tras la implementación, y una comparación entre los resultados actuales y los propuestos.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis lo dedico a mis padres, Milagros Suárez Durán y Amable Solís de los Santos, por su apoyo incondicional y por brindarme una excelente educación, valiosos consejos, motivación y ejemplos de perseverancia, que han sido claves para el cumplimiento de esta meta.

**Rosiris Solís Suárez.**

*“El Señor es mi pastor: nada me falta; en verdes pastos él me hace reposar. A las aguas de descanso me conduce, y reconforta mi alma...”*

**Para Elizabeth Pérez,**

En incontables ocasiones estuviste a mi lado, dándome ánimos, siempre respetando mis decisiones, escuchando mis “desahogos” que, estoy segura, fueron muchos. Y guiándome hacia un *reality check* cuando era demasiado terca. Todo sin presiones, la única limitación que me pusiste fue: *hasta donde yo misma quiera llegar.*

**Para Gisely Caraballo,**

Me apoyaste de numerosas maneras, pequeñas y grandes, todas significativas en mi trayectoria por la universidad (además de que siempre lo haces en mi vida), incluyendo la realización del trabajo de grado. Me mostraste que siempre se está a tiempo de arreglar las cosas y que en ocasiones, necesitamos de *nuevos ojos* que vean por nosotros.

**Para Raúl Pérez,**

Sé que hoy estarías orgulloso de mí. Te quise y te querré siempre muchísimo. Gracias por todo y descansa en paz.

**Para Valorie Cabral**

Siempre has sido una de mis mejores amigas, y mi psicóloga, dándome la razón aunque no la tenga. Gracias por ser la persona que siempre entiende cómo me siento.

*“...Irán conmigo a dicha y tu favor mientras dure mi vida, mi mansión será la casa del Señor por largos, largos días.”*

**Milagros Caraballo.**

A Dios,

A mis padres,

A Sebastián Valdez.

**Melissa Valdez.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser la guía y fortaleza constante en el desarrollo de mi carrera, y por permitirme adquirir los conocimientos necesarios para alcanzar mi meta.

A mis padres, Milagros Suárez Durán y Amable Solís de los Santos. Gracias por su amor y apoyo incondicional, por los valores que me han inculcado y por brindarme una excelente educación desde mis primeros años de vida.

A mis primas, Sugerlys y Solenny Suárez, por ser parte importante de mi vida, creer en mí, por apoyarme en todo momento, y enseñarme que cuando se quiere se puede.

A mi tía, María Antonia Suárez (Morena), por haber sido como una madre y amiga, y por su valioso apoyo y motivación en todos las etapas de mi vida.

A mi primo, Elvis de la Cruz (Willy), por confiar en mí, motivarme y extenderme la mano cuando más lo necesité.

A mis amigos, Juan Guillermo, Christopher, Gonzalo y Delis, por su valiosa amistad, confianza, cariño y apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera, y por brindarme preciados momentos de felicidad en mi vida.

**Rosiris Solís Suárez.**

Agradezco a...

Antes que nada, Dios por tantas cosas, por darme vida, salud y mucho más.

Mi madre, Elizabeth Pérez y mi hermana, Gisely Caraballo, tan sólo expresaré: *¿qué les puedo decir?*

Mi padre, José Caraballo y al resto de mi familia, sé que todos de una u otra forma, dieron su granito de arena en estos últimos cuatro años.

Mis compañeras de tesis, de carrera, de graduación, colegas, pero sobre todo amigas, Melissa Valdez y Rosiris Solís. A pesar de todo, no tengo quejas, ha sido un placer trabajar con ustedes en toda la carrera. Y sé, que los agradecimientos son muy bien ganados, porque sí, estoy consciente que aguantarme no es fácil. Con mis demás compañeros, a parte de agradecida, me siento dichosa de graduarme con muchos y triste por los que no pasaremos por esa experiencia juntos.

Dos profesores que de considero, impactaron en mi formación, Fernando López y Gregorio Morel. Y por supuesto, a mi asesor, Alvin Rodríguez, de verdad que aun siendo difícil fue un placer trabajar con usted, además de su constante apoyo y seguimiento en las últimas entregas y revisiones.

**Milagros Caraballo.**

A Dios por su inmenso amor.....

Le agradezco a mis padres, Cristian y Mary, por su amor y apoyo incondicional, por brindarme la mejor herencia que un padre le pueda dejar a un hijo: La educación. Mami gracias por haberme guiado a lo largo de mi carrera y de mi vida: te amo. Papi por tu constante dedicación en mi formación.

A mis hermanos, Manuel y Luis, por haberme enseñado con su ejemplo el camino a seguir.

A mis primas Carolina, Pamela y Cindy, por ser tan importantes en mi vida, por ese apoyo familiar que brilla entre nosotras.

A mis tías Sandra, Ana Margarita, Ruth, Fini y Emely.

A mi querida abuela, Ana.

A Evir Canaan, por ser mi segundo padre y por haber confiado en mi trabajo.

A mi amigas Daivis Moreno, Cleivys Báez y Paola Fernández, Roriris Solís y Milagros Caraballo.

A mis profesores Ricardo Valdez, Trina Jesurum, Alvin Rodríguez y Francisco Sánchez.

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología, por darme la oportunidad de iniciar mis estudios y a la Administradora de Riesgos Laborales Salud Segura por haberme permitido formar parte esa gran familia.

**Melissa Valdez.**

# TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	7
TABLA DE CONTENIDOS	10
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABLAS	13
INTRODUCCION.	14
OBJETIVOS.	15
General.	15
Específicos.	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	16
JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.	17
DISEÑO METODOLOGICO.	19
CAPITULO 1: ESTADO DEL ARTE.	20
1.1    Los Procesos Industriales.	20
1.2    Técnicas de Mejora.	24
1.2.1    Kaizen.	24
1.2.2    Total Productive Maintenance (TPM).	29
1.2.3    Six Sigma.	37
1.2.4    DMAIC.	41
1.2.5    Value Stream Mapping (VSM).	46
1.2.6    Distribución de planta (Layout).	53
1.3    La Optimización de Procesos.	57
CAPITULO 2: CASO DE ESTUDIO.	64
2.1    Descripción general de la Empresa.	64
2.1.1    Misión.	64
2.1.2    Visión.	64
2.1.3    Valores.	65

2.1.4 Estructura de la Empresa. -----	65
2.1.5 Gama de Productos. -----	65
2.2 Proceso de Manufactura. -----	66
2.2.1 Descripción del Proceso. -----	66
2.2.2 Elementos del Proceso. -----	67
2.2.3 Mapeo del Proceso. -----	68
2.2.4 Distribución de Planta (Layout). -----	71
2.2.5 Deficiencias en el proceso de Elaboración de botellones. -----	73
2.2.6 Indicadores del Proceso. -----	75
<b>CAPÍTULO 3: OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOTELLONES PLASTICOS EN LA EMPRESA AGROPLAST S.R.L. -----</b>	<b>79</b>
3.1 Ciclo de Optimización de Procesos. -----	79
3.2 Criterios de Calidad. -----	80
3.3 Proceso de Producción. -----	82
3.4 Sistema TPM. -----	84
3.5 Kaizen. -----	84
3.6 Rendimiento del Proceso. -----	87
CONCLUSIONES. -----	89
RECOMENDACIONES. -----	91
REFERENCIAS BILIOGRAFICAS -----	93
ANEXOS. -----	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas para la implementación del TPM. -----	32
Figura 2: Diagrama de flujo con la metodología para la implementación del VSM. -----	48
Figura 3: Comparación de los Enfoques de Optimización de Procesos. -----	59
Figura 4: Diagrama de la Optimización de Procesos. -----	63
Figura 5: Organigrama Actual. -----	65
Figura 6: Elementos del Proceso de Elaboración de Botellones Plásticos. -----	68
Figura 7: Mapeo del Proceso de Elaboración de Botellones Plásticos. -----	69
Figura 8: Estado Actual. VSM Externo. -----	70
Figura 9: Estado Actual. VSM Interno. -----	71
Figura 10: Diagrama de Recorrido del proceso de elaboración de botellones. -----	72
Figura 11: Ciclo de Optimización de procesos. -----	79
Figura 12: Ayuda Visual. Moldeo por Inyección. -----	81
Figura 13: Ayuda Visual. Empaque. -----	81

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Métricas de Rendimiento de Proceso. -----	76
Tabla 2: Indicadores de Calidad. -----	77
Tabla 3: Estimación de Resultados.-----	87
Tabla 4: Resultados de la Propuesta. -----	88
Tabla 5: Situación Actual Vs. Propuesta. -----	88

## **INTRODUCCION.**

Todo proceso de fabricación conlleva un conjunto de pasos que se deben cumplir para la ejecución de dicha actividad. Es común que los mismos, se realicen inconscientemente porque la mayoría de los procesos, en el día a día, no son sistemáticos. Cuando los procesos se estandarizan, lógicamente y sistemáticamente, se alcanza la ejecución exitosa, en términos de eficiencia y eficacia de las actividades.

Las actividades manufactureras en especial, resultan complejas debido a todos los factores que intervienen (personal, tiempo, comunicación, planificación, etc.), en un ambiente tan acelerado que ocasiona una inadecuada atención a los pequeños detalles, que al final impactan significativamente a la empresa. Esto origina que las organizaciones pertenecientes al sector secundario, el industrial, busquen la constante mejora de sus procesos. Las mejoras en los procesos se realizan por diversas necesidades, como por ejemplo, asegurar el cumplimiento correcto de los procesos, reducir el tiempo de ejecución, minimizar los recursos empleados, o bien para hacer las cosas de una mejor manera.

Al mejorar un proceso, se optimiza para obtener resultados más efectivos, al disminuir los gastos, aumentar la calidad, garantizar que proporcionalmente haya más salidas que entradas del proceso en cuestión, etc. En síntesis, todo esto se traduce al incremento de la productividad.

En la presente investigación se persigue, la optimización del proceso de manufactura, de botellones plásticos, en la empresa Agroplast S.R.L., con la finalidad de realizar una propuesta que sea alcanzable para la empresa.

## **OBJETIVOS.**

### **General.**

Optimizar el proceso de elaboración de botellones plásticos en la empresa Agroplast S.R.L.

### **Específicos.**

1. Analizar el proceso de elaboración de botellones plásticos.
2. Identificar las deficiencias existentes en el sistema productivo.
3. Establecer técnicas de mejora del proceso utilizando la herramienta DMAIC.
4. Emplear la metodología Six Sigma ( $6\sigma$ ) para incrementar el rendimiento del proceso productivo.
5. Implementar la técnica de mejora Value Stream Mapping (VSM), detallando el flujo de recursos en el proceso de elaboración.
6. Realizar una redistribución de planta (layout) para acortar las distancias entre las diferentes estaciones.
7. Diseñar un procedimiento para la aplicación de TPM en el proceso de manufactura de botellones plásticos.
8. Utilizar el sistema de mejora Kaizen para mantener los cambios y mejoras en el proceso de elaboración.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La Optimización de procesos persigue la constante mejora de todas las operaciones que conforman un proceso industrial. Tres factores críticos que deben "atacarse" al optimizar un proceso son: el retrabajo de las piezas que presenten alguna no conformidad; los desperdicios tanto de trabajo en proceso (WIP), como de materia prima, producto terminado etc.; y el tiempo de ocio de las maquinarias y el personal, originado por deficiencias en la planificación de los horarios.

En la empresa Agroplast S.R.L., la inexistencia de un plan de mejora continua, ha provocado que la manufactura de botellones plásticos esté afectada por diversos factores que dificultan el eficiente desarrollo de sus procesos. Entre éstos se encuentra el elevado tiempo de operación transcurrido en el ciclo de moldeo, preformas con coloración por debajo de lo requerido y el manejo incorrecto del desperdicio de resina y colorante, originado durante el set up de la máquina.

La empresa cuenta con una sobreproducción de preformas (tubos plásticos utilizados para hacer botellas), como consecuencia de la aplicación incorrecta de la planificación de producción; y al no existir ningún tipo de inspección en busca de roturas en las preformas, se trabaja con materiales con disconformidad, los cuales ocasionan, pérdidas de tiempo, aumento de scrap, etc.

Una de las principales preocupaciones dentro de los procesos es la seguridad de los operadores, ya que al soplar las preformas elaboradas, si una de estas resulta deforme o con alguna rotura, la puerta de la máquina sopladora que da a la cavidad de moldeado, es

disparada hacia afuera corriendo el riesgo de golpear a las personas que se encuentren al alcance.

En la manufactura también se observan problemas de Ergonomía, ya que los operadores que se encargan de empacar los botellones, utilizan para trabajar mesas extremadamente bajas e incómodas para su altura. Además, se identificaron muchas demoras por transportes para buscar herramientas de trabajo, debido a que el espacio del que disponen en la estación es tan reducido, de manera que el operador se ve imposibilitado de tener al alcance a todas las herramientas que necesita para realizar su trabajo rápido y eficazmente.

En relación a lo expuesto anteriormente, es necesario realizar una optimización del proceso de manufactura de botellones plásticos, de manera que contribuya a garantizar el incremento de la productividad del sistema, así como el cumplimiento de los objetivos de la empresa. Es por esto, que mediante esta propuesta se pretenden desarrollar las pautas necesarias que permitan obtener un mejor rendimiento de los procesos de la empresa, al mismo tiempo que aumenta sus utilidades y ofrece un producto de mayor calidad a sus clientes.

## **JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.**

Los procesos de manufactura transforman sus “entradas” en “salidas” con el fin de satisfacer las necesidades del mercado. La demanda es satisfecha a medida de que el sistema de producción es capaz de cumplir de manera eficaz con las necesidades de las personas. Para poder lograrlo, es vital adaptar los procesos a los requerimientos del cliente, mejorando su desempeño general, para de esta forma alcanzar los objetivos planteados.

En la medida en que se adaptan los procesos a los requerimientos, con el fin de mejorarlos, se está realizando una optimización.

La optimización de los procesos industriales es imprescindible para lograr la eficiencia del sistema productivo. Actualmente, las industrias están sumergidas en un ambiente competitivo, por lo que, se mantienen en la búsqueda constante de innovación, con el objetivo de lograr un mejor alcance y aceptación en el mercado. Es necesario hablar de innovación en donde los procesos y métodos existentes presentan fallas durante el desarrollo de la producción, tales como cuellos de botella, pérdidas, interrupciones, entre otros factores.

Tal es el caso de Agroplast S.R.L, en la cual la relación entre los componentes del sistema, no siempre se realizan de la manera más apropiada desde el punto de vista de la eficiencia y eficacia. Esto causa que el rendimiento de los procesos sea, en muchas ocasiones, inferior al que se puede conseguir; originando a su vez, un alto crecimiento en los costos operacionales; razones que le impiden mantener ventaja competitiva frente a otras empresas de la misma actividad.

Atendiendo a lo expuesto, esta investigación propone una metodología para optimizar el proceso de elaboración de botellones plásticos, con el objetivo de mejorar la calidad en el servicio y encontrar soluciones a los problemas que se presentan en el sistema productivo de la empresa Agroplast S.R.L.

## DISEÑO METODOLOGICO.

La investigación presente será de tipo:

- **Descriptiva**, con el propósito de explicar las características y circunstancias en que se realiza el proceso de manufactura de botellones plásticos en la empresa Agroplast S.R.L.
- **De Campo**, para así identificar la forma actual en que está estructurado el proceso de elaboración de botellones en la empresa Agroplast S.R.L.

El método a emplear será:

- **Deductivo**, buscando identificar las posibles ventajas del proceso de manufactura de botellones plásticos que se propone en la investigación, frente al proceso actual.

Las técnicas usadas para la recopilación de datos serán:

- Tanto la observación como la entrevista, apoyadas en grabaciones audiovisuales para su posterior análisis.

# **CAPITULO 1: ESTADO DEL ARTE.**

## **1.1 Los Procesos Industriales.**

Las organizaciones buscan cumplir con sus objetivos realizando sus operaciones mediante actividades fundamentales conocidas como procesos. Un proceso es una serie de operaciones que logran el avance del producto hacia su tamaño, forma y especificaciones finales (Niegel & Andris, 2004). También se puede definir como cualquier actividad o grupo de actividades en la que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

El Dr. Juan Bravo Carrasco, empresario chileno, describe el proceso como un conjunto de actividades, interacciones y recursos con una finalidad común: transformar las entradas en salidas que agreguen valor a los clientes.

Otro como el Ing. Pérez Fernández de Velasco, delimita el proceso como la secuencia ordenada de actividades repetitivas cuyo producto tiene valor intrínseco para su usuario o cliente; se interpreta como valor a todo aquello que se aprecia o se estima por el que lo percibe al recibir el producto (clientes, accionistas, personal, proveedores, sociedad).

No obstante, la ISO 9000 define como proceso al conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

El proceso es realizado por personas organizadas según una cierta estructura, que tienen tecnología de apoyo y manejan información; por lo cual sus entradas y salidas incluyen el tránsito de información y productos.

Desde el punto de vista de los servicios, los procesos son un sistema de creación de riqueza que inicia y termina transacciones con los clientes en un determinado periodo de tiempo (Bravo Carrasco, 2011).

En la manufactura, los procesos son actividades y operaciones relacionadas, ordenadas y consecutivas, apoyándose en el uso de máquinas-herramientas o equipos, con la finalidad de transformar la materia prima, agregándole valor, para la obtención de un producto terminado que cumpla con los requerimientos del cliente.

En todo proceso, se distinguen tres elementos fundamentales que interactúan y se interrelacionan entre sí, estos son: entradas, transformaciones y salidas.

Las entradas también conocidas como insumos, son elementos que permiten llevar a cabo el proceso. Estos pueden ser tangibles, tales como la maquinaria, materia prima, recursos humanos y mobiliario; o intangibles: información, aspecto legal y servicios generales (agua y comunicaciones).

Las transformaciones hacen referencia a aquellas actividades, operaciones o tareas que de manera individual o colectiva convierten los insumos en un producto terminado agregándole valor. Y por último, las salidas son los resultados o productos (bienes y/o servicios) que genera el proceso posterior a las transformaciones de los insumos.

Los procesos, siendo actividades que crean y agregan valor, poseen diversas características que los distinguen y diferencian unos de otros, al igual que de otras actividades propias de las organizaciones.

La salida de un proceso, generalmente es la entrada de otro proceso y viceversa. Esto es debido a que el producto que se obtiene de un proceso determinado, puede ser utilizado como materia prima de otro proceso de fabricación totalmente diferente.

En una empresa, es bastante usual que exista una interacción entre dos o más procesos individuales. Dicho contacto puede darse cuando hay un proceso que precede al siguiente, o también cuando la fabricación de un producto determinado, esté compuesta de diversos procesos individuales.

Las operaciones de un proceso pueden, por sí mismas conformar otro proceso. De esta manera, al proceso “padre”, considerado como clave o principal, se le conoce con el nombre de Macroproceso y a los que lo componen se le conocen como Subprocesos.

Las organizaciones buscan generalmente, que sus procesos sean planificados, se ejecuten sistemáticamente y estén bajo condiciones controladas. Debido a esto, las empresas cuentan con procesos estratégicos que les permitan tener cierto control sobre sus actividades, asegurando en el producto y/o servicio una mayor calidad.

Todo proceso, al tratarse de un conjunto de actividades, cuenta con más de una entrada y más de una salida, las cuales pueden ser tanto tangibles como intangibles, independientemente del proceso en cuestión.

Dentro de una organización, los procesos se clasifican en tres tipos principales: claves, estratégicos y de apoyo.

Los procesos claves, también llamados operativos, son propios de la actividad de la empresa, por lo que, gestionan las tareas que conllevan a la entrega del producto al usuario, facilitando el cumplimiento satisfactorio de los requerimientos. Este tipo de proceso tiene un fuerte impacto sobre las expectativas de los clientes, pues es a partir de los productos recibidos, que se percibe y valora su calidad.

En este mismo sentido, las actividades claves de una organización, contribuyen en gran medida al cumplimiento de los objetivos de la misma: su misión y visión a largo plazo.

Aunque los procesos claves son esenciales para la obtención del producto o servicio deseado, no pueden funcionar sin la asistencia de otros, pues necesitan diversos recursos e información para su posterior ejecución y control.

Para cumplir con los requerimientos, existen los procesos de apoyo o soporte, encargados de proporcionar los medios, recursos y el apoyo necesario para que los procesos claves se lleven a cabo, asegurando de esta manera el buen funcionamiento de la unidad y siendo transparentes para el usuario. Los recursos proporcionados por este proceso incluyen desde maquinarias, materia prima y capital, hasta las personas responsables de operar los equipos involucrados en el proceso de fabricación.

Los procesos estratégicos gestionan la forma en que se toman las decisiones sobre planificación y mejoras de la organización, y la relación de ésta con el entorno, siendo los responsables de analizar las necesidades y condicionantes para, a partir de todo ello y del conocimiento de las posibilidades de los recursos propios, emitir las guías adecuadas al

resto de procesos de la organización para asegurar la respuesta a esas necesidades y condicionantes. Permiten definir y desplegar las estrategias, políticas y objetivos de la organización.<sup>1</sup>

## **1.2 Técnicas de Mejora.**

En la sociedad actual, las organizaciones buscan mantenerse a la vanguardia para obtener y mantener una ventaja competitiva, por lo cual, precisan que sus procesos sean eficaces y eficientes. Para lograrlo, emplean diversas técnicas de mejora que conllevan a la simplificación de procesos, reducción de costos y defectos de producción, con el fin de brindar un mejor servicio a los clientes, buena utilización de los recursos; así como aumentar la calidad y productividad, tanto del proceso como de sus respectivos procesos. Kaizen, TPM, Six Sigma, DMAIC y VSM son algunas de las técnicas que se dedican a dirigir los esfuerzos para aprovechar al máximo los recursos disponibles con el objetivo de mejorar los procesos.

### **1.2.1 Kaizen.**

Kaizen es una metodología de origen japonés empleada para aumentar la productividad, calidad y competitividad de los sistemas productivos. KAI significa “cambio” y ZEN significa “bueno”, por tanto, el término Kaizen se refiere al mejoramiento continuo.

Esta filosofía creada en los años ochenta por Masaaki Imai, ha sido considerada como un elemento clave para la competitividad y éxito operacional de las empresas japonesas. Imai indica que: “Kaizen es el mejoramiento continuo, pero mejoramiento todos los días, a cada momento, realizado por todos los empleados de la organización, en cualquier lugar de

---

<sup>1</sup> Manual de Gestión de Procesos (2011)

la empresa; yendo desde pequeñas mejoras incrementales hasta innovaciones drásticas y radicales''.

Brunet & New (2003), definen Kaizen como un mecanismo penetrante de actividades continuas, donde las personas involucradas juegan un rol explícito para identificar y asegurar impactos o mejoras que contribuyen a las metas organizacionales.

Kaizen es una filosofía de gestión que genera cambios o pequeñas mejoras incrementales en el método de trabajo o procesos de trabajo, que permite reducir despilfarros y por consecuencia mejorar el rendimiento del trabajo, llevando a la organización a un espiral de innovación incremental (Suárez Barraza, 2007).

Kaizen significa un esfuerzo constante, no solo para mantener los estándares, sino para mejorarlos. Requiere de los esfuerzos de todos y se interesa más en el proceso que en los propios resultados (Becerra Soto, 2003).

La metodología Kaizen requiere la aportación de todas las personas de la empresa y sirve para aumentar su motivación. Anima al trabajo en equipo y enseña a sus integrantes a trabajar en la mejora de forma sistemática y ordenada, evitando en todo momento la fácil adopción de la idea feliz o de la idea sugerida por el más jefe (Para Conesa, 2007).

Rincón Santamaría (2012), en su diplomado de Lean Manufacturing, considera que el proceso de mejora continua (Kaizen), presenta una mayor participación del personal por medio de equipos especiales, círculos de calidad y sistemas de sugerencias; cambios pequeños pero acumulativos, menor resistencia al cambio, y costos bajos. Requiere de un elevado grado de disciplina, todos los días deben realizarse labores tendientes a controlar y perfeccionar los estándares.

