



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS
SIX-SIGMA Y LEAN MANUFACTURING EN LA
LÍNEA DE MEZCLADO DE VAINILLA
ARTIFICIAL “BETHEL”**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

LUIS MANUEL LOYOLA MACÍAS

DIRECTOR: ING. NOE ÁVILA ESQUIVEL



Nezahualcóyotl, Estado de México

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS



A la UNAM: Por haber sido mi casa durante tantos años y bríndame la oportunidad de ser mejor ser humano así como capacitarme para ser un gran profesional.

A mi padre: El ejemplo más claro de rectitud y carácter, el mejor hombre que eh conocido, por su esfuerzo, dedicación, comprensión y apoyo, por darme las herramientas para poder ser mejor persona cada día y ser mi mejor amigo... Gracias papá.

A mi madre: Por todos esos sacrificios y desveladas, porque me ha dado todo el amor y confianza que se puede esperar de la mejor amiga, por su impulso en momentos buenos y malos... Gracias mamá.

A mis profesores: Por haber compartido parte de su conocimiento y tiempo, por haberme formado como una persona útil y competitiva, gracias a cada uno de ustedes por ser parte de mi crecimiento personal y profesional.



A mis hermanos: Por creer en mí, por compartir parte de su vida conmigo y por hacerme crecer cada día más con ustedes.

A mi familia: Por su apoyo y cada uno de sus consejos, por hacerme mejor ser humano e impulsarme a alcanzar mis metas.

A mis amigos: Por compartir tantas cosas, por estar en momentos buenos y malos, permitiendo tener mil experiencias que llevaré siempre conmigo, por ser las mejores personas que pude haber encontrado en el camino... gracias y suerte a cada uno.

A un angelito: Por enseñarme a siempre sonreír, superar la adversidad, por creer en todas esas cosas importantes que te hacen crecer y nunca dejarme caer, pero sobre todo gracias Sofí por cuidarme desde allá arriba.



ÍNDICE



INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I FUNDAMENTO METODOLÓGICO.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivo general.....	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO.....	6
2.1 Metodologías de mejora continua.....	7
2.1.1 Metodología six-sigma.....	7
2.1.1.1 Antecedentes.....	7
2.1.1.2 Contextos de six-sigma.....	9
2.1.1.3 Orígenes.....	12
2.1.1.4 Las seis génesis.....	24
2.1.1.5 Objetivos generales de six-sigma.....	25
2.1.1.6 Beneficios de la metodología.....	25
2.1.1.7 Principales actores.....	26
2.1.1.8 Descripción del ciclo DMAMC.....	29
2.1.1.8.1 Definir.....	30
2.1.1.8.2 Medir.....	32
2.1.1.8.3 Analizar.....	34
2.1.1.8.4 Mejorar.....	36
2.1.1.8.5 Controlar.....	38
2.1.2 Metodología Lean manufacturing.....	39
2.1.2.1 Antecedentes.....	39
2.1.2.2 Finalidad de Lean Manufacturing.....	40
2.1.2.3 Principios fundamentales de Lean.....	41
2.1.2.4 Los 10 desperdicios.....	42
2.1.2.5 Beneficios de lean manufacturing.....	44
2.1.2.6 Herramientas de Lean Manufacturing.....	45
2.1.3 Control total de la calidad QTC.....	48
2.1.3.1 Antecedentes.....	48
2.1.3.2 Características de QTC.....	49
2.1.3.3 Equipo, no individuos.....	50
2.1.3.4 Costos por pobre calidad.....	51
2.1.3.5 Cambio de ideología.....	53



CAPÍTULO III	MARCO DE REFERENCIA.....	54
3.1	Introducción.....	55
3.1.1	Antecedentes de la empresa.....	55
3.1.1.1	Datos generales de la empresa.....	57
3.1.1.1.1	Ubicación.....	57
3.1.1.1.2	Visión.....	58
3.1.1.1.3	Misión.....	58
3.1.1.1.4	Objetivos.....	58
3.1.1.1.5	Valores.....	69
3.1.1.2	Situación actual de la empresa.....	60
CAPÍTULO IV	PROCESO ACTUAL EN LA FABRICACIÓN DE ESENCIA DE VAINILLA ARTIFICIAL.....	62
4.1	Proceso actual de la planta.....	63
4.2	Estudio técnico del proceso.....	68
4.2.1	Inyectora de preformas A-368 PET.....	68
4.2.2	Sopladora AL-1000.....	69
4.2.3	Mescladoras RS-2200 SV.....	70
4.2.4	Envasadora DN-R.....	71
4.2.5	Tapadora serie ERR.....	71
4.2.6	Etiquetadora serie ES-2.....	72
4.2.7	Mesa de acumulación serie MA-S.....	73
4.3	Estudio de la operación de mesclado.....	74
4.3.1	Ingredientes ocupados por carga.....	75
4.3.2	Secuencia del proceso de mesclado (por número).....	75
CAPITULO V	IDENTIFICACIÓN DE VARIACIONES.....	76
5.1	Introducción.....	77
5.2	Fase Definir.....	78
5.2.1	SIPOC (Diagrama de alto nivel).....	78
5.2.1	Diagrama de espina de pescado.....	79
5.2.1	Resultados de la encuesta aplicada en el área de producción.....	80
5.3	Fase Medir.....	81
5.3.1	Muestras de tiempo e idas para el transporte de materia prima.....	82
5.3.2	Medición del vaciado promedio de ingredientes a las tolvas.....	83
5.3.3	Estudio de tiempos promedio en la secuencia de mesclado.....	85
5.3.4	Conclusiones del estudio de campo.....	86
5.4	Fase Analizar.....	87
5.4.1	Análisis de la muestra: tiempo de transporte (tabla 8).....	87
5.3.2	Análisis del vaciado por medio de medias.....	88
5.4.2.1	Relación de medias.....	88



CAPÍTULO VI. PROPUESTA DE MEJORA	90
6.1 Propuesta dentro de la fase mejorar.....	91
6.1.1 Empaquetamiento de ingredientes en caja por carga.....	91
6.1.2 Propuesta de mejora para la operación de mesclado.....	92
6.1.3 Aplicación de las 5 s´.....	95
6.1.3.1 Seiri (Clasificar).....	95
6.1.3.2 Seiton (Ordenar).....	95
6.1.3.3 Seiso (Limpieza).....	96
6.1.3.4 Seiketsu (Estandarización).....	96
6.1.3.5 Shitsuke (Disciplina).....	97
6.1.3.6 Normas de mantenimiento.....	98
6.1.4 Control total de calidad.....	98
6.1.4.1 Los programas y planes de calidad.....	99
6.1.4.1.1 Puesta en marcha.....	99
6.1.4.1.2 Supervisión.....	99
6.1.4.1.3 Evaluación.....	101
CAPÍTULO VII. IMPLANTACIÓN Y CONTROL DE LA MEJORA.....	102
7.1 Tiempo aproximado de implantación.....	103
7.2 Desarrollo de la mejora.....	103
7.2.1 Fase controlar.....	105
7.2.1.1 Control de tiempo de elaboración.....	105
7.2.1.2 Control comparativo poblacional: vaciado de ingredientes.....	106
7.2.1.3 Prueba de curtosis comparativa del proceso.....	107
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES.....	109
8.1 Conclusiones generales.....	110
8.2 Conclusiones particulares.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXO.....	118
GLOSARIO.....	127



RELACIÓN DE FIGURAS, TABLAS Y ESQUEMAS

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1	Costos de no calidad.....	52
Figura 2	Ubicación de la planta Toluca.....	57
Figura 3	Almacén de materia prima.....	60
Figura 4	Entrada a la empresa.....	60
Figura 5	Zona de almacenamiento de agua.....	61
Figura 6	Zona de descarga de materia prima.....	61
Figura 7	Flujo de materiales dentro de la fábrica.....	65
Figura 8	Distribución de la planta (layout).....	67
Figura 9	Parámetros técnicos de la etiquetadora.....	72
Figura 10	Tiempos de transporte por día.....	87
Figura 11	Relación de medias.....	89
Figura 12	Elaboración de cajas desde la descarga.....	92
Figura 13	Seiton (ordenar)	95
Figura 14	Flujo de las 5'S.....	97
Figura 15	Banda de rodillos y cajas con etiquetas de orden.....	104
Figura 16	Racks de espera.....	104
Figura 17	Grafica X-R para B total.....	105
Figura 18	Grafico de control de vaciado de ingredientes.....	106
Figura 19	Objetivo de la Curva Normal por caso.....	107
Figura 20	Curva Normal Comparativa de los procesos.....	108



RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1	Formulas de la desviación estándar.....	9
Tabla 2	Niveles de Desempeño por Sigmas.....	11
Tabla 3	Personas que aportaron a Six-Sigma.....	12
Tabla 4	Principales actores de Six-Sigma.....	26
Tabla 5	Asignación de Códigos por Operación.....	66
Tabla 6	Especificaciones técnicas de la inyectora de preformas.....	68
Tabla 7	Especificaciones técnicas de la sopladora AL-1750.....	70
Tabla 8	Componentes por carga.....	75
Tabla 9	Secuencia de llenado en las tolvas mezcladoras.....	75
Tabla 10	Diagrama SIPOC del mezclado.....	78
Tabla 11	Diagrama de Gantt para fase medir.....	81
Tabla 12	Tiempos de transporte por día.....	82
Tabla 13	Tiempos de vaciado de ingredientes T1.....	83
Tabla 14	Tiempos de vaciado de ingredientes T2.....	83
Tabla 15	Tiempos de vaciado de ingredientes T3.....	84
Tabla 16	Tiempos de vaciado de ingredientes T4.....	84
Tabla 17	Estimación de tiempo promedio en el mezclado.....	85
Tabla 18	Tiempo total promedio de mezclado.....	93
Tabla 19	Propuesta: Análisis de Tiempos para el Mezclado.....	94
Tabla 20	Tiempo de aplicación por zona.....	103

RELACIÓN DE ESQUEMAS

Esquema 1	Flujo del proceso de elaboración del producto.....	64
Esquema 2	Mapa de sucesión de operaciones.....	66
Esquema 3	Diagrama del proceso de mezclado.....	74
Esquema 4	Diagrama de espina de pescado.....	79
Esquema 5	Secuencia del proceso de mezclado promedio.....	64



INTRODUCCIÓN



Desde tiempos antiguos la figura de la empresa no solo representa la satisfacción de las necesidades humanas; representa la generación de capital, empleos, flujo económico etc. Las empresas en conjunto constituyen la sinergia económica de naciones enteras y de quien internacionalmente mantiene relaciones comerciales con otras.

Las compañías compiten diariamente para poder subsistir, una por encima de la otra, las herramientas con las que lo hacen generalmente son de innovación tecnológica y metódica; la base de las empresas del siglo XX para mejorar y sobresalir de las demás es la calidad total del producto o servicio por medio de el estudio estadístico de los procesos, así, como de nuevas herramientas tecnológicas y métodos nuevos e innovadores.

Las grandes compañías que cuentan con grandes presupuestos e inversiones destinadas a calidad, tienen una mayor ventaja competitiva ante las demás. Las pequeñas y medianas empresas no tienen la misma suerte, este tipo de empresas solo cuentan con la idea de mejorar cada día sin saber cómo hacerlo, lo cual las hace propensas a ser devaluadas, propensas a la quiebra o ser absorbidas por macro empresas en pequeños lapsos de tiempo.

La competitividad de una empresa, cualquiera que esta sea y la satisfacción del cliente radican en la calidad del producto o servicio. Se puede ser más competitivo si se puede ofrecer mayor calidad, a bajo precio y menor tiempo.



El presente trabajo es diseñado para la planta de producción de **“Saborizantes artificiales Bethel S.A de C.V”**, ubicada en Paseo Tollocan 129-a, Toluca, Estado de México, Cp. 52120. La cual se dedica a la producción masiva de esencia artificial de vainilla para la posterior exportación y distribución a nivel nacional e internacional.

“Bethel” es una empresa comprometida con la calidad en sus productos, dicha empresa considera que el punto clave de la satisfacción del cliente está en gran medida en función de los esfuerzos corporativos y mejora de las técnicas de calidad internas. La empresa no tiene un nivel de producción diaria constante y su objetivo productivo es llegar a los 16,500 litros diarios. Para poder cubrir la demanda, pero sin dejar de lado la calidad del producto.

Los directivos de la empresa observan la necesidad de mejorar sus procesos de producción, pues piensan que pueden mejorar en una manera exponencial si tuvieran las herramientas correctas.

Es necesario mantener constante el enfoque de mejora continua y calidad que debe existir dentro y fuera de la planta; así como de evitar a toda costa los picos de baja en la producción, inestabilidad productiva, filosofías tradicionales equivocadas y malos procedimientos productivos.

En los próximos capítulos se contextualizará y propondrá la aplicación de algunas de las diferentes metodologías de mejora continua que existen como lo es Six-Sigma y Lean Manufacturing



para aumentar la productividad y eficiencia en el proceso productivo de una empresa.

El fundamento metodológico dado en el capítulo 1, trata de enfocar la investigación hacia los objetivos reales de mejora, así como una breve descripción del problema de producción a atacar.

Todo el fundamento teórico sobre las metodologías aplicadas, conceptos generales y particulares asimismo una breve descripción trascendente de los beneficios características y eventos que marcaron el paso de conformación de las metodologías Six-Sigma y Lean Manufacturing se expone en el capítulo 2.

En el capítulo 3 se trata de dar un contexto general de la empresa para poder conocer mejor a la organización, se expone brevemente un poco de su historia, área de la planta, comportamiento, Misión, Visión, Objetivos, Valores y Metas, también una descripción gráfica del estado actual de la empresa.

Las principales características de los procesos a los que se dan lugar en la fábrica, distribución de áreas, flujo secuencial del proceso, ingredientes utilizados en la preparación de la esencia, capacidades y estudio técnico sobre cada máquina involucrada en el proceso, como una manera de conocer si las variaciones solo se encuentran en el área de mezclado o son constantes a lo largo de todo el proceso productivo, con la finalidad de determinar si son impedimento en el alcance de las metas y objetivos, se expondrán en el capítulo 4.



En el capítulo 5 se exponen diferentes causas de problemas que se encuentran dentro del proceso, se delimitan y definen con ayuda de la experiencia del personal en donde se encuentran las fuentes de variación por medio de la fase definir. En este apartado se describe el estudio de campo de la fase Medir (muestras promedio de los días de práctica), así como los puntos relevantes de la estadía.

La propuesta general de mejora para el área productiva y punto de convergencia de los proyectos y objetivos se encuentran en el Capítulo 6, tratando de limitar las soluciones a problemas concretos de producción para generar soluciones solidas y plausibles.

La implantación y control mediante herramientas estadísticas, así como elementos visuales de la mejora completa se encuentran en el capítulo 7.

Para cerrar la investigación, en el capítulo 8 se toman las conclusiones tanto generales como particulares, puntos de vista de la empresa y personal, dando un marco general de lo implantado.

El presente estudio se ha elaborado con el fin de ayudar a la empresa a mejorar en sus procesos, evitar todas las fuentes que generan problemas y poner en perspectiva algunas de las opciones que ofrece la ingeniería industrial en la resolución de problemas reales.



CAPÍTULO I

FUNDAMENTO METODOLÓGICO



1.1 Planteamiento del problema

Saborizantes artificiales “Bethel” es una empresa con un mercado amplio en cuanto a saborizantes artificiales se refiere, con más de 34 años de experiencia se ha convertido en una de las más importantes empresas productoras en su ramo.

La organización enfrenta numerosos problemas en cubrir la demanda mensual de esencia artificial de vainilla (su principal producto), con solamente una línea de producción que difícilmente puede llegar a la meta de 495,000 litros mensuales (16,500 lt/día), su productividad es baja, cerca del 68% de la producción ideal diaria (11,220 Lt/día). La maquinaria difícilmente alcanza un 80% de su capacidad máxima en su llenado (mezcladoras de 1,500 lt). La falta de control sobre los tiempos de llenado suele traer graves retrasos en la puesta en marcha de las mezcladoras por lo que se generan demasiados desperdicios por la forma de operar, así como tiempos de transporte extensos, problemas en la transferencia de materia prima desde el almacén hasta la zona de mezclado etc. Todo esto acarrea problemas con los trabajadores y en alta dirección pues la ineficiencia y los errores suelen ser constantes, atenuando más la situación. La planta productiva es pequeña y no cuenta con muchos recursos debido a que se encuentra en fase de crecimiento paradójicamente no se aprovechan bien las instalaciones.