Imai (1986), indica que el Kaizen puede ser clasificado al menos en tres tipos: Kaizen Management, Kaizen grupal y Kaizen individual. De la misma forma, establece las pautas para su implementación, el Kaizen y la gerencia, donde la responsabilidad de innovar y mejorar queda en la alta gerencia; mientras que el mantenimiento de los estándares de trabajo con sus mejoras incrementales, está en manos de los mandos intermedios y los trabajadores; el enfoque en los procesos frente a los resultados; seguir constantemente los planes de mejora PDCA (plan, do, check, act) y de estandarización SDCA (standardize, do, check, act) por parte de todos los actores de la organización; considerar primero la calidad; siempre hablar con datos (control estadístico); y saber que el proceso siguiente es el cliente.

Como técnica para la optimización de procesos, el Kaizen se basa en tres principios básicos: la eliminación de los desperdicios o mudas, el continuo incremento en la calidad y productividad, así como la estandarización de los procesos.

El Método Kaizen se compone de siete herramientas principales: Sistema Just in Time (JIT), Sistema de Gestión de Calidad Total (TQM), Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM), Círculos de Control de Calidad, Sistemas de Sugerencias, Programa de 5S y los Círculos de Deming (Ciclo PDCA).

El Sistema Justo a Tiempo (JIT), también conocido como Método de Producción Toyota; define la forma en que debe optimizarse un sistema de manufactura, al entregar las materias primas y componentes a la línea de producción a tiempo, fabricando los productos en la cantidad y momento justos para los clientes. Esto se hace con el objetivo de evitar los costes debidos a la alta acumulación de insumos y productos terminados, logrando minimizar el stock, los tiempos de entrega y sobre todo aumentar la productividad.

El Sistema de Gestión de Calidad o Total Quality Management (TQM), es un enfoque que persigue lograr la calidad total de todos los procesos, productos y servicios ofrecidos por una empresa. Dicho sistema abarca el proceso completo, desde los insumos utilizados hasta lograr un producto terminado; con la finalidad de satisfacer las necesidades de los clientes.

El TPM (Mantenimiento Productivo Total), es una técnica de mantenimiento que tiene como objetivo un uso más eficiente de los equipos utilizados en el proceso de producción, alargando su vida útil y aumentando la disponibilidad de las máquinas e instalaciones para una mayor capacidad de producción. Este sistema contribuye de manera significativa a mejorar la calidad de los productos, fabricándolos a un menor coste y con métodos más seguros y eficientes para el personal que maneja los equipos.

Los Círculos de Control de Calidad están integrados por un grupo de empleados de la organización que se reúnen periódicamente con su supervisor, para identificar, analizar y buscar solución a los problemas que los afectan en su área de trabajo. El gurú de la calidad, Ishikawa (1980), los define como un grupo pequeño que desarrolla actividades de control de calidad dentro de un mismo taller. Este pequeño grupo lleva a cabo continuamente, como parte de las actividades de control en toda la empresa, autodesarrollo y desarrollo mutuo, control y mejora dentro del taller utilizando técnicas de control de calidad con la participación de todos los miembros.

Los Sistemas de Sugerencias están dirigidos a motivar de manera positiva la participación de los empleados en todos los procesos y actividades de la empresa, inspirándolos a suministrar sugerencias, independientemente de su tipo y de lo pequeñas que sean, para utilizar sus conocimientos y experiencias en beneficio de su organización.

Las 5S se refieren a las iniciales de uno de los más importantes sistemas japoneses de mejora continua, y resumen un enfoque integral hacia el orden y la limpieza, que deben respetarse en todos los lugares, y en particular en las plantas industriales, para lograr trabajar con eficiencia y seguridad. Las 5S son: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina). Su objetivo es crear y mantener un espacio de trabajo limpio, ordenado, seguro y agradable que facilite el trabajo diario y que ayude a brindar productos y servicios de calidad.

El Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), también conocido como Ciclo Deming, es derivado del método científico aplicado a los procesos. Consiste en un método que apoya a la administración en la búsqueda de la mejora continua. Originalmente fue denominado "Ciclo Shewhart", pero más adelante, en 1950 los japoneses cambiaron su nombre a "Ciclo Deming". Esta técnica está compuesta por cuatro fases: Planear (Plan), donde se establecen los objetivos a lograr, Hacer (Do), ejecutar lo planeado, Verificar (Check), asegurarse que todo va de acuerdo a lo planeado y por último, Actuar (Act), tomar medidas para corregir las fallas e implementar lo planeado.

Las diversas técnicas de Kaizen son empleadas por la mayoría de las empresas que buscan incrementar la productividad, la calidad de los productos y/o servicios que ofrecen, , así como reducir de manera considerable los plazos de entrega; contando con la

participación de todos sus empleados. Debido a esto, se les imparten talleres donde son capacitados e instruidos acerca de los procedimientos que incluye esta importante metodología.

Según Tanner & Roncarti (1994), los factores críticos para la implementación del Kaizen son:

- a) Enfoque en la acción: relacionado con la puesta en práctica de las propuestas de mejora por parte de los equipos;
- b) Éxitos tempranos;
- c) Vincular las técnicas y herramientas con las metas;
- d) Gestionar el cambio cultural y de valores; es decir, la implementación del Kaizen en todos los aspectos de la organización.

La implementación de Kaizen como programa de mejora continua en las organizaciones, trae como resultado aumentos significativos en los niveles de calidad y productividad, reducción de costos, mejoras en el servicio al cliente, mayores niveles de satisfacción, reducción del tiempo de preparación de las maquinarias, equipos y herramientas; así como una mayor satisfacción de los empleados pertenecientes a la empresa.

### **1.2.2 Total Productive Maintenance (TPM).**

En la actualidad, todas las industrias presentan la necesidad común de mantener todas las máquinas y equipos en perfectas condiciones, que les permitan ejecutar sus procesos de manera efectiva. A raíz de esto, surgen nuevas técnicas que persiguen la mejora continua del ciclo de vida de las maquinarias, como es el caso del TPM.

El TPM por sus siglas en inglés (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es una metodología que tiene sus orígenes y desarrollo en Japón, éstas siglas inicialmente fueron registradas por el JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta) utilizado para el mantenimiento de las plantas y equipos en el ambiente productivo con el objetivo de incrementar la productividad.

Ing. Belohlavek, (2006), define TMP como una metodología de mejoramiento de planta, que permite la mejora continua de los procesos de producción a través de la participación de los colaboradores de la planta y el control de gestión de los resultados.

Ing. Peter Sacristán (2001), asume que el TPM tiene como finalidad: el mantenimiento de estándares y la búsqueda permanente de mejora de los mismos, con el fin de mejorar los rendimientos o comportamientos técnicos de un proceso, a través de una implicación correcta y una participación diaria de todos los miembros y funciones de la organización, en particular de todas las relaciones con el proceso productivo.

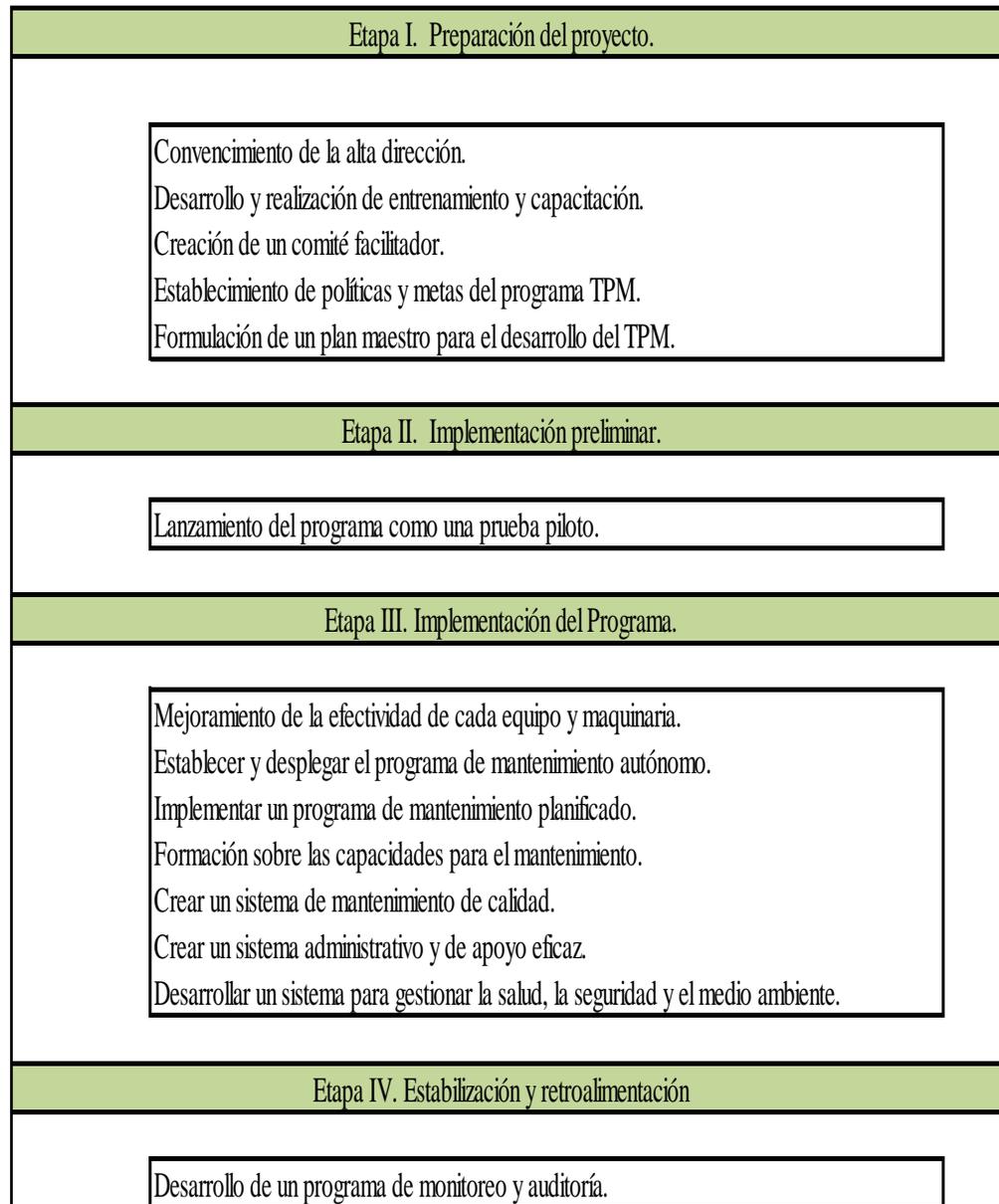
Ing. Jorge Acuña (2003), establece que: el TPM no es una técnica, sino una filosofía mediante la cual se trata de inculcar en todos los trabajadores de una organización que las labores de mantenimiento de productos y máquinas no son exclusivas del personal de mantenimiento o de servicio.

Dentro de las organizaciones pueden existir diferentes tipos de mantenimiento, y dentro de los principales se encuentran: correctivo, preventivo y predictivo. El TPM utiliza todas las denominaciones anteriormente mencionadas para conseguir su objetivo principal.

El TPM es considerado como un gran edificio, en el cual cada parte de su estructura forma un pilar básico, los cuales tienen la siguiente composición:

- Gestión autónoma, es el primer del edificio TPM, que intenta la participación entre el personal de producción en las actividades de mantenimiento.
- Mejora específica, formando el segundo pilar, la cual realiza actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objetivo de maximizar la efectividad global de los equipos, procesos y plantas.
- Mantenimiento planificado, es el que intenta eliminar los problemas de equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción.
- Mantenimiento para la calidad, en este se mejora la calidad del producto reduciendo su variabilidad, mediante el control de los componentes y condiciones del equipo que tienen un impacto directo en las características de la calidad del producto.
- Prevención del mantenimiento, dicho pilar realiza aquellas actividades que se surgen en la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con la finalidad de reducir los costes de mantenimiento durante su utilización.
- Áreas administrativas, se basa en departamentos tales como: administración, desarrollo y planificación que no producen un valor directo como producción, pero que facilitan apoyo para que el proceso productivo sea efectivo.
- El pilar de la formación busca mejorar las habilidades y competencias técnicas de acuerdo con cada función de trabajo dentro de la organización, éste le brinda apoyo a los demás pilares.

- Seguridad y medio ambiente, persigue crear responsabilidad por el cumplimiento de los reglamentos y estándares lo que disminuye las pérdidas (todo elemento que no agrega valor) y como resultado mejora la productividad.



**Figura 1: Etapas para la implementación del TPM.**

**Fuente: (Acuña, 2003)**

Para implementar un programa TPM en una empresa, se deben llevar a cabo cuatro fases identificadas en la Figura 1, y se estima que el tiempo de implementación sea aproximadamente de cuatro años. La primera etapa es la preparación del proyecto, la cual se refiere al convencimiento de la alta dirección sobre las limitaciones, beneficios y ventajas de implementar el programa, también comprende el desarrollo y realización de un programa de entrenamiento y capacitación para todos los niveles de la organización.

Para el nivel gerencial se realizan cursos sobre la implementación de la metodología y en el ambiente operativo se capacitan los trabajadores para realizar labores de mantenimiento de acuerdo a su nivel de conocimiento y sus habilidades.

Luego de la capacitación en ésta misma etapa se crea un comité facilitador; siempre será conveniente que dicho comité este integrado por trabajadores de diferentes áreas para que puedan retroalimentar el proceso de diferentes perspectivas. Después de haber creado dicho comité se procede al establecimiento de políticas y metas del programa de TPM, para el desarrollo del proyecto y su ejecución, así como la operación futura a seguir, deben de existir directrices que definan el alcance y los objetivos del programa. Cabe destacar que todas las metas trazadas deben ser alcanzables.

La segunda etapa es la de implementación preliminar, en donde se realiza un lanzamiento del programa como una prueba piloto, en el mismo se tiene que seleccionar un área de interés e implementar parcial o total el programa, también se debe pautar la forma de cómo serán evaluados los resultados y de implementar soluciones al programa antes de su implementación definitiva.

La tercera etapa es la implementación del programa, mejoramiento de la efectividad de cada equipo y maquinaria, con énfasis en aquellos que son críticos al proceso de producción, o que tienen mayor influencia en la productividad de los procesos. También contempla el establecimiento de los programas de mantenimiento autónomo y planificado, formación acerca de las capacidades de mantenimiento, creación de un sistema para la gestión temprana de nuevos equipos y productos, surgimiento un sistema de mantenimiento de la calidad, un sistema administrativo de apoyo eficaz y desarrollar un sistema para la gestión de la salud, seguridad y medio ambiente.

La última etapa la comprende la estabilización y retroalimentación, en el cual es necesario desarrollar un programa de monitoreo y auditoría que sirva para verificar que las labores de mantenimiento que se están realizando al nivel requerido, de no ser así, retroalimentar el sistema para corregir todo lo que no se está realizando de la forma correcta.

Dentro de los objetivos específicos de la filosofía están: la satisfacción de los empleados por el trabajo realizado, cero accidentes, cero despilfarros, cero averías, y la obtención de un mínimo de 90% de eficiencia de acuerdo a la OEE (por sus siglas en inglés Overall Equipment Effectiveness) o Eficiencia General de los Equipos.

OEE es la vía para monitorear e incrementar la efectividad de los procesos de manufactura, es también considerado como una métrica del TPM y el cual puede medir la efectividad del mismo.

OEE es la relación que existe entre el producto de la tasa de Disponibilidad (Availability), la tasa de producción (Performance) y la tasa de la calidad, todo esto expresado en porcentaje. Se describe de la siguiente forma;

$$OEE = (Availability \times Performance \times Quality)\%$$

La disponibilidad es un indicador muy utilizado en mantenimiento como una forma de cuantificar la probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para funcionar en un momento requerido.

También se puede definir como la probabilidad que tiene un equipo de estar en buen estado, quiere decir sin averías, en un tiempo dado. Availability es la relación que se obtiene al dividir el Tiempo Operativo (Operating Time) entre el Tiempo planificado (Planned Production Time).

$$Availability = \left( \frac{Operating\ Time}{Planned\ Production\ Time} \right) \%$$

El Operating Time es el tiempo que resulta de la diferencia entre el tiempo planificado de producción menos los paros.

El Planned Production Time es aquel tiempo que estaba planificado para la producción.

La disponibilidad también se puede calcular como la relación que existe entre el cociente del MTBF entre la suma del MTTR y MTBF.

$$Availability = \left( \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \right) \%$$

La eficiencia (Performance) es la que mide las pérdidas en la eficiencia causadas por el mal funcionamiento del equipo, este funcionamiento a menor velocidad que la pautada previamente. La eficiencia es la relación que existe del tiempo de ciclo ideal (Ideal Cycle Time) entre el cociente del tiempo operativo y el total de piezas.

$$Performance = \left( \frac{Ideal\ Cycle\ Time}{Operating\ Time \div Total\ Pieces} \right) \%$$

Ideal Cycle Time es el tiempo mínimo de un ciclo en el cual se espera que el proceso ocurra de manera óptima. Total Pieces (Total de piezas) indica la cantidad total de piezas que se fabricaron incluyendo las buenas y las que poseen defectos o rechazadas.

Cuando se fabrica un producto y éste presenta defectos, la empresa incurre en tiempo de la producción y en pérdidas en la calidad. La calidad puede expresarse como:

$$Quality = \left( \frac{Good\ Pieces}{Total\ Pieces} \right) \%$$

Good Pieces (Piezas buenas) se refiere a la cantidad de piezas sin defectos que se obtuvieron de la producción.

Mean Time Between Failure (MTBF) o Tiempo promedio entre fallas que generalmente se expresa en horas, es un tiempo promedio con el cual un componente trabaja antes de una falla, se puede observar su representación gráfica en el Anexo 1. El MTBF es aplicable para componentes reparables, quiere decir que pueden presentar fallas y luego ser reparados. Cuando se incrementa la fiabilidad el MTBF aumenta.

$$MTBF = \left( \frac{Uptime - Downtime}{Numbers\ of\ failures} \right)$$

Downtime o tiempo perdido, es aquel tiempo en donde la producción está parada por una falla. Uptime o tiempo arriba es el tiempo que está antes de que se produzca una falla. Numbers of failures es la cantidad total de fallas presentadas.

MTTR (Mean Time to Repair) es el tiempo de vida antes la ocurrencia de una falla. Se aplica en componentes no reparables como lo son: los capacitores, las resistencias, entre otros. Para poder calcular el MTTR primero de debe hablar del índice o tasa de falla.

$$MTTR = \frac{\text{Downtime}}{\text{Numbers of failres}}$$

### 1.2.3 Six Sigma.

Desde el punto de vista de la organización, Six Sigma es una iniciativa estratégica que busca proporcionar competitividad a la compañía mediante la creación de valor y reducción de los costos, incentivando de esta manera, el crecimiento del negocio, al incrementar la capacidad y la satisfacción de los clientes.

Para operaciones, Six Sigma posee un carácter táctico enfocado a mejorar métricas de eficiencia operacional como costos de no calidad, defectos por unidades, tiempo de entrega, etc.

En procesos, Six Sigma es una metodología usada para reducir la variabilidad logrando encontrar las causas de los errores, defectos y retrasos, para “atacarlos” y así disminuir los costos directos. Se puede decir, que al minimizar costos se está más cerca de la meta de toda organización: Ganar dinero<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Eliyahu Goldratt en 1984.

En general, Six Sigma se refiere a una herramienta estratégica y táctica de mejora continua del negocio, enfocada al cliente, que busca detectar y reducir la variabilidad de los procesos y de esta forma encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos.

Sigma ( $\sigma$ ) es una letra del alfabeto griego que se usa para denotar la desviación estándar, la cual proporciona una manera de cuantificar la variación. En este sentido, el nivel de sigmas que tiene un proceso es una forma de describir qué tan bien la variación en el proceso cumple con las especificaciones y requerimientos del cliente.

Motorola, fue la primera empresa en aplicar Six Sigma como una iniciativa en la mayor parte de Bob Galvin en 1987, cuando se planteó así mismo, el introducir estadística avanzada a la filosofía de calidad que para ese entonces, era poco robusta. Al igual que muchas otras técnicas, esta estrategia fue adoptada, enriquecida y generalizada con el tiempo; todo esto gracias a las empresas Allied Signal en 1994 y General Electric en 1995, que jugaron un papel significativo en la consolidación.

En segundo lugar, la meta *ideal* es que el proceso tenga un nivel de calidad Six Sigma, esto quiere decir, que el proceso como máximo generará 3.4 defectos por millón de oportunidades de error (DPMO) como un esfuerzo de alcanzar la perfección, y esto lo hace sin olvidarse del cliente, todo lo contrario, se concentra en él.

Para lograr 3.4 DPMO, Six Sigma apela al raciocinio, el uso de análisis de datos y solución de problemas basados en hechos reales e información no contaminada, empleando herramientas estadísticas tales como el Diagrama de Pareto, Análisis de la causa raíz a través de Ishikawa, Pruebas de hipótesis, Regresiones, etc.. También incorpora herramientas de creatividad como por ejemplo, la lluvia de ideas.

Como toda técnica o herramienta de mejora continua, Six Sigma se rige por once principios o características que son primordiales para su correcta aplicación:

El liderazgo es comprometido de arriba hacia abajo. Six Sigma involucra un cambio en la forma en que se trabaja y se realiza la toma de decisiones. Por esto, el enfoque estratégico debe ser comprendido y apoyado desde la alta gerencia.

Six Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye gente de tiempo completo. Al crear una estructura directiva integrada por líderes del negocio, de proyectos, expertos y facilitadores, cada quien ejerce roles y responsabilidades específicas para alcanzar el éxito en los proyectos. Los roles que se distinguen en los programas Six Sigma son sacados de las artes marciales. El líder ejecutivo, los champions, los master black belt, los black belt, los green belt y los yellow belt.

El entrenamiento. Los actores de un programa de Six Sigma reciben una capacitación, varios de ellos deben recibir el entrenamiento currículo de un *Black Belt*. La duración del entrenamiento es de entre 120 y 160 horas. El entrenamiento se enfoca en los aspectos detallados en el Anexo 2.

La acreditación. Es crítico mantener el nivel de dificultad en la certificación de cada distinción. Para ser *Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt* o *Champion*, además de recibir el entrenamiento, debe demostrar los conocimientos y experiencias adquiridas.

Orientación al cliente con enfoque a los procesos. Es de vital importancia, que los procesos cumplan con los requerimientos del cliente en calidad, volumen, tiempo y servicio, asegurando que los niveles de desempeño en la organización cuenten con una tendencia a alcanzar el nivel Six Sigma.

Six Sigma se dirige con datos. La información obtenida de datos reales y no contaminados, más el uso del razonamiento estadístico son imprescindibles para la identificación de las variables críticas de calidad y los procesos o áreas a ser mejorados.

Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas. Esto implica, que se seleccionen proyectos clave y se generen soluciones duraderas. La mala calidad y un pobre desempeño en los procesos generan elevados costos de calidad, esta relación se encuentra en el Anexo 3.

El trabajo para alcanzar Six Sigma se reconoce. Uno de los “secretos” para que Six Sigma se mantenga, es el reconocimiento del trabajo realizado, tanto a los líderes como a los demás miembros del proyecto. El reconocimiento puede ser de diferentes y variadas maneras; sin embargo, se conglomeran en lo que se llama las cuatro P: palmada, presentación ante colegas, pesos y puesto o promoción.

Six Sigma es una iniciativa con horizonte a varios años. Por este motivo, no desplaza a otras iniciativas estratégicas de mejora continua, todo lo contrario, se integra y las refuerza. A través de variables críticas para la calidad, Six Sigma da visibilidad de lo que se mide, se aprende y se hace.

La comunicación. Para que todo programa de Six Sigma funcione debe haber una comunicación sólida, efectiva y constante en la organización a nivel interno y externo.

Por último, Six Sigma se apoya en una metodología robusta. Ningún dato por sí sólo es útil; los datos y la información que se obtiene de ellos, causa que se precise una metodología para la solución de problemas del cliente y del negocio.

#### 1.2.4 DMAIC.

La metodología que usa Six Sigma para la resolución de problemas, es la DMAMC que es el acrónimo para Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es comúnmente conocido como DMAIC que son las iniciales del inglés, Define, Measure, Analyze, Improve y Control.

Define, es la etapa inicial. En la misma, se enfoca y delimita las oportunidades de mejora, respondiendo a un ¿qué?; precisando la necesidad que responde a un ¿por qué?; se identifica un área específica para “atacar”, contestando un ¿dónde?; los propietarios del proyecto, lo que refiere a un ¿quiénes?; ¿para cuándo está planificado llevar a cabo el proyecto?, ¿cómo se va a ejecutar? y ¿cuánto costaría llevarlo a cabo? En conclusión, para delimitar el problema una herramienta útil es la de las 5W y 2H.

Para elegir el proyecto adecuado, se siguen una serie de parámetros o aspectos a tomar en consideración, presentados en el Anexo 4, y así definir correctamente el proyecto.

Al concluir esta etapa, es necesario que esté claro el objetivo del proyecto, la forma de medir el éxito del mismo, el alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervendrán en el mismo; todo esto se resume en lo que se conoce como Marco del proyecto.

El Marco del proyecto, frecuentemente conocido por su nombre en inglés, Project Charter, es una representación gráfica y sintetizada de todas las delimitaciones hechas en la etapa Define. Es relevante, seleccionar métricas a través de las que se “escuche” al cliente. Pueden ser, variables críticas del desempeño y calidad del proceso.

Measure, implica entender y cuantificar la magnitud real del problema, por lo que, el proceso es definido con un nivel de detalle mayor. Así mismo, se determinan las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto. Las herramientas de mayor utilidad, son el mapeo de procesos, métodos para realizar estudios de repetitividad y reproducibilidad, y otras técnicas estadísticas como, la capacidad de proceso, el nivel de sigma, las métricas Y, etc.

Existen tres tipos de “rendimiento” que se pueden medir en un proceso, los cuales son conocidos como métricas Y.

El Throughput Yield (TPY), también llamado First Pass Yield, indica el rendimiento del proceso. Es la razón entre piezas conformes al final de un subproceso y las piezas que entraron a dicho subproceso, excluyendo el scrap y el retrabajo, esto implica que forman parte del cálculo.

En ocasiones, la materia prima es la que entra al subproceso y no piezas, por lo que, es necesario convertir la materia prima en una cantidad esperada de piezas.

$$TPY = \frac{\# \text{ piezas conformes}}{\# \text{ total de piezas}} (100)$$

El TPY también puede ser calculado en términos de defectos por unidad (DPU), el cual mide el nivel de no calidad en un proceso que no toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene como el cociente de los defectos encontrados en las unidades inspeccionadas.

$$DPU = \frac{\# \text{ defectos encontrados}}{\# \text{ piezas inspeccionadas}}$$

No obstante, una de las desventajas del DPU, es que no toma en consideración las oportunidades de que se produzcan no conformidades, donde una misma pieza puede presentar más de un error. Para esto se utiliza el indicador de defectos por unidades, que se refiere a la cantidad de defectos hallados al manufacturar una cantidad de piezas, tomando en consideración las oportunidades de error de esas piezas.

$$DPO = \frac{DPU}{Oportunidades\ de\ error}$$

Para obtener un entendimiento más efectivo de esta métrica, se determina los defectos hallados en un millón de oportunidades de error, es el DPMO que Six Sigma busca que sea igual a 3.4 millones, y se calcula de la siguiente manera:

$$DPMO = DPO(1,000,000)$$

Ahora bien, el TPY y el DPU están intrínsecamente relacionados, pues el rendimiento representa la probabilidad de que todos los ensambles estén dentro de tolerancias o especificaciones. Se calcula siguiendo la distribución de Poisson, que equivale a la probabilidad de cero fallas, donde  $\lambda$  es el número promedio de defectos, que no es más que el DPU.

$$TPY = P(x = 0) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = e^{-\lambda} = e^{-DPU}$$

Otra métrica es el rendimiento final, Final Yield (FY), que indica el rendimiento del macroproceso. Al ser calculado en base al macroproceso, no depende de la cantidad de subprocesos que lo conformen. Es una determinación del porcentaje de piezas buenas que salieron, en comparación con las que comenzaron o las que se debieron haber manufacturado. El retrabajo se vuelve hasta cierto punto “transparente” porque no influye en el cálculo, mientras que el scrap si lo hace.

$$FY = \frac{\# \text{ piezas entrantes en primer subproceso}}{\# \text{ piezas producidas conformes último subproceso}} (100)$$

Si bien, el FY da el rendimiento del macroproceso, el rendimiento real del proceso es dado por el rendimiento combinado, conocido como Rolled Throughput Yield (RTY). El índice RTY se interpreta como la probabilidad de que una pieza esté libre de defectos desde el primer hasta el último subproceso del macroproceso. Y se expresa como el producto del rendimiento en cada uno de los subprocesos del macroproceso, en otras palabras, el TPY.

$$RTY = (TPY_1)(TPY_2)(TPY_3) \dots (TPY_n)$$

Después de que se ha definido y medido, sigue la etapa Analize, y la misma busca identificar la o las causas raíces de los problemas, en otras palabras identificar los pocos vitales. Entre las técnicas usadas para determinar cuál es la causa raíz, se encuentran: los cinco por qué, el mapeo de procesos, el diagrama de causa-efecto, etc.

Los cinco por qué, buscan profundizar en los problemas para determinar la causa raíz al preguntar el porqué del problema secuencialmente.

El diagrama de causa-efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de Ishikawa, busca identificar las posibles causas raíces asociadas a un problema.

Existen diferentes métodos con los que se puede construir el diagrama de Ishikawa, entre los mismos están: el método de las Seis M, el método de tipo flujo del proceso y el método de estratificación o enumeración de causas.

El mapeo de proceso busca hacer un diagrama de flujo detallado, apegado a la realidad, en donde se visualice las actividades que se realizan efectivamente en el proceso. El mapeo puede ir desde un nivel macro hasta un nivel micro.

En el mapeo de nivel micro, generalmente se especifican uno o más de detalles, tales como:

1. Las principales variables de salida y entrada de cada etapa del proceso.
2. Los pasos que agregan y los que no valor en el proceso.
3. Listar y clasificar las entradas claves en cada proceso.

En la etapa Improve, se proponen e implementan soluciones que “ataquen” la o las causas raíces detectadas en la etapa de análisis, buscando siempre que se asegure o resuelva el problema. Para lograr esto, se pueden apoyar en diversas técnicas, como lo es, la lluvia de ideas.

La lluvia de ideas, que también se puede usar en la etapa de analizar, es un “ejercicio” de pensamiento creativo encaminada a los integrantes de un equipo, compartan ideas sobre un tema o problema determinado.

La última etapa del DMAIC, es la de Control, en esta se diseña un sistema que mantenga las mejoras alcanzadas (implementadas). Un sistema de control debe ser establecido para:

- Prevenir que los problemas de los procesos se repitan.
- Impedir que las mejoras y conocimiento se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar a la constante mejora.

Las acciones de control se clasifican en tres niveles: de proceso, de documentación y de monitorio.

En el nivel de proceso, el proceso en sí mismo, se estandariza. Esto implica acciones para el aseguramiento de las mejoras. En el nivel de documentación, busca trabajar para desarrollar o mejorar documentos que faciliten el apego y ejecución de los procesos estandarizados. Y por último, el nivel de monitoreo, se deciden las mejoras para asegurar que el impacto de la mejora sea mantenido.

### **1.2.5 Value Stream Mapping (VSM).**

El Value Stream Mapping (VSM) o Mapeado del flujo de valor, es una herramienta desarrollada en el seno del modelo productivo de la Producción Ajustada (Lean Production) y particularmente enfocada a las empresas manufactureras dedicadas a la producción seriada de piezas discretas. Se trata de una técnica relativamente reciente que viene a dar respuesta a las necesidades planteadas por las empresas manufactureras de cara a desarrollar cadenas de valor más competitivas, eficientes y flexibles con las que afrontar las dificultades de la economía actual (Serrano Lasa, 2007).

El VSM es una representación gráfica y especial de un diagrama de flujo, iniciando en el proveedor y concluyendo en el cliente, que se utiliza para identificar y entender un proceso con sus respectivos desperdicios, delimitando de esta manera el área y/o aspecto que realmente necesita ser mejorada. El mismo, permite fortalecer la comunicación entre el equipo de trabajo y obtener ventajas competitivas.

El propósito de esta herramienta es mapear las actividades con y sin valor añadido necesarias para llevar una familia de productos desde materia prima hasta un producto terminado, con el objeto de localizar oportunidades de mejora mediante unas pautas basadas en conceptos de Producción Ajustada para posteriormente graficar un posible estado futuro y lanzar proyectos de mejora (Serrano Lasa, 2007).

Value Stream Mapping es una técnica bastante útil en las líneas de producción, permitiendo localizar los desperdicios, cuellos de botella y restricciones presentes en el sistema, y posteriormente elaborar un plan para eliminarlos. Esto se hace con la finalidad de proporcionar a los clientes productos y/o servicios de gran calidad, al añadirles durante su proceso de elaboración, el máximo valor posible.

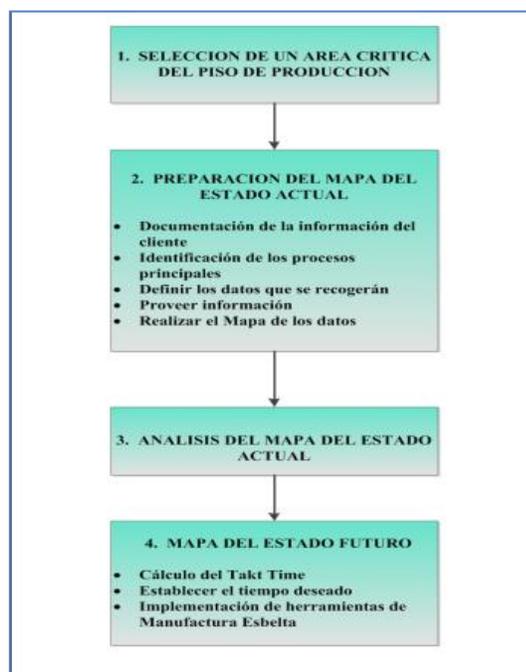
El valor agregado son todos los valores adicionales que obtienen los productos al ser transformados u ofrecidos a los servicios y que el cliente está dispuesto a pagar por ello. (Hansen & Mowen, 2003).

El valor no agregado es todo aquello que no agrega valor al producto, y se consideran como actividades de desperdicio total ya que son operaciones no necesarias y se debe de buscar su completa eliminación (Patxy Ruiz, 2007).

En este sentido, el mapeado de flujo de valor cuenta con dos tipos principales de actividades: las que agregan valor y las que no agregan valor. Las actividades que añaden valor son aquellas por las que el cliente está dispuesto a pagar, ya que satisfacen sus necesidades. Sin embargo, existen otras actividades que aunque son necesarias para el desarrollo del proceso, no le agregan ningún valor, por lo tanto, deben ser correctamente identificadas y eliminadas para aumentar su productividad.

La principal ventaja del Mapeo de la Cadena de Valor es que muestra los tiempos muertos del flujo del proceso (valor no agregado) y por consiguiente, una de las oportunidades de eliminar desperdicios, es decir, reducción de costos (Flores, 2005).

Para realizar una correcta y eficiente implementación del Value Stream Mapping es necesario desarrollar cuatro etapas principales mostradas en la Figura 2.



**Figura 2: Diagrama de flujo con la metodología para la implementación del VSM.**

**Fuente: Vendan & K., 2010.**

1. Selección de un área crítica o familia de productos. Una familia de productos es un conjunto de productos que son fabricados con pasos, equipos y materiales comunes; no siendo vendidos necesariamente a un mismo cliente. La separación de familias se hace con la finalidad de rediseñar las distribuciones en planta, de manera que estén orientadas al flujo de los procesos de producción. Una técnica para seleccionar una familia de productos, es mediante una tabla que contiene los diferentes productos, así como los equipos y pasos necesarios para su fabricación, como muestra el ejemplo del Anexo 5.

Cuando el número de familias de productos de un proceso es muy alto, así como los criterios de selección, se recomienda usar el Principio 80-20 de Pareto y la regla ABC. (Mier Ríos, 2006).

Dentro de un sistema de producción, existen diferentes criterios que se utilizan para agrupar los productos en familias. Los principales criterios utilizados se presentan en el Anexo 6. (Hyer & Wemmerlov, 2002)

2. Mapa del Estado Actual. Conocer el estado actual de los procesos y operaciones de trabajo, es vital para identificar los desperdicios y oportunidades de mejora. En este sentido, para empezar a desarrollar el mapa, es necesario dibujar la situación inicial, empleando una serie de íconos que representen las diferentes actividades involucradas en la cadena de valor. Los mismos son clasificados en tres tipos diferentes, para identificar los flujos que intervienen en el proceso: materiales, de información y generales, mostrados en los Anexo 7, Anexo 8 Anexo 9.

Al realizar el VSM, es necesario que el equipo de trabajo observe personalmente las instalaciones, para tener mayor precisión en el proceso. Con el objetivo de facilitar el mapeado de la situación actual, el proceso se divide en dos partes: mapeo interno y externo.

En el mapeo externo, el primer paso es dibujar los íconos del cliente, el proveedor y el control de producción. Debajo del cliente se dibuja una caja donde se especifica sus requerimientos y demanda; lo mismo se hace debajo del proveedor, para listar los proveedores de mayor impacto para la empresa. El último paso del mapeo externo es identificar el flujo de información que existe entre los procesos, mediante su ícono correspondiente. Un ejemplo de esta parte, se observa en el Anexo 10.

Para el mapeo interno, el equipo de trabajo debe ir al piso de producción a observar el flujo de materiales e información que existe en la elaboración de cada producto, desde que se reciben los materiales hasta que se envía el producto terminado; procediendo a su ilustración.

En la parte inferior del mapa, se dibujan las cajas de los procesos identificados, y debajo de cada uno de estos, las informaciones que el equipo recolectó en la planta, así como la línea de tiempo que existe entre cada proceso. Al final, se agregan los íconos que indican el flujo de materiales entre un proceso y otro, al igual que el inventario en el tiempo de espera de producción. En el Anexo 11 se muestra un ejemplo de una producción de tiempo de espera de 4.5 días y un tiempo de valor agregado de 3.9 minutos (Lovellette, 2001).

3. Análisis del Mapa del estado actual. En esta etapa, se realiza un análisis de los desperdicios o mudas presentes en la cadena de valor para identificarlos y así facilitar su posterior eliminación. Las mudas, clasificadas por el responsable de la producción Toyota, Taiichi Ohno, son definidas de la siguiente forma (Paciarott, Ciatteo, & Giacchetta, 2011):

- Sobreproducción: es la acumulación de inventarios en manos de las empresas. La Sobreproducción es una medida relativa, es la diferencia entre lo producido, y lo requerido.
- Espera: Las personas ociosas que esperan inventario son una indicación de que la planta no está balanceada. Todos los trabajadores deben dedicar aproximadamente la misma cantidad de esfuerzo reflejada en tiempo para la eliminación del tiempo de espera.
- Inventario: La producción de inventario que nadie quiere en ese momento, desperdicia espacio, estimula daños y obsolescencia en los productos.
- Transportación: Debe ser fácil y de alta accesibilidad para la fácil adaptación a las exigencias del entorno.
- Sobre procesamiento: Son actividades innecesarias realizadas en un producto que podrían ser eliminadas sin afectar el valor ni la calidad del producto, todo tipo de sobre procesamiento es catalogado también como desperdicio y causa aumento en costos de producción.
- Movimientos: Desperdicio es cualquier movimiento de gente o inventario que no crea valor, así como también una operación con movimientos no ergonómicos que causan fatiga y disminuyen la capacidad de producción.

- Defectos: Errores que requieren rectificación; cualquier trabajo repetido es buena indicación de desperdicio. Un defecto es una actividad o proceso con resultados contrarios a lo especificado.
4. Mapa del Estado Futuro. Esta es la última etapa para la implementación del Value Stream Mapping. En el mapeado futuro, se dibuja la situación ideal de la cadena de valor, proyectando todas las mejoras necesarias para llegar a la misma, como es la eliminación de los desperdicios identificados anteriormente.

El primer paso para dibujar el mapa del estado futuro, es calcular el Takt Time. El Takt Time es el ritmo en el que cada proceso debe estar produciendo. Es sincronizar el ritmo de producción con el ritmo de las ventas (Cabrera Calva, 2011).

Para calcular el Takt Time, se utiliza la fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ neto\ de\ operación}{Requerimientos\ del\ cliente}$$

Este cálculo tiene como finalidad obtener el tiempo preciso en que se debe producir una unidad o producto, para reemplazar otra que ya ha sido usada por el cliente. Esto contribuye a reducir el inventario, los costos y el tiempo de ciclo; fabricando únicamente lo necesario.

Tras establecer el Takt Time, se dibuja el estado futuro de la cadena de valor, analizando los desperdicios del proceso y se revisa cuantas veces sea necesario. Un ejemplo del estado futuro del VSM se muestra en el Anexo 12.

### **1.2.6 Distribución de planta (Layout).**

La distribución en planta es un fundamento de la industria. Determina la eficiencia y, en algunos casos, la supervivencia de una empresa (Muther, 1987). El mismo autor explica que se trata de hallar una ordenación para las áreas de trabajo y del equipo que sea la más económica para llevar a cabo el proceso productivo, y al mismo tiempo, la más segura y satisfactoria para los operarios y para el entorno de la planta industrial, de modo que sea posible fabricar los productos con un coste suficientemente reducido para poder venderlos con un buen margen de beneficio en un mercado de competencia.

La distribución en planta implica la coordinación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal del taller (Moore, 1962).

La distribución en planta consiste en resolver el problema de situar todos los componentes físicos que intervienen en un proceso de fabricación, de modo que su comportamiento sea óptimo desde el mayor número de puntos de vista posibles, y es un problema que en todas las plantas industriales se ha de resolver (Gómez-Sennent, 1997).

Una correcta realización de un layout logra un aumento considerable, tanto de la productividad como de la competitividad de una empresa, pues tiene una gran incidencia en los costes de los productos, los tiempos de fabricación, la utilización de los recursos energéticos, así como en la capacidad de aceptación de los cambios ante la demanda. En este sentido, permite tener un mayor aprovechamiento del espacio, controlar el volumen de trabajo en proceso, y reducir las distancias, desplazamientos y el desperdicio de materiales.

Moore establece siete objetivos básicos a cumplir en la distribución de planta, que son: simplificar al máximo el proceso productivo, minimizar los costes de manejo de materiales, tratar de disminuir la cantidad de trabajo en curso, aprovechar el espacio de la manera más efectiva posible, aumentar la satisfacción del operario y procurar su seguridad en el trabajo, evitar inversiones de capital innecesarias, y aumentar el rendimiento de los operarios estimulándolos convenientemente.

En base a esto, Moore considera una distribución de planta óptima, como aquella que proporciona la máxima satisfacción a todas las partes que se ven involucradas en el proceso de implantación.

De acuerdo a Muther, el problema de la distribución de planta se puede clasificar según su naturaleza, en cuatro tipos principales: el proyecto de una planta totalmente nueva, que se presenta con la creación de la empresa, cuando inicia la producción de un nuevo producto o cuando se traslada a una nueva área; la expansión o traslado a una planta ya existente, que se realiza de acuerdo a las características de un edificio industrial y unos servicios ya determinados; la reordenación de una planta ya existente, en la cual se trata de utilizar al máximo los elementos ya existentes; y por último, ajustes menores en distribuciones ya existentes. En el Anexo 13 se muestran las causas más frecuentes de los diferentes tipos de problemas de distribución.

Existen varios tipos de distribución en planta: distribución por componente principal fijo, disposición por proceso o función, disposición por producto o en línea, distribución híbrida o por células de trabajo, distribución en planta de servicios.

La distribución por componente principal fijo, es aquella en la cual el producto permanece de manera fija en un lugar en específico y son entonces las máquinas, herramientas y operarios que se dirigen hacia él, debido a factores como: su gran volumen, tamaño considerable y cantidad producida relativamente baja. Este tipo de distribución por lo general se utiliza en proyectos de gran envergadura, en los cuales resulta más conveniente llevar toda la maquinaria y recursos en torno al producto y no viceversa. Su nombre hace referencia al carácter estático que permanece el producto durante todo el proceso de manufactura.

Al hablar de distribución por proceso o función, consiste cuando todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, es decir, cuando en un sistema de producción se manufacturan diversos productos, los cuales para su transformación en producto final utilizan las mismas maquinarias y a la vez se fabrica un volumen bajo de cada producto. Este tipo de distribución frente a las demás tiene flexibilidad, siendo su eficacia dependiente del tamaño del lote producido.

Disposición por producto o en línea, comúnmente conocida como “producción en cadena” es un tipo de distribución en el cual se organizan todas las máquinas y equipos necesarias para la manufactura de un producto se agrupan en una misma área y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación, quiere decir, siguiendo la secuencia de las operaciones. Este tipo de distribución es la adecuada para producir grandes cantidades de productos muy normalizados.

Distribución híbrida o células de trabajo, es la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando con las mismas características en familias

y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia. Esta persigue beneficiarse simultáneamente de las distribuciones por producto y de las disposiciones por proceso, particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segunda. En esta distribución se crean unidades productivas que sean capaces de funcionar con cierta independencia llamadas células de fabricación flexibles. Estas células son agrupaciones de máquinas y trabajadores que realizan una secuencia de operaciones sobre un determinado producto o grupo de productos.

Distribución en planta de servicios, es el tipo de distribución que hace énfasis en la comodidad y satisfacción del cliente que en el propio desarrollo de las operaciones del proceso, en estas empresas, la comodidad y la apariencia durante el servicio constituyen objetivos directos a añadir para la consecución de una buena distribución de planta.

El diagrama de recorrido, de espaguetis, de hilos, de circuito, o de circulación, es un esquema de distribución de planta que facilita visualizar dónde se realizan las operaciones. La ruta de los movimientos es señalizada por líneas; si se cuenta con más de una persona o material, se utilizan líneas de diferentes colores y/o trazos.

El diagrama de recorrido puede hacer desde dos perspectivas diferentes: siguiendo la ruta de la persona que realiza la operación o siguiendo los movimientos en el proceso de la materia prima y/o en proceso.

Para elaborar un diagrama de recorrido, se esquematiza el espacio físico con sus disposiciones (paredes, equipos, etc.) y se reflejan las actividades descritas en el diagrama de proceso; por esto, se ubican en el lugar donde suceden y se identifican con el mismo símbolo y secuencia que tienen en el cursograma.

La ruta que siguen los empleados, los materiales y/o los equipos debe ser trazada con líneas flechadas que identificaran la dirección de la ruta. Si un movimiento regresa sobre la misma ruta o se repite en la misma dirección, debe ser identificado por líneas separadas para cada desplazamiento.

### **1.3 La Optimización de Procesos.**

La optimización de procesos se conoce desde hace mucho tiempo. Para el siglo XX, Imai (1986), ya había planteado un enfoque de optimización de procesos. Se enfatizaba que para optimizar un proceso, debe reconocerse el problema y dar pistas para su identificación. Una vez que los problemas han sido identificados, se procede a llevar a cabo una estrategia para su resolución, con el propósito de alcanzar nuevos niveles de desarrollo y estandarización con cada problema que es resuelto en la organización.

El mejoramiento de procesos es una forma efectiva para gestionar una organización en cualquier nivel y para el apoyo en el logro de sus objetivos generales (Gardner, 2001). Otros autores tales como: (Davenport, 1990; Harrington, 1993; y Galloway, 2002) han definido mejoramiento de procesos como el análisis sistemático del conjunto de actividades interrelacionadas en sus flujos, con el fin de cambiarlos para hacerlos más efectivos, eficientes y adaptables, y así cumplir los requisitos de los clientes.

La Optimización consiste en el tratamiento de las variaciones del concepto inicial y usar la información obtenida para mejorar la idea. Es el proceso de ajustar entradas a las características de un dispositivo, proceso matemático o experimento para encontrar la salida o resultado mínimo o máximo. (Vázquez Pérez, 2008).

Optimizar un proceso industrial significa mejorarlo utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en él de la manera más excelente posible. Dicho proceso está orientado hacia dos metas fundamentales: maximizar ganancias y minimizar los costos; esto quiere decir, *producir más y mejor a un menor costo*. (Moncayo, 2006).