Todo lo anterior hace que la organización, tenga que realizar gastos extras de mano de obra, reprocesamiento y gastos de energía, que en consecuencia provoca el aumento del costo unitario, haciendo al producto menos competitivo en el mercado.



1.2 Justificación

La presente investigación servirá para determinar las causas de variación en la operación de mezclado que como consecuencia está generando problemas en la línea de producción de la esencia artificial de vainilla, así mismo, servirá para determinar las mejoras en cuanto a eficiencia del tiempo total destinado al proceso, reubicación de materiales para mejorar el flujo del producto en proceso y lo más importante: la estandarización del método productivo, para alcanzar la meta de 16,500 lt/día.

Las conclusiones beneficiaran a saborizantes Bethel, cuya finalidad es tener un gran impacto en la productividad al reducir los problemas en el mezclado que afectan la calidad del producto y por consecuencia tomar las decisiones adecuadas para ser más competitivo en el mercado. Así como llevar a la empresa a un enfoque de calidad total como comunidad, donde todos hacen un esfuerzo para poder ser mejor día a día.

Las metodologías presentadas en este trabajo están expresadas a nivel básico, pues será conveniente introducir las bases de las metodologías bien estructuradas, la planta no está preparada para un impacto metodológico de la naturaleza combinada a gran escala, pero paulatinamente con la observación periódica sobre la aplicación podría abrirse paso a una incursión mayor.



1.3 **Objetivo general**

El objetivo general de esta investigación es corregir y regular los principales problemas de producción del proceso de mezclado mediante ciertas herramientas de las metodologías Lean Manufacturing y Six-Sigma, para reducir los problemas de producción, así como para mejorar y controlar de manera significativa el proceso con un enfoque de mejora continua, cuya finalidad sea la de satisfacer las expectativas del cliente para volver más competitivo el producto de la esencia artificial de vainilla.

1.4 **Objetivos específicos**

- Localizar las fuentes de variación en el proceso de mezclado de la esencia artificial de vainilla.
- Lograr mejoras que como mínimo superen el 20% más sobre la base en productividad mensual.
- Mejorar la calidad del producto.
- Reducir el nivel de desperdicio en el proceso de mezclado.
- Eliminar altos índices de accidentes por mala distribución en el área de trabajo.
- Crear conciencia en el trabajador de mejora continua en su trabajo.
- Eliminar los picos de producción bajos para estandarizar el proceso de producción de la esencia de vainilla.



1.5 Hipótesis

Con la aplicación integral y convergente de las metodologías Six-Sigma y Lean Manufacturing, se podrán corregir y regular los principales problemas en la línea de mezclado para alcanzar la meta de producción mensual, ayudando a la empresa “saborizantes artificiales Bethel S.A de C.V” a aumentar sus ganancias, cubriendo la demanda, bajando los costos de producción, y haciendo competitivo su producto.



CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO



2.1 Metodologías de mejora continúa

2.1.1 Metodología Six-sigma

2.1.1.1 Antecedentes

El control de la calidad es una materia en evolución constante. Las empresas buscan continuamente la satisfacción de sus clientes, la reducción del tiempo ciclo y la eliminación de defectos en los productos. Pero todo esto no puede llevarse a cabo sin el establecimiento de un orden que las regule.

En este sentido, la metodología Six-Sigma constituye una sistematización de las actividades en las organizaciones cuya finalidad sea la implantación de un sistema de calidad adecuado. No obstante, no es un programa de calidad, sino una iniciativa que ayuda a todas las áreas de una organización a satisfacer las necesidades de sus clientes optimizando la rentabilidad.¹

Si algo ha caracterizado a la gestión de la calidad es que siempre se esfuerza en la mejorar continuamente, es decir, avanzando poco a poco para llegar a las metas u objetivos deseados por las compañías en la búsqueda de mejorar sus productos y/o servicios tratando de tener a sus clientes satisfechos. Para fortalecer su ventaja competitiva las empresas han adoptado metodologías probadas con anterioridad por sus semejantes con éxito.

¹ Maria Perez Marques, Metodología seis sigma a través de excel, edit. Alfaomega, México, 2011, pág.7-9



La metodología Six-Sigma ayuda a visualizar de una manera clara y analítica los procesos, de tal manera que puede facilitar la mejora de los mismos, reduciendo el nivel de desperdicios. Los resultados se verán reflejados en los costos por pobre calidad, no solo eliminando los que sean innecesarios, también asegurando que el precio de los productos y/o servicios sean competitivos ante otras marcas.

En palabras simples podemos decir que Six-Sigma es una herramienta cualitativa y cuantitativa, una filosofía de trabajo y una estrategia de negocio, que actúa siempre pensando en la satisfacción del cliente; es una metodología enfocada en la esquematización de un proceso y en la potencial mejora del mismo, eliminando toda fuente de variación con el objetivo de llegar a la meta de alcanzar un nivel menor o igual a 3.4 errores por millón de oportunidades o cualitativamente acertar en las causas de un problema.

La metodología no solo es aplicable a procesos industriales de manufactura, también es ampliamente aplicable a todo proceso por ejemplo: servicios financieros, logísticos, mercantiles, compras etc. solo por nombrar algunos. Su aplicación necesita el uso de diversas herramientas en gran medida de tipo estadístico para reconocer partes del proceso con mayor inestabilidad o variación de datos, logrando analizar, evaluar y elegir entre diferentes posibilidades la solución ideal del problema aumentando su eficiencia, eliminando desperdicios y trayendo la máxima satisfacción al cliente.²

² Gutiérrez Garza Gustavo, Aterrizando seis sigma, Regiomontanas, 2ª edición, México, pág.11-13.



2.1.1.2 Contextos de Six-Sigma

Six-sigma por definición tiene dos contextos:

Sigma como una medida de variación: Sigma (σ) es el nombre de la décimo octava letra del alfabeto griego generalmente utilizado para representar la desviación estándar. Es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su propio valor promedio. Sigma cuantifica la dispersión de estos valores respecto al valor medio (media o base line) y por tanto, fijados los límites de especificación por el cliente (superior e inferior) respecto al valor central objetivo, cuanto mayor sea el valor de sigmas, menor será el número de valores fuera de especificación.³

Tiene diferentes fórmulas para ser expresada a conveniencia para diversos casos o circunstancias, puede ser utilizada para poblaciones o para muestras con las sig. Formulas:

Tabla 1 Formulas de desviación estándar

Muestra	Población
$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

³ William J. Stevenson, Estadística para administración y economía, edit. Harla, México, 1978, pág. 34-36.



$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i^2 - n\bar{x})^2}{n-1}}$	$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i^2 - n\bar{x})^2}{n-1}}$
$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{n-1} - (\bar{x})^2}$	$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{n-1} - (\bar{x})^2}$

Fuente: William J. Stevenson, "estadística para administración y economía", edit. Harla, México, 1978, Pag. 35.

Sigma como metodología: Una estrategia de negocios y de mejora continua que busca encontrar y eliminar causas de errores, defectos y reducir el costo, mejorando los procesos enfocándose en variables de importancia crítica, para exceder la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes⁴.

Six-sigma es una metodología que ayuda a identificar y reducir la variabilidad de los procesos mediante la detección de variables independientes (x`s), que afectan a una o varias variables dependientes (Y`s), cuyo objetivo es alcanzar no más de 3.4 defectos o errores en cada millón de oportunidades o reducir el número de errores al máximo con la intención de tener un producto o servicio más confiable y predecible.

⁴ Anthony J., Design for six sigma: A break though business improvement strategy for achieving competitive advantage, work study, 2006, vol.51, pág.6



Los errores productivos causantes de variabilidad se detectan principalmente por la inspección de características fundamentales requeridas por el cliente, tal es el caso de una unidad cuyos parámetros se encuentren localizados fuera de especificación y cuyo porcentaje de error refleje lo competitivo que es el producto.