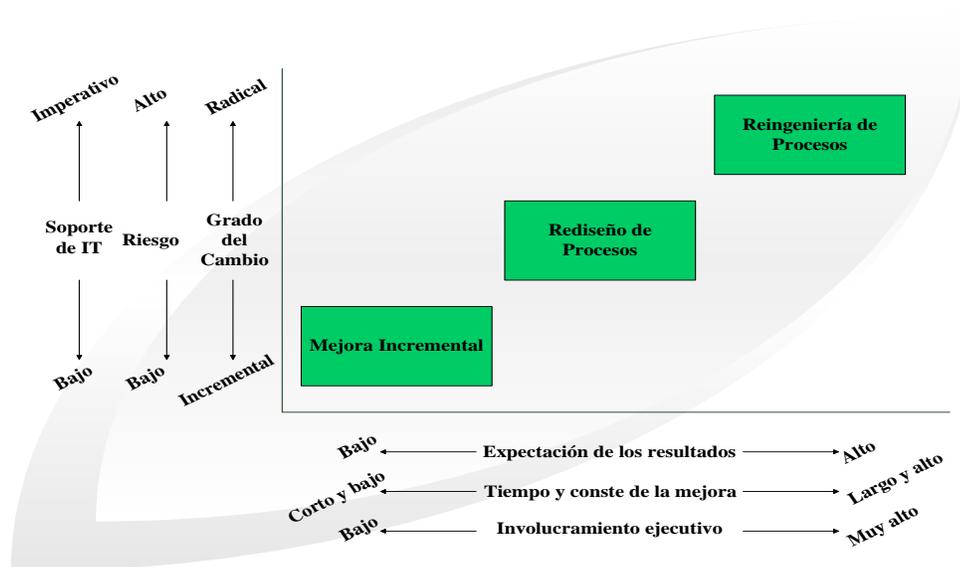
Al hablar de optimización de procesos se puede afirmar que estos se pueden mejorar continuamente, siempre existirá una vía de cómo lograr que sean más eficientes. En todo momento, el objetivo fundamental de la optimización es incrementar la productividad. Se considera productividad como el cociente de la producción entre los recursos utilizados. Existen dos formas posibles de aumentar la productividad que son: teniendo como resultado la misma producción utilizando la menor cantidad de recursos, e incrementando la producción con los mismos recursos.

Mediante la optimización de procesos, el sistema de producción obtiene: productos de calidad, aumento de la seguridad de los empleados, la mínima utilización de los recursos, un mínimo costo de producción, y como resultado final el incremento de la productividad.

Para optimizar cualquier proceso, es crítico identificar o reconocer la necesidad de resolver una diversidad de problemas o buscar maneras de alcanzar mejores resultados en las organizaciones. Para lograr esto, es necesario hacer un diagnóstico que facilite la identificación de los procesos y problemas críticos.

Una vez que se han identificado los problemas, se deben elaborar sus respectivos planes de acción. Los planes de acción, conformados por acciones de contención, corrección y/o prevención, son ejecutados con los debidos seguimientos, mediciones, y evaluaciones.

Para optimizar un proceso, existen tres enfoques diferentes: el incremental, el rediseño y el de reingeniería. Los enfoques cuentan con diferentes grados tanto en el cambio, el riesgo asumido y en el soporte de tecnologías requeridas, así como en el impacto de los resultados en términos de tiempo y costo, y el involucramiento de la alta dirección y todo el personal como indica en la Figura 3.



**Figura 3: Comparación de los Enfoques de Optimización de Procesos.**

**Fuente: (Serrano Gómez, Lupita; Ortiz P, Néstor R, 2012)**

El enfoque incremental, hace referencia al Kaizen. Imai (1986-1998), como pionero de este enfoque, identificó y organizó las estrategias clave para la optimización de procesos, logrando que a través de la aplicación de Kaizen, las organizaciones sean capaces de realizar mejoras en las prácticas existentes, buscando incrementar los beneficios para obtener una ventaja competitiva.

El enfoque de optimización incremental, se centra en dos pilares fundamentales: las personas y la estandarización de procesos. Se requiere un equipo multidisciplinario y la aplicación de técnicas para mejorar procesos a través de la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo, el análisis del layout, y la eliminación del desperdicio.

Otro enfoque, es el rediseño de procesos, el cual busca satisfacer los requisitos de los clientes y al mismo tiempo, garantizar que la transformación de las entradas en salidas se realice de una mejor manera, más rápida y económica. Sus características hacen énfasis en la descripción de los procesos, la actuación en procesos clave y en el análisis del valor de cada fase, procurando obtener los resultados esperados al reducir los tiempos de ciclo, mejorando la cadena de valor y la competitividad.

El objetivo de la reingeniería de procesos, es el cuestionamiento primordial y el rediseño radical de los procesos del negocio, y así alcanzar mejoras drásticas en el rendimiento. Este enfoque es considerado como una perspectiva de innovación radical, que proporciona una nueva forma de trabajar con un alto grado de cambio y con expectativas de mejores resultados; lo que a su vez, causa que el tiempo, el costo y los riesgos asociados a este proceso, sean muy altos y largos.

La necesidad de optimizar los procesos, se ha acrecentado con el progresivo crecimiento de la globalización, la competencia y las exigencias de los clientes, más los avances tecnológicos en materia de información y comunicación. La optimización de procesos cuenta con diversas metodologías para su aplicación. Muchas de estas metodologías surgen del trabajo de varios autores, así que no es de sorprenderse el que más de una tengan aspectos similares.

Davenport y Short (1990) define los pasos para optimizar procesos, los cuales contemplan: desarrollar la visión del negocio y los objetivos del proceso; identificar los procesos para rediseñar; comprender y medir el rendimiento de los procesos; diseñar y construir un prototipo del proceso e implementar la mejora.

Dos años más tarde, Davenport renombra los pasos y agrega otro, quedando de la siguiente manera: desarrollar la visión del negocio; identificar las características claves de los procesos; comprender y medir el rendimiento, y por último, encontrar los factores de éxito y las barreras de implementación.

Por otro lado, Harrington aun compartiendo el concepto de Davenport en la optimización de procesos, centra su metodología en: la organización e identificación de los procesos a mejorar, aporta herramientas importantes a la hora de dinamizar y modernizar la empresa para eliminar los errores, reducir demoras, aumentar el uso de las actividades, promover el entendimiento, mejorar las relaciones con los clientes, proporcionar una ventaja competitiva, y reducir el exceso de personal.

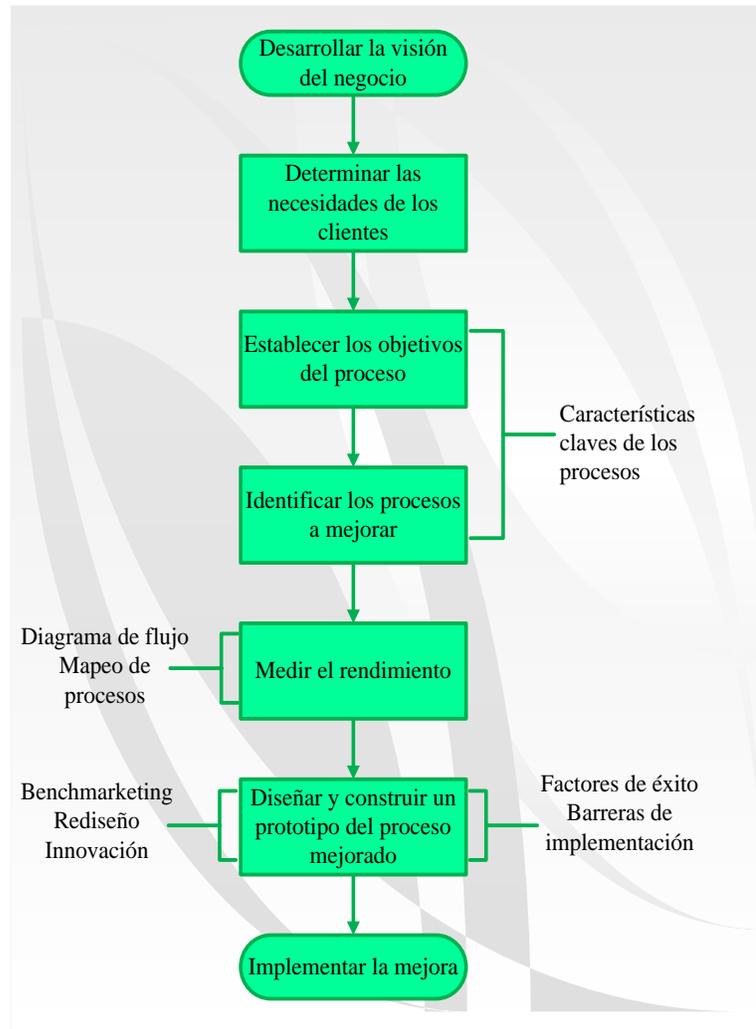
En 1995 y 1997, Elzinga y Zairi plantean fases del modelo similares a las de Davenport en la definición de factores críticos, y a Harrington en la selección e implementación de mejoras.

De Toro y McCabe (1997) redefinen los pasos expuestos por Short, incluyendo a los clientes y su participación como eje fundamental de la organización. Las fases expuestas por ellos son: encontrar las necesidades del cliente; seleccionar y documentar los procesos clave; medir el rendimiento de los procesos y mejorarlos.

Lee y Chuah en el 2001, agregan a la metodología de optimizar procesos tres alternativas: procesos de benchmarking, rediseño de procesos y su innovación. Dos años después, Chan y Spedding incorporan, a la metodología de optimizar procesos, modelos matemáticos para encontrar la configuración óptima del sistema, apoyándose en las tecnologías de la información.

De acuerdo con Ungan (2006) las dos herramientas más utilizadas en la optimización de procesos, además del benchmarking, son los diagramas de flujo y los mapas de procesos.

En síntesis, cada autor ha ido modificando, renombrando y/o agregando los pasos a llevar a cabo para optimizar un proceso. A continuación en la Figura 4 se puede observar la relación e integración de los pasos.



**Figura 4: Diagrama de la Optimización de Procesos.**

**Fuente: (Serrano Gómez, Lupita; Ortiz P, Néstor R, 2012)**

## **CAPITULO 2: CASO DE ESTUDIO.**

### **2.1 Descripción general de la Empresa.**

Agroplast S.R.L. inició sus operaciones formales en el año 1983 a raíz de una cooperación con el Ministerio de Agricultura para un proyecto de fabricación de bandejas para la germinación de arroz. Desde ese entonces ha diversificado su departamento de moldeo por inyección más hacia el área industrial que al área agrícola. Además, ha incursionado con éxito en el mercado de botellas de plástico, contando con un departamento de moldeo por soplado, tanto extrusión-soplado como soplado de dos etapas.

#### **2.1.1 Misión.**

Brindar a los clientes la mejor opción en cualquier producto o servicio de la actividad comercial, basados en los principios de calidad, servicio y precio, procurando siempre el progreso material y espiritual de los empleados y la retribución adecuada de los inversionistas.

#### **2.1.2 Visión.**

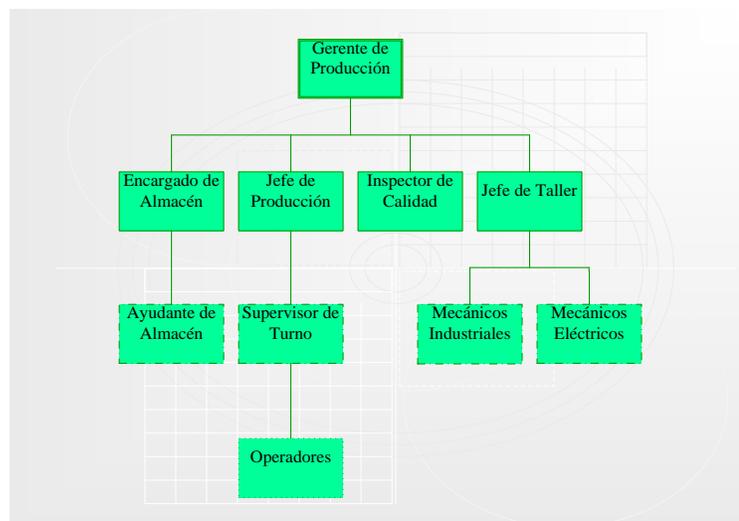
Seguir posicionándose como empresa líder en el sector, buscando satisfacer las necesidades de nuestros clientes, tomando siempre en cuenta los adelantos tecnológicos que nos mantengan a la vanguardia en nuestros procesos.

### 2.1.3 Valores.

Los valores que la empresa ha tomado como principales son: Honestidad, Responsabilidad, Calidad, y Servicio.

### 2.1.4 Estructura de la Empresa.

El organigrama actual del área de operaciones de la empresa Agroplast S.R.L. se muestra en la Figura 5.



**Figura 5: Organigrama Actual.**

**Fuente: Agroplast S.R.L., 2014.**

### 2.1.5 Gama de Productos.

Su gama de productos cuenta con envases para almacenamiento de fluidos, desde una decimosexta parte hasta cinco galones; tarros o maceteros para plantas, desde uno hasta doce galones; comederos y bebederos para aves, y demás productos en el área industrial. También cuenta con botellones o garrafones para agua de cinco galones, así como botellas para jugos, medicina, cosméticos, lubricantes, etc. desde una hasta treinta y tres onzas.

## **2.2 Proceso de Manufactura.**

Para la investigación, se decidió trabajar con el proceso de elaboración de botellones plásticos, el cual está compuesto de cuatro etapas: el Moldeo por Inyección, el Horneado de las preformas, Moldeo por Soplado, y el Empaque.

### **2.2.1 Descripción del Proceso.**

El Moldeo por Inyección es la técnica de procesamiento de mayor utilización para la elaboración de plásticos. Consiste en fundir un material plástico (PET) y hacerlo fluir hacia un molde para darle la forma deseada.

En esta etapa se abastece la primera tolva de la máquina inyectora con la resina Tereftalato de Polietileno (PET), el cual es un polímero que se caracteriza por su alta resistencia, baja permeabilidad, y apariencia transparente, capaz de moldearse con diferentes formas y colores. Este proceso se realiza mediante la utilización de un tubo al vacío, y se enciende la máquina deshumidificadora para liberar toda la humedad que el material ha absorbido de la atmósfera.

Luego se traslada a una segunda tolva, donde se le dosifica el colorante de manera similar al suministro de medicamentos vía intravenosa, para así comenzar el ciclo de inyección. Se funde la mezcla del PET con el colorante y después se inyecta en los moldes de la máquina inyectora, donde se deja reposar hasta que tome la forma deseada. Para mantener esta forma y como parte del subproceso de curado, es necesario que se enfríen estas preformas ya elaboradas. Cada una de estas actividades, con su correspondiente tiempo de realización, se presenta en el cursograma analítico del Anexo 14.

La segunda etapa del proceso es el horneado, (ver Anexo 15), donde se llevan las preformas previamente curadas y se calientan a una determinada temperatura, para conseguir la elasticidad requerida. Luego en el moldeo por soplado son introducidas las preformas precalentadas en la máquina sopladora, donde se aplica aire a presión hasta que esta adopte la forma del botellón; como se explica en el Anexo 16.

Para concluir, una vez los botellones han sido elaborados, se procede al proceso de empaque, mostrado en el Anexo 17, donde los botellones son inspeccionados; los conformes se consideran de primera clase y los no conformes de segunda. Al empacar, se toman cuatro unidades del producto terminado (de primera y segunda clase), dependiendo del cliente al que vayan dirigidos, y se introducen en fundas selladas, para ser almacenadas hasta su posterior distribución.

Para la representación gráfica de las distintas actividades que conllevan las etapas del proceso de elaboración de botellones plásticos, también se emplearon cursogramas sinópticos, basados en los analíticos, presentados anteriormente; los cuales se encuentran en los Anexo 18, Anexo 19 Anexo 20 Anexo 21.

### **2.2.2 Elementos del Proceso.**

La elaboración de botellones plásticos se logra a través de numerosos elementos que intervienen para obtener un resultado final. En la Figura 6, se identifican las diversas entradas, transformaciones y salidas del proceso.

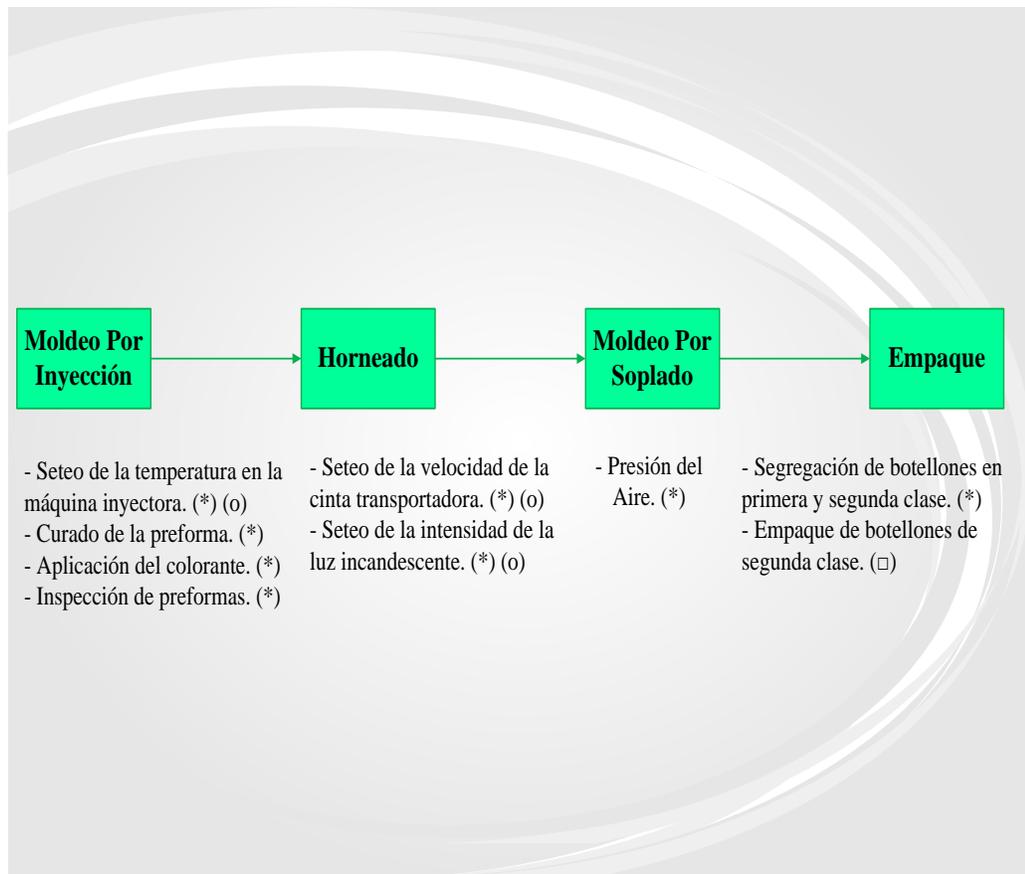


**Figura 6: Elementos del Proceso de Elaboración de Botellones Plásticos.**

**Fuente: Elaboración propia.**

### 2.2.3 Mapeo del Proceso.

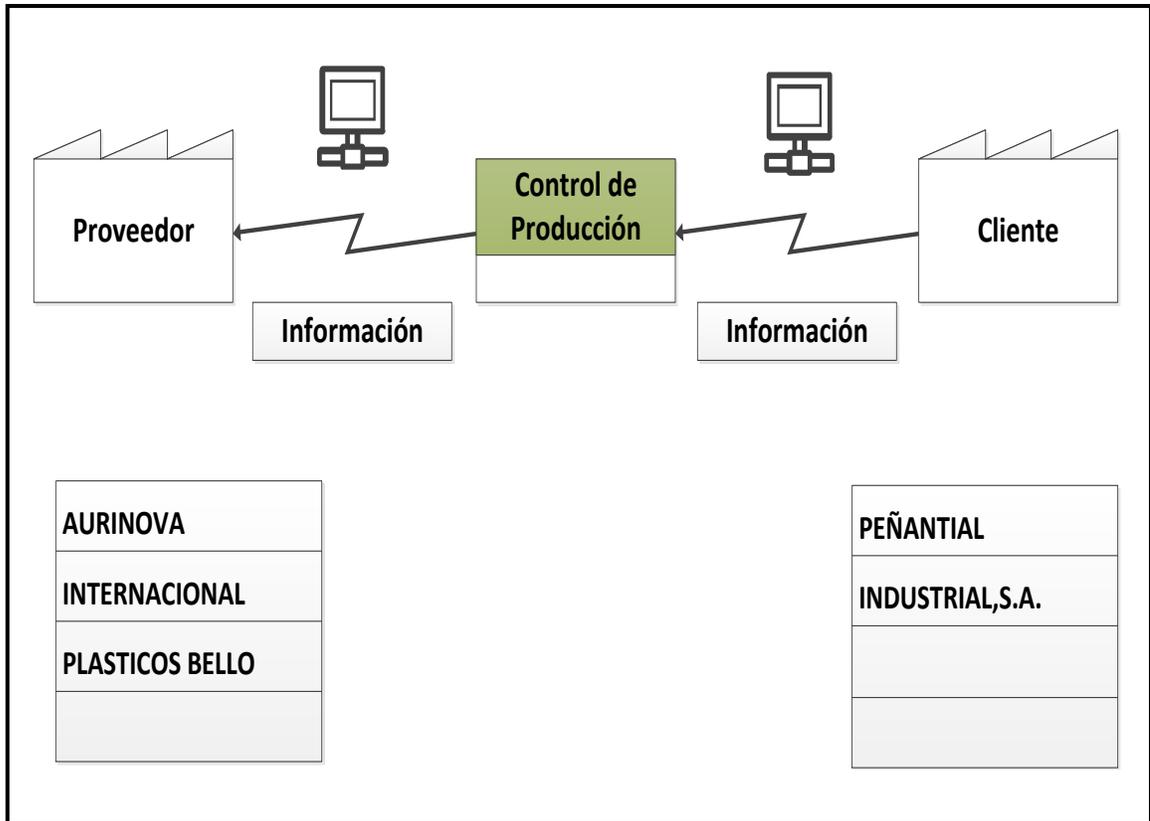
En el mapeo del proceso de elaboración de botellones plásticos, mostrado en la Figura 7, se identificaron: los factores críticos (\*) de acuerdo al impacto en el proceso y en el producto, los factores controlables (o) en función de la capacidad para intervenir en ellos, y los factores de ruido (□) dependiendo del valor agregado.



**Figura 7: Mapeo del Proceso de Elaboración de Botellones Plásticos.**

**Fuente: Elaboración propia.**

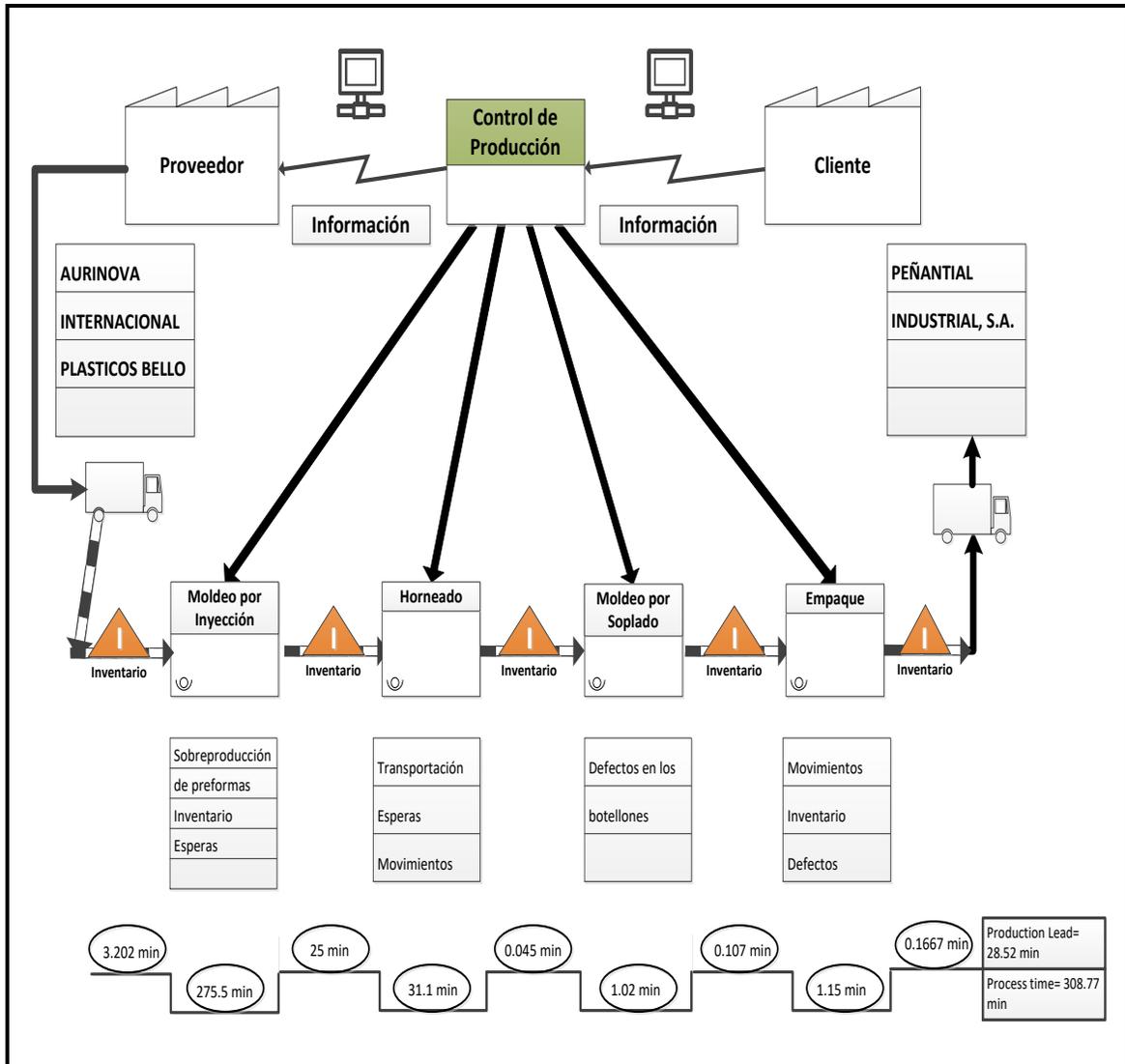
Con el objetivo de reducir los tiempos de producción, espera y los desperdicios presentes en el proceso, se realizó un Value Stream Mapping de la manufactura de botellones plásticos. En el mapeo externo del estado actual, Figura 8, se muestran los principales proveedores y clientes de la empresa y el flujo de información que existe entre ellos.