Tabla 2. Nivel de desempeño por sigmas.

Nivel de Sigma	Defectos por millón de oportunidades	Nivel de calidad	Costo sobre ventas de calidad promedio	Competitividad de tipo
6	3.40	99.999998%	Menos del 1%	Internacional
5	320.0	99.98 %	Del 5 – 15 %	Industria promedio
4	6,210.0	99.40 %	Del 15 – 25%	Baja competitividad
3	66,800.0	93.33 %	Del 25 al 40%	No competitivo
2	308,000.0	69.20 %	-----	No competitivo
1	690,000.0	30.90 %	-----	No competitivo

Fuente: Humberto Gutierrez Pulido, "Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma", Mc Graw Hill, México, 2009, Pág. 426.



2.1.1.3 Orígenes de la metodología Six-Sigma.

El termino Six-Sigma fue introducido por Motorola en el año de 1982 por el ingeniero Bill Smith, como una estrategia de negocios y mejoramiento de la calidad, la cual ha sido ampliamente difundida y adoptada por muchas empresas de clase mundial como: G.E, Allied Signal, Bombardier, Sony, American Express, Fedex, Dupont, NASA, Toshiba, Ford, Dow Chemical, entre otras.⁵

A continuación se detalla en el siguiente cuadro a las personas que contribuyeron a dar aportes para la construcción de la metodología:

Tabla 3. Personas que aportaron a la construcción de six-sigma.

Año	Nombre	Contribución
1900 - 1920	Frederick Winslow Taylor (1856 – 1915)	La teoría de Taylor fue conocida como “la administración científica” e hicieron el trabajo tangible y medible a través de un análisis en los procesos de manufactura, convirtiéndolos en un conjunto de tareas que pudieron ser estandarizadas y repetitivas.

⁵ Gutiérrez Garza Gustavo, Aterrizando seis sigma, Regiomontanas, 2ª edición, México, pág.11-13.



		<p>Taylor concluyo que la mejor manera de mejorar la productividad era separar las actividades del trabajo de la planeación y mejora de los procesos usados para realizar el trabajo.</p>
1913	Henry Ford	<p>Henry Ford.- Adopto cuatro principios en su meta de producir un automóvil a un precio accesible:</p> <ul style="list-style-type: none">• Partes intercambiables• Flujo continuo• División del trabajo• Reducción del esfuerzo desperdiciado. <p>Ford.- realizo estudios de tiempos y movimientos para determinar la velocidad exacta a la cual el trabajo debería de avanzar, los primeros métodos de Ford son la fundación de "Justo a tiempo y Manufactura Esbelta.</p>



1908	William Sealy Gossett	Inventa la distribución T-Student, esta distribución es utilizada entre otras cosas, para probar la significancia estadística de los efectos de los mejoramientos del proceso.
Década de los 20	Ronald Aylmer Fisher (1890 – 1962)	Fisher.- Creo el método estadístico para el diseño de experimentos, y la herramienta de análisis de datos y análisis de varianza (ANOVA).
1924	Walter A. Shewhart	La aportación de Shewhart fue la hoja de control la cual combinó con un diagrama de desempeño del proceso en el tiempo con un conjunto de límites de control.
1920 - 1930	Harold F. Dodge y Harry G. Roming	Estos autores desarrollaron métodos de aceptación de muestra, mediante esta prueba se puede decidir si el lote entero de donde sale la muestra satisface el criterio de aceptación, si no se cumple el criterio de aceptación el material puede ser desechado, reprocesado o clasificado para encontrar el producto bueno.



1940 - 1950	Diversas campañas	Las compañías empezaron a usar el control estadístico de la calidad para mejorar la calidad del producto el método incluía las hojas de control, los métodos de aceptación de Dodge y los diseños de experimentos de Fisher.
De 1940 hasta finales de 1960	George E. P. Box y colaboradores	Trabajaron para adoptar la metodología de Diseño de experimentos de Fisher, la cual había sido desarrollada de la experimentación agrícola a los procesos industriales.
1940	W. Edwards Deming (1900 – 1993)	Conocido por introducir el control estadístico de la calidad al Japón, Deming dio gran importancia a la administración creyendo que era el responsable del 94% de los problemas de la calidad y creó el ciclo de la mejora universal: “Planear, hacer, verificar, actuar, controlar.”
		Creó en un sistema de administración que le permite a las organizaciones mejoras profundas, este sistema es llamado “la mejor manera de



1930	William E. Conway	administrar". La principal actividad del sistema Conway es eliminar el desperdicio de todos los procesos. Mientras la mayoría de los ejecutivos están familiarizados con el desperdicio asociado con las operaciones de manufactura, en realidad existen a lo largo de todas las funciones de la organización.
1920 - 1940	Joseph Moses Juran (1904 – 1995)	<p>Juran desarrollo la trilogía de la calidad que se basa en tres aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Planeación de la calidad• Control de la calidad• Mejora de la calidad <p>Juran asocio la calidad con la satisfacción del cliente, enfatizo el mejoramiento de la calidad actual a través de una sucesión de proyectos de mejora y creyó que el liderazgo de la alta dirección de la función de calidad era crítico.</p> <p>Juran también puntualizo la reducción del costo de la pobre calidad como una clave para la competitividad.</p>



1945	Armand Feigenbaum (1922)	<p>Conocido como el autor de “Control total de la calidad” o “Calidad total”.</p> <p>Definió la calidad total como un sistema eficaz para asegurar la producción y el servicio en la mayoría de los niveles económicos que permiten la satisfacción del cliente.</p>
Décadas de los 50’s y 60’s	John Wilder Turkey (1915 – 2000) y colaboradores.	<p>En las décadas de los 50 y 60, John W. Turkey (1977) y sus colaboradores en los laboratorios Bell introdujeron los diferentes métodos de análisis exploratorio.</p> <p>El trabajo de Turkey y de muchos otros, establecieron el análisis gráfico como un método creíble y necesario de hacer, el cual más tarde llegó a ser parte integral de la metodología de mejora de procesos.</p>
		<p>A finales de 1960 y principios de 1970, el complejo control estadístico de procesos llegó a ser ampliamente utilizado, particularmente en el área automotriz.</p>



<p>Finales de 1960 y principios de 1970.</p>	<p>Diversas compañías</p>	<p>El SPC combinó las hojas de control, los estudios de capacidad del proceso, los gráficos de Pareto identificando las fuentes de los defectos, los estudios de repetibilidad-reproducibilidad de Gage para evaluar los sistemas de medición y otras herramientas para controlar mejor los procesos.</p> <p>Llegó a ser ampliamente reconocido que la calidad del producto estaba directamente relacionado al proceso que lo producía, por lo que el enfoque cambió para incluir el mejoramiento del proceso así como el mejoramiento del producto.</p>
<p>1960</p>	<p>Shingueo Shingo</p>	<p>Una de las grandes contribuciones de Shingo en el área de calidad fue su desarrollo en 1960 del Poka Yoke.</p> <p>El término viene del japonés "Poka" (error accidental) y "Yoke" (provenir). La idea esencial del Poka-Yoke es diseñar procesos en donde los errores sean imposibles de cometer o al menos que</p>



		<p>sean de fácil detección y corrección.</p> <p>Un dispositivo de detección señala al usuario cuando se ha cometido un error. De tal forma que el usuario puede rápidamente corregir el problema.</p>
1962	Kaoru Ishikawa (1915 - 1989)	<p>Su contribución fue el desarrollo, en 1962, de los círculos de calidad, que se refiere a los diversos grupos de voluntarios, estables en el tiempo, que tienen como objetivo principal mejorar la calidad de los procesos y el entorno de trabajo. Los círculos de calidad persiguen como objetivo último la obtención de mejoras en el seno de la empresa.</p>
1962	Taiichi Ohno (1912 – 1990)	<p>Conocido como el iniciador del sistema de gestión de la producción de Just in Time o Justo a Tiempo, el cual se define como: Sistema de gestión de producción que permite entregar al cliente el producto con la calidad exigida en el momento exacto. La utilización del JIT está orientada a mejorar los</p>



		resultados de la empresa con la participación de los empleados a través de la eliminación de todas las tareas o actividades que no agreguen valor.
1980	Philip B. Crosby (1926 – 2001)	Comenzó su trabajo como profesional de la calidad en una línea de ensamble en 1952. Creó el concepto y programa de cero defectos.
Durante la década de los 80's	Genichi Taguchi	<p>El sistema de calidad de ingeniería del Dr. Genichi Taguchi es uno de los grandes logros de la ingeniería del siglo XX. En la década de 1980, Taguchi desarrollo lo que se conoce como ingeniería de la calidad, métodos para el diseño de productos y desarrollo de procesos de industrialización. Estos métodos buscan robustez de los productos, es decir, hacerlos insensibles a:</p> <ul style="list-style-type: none">• La variabilidad debida a las diferentes condiciones de uso que puedan tener.



		<ul style="list-style-type: none">• La variabilidad que incorporan las materias primas que se utilizan para fabricarlos.• La variabilidad propia del proceso de fabricación.
1980	Diversas compañías	<p>A principios de 1980 impulsadas por la competencia de Japón y otros países del pacifico, las compañías comenzaron a implementar la administración de la calidad total.</p> <p>El TQM (Control total de la calidad) fue desarrollado antes de los métodos de mejora de la calidad y se enfocó en la administración del liderazgo, la gente y el trabajo en equipo, la administración y la mejora de procesos y el beneficio de las necesidades de los clientes.</p>
1983	Masaaki Imai (1930 – actual)	<p>Es el difusor del KAISEN, una estrategia de mejora continua, sintetiza algunas de las principales teorías sobre la calidad, aplicándolas a todos ámbitos empresariales</p>



		<p>Kaisen significa: “mejora” de las etimologías:</p> <p>KAI que significa cambio y de ZEN que significa bondad.</p>
1987	Kiyoshi Suzuki	<p>Una de las principales aportaciones de Suzuki es su teoría sobre la gestión visual, que destaca la importancia de la disponibilidad de la información necesaria para cada persona en su puesto de trabajo.</p> <p>Una aportación más moderna de este autor es la “micro compañía”.</p> <p>Se trata de organizar cada una de las áreas de trabajo “homogéneas” como si fuera una mini empresa, con sus proveedores y todos los clientes, objetivos a cumplir, indicadores, diversos planes estratégicos de trabajo, reuniones, etc.</p> <p>Asimismo, definió un octavo despilfarro: la no utilización del recurso inteligente de todas las personas de la empresa.</p>



1990	Michael Hammer Y James Champy	Principales precursores de la reingeniería de procesos, introducida a principios de 1990 en la Teengineering the Corporation, fue recibido por una audiencia desencantada con el Control Total de la Calidad y lista para usarla en la automatización de procesos.
------	-------------------------------------	--

Fuente: Cantú Delgado, Humberto, "Desarrollo de una cultura de calidad", Mc Graw Hill, segunda edición, México, 2001, pág. 30-42.

Así con el cuadro anterior se busca recordar y reconocer a cada uno de los precursores de la calidad, personajes que sentaron las bases de las metodologías de mejora continua, observando que emergen de la tacita necesidad de las empresas por sobrevivir y liderar el mercado en cada una de sus ramas productivas, procurando sus intereses mediante una aplastante estrategia competitiva, siempre cuidando el lazo de satisfacción con el cliente; desarrollando métodos nuevos de producción, herramientas tecnológicas actualizadas y enfoques innovadores en calidad para su respectiva época.



2.1.1.4 Las seis génesis de la metodología Six-Sigma.⁶

- I. La voz del cliente: La voz del cliente (VOC) es la base medular de la metodología. Se tiene que poner especial atención en lo que el cliente necesita preguntando puntualmente de primera mano.
- II. Administración basada en hechos: Durante el proceso de aplicación se identifican las mediciones clave, siendo claras para evitar alguna fuente de ruido o error y así garantizar soluciones funcionales.
- III. Siempre mejorar: Six-sigma se enfoca siempre en mejorar y asegurar estrategias competitivas entregando un valor real a los clientes.
- IV. Dirección pro-activa: Es necesario que la dirección sea dinámica, receptiva, pre activa, que le de seguimiento a las metas fijadas y a prioridades organizacionales.
- V. Trabajo en equipo: Se debe poner especial atención en derribar las barreras que limitan el trabajo en equipo dentro de los miembros de la organización; los procesos siempre trascienden más allá de las barreras interdepartamentales.
- VI. Enfoque a la perfección – Tolerancia al fracaso: Las nuevas ideas tienen un riesgo, vencer el miedo a cometer errores es necesario para lograr los objetivos que se han propuesto.

⁶ Pande Petall, The six sigma way; How G.E. Motorola and others top companies are honing their performance, USA, 2000, Mc Graw Hill, pág. 24-36.



2.1.1.5 Objetivos generales de Six-Sigma.⁷

- σ Crecimiento de la productividad y valor agregado.
- σ Reducir la variabilidad.
- σ Optimizar productos y procesos.
- σ Mejora del servicio al cliente.
- σ Mejora en el rendimiento de los procesos.
- σ Reducción de defectos totales.
- σ Mejora del flujo de procesos.
- σ Mejora en las utilidades de la empresa.

2.1.1.6 Beneficios de la metodología Six-Sigma.⁸

- σ Reducción de costos
- σ Reducción de tiempo ciclo.
- σ Mejora la visión de la administración de las actividades.
- σ Reducción de desperdicio.
- σ Mejora el flujo de proceso.
- σ Mejora la eficiencia del operador al trabajar bajo estándar.
- σ Optimiza y estandariza con mayor desempeño el trabajo.

⁷ www.addlink.com, nota técnica, Mathsoft, ayuda para la implementación de seis sigma en su organización, junio de 2004, pág.1.

⁸ George Michel L., Lean six sigma: combining six sigma qualities with lean speed, Mc Graw Hill, New York, 2002, pág. 4-11.



2.1.1.7 Principales actores en proyectos Six-Sigma.

El éxito en un proyecto de Six-Sigma no solo depende de la metodología como tal, tampoco de la estrategia; esta depende en gran medida de los principales líderes del proyecto de mejora, expertos reconocen el papel de cada uno de los participantes esquematizados de la siguiente manera:

Tabla 4 Principales actores de six-sigma.

Clasificación	Abreviatura	Definición	Responsabilidades
Champion	Ch	Son líderes de la alta gerencia que sugieren y apoyan proyectos, ayudan a obtener recursos necesarios y eliminan los obstáculos que impiden el éxito del proyecto.	<ul style="list-style-type: none">* Implantar la metodología.* Definir los proyectos de mejora, junto a los Black belts.* Utilizar herramientas de six-sigma en los proyectos.* Conseguir mejoras en la utilidad del negocio.



			<p>* Dirigir, apoyar, impulsar, aconsejar, defender y sostener los esfuerzos de Six-Sigma en la organización.</p>
<p>Master Black belt</p>	<p>MBB</p>	<p>Es el experto en Six-Sigma para toda la compañía. Se desempeña como entrenador, mentor y consultor para los black belt que trabajan en los diversos proyectos.</p>	<p>* Formar BB en la metodología, herramientas, y actividades de la empresa.</p> <p>* Proporcionar el liderazgo necesario en la integración de enfoque Six-Sigma con la estrategia de negocio de la empresa así como su ejecución.</p>



Black belt	BB	Los BB son personas que se dedican a detectar oportunidades de cambios críticos y a conseguir que se logren los resultados. Posee firmes conocimientos tanto en materia de calidad, como en temas relativos a la estadística, resolución de problemas y toma de decisiones.	<ul style="list-style-type: none">* Liderar, desarrollar y formar equipos de mejora de Six-Sigma. * Asesorar y aconsejar a la dirección sobre las prioridades, planificación y lanzamiento de nuevos proyectos. * Utilizar, enseñar y difundir las herramientas y métodos Six-Sigma a los Green Belts y al resto del equipo.
-------------------	-----------	---	--



Green belt	GB	Es aquella persona formada en la metodología que apoya a los BB y participa en proyectos de mejora.	Dirigir a los equipos departamentales del proyecto para guiarles sobre cuando y como utilizar los herramientas para solucionar los proyectos en el proceso de mejora.
-------------------	-----------	---	---

Fuente: Humberto Gutiérrez Pulido, "Control estadístico de calidad y seis sigma", Mc Graw Hill, México, 2009, Pág. 423.