**Figura 8: Estado Actual. VSM Externo.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

En la Figura 9 se presenta el mapeo interno del estado actual, en el cual se identificaron los principales desperdicios que tiene el proceso, en cada una de sus etapas. De la misma forma, incluye los tiempos de procesamiento de los materiales, así como sus tiempos de entrega de un subprocesso a otro.



**Figura 9: Estado Actual. VSM Interno.**

**Fuente: Elaboración Propia**

### 2.2.4 Distribución de Planta (Layout).

La distribución de planta actual del área correspondiente al proceso de elaboración de botellones plásticos, así como el flujo del proceso en dicha distribución, se presenta en la Figura 10.

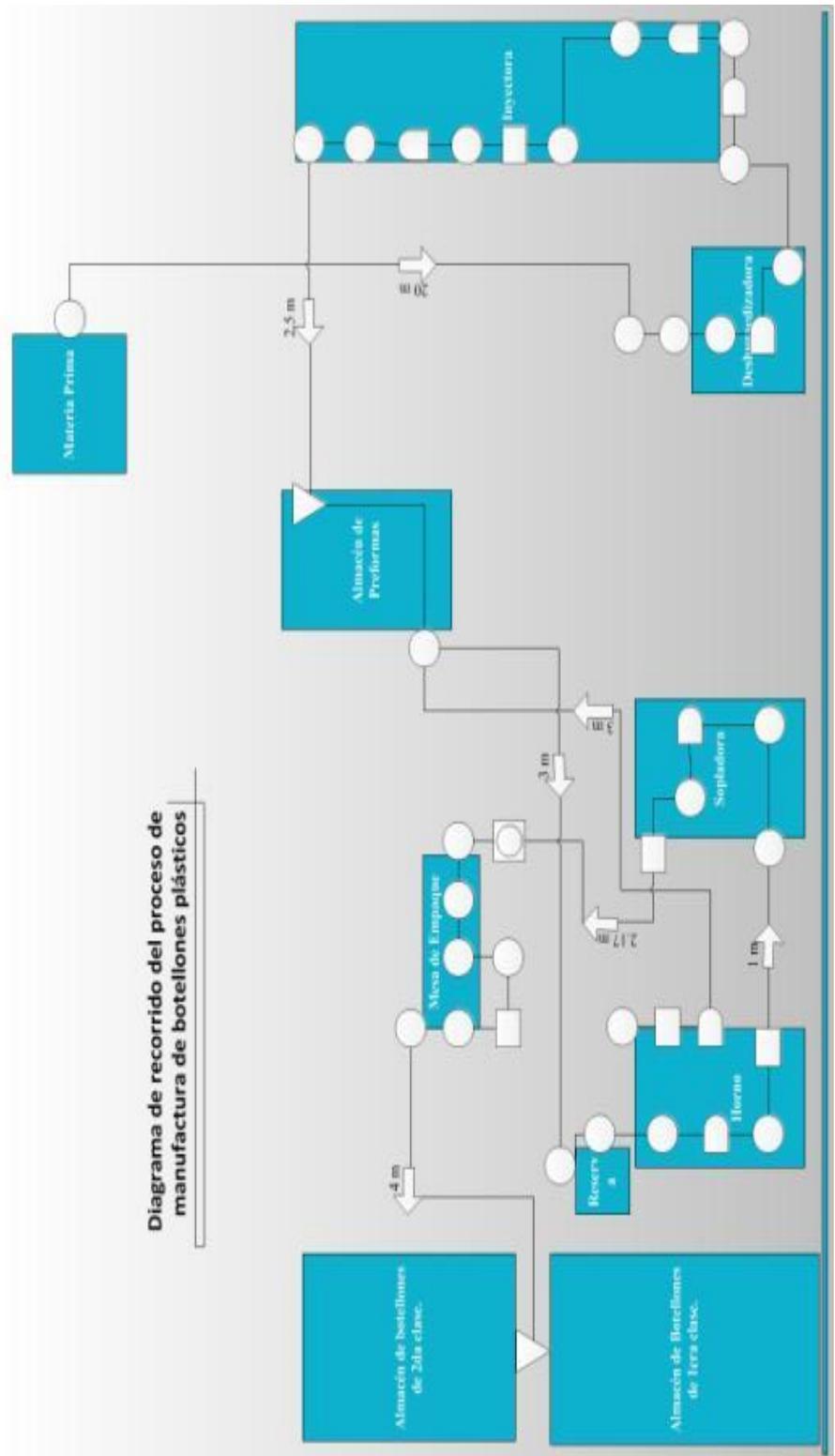


Figura 10: Diagrama de Recorrido del proceso de elaboración de botellones.

Fuente: Elaboración Propia

### **2.2.5 Deficiencias en el proceso de Elaboración de botellones.**

En el proceso de elaboración de botellones plásticos, se identificaron diversas deficiencias en las áreas de operaciones, calidad, mantenimiento, layout y seguridad, las cuales se desglosan a continuación:

En el área de operaciones, se pueden mencionar los siguientes aspectos:

- El suministro de la materia prima no es controlado, de manera que se evidencian algunos desbordes y sobrantes en el proceso de inyección, que al final se traducen en pérdidas. Esto indica que no existe una planificación detallada acerca de la cantidad de materia prima que el operador debe suministrar a la máquina, para que esta produzca ciertas cantidades de preformas en un tiempo determinado.
- Sobreproducción de preformas debido a que no poseen una planificación de la producción definida; por lo tanto, se produce para tener material en proceso, pero no atendiendo a una demanda específica. (ver Anexo 22).
- En el proceso de moldeo por inyección, específicamente en el curado, se observan tiempos muy elevados de espera, llegando hasta 24 horas, debido a que no cuentan con un sistema de enfriamiento.
- Después que las preformas agotan el proceso de enfriamiento son trasladadas a un almacén y más tarde son llevadas a un segundo almacenamiento, conocido como reserva. Esta reserva es innecesaria debido a que realiza la misma función que la primera, la misma no genera ventajas en el proceso, sino que incrementa los tiempos de producción, transportes y demás factores.

- En el proceso de horneado, el trabajador inspecciona la temperatura de la preforma a través del tacto, lo cual no es preciso ni seguro. En cuanto a la operación como tal, la temperatura va a depender del criterio subjetivo del empleado, lo que muestra que este proceso de verificación no se realiza de forma equitativa para todas las preformas, es decir, no hay estandarización.
- Al finalizar, los botellones conformes y no conformes se empaican de la misma manera, sin atender a ningún patrón de referencia. (Ver Anexo 23 y Anexo 24).

En relación al mantenimiento se identifica:

- La empresa no cuenta con un sistema de mantenimiento que potencialice la vida útil de los equipos que la conforman, más bien sólo utiliza el mantenimiento correctivo, cuando alguno de ellos presenta una falla.

En la calidad se reflejan algunos factores:

- En la inspección que se realiza en el moldeo por inyección, para verificar el nivel de colorante de la preforma, el operador no cuenta con un parámetro definido, pues lo hace a su propio juicio. Su validación no llega a percibir si la preforma posee alguna característica física, por lo cual, pueda ser rechazada e impedir su paso a los demás procesos subsecuentes. Esto causa que se inviertan recursos en preformas no conformes, notándose la falta de un sistema de control de calidad, como se muestra en el Anexo 25.
- No poseen ningún tipo de especificaciones para la verificación de la calidad en las distintas etapas del proceso de elaboración de botellones.
- El personal no cuenta con la capacitación y las herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso de control de calidad de manera óptima.

- Los procesos no están documentados.

En cuanto a la distribución de planta:

- Todos los procesos son realizados simultáneamente, en un área considerable, pero no delimitados uno del otro; por lo que, en algún momento de la producción llegan a obstaculizarse. (Ver Anexo 26).

En el área de seguridad:

- No existe un sistema de seguridad basado en prevención de riesgos laborales ni enfermedades ocupacionales.
- La empresa no posee asistencia médica para los trabajadores, en caso de la ocurrencia de algún evento que lo requiera.
- Ausencia de un manual de seguridad que establezca cómo se pueden realizar las operaciones de forma segura.
- No cuentan con los equipos de protección personal adecuados, debido a los múltiples factores de riesgos a los cuales están expuestos los operadores.

#### **2.2.6 Indicadores del Proceso.**

Los indicadores usados para medir el proceso son el Throughput Yield (TPY), el Final Yield (FY), y el Rolled Throughput Yield (RTY). Estos indicadores fueron calculados atendiendo a las formulas expresadas en el Estado del Arte. En la Tabla 1 se muestra la producción de una jornada laboral de doce horas (dos turnos).

<b>Procesos</b> <b>Cantidad</b>	<b>Moldeo por Inyección</b>	<b>Horneado</b>	<b>Moldeo por Soplado</b>	<b>Empaque</b>
<b>Total de Piezas Producidas</b>	1800	1500	1500	1050
<b>Total de Piezas Conformes</b>	1500	1500	1050	450
<b>Total de Piezas No Conformes</b>	300	0	450	600
<b>Total de Piezas Retrabajadas</b>	0	0	0	0
<b>TPY</b>	83%	100%	70%	43%
<b>FY</b>	25%			
<b>RTY</b>	25%			

**Tabla 1: Métricas de Rendimiento de Proceso.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

Se observa que el subproceso con mayor rendimiento es el horneado; sin embargo, este no es el rendimiento real debido a que la inspección que se realiza no es lo suficientemente rigurosa para detectar las no conformidades, causando la entrada de preformas defectuosas al moldeo por soplado.

Las no conformidades detectadas en el moldeo por soplado son los botellones que se deformaron al grado en que resultan inservibles, mientras que las no conformidades del empaque son botellones por la deformación que tienen, no impide su uso. Por otro lado, tanto el Final Yield (FY) como el Rolled Throughput Yield (RTY) son iguales por la ausencia de retrabajos.

<b>Procesos</b> <b>Cantidad</b>	<b>Moldeo por Inyección</b>	<b>Horneado</b>	<b>Moldeo por Soplado</b>	<b>Empaque</b>
<b>Oportunidades por error</b>	5	2	2	3
<b>DPU</b>	0.167	0.000	0.357	0.847
<b>DPO</b>	0.033	0.000	0.178	0.282
<b>DPMO</b>	33333.333	0.000	178337.5	282432.6
<b>Nivel Sigma</b>	0.0006120	-	0.0001144	0.0000722

**Tabla 2: Indicadores de Calidad.**  
**Fuente: Elaboración Propia**

En la Tabla 2 se presentan los indicadores: Defectos por unidad (DPU), Defectos por Oportunidades (DPO), Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO) y el Nivel Sigma.

Las oportunidades por error identificadas en el moldeo por inyección son las siguientes:

- Preforma descolorada.
- Preforma con exceso de colorante.
- Preformas con roturas.
- Preformas con exceso de material en el punto de inyección.
- Proformas con exceso de material en la unión de los moldes.

Las oportunidades por error identificadas en el horneado son:

- Preformas calentadas en exceso.
- Preformas sin calentar lo suficiente.

Las oportunidades por error identificadas en el moldeo por soplado son:

- Botellones soplados sin el suficiente aire.
- Botellones soplados con exceso de aire.

Las oportunidades por error identificadas en el empaque son:

- El empaque de menos unidades de las requeridas.
- Mezcla de botellones conformes y defectuosos en el empaque.
- Empaque mal cerrado.

El Defecto por Unidad (DPU) fue calculado siguiendo su relación con el TPY, explicada en el Estado del Arte, llevado a su forma logarítmica.

$$DPU = -\ln TPY$$

El nivel sigma fue calculado de acuerdo a la relación de que, un nivel de calidad seis sigma equivale a 3.4 defectos por millón de oportunidades.

$$6 \text{ niveles sigma} = \frac{1}{3.4 DPMO}$$

$$\text{Nivel Sigma} = \frac{1}{DPMO (\text{del proceso})}$$

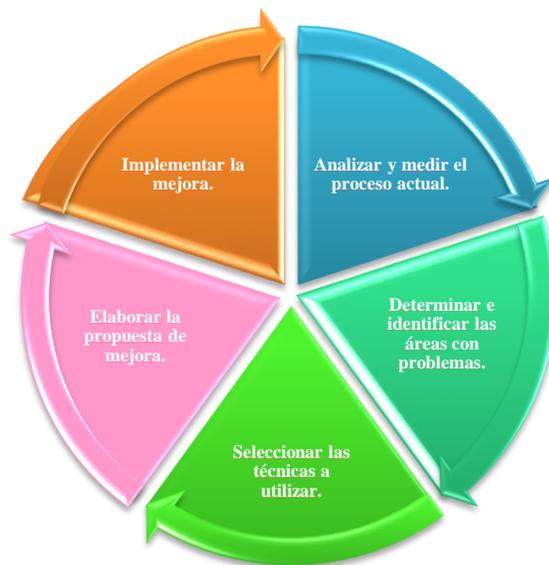
$$\text{Nivel Sigma} = \frac{(3.4)(6)}{DPMO}$$

La relación entre el DPMO y el nivel sigma es inversa debido a la naturaleza de su tendencia, mientras más alto el nivel de sigma mejor y mientras más bajo los defectos por millón de oportunidades mejor.

## CAPÍTULO 3: OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOTELLONES PLASTICOS EN LA EMPRESA AGROPLAST S.R.L.

### 3.1 Ciclo de Optimización de Procesos.

Para optimizar un proceso, se elaboró un ciclo de mejora basado en los enfoques: incremental y de rediseño; además se integraron las diferentes etapas que abarcan, para obtener como resultado el siguiente esquema, mostrado en la Figura 11.



**Figura 11: Ciclo de Optimización de procesos.**

**Fuente: Elaboración propia**

En la primera etapa, “Analizar y medir el proceso actual”, son analizados los elementos que intervienen en el proceso de elaboración de botellones plásticos, utilizando las herramientas cualitativas y cuantitativas tales como: mapeo de proceso, diagramas de recorrido, VSM y otras métricas anteriormente citadas, con la intención de analizar el estado actual del flujo de las operaciones del macroproceso.

La segunda etapa comprende, “Determinar e identificar las áreas con problemas”, en la cual se interpretan los resultados de los diferentes mapeos y diagramas de los procesos, con el propósito de visualizar el área o espacio que presenta inconveniente en el sistema, para de esta forma poder establecer en que parte del proceso se deben implementar las mejoras, para lograr su eficiencia.

Luego de haber identificado las áreas con problemas se procede a la tercera etapa del ciclo, “Seleccionar las herramientas a utilizar”, en donde con base a los resultados arrojados se seleccionan las herramientas de lugar, atendiendo al enfoque de cada una y lo que puedan aportar para la propuesta de optimización.

Una vez seleccionadas las técnicas a utilizar, se elabora una propuesta de mejora con la finalidad de alcanzar la eficiencia de los procesos, siendo ésta la aplicación óptima de todas las herramientas de apoyo, las cuales conforman la base de dicha propuesta.

Después de haber elaborado la propuesta de mejora continua, la última etapa del ciclo, en donde luego de haber confeccionado una propuesta ésta es implementada o aplicada, notándose en la misma los cambios que son considerados necesarios para la corrección de las áreas que fueron identificadas con problema en la segunda etapa de éste ciclo.

### **3.2 Criterios de Calidad.**

Buscando el establecimiento y la estandarización de parámetros se han creado las denominadas “Ayudas Visuales”, las cuales le permiten al empleado diferenciar los productos buenos de los malos.

Los productos “maestros” son aquellos que, al ser validados por un experto, se verificó que todas sus características fueran conformes. Las preformas maestras se observan en la Figura 12, mientras que los botellones maestros se visualizan en la Figura 13.



**Figura 12: Ayuda Visual. Moldeo por Inyección.**

**Fuente: Elaboración Propia.**



**Figura 13: Ayuda Visual. Empaque.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

### **3.3 Proceso de Producción.**

En la etapa de moldeo por inyección se recomendaron diferentes mejoras, tales como: reducir la distancia desde el almacén de materia prima hasta el área de inyección, y realizar la inspección de las preformas que han salido, mientras se completa el ciclo de la máquina; con la finalidad de reducir las demoras que resultan del proceso. (Ver Anexo 27).

En el horneado, se eliminó el uso de una reserva personal para las preformas anteriormente curadas, acortando la distancia que existe entre el horno y el almacén de preformas, al mismo tiempo que se agregó un instrumento de medición de temperatura, para asegurar que las preformas que pasen a las siguientes etapas del proceso, tengan la temperatura adecuada, como se muestra en el Anexo 28.

En el Anexo 29, se visualiza la mejora realizada en el proceso de soplado, la cual sugiere que los botellones soplados se inspeccionen en el área de empaque, puesto que esta operación se realizaba dos veces.

Por último, en el área de empaque, se redujo la distancia que existe al almacén de botellones, tanto de primera como de segunda clase, como se puede ver en el Anexo 30.

En el diagrama de recorrido presentado en el Anexo 31 se muestran las mejoras realizadas con la finalidad de optimizar la distribución en la planta. Se reubicaron los almacenes de botellones de primera y segunda clase, de tal forma que queden más cerca de la mesa de empaque. Al mismo tiempo, se acercó el almacén de materia prima a la máquina deshumidizadora, y se reubicó el horno más cerca del almacén de preformas, para acortar la distancia entre ambas áreas. Con estos cambios, se logró obtener un flujo en línea entre los procesos, así como un mayor aprovechamiento del espacio disponible.

En el Anexo 32 se presenta el VSM del Estado Futuro, el cual contiene las medidas necesarias para reducir los desperdicios identificados en cada uno de los procesos. Además se realizó el cálculo del Takt Time, para determinar el tiempo específico en que se deben elaborar los productos, con el objetivo de reducir el tiempo de procesamiento.

Como se menciona en el segundo capítulo, el takt time es el cociente entre el tiempo disponible y la demanda del cliente. Con una jornada laboral de seis horas, de las cuales una hora se distribuye en un almuerzo y dos recesos.

$$1 \text{ hr} = 60 \text{ min}$$

$$6 \text{ hrs} = \text{tiempo en min}$$

$$\text{tiempo (min)} = \frac{6 \text{ hrs} - 60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} = 360 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo disponible} = 360 \text{ min} - 60 \text{ min} = 300 \text{ min}$$

Por lo que se ha llegado a la conclusión que el tiempo disponible en la empresa Agroplast S.R.L. es de 300 minutos. Al tener una demanda de 1,000 botellones por día, el takt time es de:

$$\text{Takt Time} = \frac{300 \text{ minutos}}{1,000 \frac{\text{botellones}}{\text{día}}} \left( 2 \frac{\text{turnos}}{\text{día}} \right) = 0.4 \text{ minutos} = 24 \text{ segundos}$$

En cuanto al inventario del material en proceso, se implementó el método FIFO (primero que entra, primero que sale), para agilizar la transferencia de materiales entre los procesos; two-piece flow desde la etapa de inyección a la de horneado, para que el operador en cada transporte lleve dos preformas desde el almacén al horno y one-piece flow entre las etapas de horneado, soplado y empaque, para que se lleve un botellón a la vez.

### **3.4 Sistema TPM.**

Al iniciar a implementar un sistema de Mantenimiento Productivo Total, es necesario, recolectar información referente a las fallas que presentan los equipos. Para guardar estas informaciones de manera sistemática, se ha creado una plantilla, mostrada en el Anexo 33, en la que se registrarán los datos.

Es útil, llevar un histórico y tener la capacidad de tomar acciones correctivas y/o preventivas en base a dicho histórico, se diseñó un formato, presentado en el Anexo 34, en el que se guardará esta información. Además, para implementar el TPM, se debe contar con un inventario detallado de todos los equipos que posee la empresa.

Una vez, que se cuente con las informaciones de las fallas, se puede determinar indicadores que faciliten tener visibilidad en el sistema y así identificar qué se puede mejorar. Los cálculos de los indicadores del TPM se determinarán de acuerdo a las fórmulas establecidas en el marco teórico y se visualizarán organizadamente, en el Anexo 35.

### **3.5 Kaizen.**

Como se menciona en la sección anterior, se realizó una propuesta de TPM. La otra técnica de Kaizen con la que se va a trabajar en la propuesta son las 5S.

Implementación de 5S en la empresa Agroplast S.R.L.

#### **1era S: Seleccionar.**

- Separar las máquinas en desuso del área de producción.

- Separar materia prima que no se vaya a utilizar inmediatamente.
- Sacar los botellones con defectos del área de producción. (Ver Anexo 36)
- Separar los insumos del material en proceso. (Ver Anexo 37).
- Seleccionar herramientas y materiales existentes en el área de producción con el fin de tener sólo las necesarias.

### **2da S: Ordenar**

- Colocar los productos terminados en el almacén correspondiente. (Ver Anexo 38).
- Colocar e identificar los productos con defectos en un lugar separado de los productos de primera clase.
- Identificar y colocar los productos de primera y segunda clase en lugares diferentes.
- Mantener la materia prima necesaria cerca del horno, para evitar cargar de un contenedor a otro.

### **3era S: Limpiar**

- Tener al alcance un contenedor para desperdicios que resultan de los procesos.
- Limpiar los restos de materia prima que caen al suelo inmediatamente. (Ver Anexo 39).
- Disponer de un contenedor para los sacos vacíos de materia prima. (Ver Anexo 40).

- Al final de la jornada, colocar todas las herramientas y materiales utilizados en la producción en sus respectivos lugares.
- Lavar el piso al menos dos veces por semana. (Ver Anexo 41).
- Limpiar las paredes y pintar por lo menos dos veces al año.
- Limpiar las máquinas y herramientas mínimo una vez al mes.

#### **4ta S: Estandarizar**

- No deben haber botellones debajo de la mesa de empaque, ya que éstos se pueden olvidar. (Ver Anexo 42).
- Etiquetar los nombres de las áreas, materiales y herramientas de forma correcta.
- Colocar un mural con las mejoras realizadas en cada uno de los procesos.
- Publicación de las normas de mantenimiento y seguridad.
- Inspeccionar periódicamente el área de manufactura para comprobar que todo esté en orden.

#### **5ta S: Disciplina**

- Fomentar en los empleados una cultura organizacional.
- Creación de un buzón de sugerencias, con la finalidad de que el personal pueda aportar sus ideas para la mejora continua de los procesos.

- Incentivar a los empleados para que mantengan su ambiente de trabajo limpio y ordenado. (Ver Anexo 43).
- Retroalimentar el personal con talleres prácticos, para que mantengan las políticas de la empresa.