2.1.1.8 Descripción del ciclo DMAMC.⁹

La metodología Six-Sigma la conforman cinco fases las cuales son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, y Controlar y su abreviatura más común es DMAMC.

Cada una de estas fases lleva asociadas diferentes tareas y herramientas de trabajo para su implementación y práctica en busca de la mejora.

⁹ Maria Perez Marques, Metodología seis sigma a través de excel, edit. Alfaomega, México, 2011, pág.7-350.



2.1.1.8.1 Definir

En la fase definir se identifican los posibles proyectos de problemas a atacar, estos deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

Las herramientas típicas de la metodología utilizadas en esta fase son las siguientes:

❖ Diagramas de flujo de procesos:

El diagrama de flujo consiste en una representación gráfica de las distintas etapas de un proceso de fabricación, gestión, administrativo o de servicios, consideradas en orden secuencial. En el diagrama se sitúan las entradas o salidas del proceso y la secuencia de acciones y decisiones a tomar por el personal implicado en el proceso.

Los diagramas de flujo suelen utilizarse para mejorar el entendimiento común de un proceso, estandarizarlo y documentarlo, identificar sus puntos de medición y fuentes de variación y generar ideas respecto a su mejora.



- ❖ Diagrama causa-efecto (diagrama de espina de pescado): El diagrama de Ishikawa, diagrama de causa efecto, o diagrama de espina de pescado, se utiliza para representar gráficamente los factores que afectan a un problema de calidad con vistas a poder tomar acciones correctivas.

El diagrama de causa-efecto consiste básicamente en definir un objetivo o efecto (mejorar eficiencia, reducir rechazos, etc.) teorizar sobre las posibles causas que motivan al efecto y representar gráficamente las causas y los factores que afectan al objetivo en una estructura que Ishikawa denominó fishbone (espina de pescado), cuando han sido definidas las principales causas, se hallan las sub causas y así sucesivamente.

- ❖ Histogramas: El histograma es una representación visual de los datos de una característica de calidad en la que pueden observarse tres propiedades esenciales de una distribución como son: forma, tendencia central o acumulación, y dispersión o variabilidad. Así el histograma da una idea del proceso, lo que un simple examen de los datos tabulados no hace. Para realizar el histograma se marcan las clases o agrupaciones de los datos iniciales sobre el eje de abscisas y sobre cada clase se levanta un rectángulo de altura proporcional al número de observaciones de la variable (frecuencia absoluta) que caen en cada clase.



- ❖ Gráficos de tendencia: Los gráficos de tendencia son instrumentos que muestran la variación de una característica de calidad en el tiempo.

También se trata de una herramienta útil en la fase definir por que permite identificar la evolución futura de las características de calidad de los procesos, lo que ayuda al diseño y a la planificación.

2.1.1.8.2 Medir

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

Las herramientas típicas que se usan en esta fase son las siguientes:

- ❖ Encuestas y entrevistas: La principal fuente de información para poder identificar las fuentes de variación sin duda es la experiencia del personal sobre el comportamiento del proceso y sobre los estándares manejados, así cuando el trabajador varía su forma de trabajar también varía el resultado, por lo tanto las entrevistas es una parte fundamental de esta etapa.



- ❖ Estadística descriptiva: Esta rama de la estadística consiste en organizar, resumir y simplificar en términos generales información que a menudo es demasiado compleja o muy extensa.¹⁰
- ❖ Inferencias: Rama de la estadística que consiste en el análisis e interpretación de una muestra de datos.¹¹
- ❖ Diagrama PEPSC (SIPOC en inglés): Es un diagrama de alto nivel cuyas siglas significan: Proveedores, entrada, proceso, salida, cliente; es un diagrama que ayuda a comprender mejor el proceso.
- ❖ Diagrama de Gantt: Diagrama de distribución de tareas por tiempo que ayuda a disponer de manera eficiente del tiempo por tarea a realizar.
- ❖ Evaluación de la repetitividad y reproducibilidad: Se define como repetitividad (precisión) como variación en las mediciones hechas por un solo operador en la misma pieza y con el mismo instrumento de medición. Se trata de la variación alrededor de la media. Esta variación debe de ser pequeña respecto a las verificaciones y a la variación del proceso, las causas que pueden originar problemas generalmente es el desgaste de las maquinas desajuste etc.

¹⁰ William J. Stevenson, Estadística para administración y economía, edit. Harla, México, 1978, pág. 3-4.

¹¹ William Medinshall, Estadística matemática con aplicaciones, edit. Iberoamericana, México, 1986, pág. 10-11.



Se define a la reproductibilidad como: la variación entre las medidas hechas por varios operarios con las mismas piezas y con el mismo instrumento de medición.

2.1.1.8.3 Analizar

En la fase de análisis, el equipo evalúa los resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma las causas determinantes del proceso, es decir, las variables clave de entrada o “focos vitales” que afectan las variables de respuesta del proceso.

Las herramientas típicas que se utilizan en esta fase son las siguientes:

- ❖ **Distribución de frecuencias:** Herramienta cuantificadora de atributos propios de una muestra, medida por una variable estadística. Útil en la detección visual de variabilidad por estratos obtenidos en el estudio de campo.

La finalidad general de la distribución de frecuencias es notar la dispersión de los subgrupos, así como facilitar cálculos sobre medidas de tendencia central como la media, mediana y modal.



- ❖ ANOVA: El análisis de varianza, o más brevemente ANOVA, se refiere en general a un conjunto de diseños experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades en función de 1 o más variables.

La aplicación más sencilla, se conoce como ANOVA de un solo factor, de clasificación única o de un solo criterio, donde interviene el análisis ya sea de datos obtenidos al muestrear más de dos poblaciones numéricas (distribuciones), o datos de experimentos en los que han empleado más de dos tratamientos.¹²

- ❖ Pruebas de hipótesis: Se pueden estimar un parámetro a partir de datos muestrales, ya sea por un solo número (estimación puntual) o por un intervalo de valores posibles (intervalo de confianza). Sin embargo, con frecuencia, el objeto de una investigación no es estimar un parámetro sino determinar cuál de las dos hipótesis contradictorias del parámetro es la correcta. Los métodos para lograr esto comprenden la parte de la inferencia estadística que recibe el nombre de hipótesis.¹³

¹² Jay L. Devore, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, edit. Thompson learning, 5ª edición, México, 2001, pág. 398-399.

¹³ Ibidem pág. 306-309.



- ❖ Ajuste de distribuciones: el ajuste de distribuciones es concentrar en grupos o intervalos de clase a la mayoría de los elementos de la muestra para su mejor estudio y análisis, se agrupan mediante el coeficiente de Sturges, que define el número aproximado de grupos.
- ❖ Intervalos de confianza: Un intervalo de confianza se refiere a un parámetro o característica poblacional, cuyo valor es fijo pero desconocido para nosotros o viene pronosticado¹⁴

$(1-\alpha)100$; Donde " α " es el nivel de significancia.

- ❖ Capacidad de los procesos: Teniendo en cuenta un tope de proceso que representaría el 100% de la capacidad, la diferencia entre lo aprovechado y lo ideal se le conoce como medida de pérdida, y bajo esta medida se puede asignar parámetros de capacidad reales.

2.1.1.8.4 Mejorar

En la fase mejorar la finalidad es determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre causas de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso, para su posterior análisis.

¹⁴ Jay L. Devore, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, edit. Thompson learning, 5ª edición, México, 2001, pág. 516-517.