### 3.6 Rendimiento del Proceso.

En la Tabla 3 se visualiza una estimación de los resultados en base a las mejoras propuestas anteriormente, al mismo tiempo que indica cómo quedarán los indicadores del proceso.

Procesos Cantidad	Moldeo por Inyección	Horneado	Moldeo por Soplado	Empaque
Total de Piezas Producidas	1450	1320	1320	1145
Total de Piezas Conformes	1320	1225	1145	1045
Total de Piezas No Conformes	130	0	175	100
Total de Piezas Retrabajadas	0	95	0	0
<b>TPY</b>	91%	93%	87%	91%
<b>FY</b>	72%			
<b>RTP</b>	67%			

**Tabla 3: Estimación de Resultados.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Los cambios en el rendimiento afectan el nivel de calidad sigma que tiene el proceso y sus diferentes etapas, lo mismo se visualiza en la Tabla 4.

Procesos Cantidad	Moldeo por Inyección	Horneado	Moldeo por Soplado	Empaque
Oportunidades por error	5	2	2	3
<b>DPU</b>	0.094	0.075	0.142	0.091
<b>DPO</b>	0.019	0.037	0.071	0.030
<b>DPMO</b>	18786.364	37345.446	71113.5	30462.6
<b>Nivel Sigma</b>	0.00108589	0.00054625	0.00028687	0.00066967

**Tabla 4: Resultados de la Propuesta.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Los diversos resultados de los indicadores del rendimiento del proceso, en la situación tanto actual como propuesta, están comprendidos y resumidos en la Tabla 5.

Procesos		Indicadores	TPY	FY	RTP	Nivel Sigma
<i>Situación Actual</i>	Moldeo por Inyección		83%	25%	25%	0.0006
	Horneado		100%			-
	Moldeo por Soplado		70%			0.0001
	Empaque		43%			0.0001
<i>Situación Propuesta</i>	Moldeo por Inyección		91%	72%	67%	0.0011
	Horneado		93%			0.0005
	Moldeo por Soplado		87%			0.0003
	Empaque		91%			0.0007

**Tabla 5: Situación Actual Vs. Propuesta.**  
Fuente: Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES.

Para lograr la optimización de los procesos industriales es necesaria la implementación de mejoras continuas de manera adecuada, para conseguir la eficiencia de estos procesos. Tras la utilización de algunas herramientas de mejora se obtiene como resultado directo el incremento de la productividad, debido que los factores que la ponderan consiguen un impacto positivo en el sistema. Terminadas las investigaciones se concluye:

- Los procesos realizados en la planta para la elaboración de los botellones plásticos se limitan exclusivamente a la obtención de los mismos, sin atender a parámetros de calidad ni a los requerimientos de la demanda.
- A partir de las deficiencias detectadas se confirma que los procesos actuales no son eficaces, puesto que en cada uno de ellos se identificaron problemáticas, tales como; uso inapropiado de los recursos existentes, desperdicios de los procesos, operaciones innecesarias, factores de riesgo para la salud de los empleados, entre otros, por lo que se requiere la optimización de estos procesos.
- Para las empresas el recurso humano es el más importante dentro de la organización, porque sin este no es posible la producción, pero esto implica su correcta utilización, se visualizó que Agroplast S.R.L. no posee ningún programa para la Gestión humana, lo cual impacta negativamente en el ámbito laboral.

- La nave industrial posee una la delimitación territorial considerable, lo que se convierte en un punto positivo para la empresa, pero actualmente cuentan con una incorrecta distribución de los espacios, por lo que el desarrollo normal de las operaciones llegan a obstaculizarse en algún momento del proceso.
- La calidad es un tema de relevancia en el mundo de las industrias, debido a su significancia en la cadena de valor de los productos, en la medida en que las empresas implementan un sistema de control de la calidad, los resultados inciden de manera directa en los beneficios. Agroplast S.R.L. no posee un sistema para el control de la calidad, como consecuencia los productos terminados se encuentran afectados negativamente. Para conseguir resultados favorables deben tomar en cuenta dentro de la planificación empresarial la creación de un sistema de calidad.
- Se muestra una mejora entre la situación actual y la situación propuesta, en términos del flujo e índices del proceso.
- En el moldeo por inyección se presentó un aumento de un 8% en el rendimiento. Por otro lado, en el horneado se observó una reducción en el rendimiento, sin embargo, más que una reducción, lo que se logró es que ahora se cuenta con la visualización real del proceso. Mientras que en las otras dos etapas, moldeo por soplado y empaque, el rendimiento aumentó en un 17 y 48%, respectivamente.
- En términos del macroproceso, la mejora fue de un 47% en el rendimiento final y de un 42% en el rendimiento acumulado.
- Los resultados positivos en el rendimiento, impactaron en el nivel sigma de los subprocesos, y si bien aún falta mucho para alcanzar un nivel de calidad seis sigma, definitivamente el primer paso está dado.

## **RECOMENDACIONES.**

Debido a las fallas encontradas en la investigación, se consideran algunas recomendaciones para optimizar el proceso de manufactura de los botellones plásticos.

- Crear un manual de seguridad con las normas a implementar en el lugar de trabajo.
- Uso de los Equipos de protección personal de manera obligatoria en el área de producción.
- Señalizar los riesgos en el área de trabajo.
- Creación de una salida de emergencia.
- Creación de un dispensario médico para la asistencia en caso de que algún empleado evento lo requiera.
- Crear un plan de emergencia que contenga las rutas de evacuación de la empresa.
- Utilización de abanicos industriales para mejorar la ventilación en la planta y/o apresurar el proceso de curado.
- Reciclar y/o reusar los desperdicios.
- Los almacenajes de materia prima, material en proceso y producto terminado deben estar a una distancia mínima de un pie de altura con respecto al suelo y máxima de seis pies.
- Establecer métricas que indiquen el desempeño de la empresa en base a los procesos.
- Pautar reuniones de producción, en las que se comuniquen los recursos faltantes para cumplir con lo planificado.

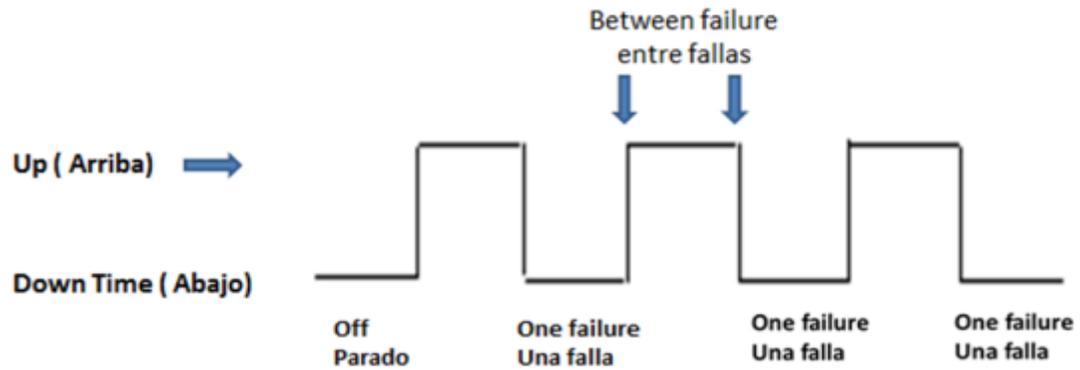
- Pautar reuniones de planta, para la retroalimentación del desempeño de la empresa.
- Documentación de los procesos del área de manufactura.
- Crear un instructivo y/o programas de inducción al puesto de trabajo.
- Establecer metas y objetivos específicos al personal de producción.
- Incentivar a una cultura de responsabilidad social.
- Crear una estrategia para la Gestión Humana y asignar un responsable.
- Crear una política de recompensas, de acuerdo al cumplimiento de los objetivos.
- Crear un programa de evaluación del desempeño para los empleados.
- Procurar la comunicación efectiva entre el supervisor y el personal bajo su cargo.
- Implementación de un banco de capacitores para reducir el factor de potencia en el recargo interpuesto en la factura por consumo de energía.
- Establecer contacto con otros proveedores.
- Cambiar método de empaque de los botellones de segunda clase.
- Reemplazar la mesa de empaque por una más adecuada, la cual contenga compartimientos para guardar las herramientas de trabajo.
- Revisar periódicamente los moldes para verificar su estatus.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABB. (Junio de 2002). *ABB*. Recuperado el 01 de Julio de 2014, de [http://www05.abb.com/global/scot/scot296.nsf/veritydisplay/4581d5d1ce980419c1256bfb006399b9/\\$file/3bus094188r0001.pdf\\_-\\_en\\_oe\\_whitepaper\\_-\\_overall\\_equipment\\_effectiveness.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot296.nsf/veritydisplay/4581d5d1ce980419c1256bfb006399b9/$file/3bus094188r0001.pdf_-_en_oe_whitepaper_-_overall_equipment_effectiveness.pdf)
- Acuña, J. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Belohlavek, P. (2006). *Overall Equipment Effectiveness*. Buenos Aires: Blue Eagle Group.
- Blanchard, B. (2005). *Effective Serviceability and Maintenance Management*. Canada.
- Bravo Carrasco, J. (2011). *Gestión de Procesos: Alineados con la estrategia*. . Santiago de Chile: Evolución S.A.
- Brunet, & New. (2003).
- Cabrera Calva, R. C. *VSM: Mapeo del Flujo de Valor. Extendido para Cadena de Suministro*.
- Flores, J. F. (2005). *Manual de mapeo de cadena de valor*.
- Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2003). *Administración de Costos*. México: International Thomson.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones*. México: Pearson Education .

- Lovelle, J. (2001). *Use Value Stream Mapping to reveal the benefits of Lean Manufacturing* .
- Mendoza, J. M., & Mendoza, J. J. (2009). *Six Sigma: Hacia la cumbre de la calidad*.
- Mier Ríos, A. A. (2006). *Mapeo de la Cadena de Valor*. México.
- Moncayo, R. (2006). *Optimización de procesos industriales* .
- Moore, J. M. (1962). *Plant layout and design* . Michigan: Macmillan.
- Muther, R. (1987). *Systematic Layout Planning*. United States.
- Niebel, B., & Andris, F. (2004). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo*.
- Para Conesa, J. E. (2007). *Kaizen: cuando la mejora se hace realidad*.
- Patxy Ruiz, D. A. (2007). *La Gestión de Costos en Lean Manufacturing* . España : Netbiblo, S.L.
- Sacristán, R. F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción*. FC.
- Serrano Lasa, I. (2007). *Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de los sistemas productivos*.
- Suárez Barraza, M. (2007).
- Vázquez Pérez, R. (2008). *Introducción a la optimización*.
- Vendan, S., & K., S. (2010). *Reduction of Wastages in Motor Manufacturing Industry*.

## ANEXOS.



Anexo 1: Diagrama de MTBF.

Fuente: (Blanchard, 2005)



Anexo 2: Capacitación de los Actores de un Programa Six Sigma.

Fuente: (Pulido, Humberto G; Salazar, Román, 2013)

Nivel de Sigmas -Corto Plazo-	Rendimiento del Proceso -Largo Plazo-	Partes por Millón PPM	Costos de Calidad como % de Ventas
1	30.90%	690,000	N/A
2	69.20%	308,000	N/A
3	93.30%	66,800	25 - 40 %
4	99.40%	6,210	15 - 25 %
5	99.98%	320	5 - 15 %
6	99.9997%	3.4	< 5 %

**Anexo 3: Nivel de Sigma Vs. Costos de Calidad.**

**Fuente: (Pulido, Humberto G; Salazar, Román, 2013)**

Aspectos a evitar en el proyecto:	Aborda áreas de mejora de alto impacto:	Efectos fundamentales:	Apoyo y comprensión de la alta dirección:
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Objetivos vagos e imprecisos.</li> <li>•Pobres métricas para medir impacto.</li> <li>•No ligado a lo financiero.</li> <li>•Alcance demasiado amplio.</li> <li>•No ligado a los planes estratégicos anuales.</li> <li>•Soluciones indefinidas.</li> <li>•Demasiados objetivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reducir defectos o desperdicios en las etapas más críticas de un proceso.</li> <li>•Ligado directamente a la satisfacción del cliente (quejas, reclamos, tiempos largos de atención, burocracia).</li> <li>•Mejorar la capacidad de los procesos.</li> <li>•Incrementar el flujo del trabajo en los procesos (organización del proceso, reducción del tiempo de ciclo, eliminar actividades que no agregan valor).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Se espera que el proyecto tenga beneficios monetarios importantes (medibles), que se reflejen en un tiempo</li> <li>•Factible de realizarse en 3 a 6 meses.</li> <li>•Para medir el éxito del proyecto se tienen métricas cuantitativas clara, por lo que es fácil medir el punto de partida y los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La importancia del proyecto es clara para la organización y se percibe como algo importante.</li> <li>•El proyecto tiene el apoyo y la aprobación de la dirección (o gerencia) de la empresa.</li> </ul>

**Anexo 4: Criterios para la Selección y Definición de proyectos.**

**Fuente: (Pulido, Humberto G; Salazar, Román, 2013)**

		Equipos y Pasos de Ensamble							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Producto	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

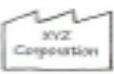
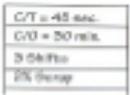
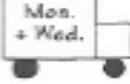
Anexo 5: Tabla para la selección de familia de producto.

Fuente: Mier Ríos, 2006.

<i> criterio para identificar Macrofamilias de productos</i>	<i> Ejemplo</i>	
<b>1.- Tipo de Producto</b>	<i>Cada familia la conforman productos del mismo tipo o función</i>	<i>Motores y Generadores</i>
<b>2.- Mercado</b>	<i>Geográfico, o tipo de cliente: Distribuidor, final, etc.</i>	<i>Europa y Norteamérica</i>
<b>3.- Clientes</b>	<i>Familia de productos que se venden a uno o varios clientes concretos</i>	<i>Una familia para dos clientes dominantes, el resto de productos conforman una tercera familia.</i>
<b>4.- Grado de Contacto con el cliente</b>	<i>Agrupar productos por el grado de influencia del cliente en el producto final</i>	<i>Todos los productos stockados en una familia, todos los fabricados bajo pedido en otra, etc.</i>
<b>5.- Volumen de venta</b>	<i>Agrupar productos con similar volumen de ventas</i>	<i>Alto Volumen, bajo volumen.</i>
<b>6.- Patrones de Pedido</b>	<i>Agrupar productos en base a los diferentes patrones de recibir pedidos</i>	<i>Series largas y repetitivas por un lado, series cortas e irregulares por otro.</i>
<b>7.- Base Competitiva</b>	<i>Agrupar productos en base a sus argumentos de venta</i>	<i>Por un lado los de bajo coste y entrega, por otro los de productos personalizados.</i>
<b>8.- Tipo de Proceso</b>	<i>Productos con similares procesos en la misma familia</i>	<i>Todos los que requieren montaje por un lado, todos los que no por otro.</i>
<b>9.- Características de Productos</b>	<i>Productos con similares características físicas o materias primas</i>	<i>Grandes vs pequeños, ligeros vs pesados, etc.</i>

Anexo 6: Diferentes vías para agrupar los productos.

Fuente: Hyer & Wemmerlov, 2002.

Iconos de material	Representa	Notas
	Proceso.	Una caja de proceso representa un área de flujo. Todos los procesos deben estar identificados. También se emplea para departamentos, como Control de Producción.
	Fuentes externas.	Se emplea para mostrar clientes, proveedores, y procesos de producción externos.
	Caja de datos.	Se emplea para registrar información concerniente a un proceso de fabricación, departamento, cliente, etc.
	Expediciones y entregas en camión.	Anotar frecuencia de expediciones.
	Inventario.	Anotar cantidad y tiempo.
	Movimiento de material de producción por empuje.	Material que es producido y movido hacia delante antes de que lo necesite el siguiente proceso; usualmente basado en una programación.
	Movimiento de producto terminado al cliente.	
	Ruta del lechero.	
	Transporte expeditado.	
	Supermercado.	Inventario controlado de piezas que se emplea para programar la producción.
	Retirada.	Tirar materiales, habitualmente desde un supermercado.
	Transferencia de cantidades controladas de material entre procesos en una secuencia de 1º que entra, 1º que sale.	Indica un método para limitar la cantidad y asegurar un flujo FIFO de material entre procesos. La cantidad máxima debe ser anotada.
	Buffer o Stock de Seguridad.	Se debe anotar si es buffer o Stock de Seguridad.

Anexo 7: Íconos de Material VSM.

Fuente: Marchwinski & Shook, 2003.

Iconos de información	Representa	Notas
	Flujo de información manual.	Por ejemplo, programa de producción o de expediciones.
	Flujo de información electrónica.	Por ejemplo vía Intercambio Electrónico de datos (EDI).
	Información.	Describe un flujo de información.
	Kanban de producción (la línea discontinua indica el camino del Kanban).	Kanban "unidad por cada contenedor". Tarjeta o elemento que muestra y permite a un proceso cuantas unidades y de qué referencia deben ser producidas.
	Kanban de retirada o de transporte.	Tarjeta o elemento que ordena al acarreador coger y transportar piezas (por ejemplo desde un supermercado al proceso consumidor).
	Señal kanban.	Kanban "unidad por cada lote". Señala que se ha llegado a un punto de reaprovisionamiento y que debe ser producido otro lote. Se emplea cuando el proceso proveedor debe producir en lotes ya que se requieren preparaciones.
	Buzón kanban.	Lugar donde se colectan los Kanban y se mantienen hasta su transporte.
	Kanbans llegando en lotes.	
	Nivelación de la carga.	Herramienta que se emplea para interceptar lotes de kanbans y nivelar el volumen y mix de los mismos para un periodo de tiempo.
	Centro de control.	Frecuentemente un sistema computerizado como un MRP.
	Teléfono.	Habitualmente empleado para expedir información.
	Ordenes.	Frecuentemente en formato electrónico.

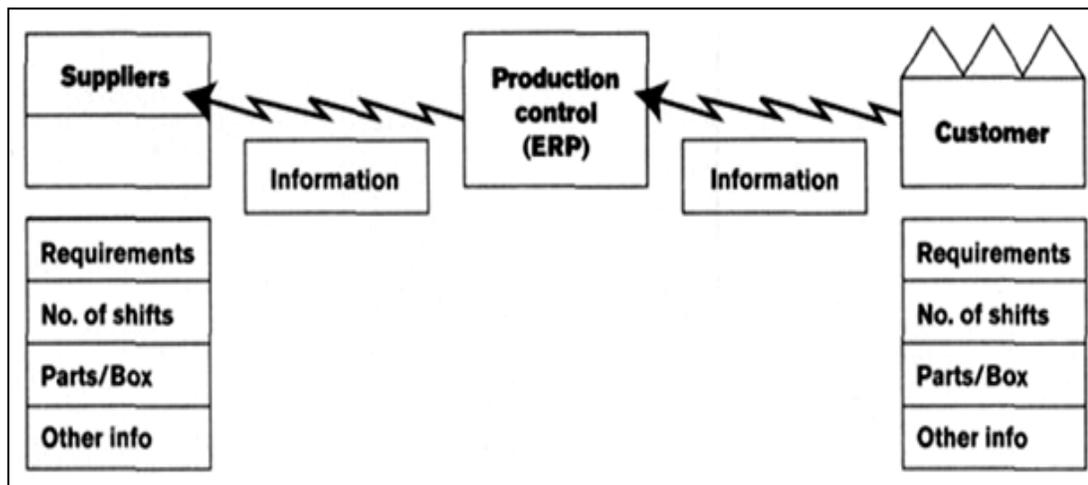
#### Anexo 8: Íconos de Información VSM.

Fuente: Marchwinski & Shook, 2003.

Iconos generales	Representa	Notas
	Operario.	Representa un a persona vista desde arriba.
	Señales kaizen.	Muestra necesidades de mejoras en un mapa en procesos específicos que son críticos para conseguir la visión del flujo del valor.
	Programación ir y ver.	Ajusta programas basándose en verificar niveles de inventario.

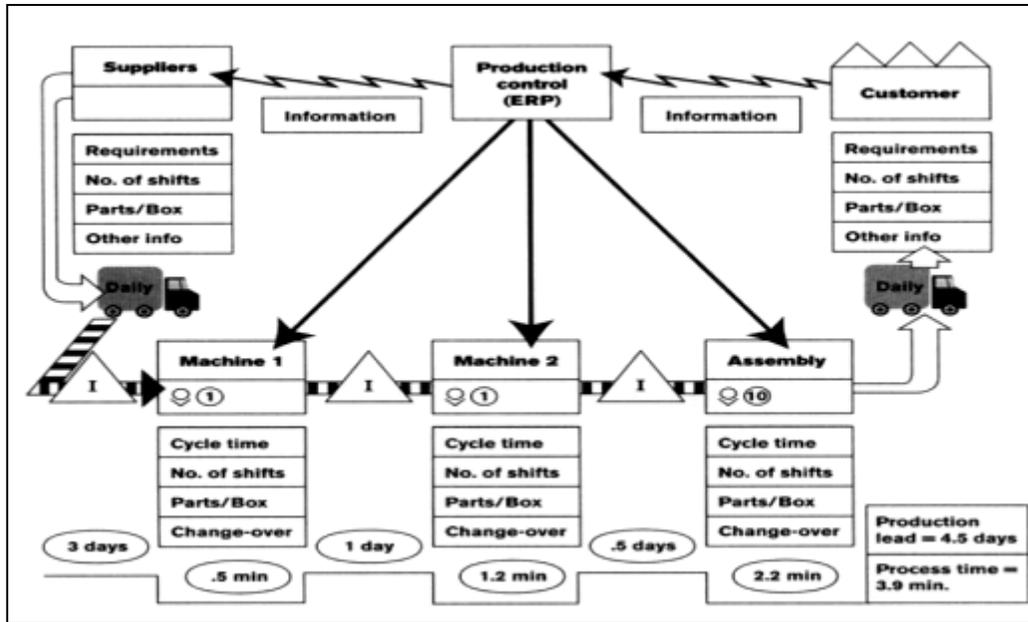
Anexo 9: Íconos Generales del VSM.

Fuente: Marchwinski & Shook, 2003.



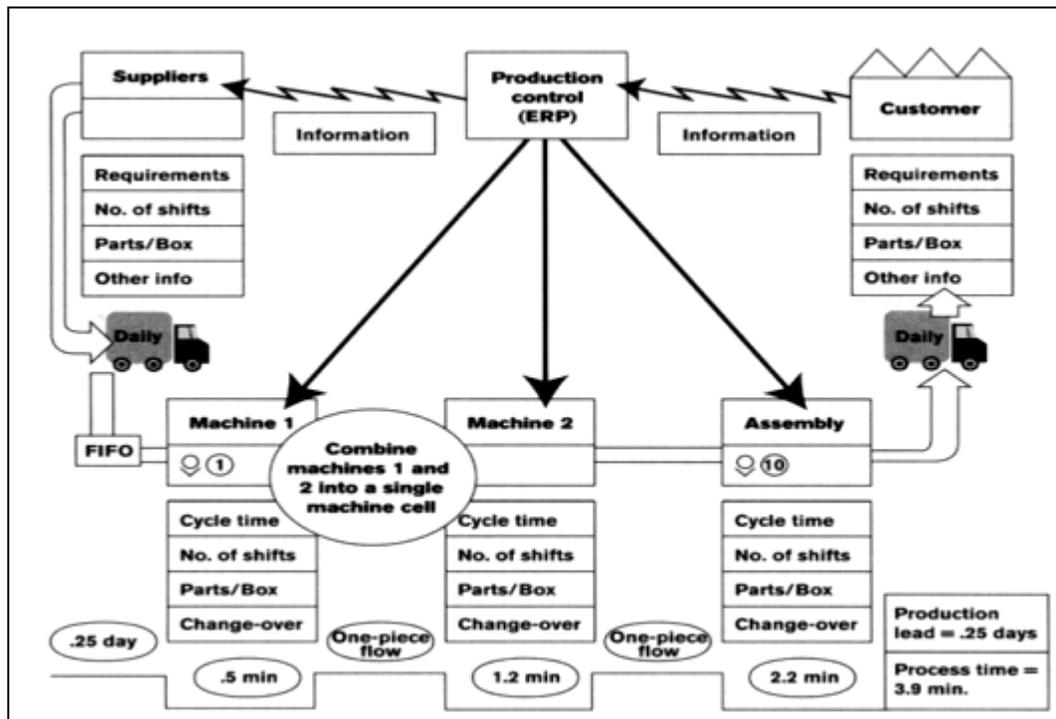
Anexo 10: Mapa del Estado Actual (Proceso Externo).