Las herramientas típicas utilizadas en esta fase son las siguientes:

- ❖ Análisis de correlación: Buena parte de las matemáticas está dedicada a estudiar diferentes variables relacionadas de manera determinística, analizando si dos variables “x” y “y” esta relacionadas gráficamente.¹⁵
- ❖ Regresión simple: Es la relación matemática mas sencilla entre dos variables $Y = \beta_1 + \beta_2(x)$ determina la recta con pendiente β_1 . Si las variables no están relacionadas para un valor fijo de “x”, el valor de la segunda variable es no aleatoria o totalmente aleatoria.¹⁶
- ❖ Regresión lineal múltiple: La regresión lineal permite trabajar con una variable a nivel de intervalo o razón. De la misma manera, es posible analizar la relación entre dos o más variables a través de ecuaciones, lo que se denomina regresión múltiple o regresión lineal múltiple.

$$Y_i = \beta_0 + \sum \beta_i X_{ip} + \varepsilon_i$$

- ❖ Prueba y error para la mejora de proceso: Método empírico de mejora continua, improvisa pasos según la reacción del sistema buscando la óptima resolución de un problema.

¹⁵ Jay L. Devore, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, edit. Thompson learning, 5ª edición, México, 2001, pág. 480.

¹⁶ Ibídem pág. 481.



2.1.1.8.5 Controlar

La fase de control consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Six-Sigma se mantenga funcional.

Una vez implementados los cambios de mejora, logrados los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informará a la dirección sobre las medidas de constancia a tomar dentro del proceso.

Las herramientas típicas que se utilizan en esta fase son las siguientes:

- ❖ Control estadístico de procesos.
- ❖ Gráficos de Shewhart.
- ❖ Curva característica de operación.
- ❖ Gráficos de control por variables.
- ❖ Gráficos de control por atributos.
- ❖ Análisis de la capacidad mediante gráficos de control.
- ❖ Control estadístico de procesos (control de aceptación).
- ❖ Muestreo por atributos.
- ❖ Muestreo por variables.



2.1.2 Metodología Lean Manufacturing

2.1.2.1 Antecedentes

El término “*Lean*” fue acuñado por un grupo de estudio en el Massachusetts Institute of Technology, para analizar a nivel internacional los métodos manufactureros de las empresas del sector automotriz. El grupo destacó las ventas del mejor fabricante en su clase (la empresa automotriz Japonesa Toyota) y se le denominó “Lean Manufacturing” al grupo de técnicas que se habían utilizado desde la década de los años sesenta y que posteriormente se afinaron en la década de los setenta con la participación de Taiichi Ohno y Shingueo Shingo, con el objeto de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas de la variedad de productos solicitada y con tendencia a tener cero defectos.

Las llamadas prácticas “*Lean*” fueron traídas inicialmente de Japón a principios de los años 80 y tenían la intención de copiar el éxito del sistema japonés JIT (Just in Time) implementado en la industria automotriz de ese país. En los Estados Unidos se reconoció que para implementar el JIT primero debían eliminar operaciones de los procesos que eran innecesarias (desperdicios), esto incluía no solo reducir inventarios sino otra clase de cosas que no agregaban valor a sus productos.

A partir de esta eliminación de desperdicios surgió la palabra “*Lean*”, cuyos principales objetivos eran mejorar la productividad de los procesos, reducir los inventarios, mejorar la calidad e involucrar cada vez más al trabajador para la detección de problemas emergentes.



La palabra “*Lean*” hoy se enfoca tanto a procesos de manufactura como a servicios que tienen un bajo nivel de desperdicios.¹⁷

En resumen la metodología Lean Manufacturing la integran varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se necesita.

El objetivo se basa en tener un alto impacto de mejora en cada operación, basándose siempre en la cooperación uniforme.

La metodología proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado globalizado que exige cada vez más altos estándares de calidad entrega más rápida a bajo precio y en volúmenes pedidos.

2.1.2.2 Finalidad de Lean Manufacturing

El concepto general de Lean Manufacturing (manufactura esbelta) es una recopilación de técnicas de mejora continua que se enfoca en la eliminación de cualquier tipo de desperdicio de tipo material, temporal y de proceso.

Su filosofía es eliminar lo inútil con el objetivo de aumentar la productividad y la capacidad organizativa de la empresa, erradicando desperdicios, optimizando los recursos y reduciendo los costos internos de producción y mala calidad.

¹⁷ Reyes primitivo, Manufactura esbelta (Lean y seis sigma) en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones, México, 2002, pág., 53.



2.1.2.3 Principios fundamentales de Lean.¹⁸

- ∞ Filosofía a largo plazo: Prepondera las decisiones administrativas y gerenciales que prospectan solida rentabilidad a largo plazo, aún a expensas de las metas financieras a corto plazo.

- ∞ El proceso correcto produce resultados correctos:
 - Crear un proceso de flujo continuo para que los problemas salgan a la superficie.
 - Usar un sistema tipo pull (jalar) para evitar el desperdicio de la sobre producción
 - Nivelar la carga de trabajo(Heijunka)
 - Construya en su organización sistemas que detengan y resuelvan los problemas para fabricar productos de calidad a la primera.
 - Estandarizar las tareas y capacite a su personal para lograr el mejoramiento continuo.
 - Usar el control visual para que no se escondan los problemas.
 - Utilizar equipos confiables.

¹⁸ George Michel L., Lean six sigma: combining six sigma qualities with lean speed, Mc Graw Hill, New York, 2002, pág. 217.



- Agregar valor a la organización desarrollando a los trabajadores y a los socios:
 - Desarrollar líderes que entiendan detalladamente el trabajo, vivan la filosofía y enseñen a otros.
 - Respetar a los socios y proveedores, ayudarlos por medio de retos a alcanzar.

- Resolver los problemas de raíz y aprender de esos problemas.
 - Observar cuidadosa y analíticamente las situaciones que provoquen problemas.
 - Tomar decisiones por consenso tomando en cuenta hasta el más bajo rango, evaluarlas e implementarlas rápidamente.
 - Convertirse en una organización que aprende a través de reflexiones para crear una filosofía de mejora continua.

2.1.2.4 Los 10 desperdicios.¹⁹

1.- Defectos:

- Desperdicios.
- Despilfarro material defectuoso.
- Errores de documentación.

¹⁹ Reyes primitivo, Manufactura esbelta (Lean y seis sigma) en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones, México, 2002, pág., 53.



2.- Sobreproducción

- Producción para mantenerse ocupados.
- Tamaño de lotes excesivos.
- Capacidad desperdiciada.

3.- Sobre procesamiento:

- Recursos mal aprovechados.
- Proceso por re trabajos y fallas.

4.- Espera:

- Espera por materiales.
- Espera por automatización.

5.- Inventario innecesario:

- Exceso de materia prima
- Exceso de inventario en proceso.
- Exceso de producto terminado.
- Desperdicio de espacio.

6.- Movimiento:

- Movimiento innecesario del operador
- Desplazamiento para herramienta y material innecesario.
- Movimiento de documentos innecesario así como papelería.

7.- Transporte:

- Movimiento de materiales.
- Gasto innecesario de recursos para transporte.



- 8.- Desperdicio de talento humano.
- 9.- Uso inadecuado de los sistemas computacionales.
- 10.- Trabajador con indicadores inadecuados o fuera de base.

2.1.1.5 Beneficios de Lean Manufacturing.²⁰

- ☞ Reducción de hasta 50% o más del proceso utilizado para manufactura.
- ☞ Reducción de la distancia entre los procesos.
- ☞ Mejora de las distribuciones de la planta para aumentar la flexibilidad.
- ☞ Reducción de tiempos de entregas (Lead Time, desde el pedido hasta la entrega del producto terminado) en promedio de hasta el 50%.
- ☞ Reducción de hasta un 50% en promedio de tiempo de manufactura.
- ☞ Reducción hasta del 100% del tiempo de preparación de cambio de modelo.
- ☞ Reducción de costos del producto en promedio 30%
- ☞ Reducción del costo de herramientas para un nuevo producto.
- ☞ Reducción de defectos de 50% en promedio lo que se traduce en una mejor calidad.
- ☞ Reducción del desperdicio.
- ☞ Reducción de costos por inventario.
- ☞ Reducción de tiempos por movimiento y transporte.
- ☞ Respuesta rápida al mercado
- ☞ Menos mano de obra.
- ☞ Mayor eficiencia de equipo.

²⁰ Ibídem pág.54.