Fuente: Lovelle, 2001.



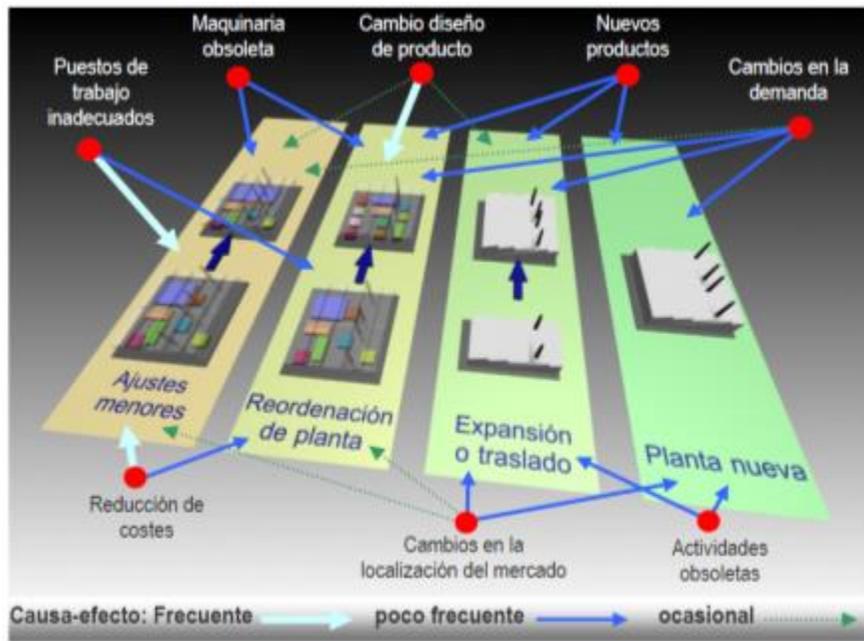
Anexo 11: Mapa del Estado Actual (Proceso Interno).

Fuente: Lovelle, 2001.



Anexo 12: Mapa del Estado Futuro.

Fuente: Lovelle, 2001.



Anexo 13: Tipos de problemas de distribución y sus causas

Fuente: (Moore, 1962)

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA No. 1	RESUMEN							
PROCESO:	ACTIVIDAD	ACTUAL						
MOLDEO POR INYECCION	OPERACIÓN	12						
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE	2						
ELABORACION DE LAS PREFORMAS DE LOS BOTELLONES	INSPECCION	1						
METODO:	DEMORA	4						
ACTUAL	ALMACENAMIENTO	1						
DESCRIPCION	TIEMPO (SEGUNDOS)	SIMBOLOS					DISTANCIA (METROS)	OBSERVACIONES
								
Tomar la materia prima con el montacargas	70,32	●						
Llevar la materia prima a la zona de Inyección	192,13		→				20	
Abrir el recipiente de la materia prima	252	●						
Introducir el tubo de vacío en la materia prima	17	●						
Encender la máquina deshumidizadora	12	●						
Esperar a que se llene la primera tolva (Máquina deshumidizadora)	600					●		
Deshumidizar la materia prima	10800	●						
Encender la máquina de inyección	4,2	●						La máq. que suministra el colorante está conecta con la fuente de energía de la máq. Inyectora.
Esperar traslado a segunda tolva	180					●		
Pulsar el botón de iniciar el proceso de Inyección	2,5	●						
Esperar que se complete el ciclo de máquina	140,9					●		Cuando la máquina termina el ciclo, abre automáticamente.
Sacar las preformas de la máquina	11,9	●						
Oprimir botón para cerrar la máquina	3,2	●						
Inspeccionar las preformas	10					●		
Colocar las preformas en el estante de enfriamiento	5,8	●						El estante de enfriamiento es parte de la máquina de inyección
Esperar a que se complete el proceso de curado	2400					●		
Retirar las preformas del estante	10	●						
Colocar las preformas en un recipiente	19	●						
Llevar el recipiente de preformas al almacén	3,08		→				2,5	
Almacenar las preformas	300					●		
<b>Total</b>	<b>15034,03</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>22,5</b>	

**Anexo 14: Cursograma Analítico. Moldeo por Inyección.**

**Fuente: Elaboración Propia**

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA No. 2	RESUMEN							
PROCESO:	ACTIVIDAD	ACTUAL						
HORNEADO	OPERACIÓN	6						
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE	3						
CALENTAMIENTO DE LAS PREFORMAS	INSPECCION	2						
METODO:	DEMORA	2						
ACTUAL	ALMACENAMIENTO	0						
DESCRIPCION	TIEMPO (METROS)	SIMBOLOS					DISTANCIA (METROS)	OBSERVACIONES
		●	➔	■	◐	▼		
Encender el horno	35,6	●						
Inspeccionar la temperatura	152			●				
Esperar a que se caliente el horno	300				●			
Dirigirse al almacén de preformas	3,2		●					
Tomar las preformas del almacén	23,3	●						
Llevar preformas a reserva personal	3,7		●			3	Se conoce como reserva personal a un contenedor que el operario emplea para segregar las preformas por cantidad.	
Depositar las preformas en la reserva	10,2	●						
Tomar la preforma de la reserva	2,6	●						
Introducir preforma en el horno	3,8	●						
Esperar que la preforma se caliente	1320			●				
Sacar preforma del horno	5,2	●						
Inspeccionar la temperatura de la preforma	2			●				
Llevar preforma a la sopladora	2,7		●			1		
<b>Total</b>	<b>1864,3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	

**Anexo 15: Cursograma Analítico. Horneado.**

**Fuente: Elaboración Propia**

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA No. 3	RESUMEN							
PROCESO:	ACTIVIDAD						ACTUAL	
MOLDEO POR SOPLADO	OPERACIÓN	●						3
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE	➔						1
ELABORACION DEL BOTELLON	INSPECCION	■						1
METODO:	DEMORA	◐						1
ACTUAL	ALMACENAMIENTO	▼						0
DESCRIPCION	TIEMPO (SEGUNDOS)	SIMBOLOS					DISTANCIA (METROS)	
		●	➔	■	◐	▼		
Introducir la preforma en la sopladora	4,3	●						
Pulsar los botones de encendido en la máquina (cerrar molde)	2,15	●						
Esperar a que se forme el botellón	31,44				◐			
Sacar el botellón de la sopladora	3,9	●						
Inspeccionar el botellón	13			■				
Llevar el botellón a la mesa de empaque	6,4		➔				2,17	
<b>Total</b>	<b>61,19</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2,17</b>	

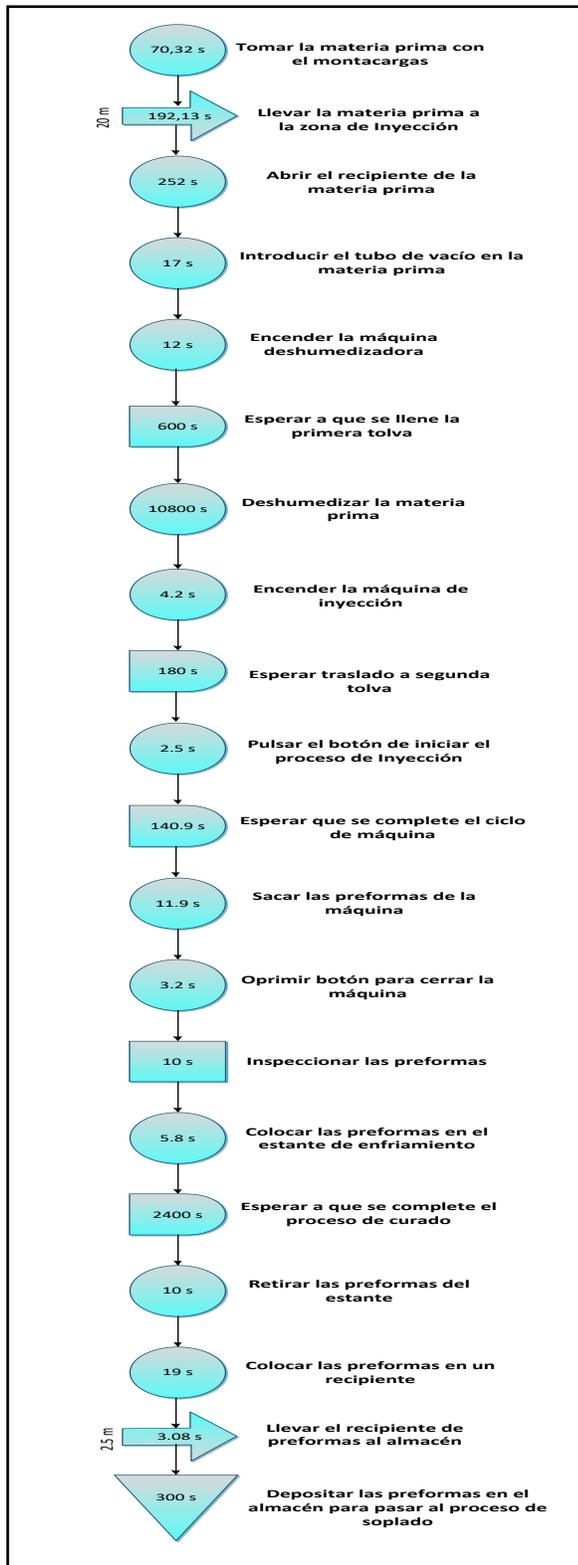
Anexo 16: Cursograma Analítico. Moldeo por Soplado.

Fuente: Elaboración Propia

CURSOGRAMA ANALITICO									
DIAGRAMA No. 4	RESUMEN								
PROCESO:	ACTIVIDAD	ACTUAL							
EMPAQUE	OPERACIÓN								6
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE								1
EMPAQUE DE LOS BOTELLONES EN FUNDAS DE 4 UNIDADES	INSPECCION								2
METODO:	DEMORA								0
ACTUAL	ALMACENAMIENTO								1
	OPERACION COMBINADA								1
DESCRIPCION	TIEMPO EN (SEGUNDOS)	SIMBOLOS						DISTANCIA (METROS)	OBSERVACIONES
									
Clasificar y ubicar los botellones	15,8								Los botellones de 1era clase (acceptables) se colocan encima de la mesa y los de 2da (defectuosos) debajo.
Tomar la funda	3,04	•							
Abrir la funda	3,5	•							
Introducir los botellones en la funda	10,22	•							Se repite hasta completar las 4 unidades por empaque
Doblar la funda en la parte de arriba	6,9	•							
Inspeccionar el doblado	3,2				•				
Tomar la cinta adhesiva	1,5	•							
Sellar la funda con cinta adhesiva	10	•							
Llevar la funda de botellones al área de almacén	10		•					4	
Almacenar los botellones	5					•			
<b>Total</b>	<b>69,16</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	

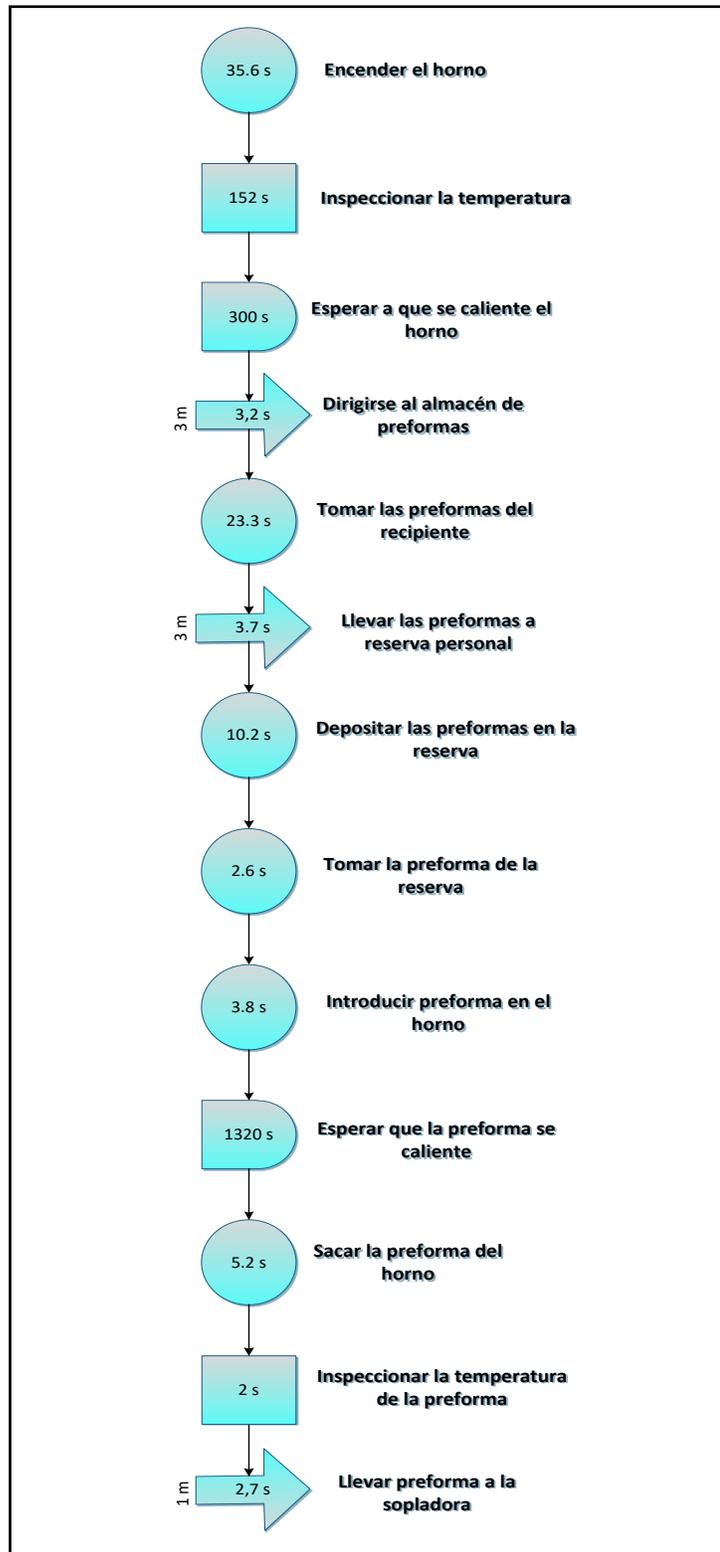
**Anexo 17: Cursograma Analítico. Empaque.**

**Fuente: Elaboración Propia**



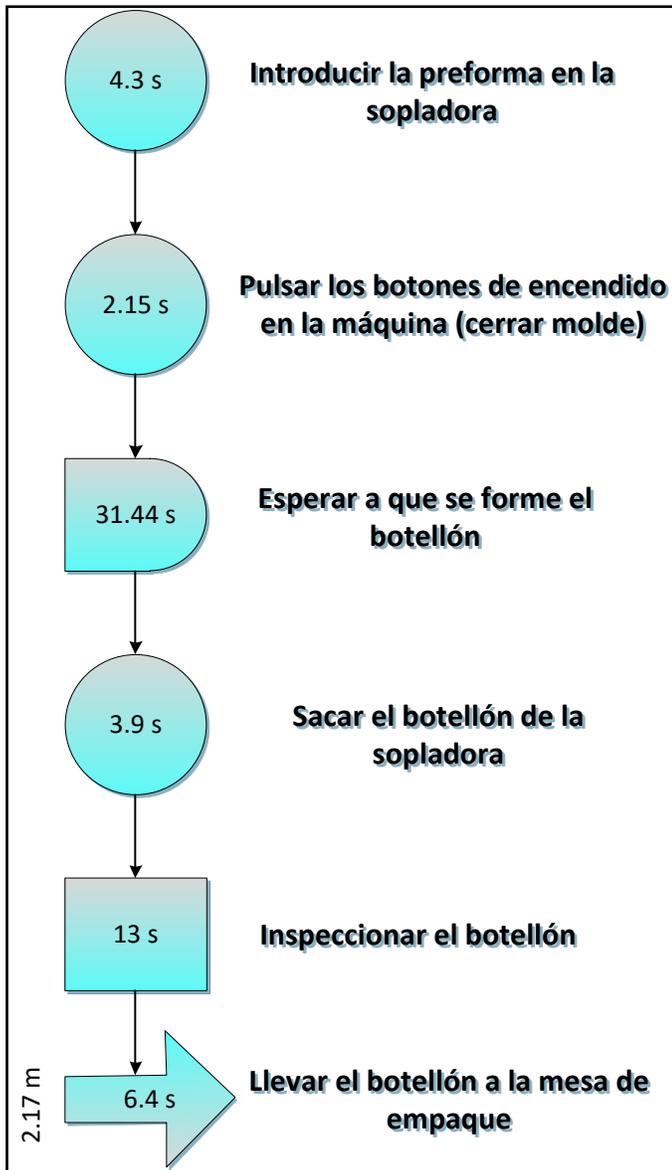
Anexo 18: Cursograma Sinóptico. Moldeo por Inyección.

Fuente: Elaboración Propia



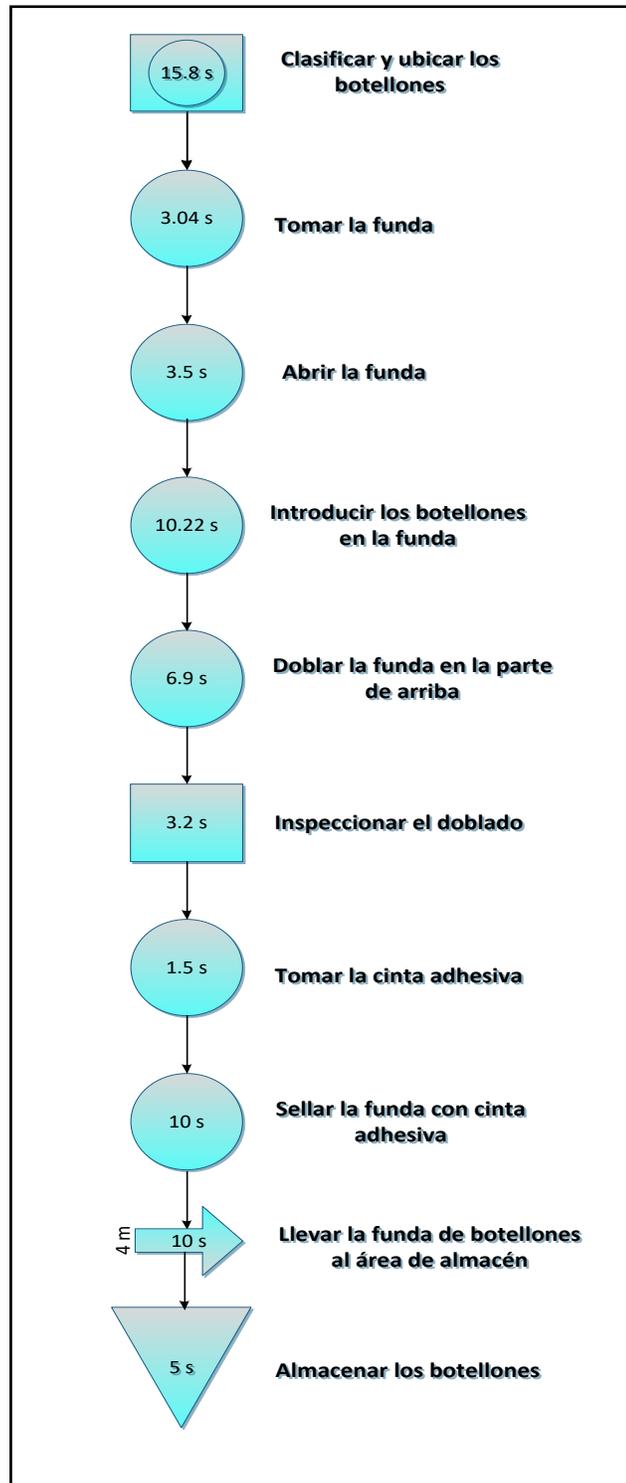
**Anexo 19: Cursograma Sinóptico. Horneado.**

**Fuente: Elaboración Propia**



Anexo 20: Cursograma Sinóptico. Soplado.

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 21: Cursograma Sinóptico. Empaque.

Fuente: Elaboración Propia



**Anexo 22: Sobreproducción de Preformas.**

**Fuente: Agroplast S.R.L.**



**Anexo 23: Empaque botellones conformes y no conformes**

**Fuente: Agroplast S.R.L.**



**Anexo 24: Empaque botellones conformes y no conformes, parte 2**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 25: Preformas con coloración incorrecta.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 26: Desorganización en las áreas de trabajo.**

**Fuente: Agroplast S.R.L.**

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA No. 1	RESUMEN							
PROCESO:	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA				
MOLDEO POR INYECCION	OPERACIÓN	12	12	0				
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE	2	2	0				
ELABORACION DE LAS PREFORMAS DE LOS BOTELLONES	INSPECCION	2	0	2				
METODO:	DEMORA	4	4	0				
PROPUESTO	ALMACENAMIENTO	1	1	0				
DESCRIPCION	TIEMPO EN	SIMBOLOS					DISTANCIA	OBSERVACIONES
	SEGUNDOS						EN METROS	
Tomar la materia prima con el montacargas	70,32	●					-	
Llevar la materia prima a la zona de Inyección	162,12	●	●				15	Se redujo la distancia desde el almacén de materia prima hasta la zona de inyección
Abrir el recipiente de la materia prima	252	●					-	
Introducir el tubo de vacío en la materia prima	17	●					-	
Encender la máquina deshumidizadora	12	●					-	
Esperar a que se llene la primera tolva (Máquina deshumidizadora)	600	●		●			-	
Deshumidizar la materia prima	10800	●					-	
Encender la máquina de inyección	4,2	●					-	
Esperar traslado a segunda tolva	180	●		●			-	
Pulsar el botón de iniciar el proceso de Inyección	10	●					-	
Esperar que se complete el ciclo de la máquina	140,9	●		●			-	Realizar la inspección de preformas que están en la etapa de curado.
Sacar las preformas de la máquina	11,9	●					-	
Oprimir botón para cerrar la máquina	3,2	●					-	
Colocar las preformas en el estante de enfriamiento	5,8	●					-	
Esperar a que se complete el proceso de curado	2400	●		●			-	
Retirar las preformas del estante	2,5	●					-	
Colocar las preformas en un recipiente	19	●					-	
Llevar el recipiente de preformas al almacén	3,08	●	●				2,5	
Almacenar las preformas	300	●					-	
<b>Total</b>	<b>14994,02</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>17,5</b>	

**Anexo 27: Cursograma Analítico Propuesto. Moldeo por Inyección.**

**Fuente: Elaboración Propia**

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA No. 2	RESUMEN							
PROCESO:	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA				
HORNEADO	OPERACIÓN	6	4	2				
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE	3	1	2				
CALENTAMIENTO DE LAS PREFORMAS	INSPECCION	2	2	0				
METODO:	DEMORA	2	2	0				
PROPUESTO	ALMACENAMIENTO	0	0	0				
DESCRIPCION	TIEMPO EN SEGUNDOS	SIMBOLOS					DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIONES
								
Encender el horno	35,6						-	
Inspeccionar la temperatura	152						-	
Esperar a que se caliente el horno	300						-	
Dirigirse al almacén de preformas	2,5						0,83	
Tomar las preformas del almacén	23,3							Se elimina la reserva personal, colocando el almacén de preformas cerca del horno
Regresar al horno	2,46							
Introducir preforma en el horno	3,8						-	
Esperar que la preforma se caliente	1320							
Sacar la preforma del horno	5,2						-	
Inspeccionar la temperatura de la preforma	2						-	Se utiliza un termómetro para medir la temperatura
Llevar preforma a la sopladora	2,7							
							1	
<b>Total</b>	<b>1849,56</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1,83</b>	

**Anexo 28: Cursograma Analítico Propuesto. Horneado.**

**Fuente: Elaboración Propia**

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA No. 3	RESUMEN							
PROCESO:	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA			
MOLDEO POR SOPALDO	OPERACIÓN		3	3	2			
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE		1	1	1			
ELABORACION DEL BOTELLON	INSPECCION		1	0	0			
METODO:	DEMORA		1	1	0			
PROPUESTO	ALMACENAMIENTO		0	0	0			
DESCRIPCION	TIEMPO EN SEGUNDOS	SIMBOLO					DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIONES
								
Introducir la preforma en la sopladora	4,3						-	
Pulsar los botones de encendido en la máquina (cerrar molde)	2,15						-	
Esperar a que se forme el botellón	31,44							
Sacar el botellón de la sopladora	3,9						-	La inspección se realiza en el empaque
Llevar el botellón a la mesa de empaque	6,4						2,17	
							-	
<b>Total</b>	<b>48,19</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2,17</b>	

**Anexo 29: Cursograma Analítico Propuesto. Soplado.**

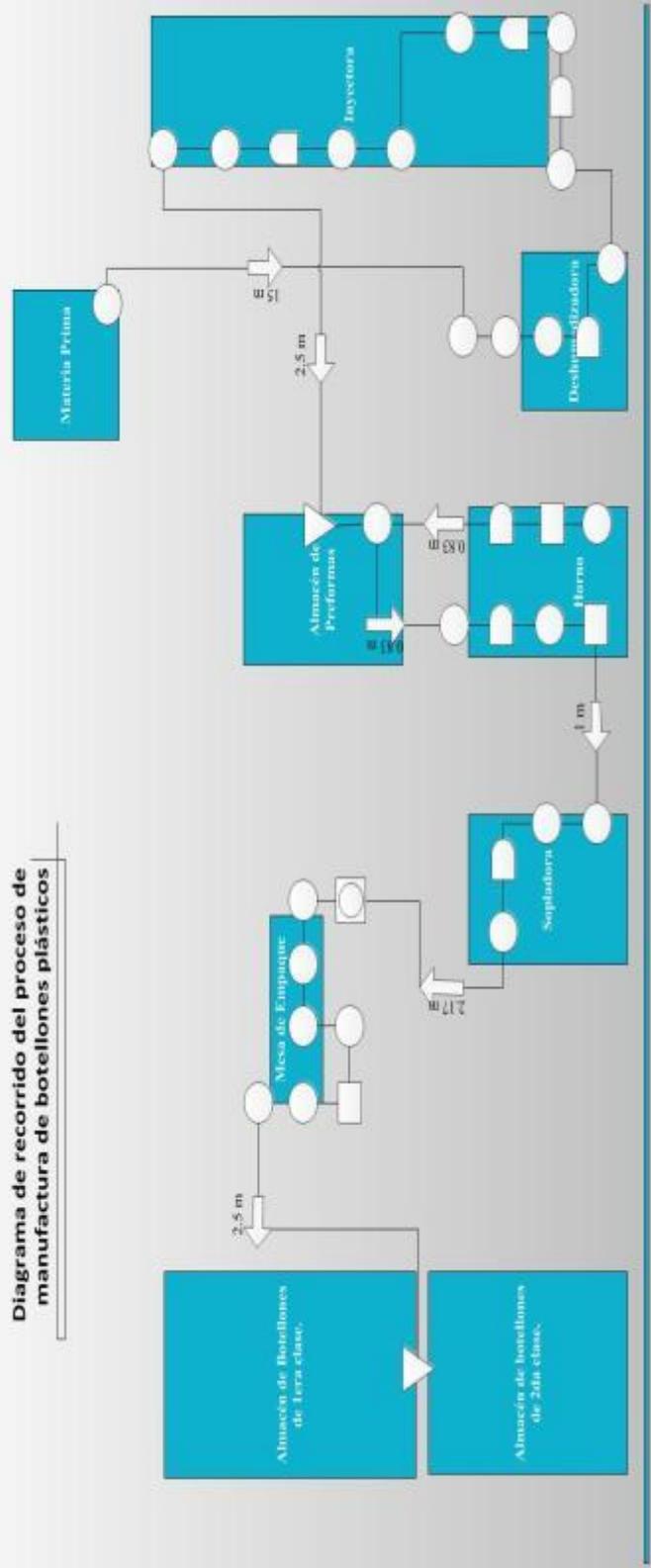
**Fuente: Elaboración Propia**

CURSOGRAMA ANALITICO								
DIAGRAMA No. 4	RESUMEN							
PROCESO:	ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA			
EMPAQUE	OPERACIÓN		6	6	0			
ACTIVIDAD:	TRANSPORTE		1	1	0			
EMPAQUE DE LOS BOTELLONES EN FUNDAS DE 4 UNIDADES	INSPECCION		2	2	0			
METODO:	DEMORA		0	0	0			
PROPUESTO	ALMACENAMIENTO		1	1	0			
	OPERACION COMBINADA		1	1	0			
DESCRIPCION	TIEMPO EN SEGUNDOS	SIMBOLOS					DISTANCIA EN METROS	OBSERVACIONES
								
Clasificar y ubicar los botellones	15,8							Los botellones de 1era clase se colocan encima de la mesa y los de 2da debajo.
Tomar la funda	3,04							
Abrir la funda	3,5							
Introducir los botellones en la funda	10,22							Se repite hasta completar las 4 unidades por empaque
Doblar la funda en la parte de arriba	6,9							
Inspeccionar el doblado	3,2							
Tomar la cinta adhesiva	1,5							
Sellar la funda con cinta adhesiva	10							
Llevar la funda de botellones al área de almacén	6,25						2,5	Se redujo la distancia al almacén
<b>Total</b>	<b>60,41</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2,5</b>	

**Anexo 30: Cursograma Analítico Propuesto. Empaque.**

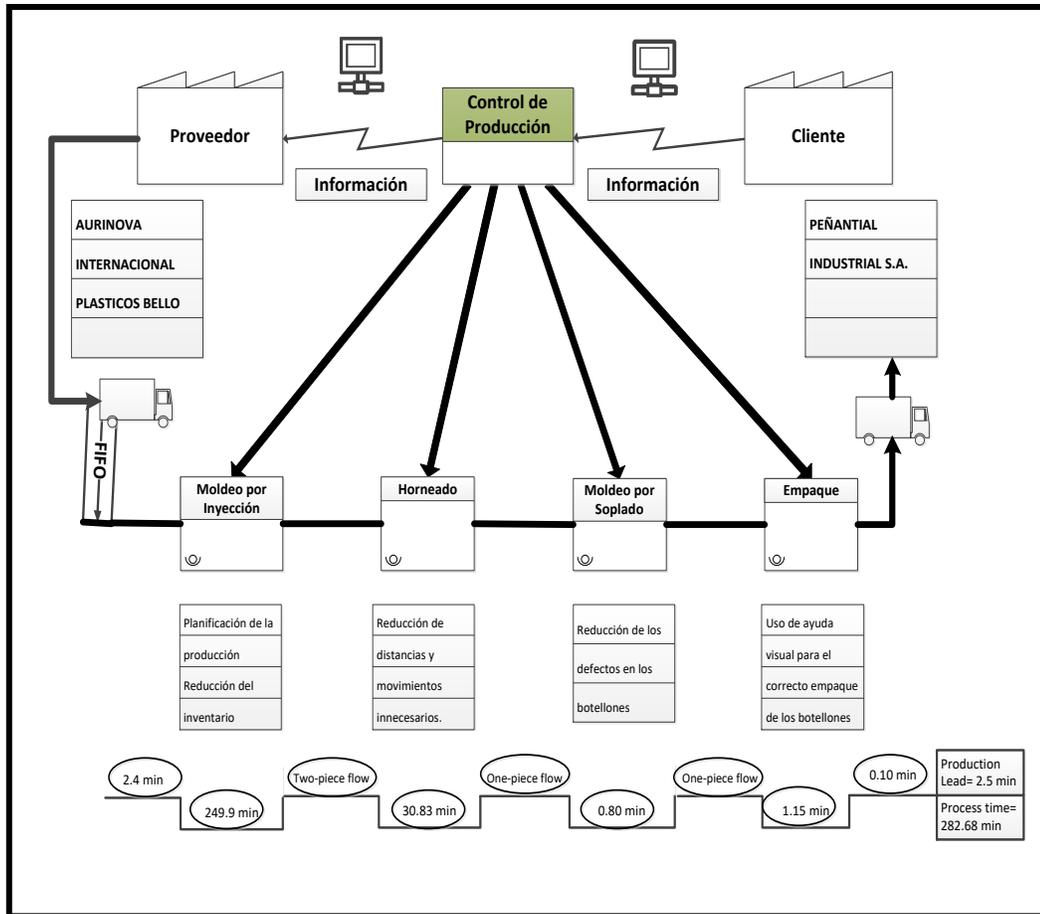
**Fuente: Elaboración Propia**

Diagrama de recorrido del proceso de manufactura de botellones plásticos



Anexo 31: Diagrama de Recorrido Propuesto.

Fuente: Elaboración Propia.



**Anexo 32: VSM del Estado Futuro.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

 <b>Agroplast S.R.L</b>							
Id. Equipo	Fecha de parada	Hora de inicio de parada	Fecha de entrega	Hora de entrega	Duración total de la parada	Descripción de la falla	Técnico

**Anexo 33: Plantilla de Informaciones de Fallas.**

**Elaboración: Elaboración Propia.**

Control de Fallas				

Anexo 34: Plantilla de Control de Fallas.

Fuente: Elaboración Propia.

Overall Equipment Effectiveness	
OEE	
<b>Datos</b>	Total
Uptime	
Planned Production time	
Ideal Cycle time	
Total pieces	
Good pieces	
Downtime	
Operating time	
Operating Time	
Planned Production time	
<b>Availability</b>	
Ideal Cycle time	
Operating time	
Total pieces	
<b>Performance</b>	
Total	
Good pieces	
Total Pieces	
<b>Quality</b>	
Total	
Availability	
Performance	
Quality	
<b>OEE</b>	

Anexo 35: Índice OEE.

Fuente: Elaboración Propia.



**Anexo 36: Botellones con defectos.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 37: Insumos y material en proceso.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 38: Productos terminados mal ubicados.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 39: Materia prima en el suelo.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 40: Sacos de materia prima en el suelo.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 41: Piso sin limpiar.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 42: Botellones no conformes debajo de la mesa de empaque.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**



**Anexo 43: Falta de Organización.**

**Fuente: Agroplast S.R.L**

**Anteproyecto.**

Universidad Acción Pro Educación y Cultura  
UNAPEC



Decanato de Ingeniería e Informática

**Escuela de Ingeniería**

Anteproyecto de Trabajo de Grado para Optar por el Título de:

**Ingeniería Industrial.**

Optimización del proceso de elaboración de botellones plásticos en la empresa Agroplast  
S.R.L.

**Sustentantes:**

Rosiris Solís Suárez	2010-1219
Milagros Caraballo Pérez	2010-2030
Melissa Valdez Báez	2009-1931

**Asesor:**

Ing. Alvin Rodríguez. P.H.D.

Distrito Nacional

República Dominicana  
Enero-2014

## *“Optimización del proceso de elaboración de botellones plásticos en la empresa*

*Agroplast S.R.L. ”.*

### *Introducción*

El optimizar un proceso industrial significa mejorarlo utilizando o designando todos los recursos que intervienen en el mismo, de la manera más eficiente posible.

Actualmente, la optimización en los procesos para la industria de manufactura ha evolucionado sustancialmente, debido a los múltiples beneficios que a causa de ésta se obtienen, por lo que, permite un mejor sistema productivo, reducción de operaciones, incremento de las utilidades y como consecuencia directa, una adecuada respuesta ante la demanda.

El objetivo principal de la optimización es el aumento de la productividad, realizando las actividades de la mejor forma posible, a fin de emplear toda la capacidad del sistema. A medida que aumenta la productividad, la industria experimenta cambios significativos que se reflejan en el aumento de la rentabilidad, la reducción de costos y el aumento de la calidad, permitiendo a la empresa, adquirir una ventaja competitiva.

Los procesos de manufactura con el paso de los años, experimentan ciertos cambios de acuerdo a la naturaleza de la empresa, que traen como consecuencia la utilización de mejores prácticas, estandarización, entre otros. Dichos cambios surgen a causa de satisfacer la voz del cliente y de ajustar los procesos acorde con los requerimientos. Desde el momento que se intenta mejorar estos procesos, se está implementando una Optimización.

Todas las empresas que emplean herramientas de mejora continua, coinciden con el objetivo específico de maximizar sus beneficios y disminuir sus costos, utilizando los mínimos recursos posibles y aprovechando toda su capacidad instalada para tener como resultado un excelente producto final que cumpla con todas las especificaciones y expectativas de los clientes.

El siguiente trabajo de investigación persigue dar respuesta a la problemática del proceso productivo de elaboración de botellones, de la empresa, Agroplast S.R.L., con la finalidad de optimizar sus procesos.

### ***Justificación***

Los procesos de manufactura transforman las “entradas” en “salidas” con el fin de satisfacer las necesidades del mercado. La demanda es satisfecha a medida de que el sistema de producción es capaz de cumplir de manera eficaz con las necesidades de las personas. Para poder lograrlo, es vital adaptar los procesos a los requerimientos del cliente, mejorando su desempeño general, para de esta forma alcanzar los objetivos planteados. En la medida en que se adaptan los procesos a los requerimientos, con el fin de mejorarlos, se está realizando una optimización.

La optimización de los procesos industriales es imprescindible para lograr la eficiencia del sistema productivo. Una industria manufacturera puede desarrollar sus operaciones de forma eficaz sin la necesidad de tener un sistema de mejora, sin embargo, esto no garantiza que obtenga los mayores beneficios.

Actualmente, las industrias están sumergidas en un ambiente competitivo, por lo que, se mantienen en la búsqueda constante de innovación, con el objetivo de lograr un mejor

alcance y aceptación en el mercado. No se puede hablar de innovación en donde los procesos y métodos existentes presentan fallas durante el desarrollo de la producción, tales como cuellos de botella, pérdidas, interrupciones, entre otros factores.

Tal es el caso de Agroplast S.R.L, en la cual la relación entre los componentes del sistema, no siempre se realizan de la manera más apropiada desde el punto de vista de la eficiencia y eficacia. Esto causa que el rendimiento de los procesos sea, en muchas ocasiones, inferior al que se puede conseguir, originando a su vez, un alto crecimiento en los costos operacionales; razones que le impiden mantener ventaja competitiva frente a otras empresas de la misma actividad.

Atendiendo a lo expuesto, esta investigación propone una metodología para optimizar el proceso de elaboración de botellones plásticos, con el objetivo de mejorar la calidad en el servicio y encontrar soluciones a los problemas que se presentan en el sistema productivo de la empresa Agroplast S.R.L.

### ***Planteamiento del Problema***

La Optimización de procesos persigue la constante mejora de todas las operaciones que conforman un proceso industrial. Tres factores críticos que deben "atacarse" al optimizar un proceso son: el retrabajo de las piezas que presenten alguna no conformidad; los desperdicios tanto de trabajo en proceso (WIP), como de materia prima, producto terminado etc.; y el tiempo de ocio de las maquinarias y el personal, originado por deficiencias en la planificación de los horarios.

En la empresa Agroplast S.R.L., la inexistencia de un plan de mejora continua, ha provocado que la manufactura de botellones plásticos esté afectada por diversos factores que dificultan el eficiente desarrollo de sus procesos. Entre éstos se encuentra el elevado tiempo de operación transcurrido en el ciclo de moldeo, preformas con coloración por debajo de lo requerido y el manejo incorrecto del desperdicio de resina y colorante, originado al setear la máquina.

La empresa cuenta con una sobreproducción de preformas como consecuencia de la aplicación incorrecta de la planificación de producción; y al no existir ningún tipo de inspección en busca de roturas en las preformas, se trabaja con materiales con disconformidad, los cuales ocasionan, pérdidas de tiempo, aumento de scrap, etc.

Una de las principales preocupaciones dentro de los procesos es la seguridad de los operadores, ya que al soplar las preformas elaboradas, si una de estas resulta deforme o con alguna rotura, la puerta de la máquina sopladora que da a la cavidad de moldeado, es disparada hacia afuera corriendo el riesgo de golpear a las personas que se encuentren al alcance.

En la manufactura también se observa problemas de Ergonomía, ya que los operadores que se encargan de empacar los botellones, utilizan para trabajar con mesas extremadamente bajas e incómodas para su altura. Además, se identificaron muchas demoras por transportes para buscar herramientas de trabajo, debido a que el espacio del que disponen en la estación es tan reducido, que el operador se ve imposibilitado de tener al alcance todas las herramientas que necesita para realizar su trabajo rápido y eficazmente.

En este sentido, se hace necesario realizar una optimización del proceso de manufactura de botellones plásticos, de manera que contribuya a garantizar el incremento de la productividad del sistema, así como el cumplimiento de los objetivos de la empresa. Es por esto, que mediante esta propuesta se pretenden desarrollar las pautas necesarias que permitan obtener un mejor rendimiento de los procesos de la empresa, al mismo tiempo que aumenta sus utilidades y ofrece un producto de mayor calidad a sus clientes.

### ***Delimitación del Problema***

La propuesta de optimización del proceso de manufactura de botellones plásticos se realizará en el marco de la Nave Industrial Agroplast S.R.L., localizada en la Calle Guarocuya, Esquina Calle I de la Zona Industrial de Herrera, Municipio Santo Domingo Oeste. Dicha propuesta abarcará desde el proceso de inyección de la materia prima hasta el empaque de los botellones plásticos.

## ***Objetivos:***

### **General**

Optimizar el proceso de elaboración de botellones plásticos en la empresa Agroplast S.R.L.

### **Específicos**

9. Analizar el proceso de elaboración de botellones plásticos.
10. Identificar las deficiencias existentes en el sistema productivo.
11. Establecer técnicas de mejora del proceso utilizando la herramienta DMAIC.
12. Implementar la técnica de mejora Value Stream Mapping (VSM), detallando el flujo de recursos en el proceso de elaboración.
13. Realizar una redistribución de planta (layout) para acortar las distancias entre las diferentes estaciones.
14. Emplear la metodología Six Sigma ( $6\sigma$ ) para incrementar el rendimiento del proceso productivo.
15. Diseñar un procedimiento para la aplicación de TPM en el proceso de manufactura de botellones plásticos.
16. Utilizar el sistema de mejora Kaizen para mantener los cambios y mejoras en el proceso de elaboración.

### ***Marco Teórico Referencial***

En estudios anteriores sobre la mejora del proceso de manufactura de plásticos, la Ing. Rommy Márquez, en su trabajo de grado con el tema “Mejoramiento de la producción en una planta productora de preformas y envases de PET”, concluyó que en el proceso de mejora continua es importante involucrar las áreas de ventas, producción y logística íntimamente, para que compartan información sobre las demandas, capacidades e inventarios, de manera que se pueda cumplir con los requerimientos de los clientes y los objetivos de la empresa.

La empresa debe considerar como pilar fundamental en el mejoramiento de las actividades, la capacitación constante del personal técnico que les permita especializarse en las labores que realizan, así como realizar inspecciones regulares de los equipos para evitar fallas futuras tanto en su desempeño como en la elaboración de los productos plásticos.

Además, expresó que el área de Moldeo por Inyección es la más importante en el proceso productivo, ya que su nivel de producción está por encima del 70% de toda la empresa. Luego de identificar los problemas de inyección se logra establecer que las condiciones de funcionamiento de los equipos inciden directamente sobre los niveles de producción y desperdicio del área.

La optimización de procesos busca, entre muchas cosas, reducir los costos y aumentar la productividad, en otras palabras mejorar los procesos.

Al buscar optimizar un proceso se debe tomar en consideración ciertos factores, tales como: la economía, ya que debe requerir menos esfuerzo que el beneficio que aporta; y lo

acumulativo, pues el optimizar un proceso permite abrir las posibilidades de sucesivas mejoras garantizando el aprovechamiento del nuevo nivel de desempeño alcanzado.

Según James Harrington, mejorar un proceso implica modificarlo para convertirlo en uno más eficiente, eficaz y adaptable. De la misma forma, Edward Deming, considera que administrar la calidad total conlleva un proceso constante, que será llamado mejora continua, donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca.

Gracias a la optimización de procesos se impacta las debilidades del sistema de producción disminuyéndolas, al mismo tiempo que se afianzan las fortalezas del mismo.

La reducción de productos defectuosos, que se refleja directamente en la reducción de costos, debido a una disminución en el uso de la materia prima y el trabajo en proceso, así como el incremento de la productividad del sistema productivo, son algunas de las ventajas que se consiguen al optimizar un proceso.

No obstante, el optimizar un proceso no es cosa de una vez. La búsqueda de la excelencia implica aceptar un nuevo reto cada día, de forma progresiva y continua.

Al optimizar un proceso se debe definir que procesos interesa mejorar, es de gran importancia que estos sean seleccionados atendiendo a problemas reales y/o potenciales, como por ejemplo:

- Problemas y/o quejas de clientes externos y/o internos.
- Procesos con elevados costos.
- Procesos con prolongado tiempo de ciclo.

- Existencia de una mejor forma conocida de realizar el proceso y que impacte positivamente indicadores financieros, de productividad etcétera.
- Incorporación de nuevas tecnologías.
- Pérdida de mercado.
- Incumplimiento con los parámetros establecidos.
- Identificación de mejoras al realizar la representación del proceso.

### ***Marco Teórico Conceptual***

- 1. Optimización:** consiste en mejorar un determinado proceso utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en él de la manera más excelente posible, teniendo como finalidad 2 metas fundamentales: maximizar ganancias y minimizar costos. *Moncayo, Ramón (2011).*
- 2. Proceso:** Conjunto de tareas lógicamente relacionadas que existen para conseguir un resultado bien definido dentro del negocio; por lo tanto, toman una entrada y le agregan valor para producir una salida. *Olivares, Francisco (2011).*
- 3. Productividad:** Es la relación que existe entre lo que produce una organización y los recursos requeridos para tal producción. *Belcher, Jhon G.*
- 4. PET:** Es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables. *Alesmar, Luis (2008).*
- 5. Preforma:** Tubo de plástico utilizado para hacer botellas utilizando el proceso de inyección de sople-moldura. *García, Arnulfo.*

**6. Mejora Continua:** Es un proceso de toda la organización que se enfoca en un continuo e incremental esfuerzo de innovación. Es un proceso planeado, sistemático y organizado de toda la organización que busca un cambio incremental de las prácticas existentes que redunde en el rendimiento de la compañía. *Bessant y Caffyn (2007)*.

**7. Control Total de Calidad:** Es un sistema eficaz para integrar los esfuerzos en materia de desarrollo, mantenimiento y mejoramiento de la calidad realizados por los diversos grupos en una organización, de modo que sea posible producir bienes y servicios a los niveles más económicos y que sean compatibles con la plena satisfacción del cliente. *Dr. Feigenbaum*.

### ***Diseño Metodológico***

La investigación presente será de tipo:

- ***Descriptiva***, con el propósito de explicar las características y circunstancias en que se realiza el proceso de manufactura de botellones plásticos en la empresa Agroplast S.R.L.
- ***De Campo***, para así identificar la forma actual en que está estructurado el proceso de elaboración de botellones en la empresa Agroplast S.R.L.

El método a emplear será:

- ***Deductivo***, buscando identificar las posibles ventajas del proceso de manufactura de botellones plásticos que se propone en la investigación, frente al proceso actual.

Las técnicas usadas para la recopilación de datos serán:

- Tanto la observación como la entrevista, apoyadas en grabaciones audiovisuales para su posterior análisis.

## *Esquema preliminar de Contenido del Trabajo de Grado*

### Capítulo I:

- I.I Introducción.
- I.II Justificación.
- I.III Objetivo General.
- I.IV Objetivos Específicos.

### Capítulo II: Optimización de Procesos.

- II.I Antecedentes.
- II.II Herramientas de Mejora de Procesos.
  - II.II.I DMAIC - Define, Measure, Analyze, Improve, Control -.
  - II.II.II VSM - Value Stream Mapping -.
  - II.II.III Layout - Distribución de Planta -.
  - II.II.IV Six Sigma -  $6\sigma$  -.
  - II.II.V TPM - Total Productive Maintenance -.
  - II.II.VI Kaizen.

### Capítulo III: Caso de Estudio.

- III.I Estructura de la Empresa.
- III.II Planteamiento de Caso.
- III.III Análisis de la Situación.
- III.IV Identificación de Deficiencias del Sistema.

## Capítulo IV: Propuesta.

- IV.I Presentación de Propuesta.
- IV.II Plan de Acción.
- IV.III Plan de Ejecución.
- IV.IV Plan de Control y Monitoreo.