2.1.2.6 Herramientas de Lean Manufacturing.

Las principales herramientas que conforman la metodología son:

£ 5 ´s: Este concepto refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y más seguras. Las 5´ s provienen de términos japoneses, éstas son:

- 1.- Clasificar (Seiri)
- 2.- Ordenar (Seiton)
- 3.- Limpieza (Seiso)
- 4.- Estandarizar (Seiketsu)
- 5.- Disciplina (Shitsuke)

£ Justo a tiempo: Es un conjunto integrado de actividades diseñadas para alcanzar grandes volúmenes de producción usando inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y productos terminados.

Justo a tiempo es una filosofía industrial que consiste en la reducción de desperdicio (actividades que no agregan valor) es decir todo lo que implique subutilización en un sistema desde compras hasta producción.



£ Kanban: Su significado en japonés es etiqueta de instrucción. Su principal función es ser una orden de trabajo, es decir, un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que cerca a producir, en qué cantidad, mediante que medios y como transportarlo, Kanban cuenta con dos funciones principales: control de la producción y mejora de procesos.

En este sistema de producción, el proceso se conduce de tal forma que cada operación vaya jalando el producto necesario de la operación anterior, solamente a medida que lo necesito.

£ SMED: Método de cambios rápidos (Single Minute Exchange of Dies), este método, consiste en el “cambio de alguna herramienta en minutos”, es decir, la preparación o cambios de moldes o herramientas para operar en un tiempo menor a los 10 minutos. Las maquinas tienen que ser rápidamente preparadas para producir los modelos en la línea lo más rápido posible sin cometer errores.²¹

£ Poka-Yoke: Esta herramienta es otro aspecto desarrollado por Hingueo Shingo después de la segunda guerra mundial, fue diseñado para enfocarse en la búsqueda de la calidad de la fuente y en la recolección de los defectos tanto como sea posible desde su fuente.

²¹ Feld William M., Lean manufacturing: Tools techniques and how to use them, New York, Santa Lucie, 2002, pág. 80.



- £ TPM (Tiempo Productivo Total): Este método se usa para maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva de manufactura, evitando las fallas inesperadas y los defectos generados; el mantenimiento se logra al conservar la maquinaria actualizada y en condiciones óptimas de operación a través de la participación de diversos departamentos en un esquema parecido al de calidad total.

- £ Muda: Es una estrategia de localización de actividades innecesarias (fugas) que consumen recursos sin agregar algún valor.

- £ Kaizen: Es la representación de la mejora continua e incremental del valor con menos desperdicios.

- £ Kaizen Blitz: Es un método para encontrar la solución a problemas que se presentan a través de un equipo de acción rápida, el término “Blitz” se refiere a un ataque rápido de problemas que normalmente son fáciles de resolver que pero que son muy lascivos en función de la producción, los equipos están formados por trabajadores supervisores y técnicos en general, el objetivo es aprovechar la experiencia de todos para encontrar una solución rápida.²²

²² Ibídem pág. 55.



£ Mapeo de procesos: El mapeo de procesos es una herramienta que ayuda a las empresas a clarificar las situaciones críticas de sus procesos. Sus propósitos son: validar procesos de equipos multifuncionales, identificar las barreras y desconexiones en el proceso, distinguir entre lo actual y lo deseado, determinar las personas adecuadas para la toma de decisiones, dar prioridad a metas y crear un plan de acción.

2.1.3 Control total de la calidad QTC.

2.1.3.1 Antecedentes del QTC.

Calidad según Armand Feigenbaum es “La resultante total de las características del producto y servicio en cuanto a mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento mediante las cuales el producto o servicio en uso satisfará las expectativas del cliente”.

El objetivo del concepto “Control Total de la Calidad” no es más que la expansión y potencialización del enfoque de calidad total en un producto; el fundamento de este concepto es proporcionar efectividad genuina, el control debe iniciarse con la determinación de los requisitos de calidad que exige el cliente y terminar hasta que el producto ha sido colocado en las manos del mismo.

Así mismo la calidad abarca desde el proceso de compras (elegir la mejor materia prima y a los mejores proveedores) hasta la manera de hacer el producto en todas sus etapas, pues esto generara un bien, que satisfaga al cliente en lo que desea.



La información debe ser constante mediante un consenso donde las ideas converjan y fluyan hacia el objetivo de la calidad total, que es la mejora continua.²³

2.1.3.2 Características del QTC Japonés.

Hay muchas diferencias entre las actividades de control de calidad en el Japón y las realizadas en Estados Unidos o Europa Occidental. Esto se da en gran parte a las características socioculturales de cada nación, su manera de interactuar, los valores inculcados por cada modelo de educación particular de cada país, etc.

Las empresas occidentales no están preocupados por los trabajadores, no tienen una cultura de mejora constante, no tienen interés en saber las variables que afectan su proceso directamente, les interesan las utilidades más que el desarrollo de la misma empresa, la manera de tomar decisiones en el modelo occidental es jerárquico, es decir, los trabajadores de proceso no opinan, las decisiones son 100% tomadas por la alta gerencia, pensando siempre en la rentabilidad de utilidades a corto plazo.

Lo que diferencia entre las empresas occidentales de las orientales es la cultura de hermandad, así como la forma actuar en equipos compactos de trabajo para alcanzar las metas y objetivos de mejora deseados. Después de la guerra se introdujeron al Japón muchos métodos de control, pero ninguno comparable con el control total de calidad desarrollado en el mismo Japón en cuanto a su capacidad y firme arraigo.

²³ Kauru Ishikawa, ¿Que es control total de la calidad?, edit. Norma, México, 1988, pág. 11-38.



Se identificaron seis características que distinguían el control de calidad japonés respecto al occidental:

- £ Control de calidad en toda la empresa; participación de todos los miembros de la organización.
- £ Educación y capacitación en el control total de la calidad.
- £ Actividades de círculos de control de la calidad.
- £ Utilización de métodos estadísticos.
- £ Actividades de promoción de control total de calidad a escala nacional.
- £ Tener una doctrina siempre positivista en el trabajo.

2.1.3.3 Equipo, no individuos.

Es necesario resaltar la imperiosa necesidad de formar equipos eficientes en donde estén representadas las diferentes destrezas y actitudes funcionales de cada individuo, los resultados de las acciones efectuadas por cada integrante repercutirán directamente en el equipo entero, resolviendo o empeorando los problemas emergentes de las diferentes áreas y departamentos que conforman a la organización.

Cada integrante de la empresa tiene el derecho de aportar su punto de vista así como de participar en consensos para la toma de decisiones, evaluando las posibles soluciones.

El cambio de filosofía por parte de los círculos gerenciales podría cambiar radicalmente si se cuenta con la visión de recibir el consejo de las personas adecuadas aun siendo de rango bajo.



Cuando el grupo de Alta Dirección se limita a tomar un papel solamente de especialistas, que son incapaces de comunicarse, se tendera a crear una atmosfera de insatisfacción individual donde cada integrante del equipo lucha por imponer su punto de vista, retardando actividades prioritarias cuyo resultado será tan perjudicial para la empresa como para los intereses del cliente, creando diferencias laborales y trayendo costos de pobre calidad.²⁴

2.1.3.4 Costos por pobre calidad.

Los altos estándares de calidad del producto o servicio van de la mano con la inversión en programas de mejora aplicados al mismo.

Uno de los obstáculos principales para el establecimiento de un programa dinámico de calidad en años anteriores, radicaba en la noción equivocada de que lograr un estándar más alto en calidad, requiere costos mucho más altos. Nada hubiera podido estar más lejos de la realidad, dicho en experiencia industrial.

Los costos de la calidad son altos indudablemente, pues es necesario invertir tiempo y dinero en establecer sistemas de control funcionales, procedimientos para la detección de fallas, evaluaciones y personal de supervisión, pero es indudable que es más cara la no calidad por las fallas que se generan debido al pobre rendimiento del proceso.

²⁴ Kauru Ishikawa, ¿Que es control total de la calidad?, edit. Norma, México, 1988, pág. 33.



Los costos por pobre calidad son mucho más altos y son todos aquellos que se originan a raíz de que el producto o servicio no está cumpliendo con los requisitos del cliente, entonces el comprador busca otras opciones que si ofrezcan lo que requiere, por lo tanto la no calidad es uno de los temas de constante atención para las industrias.

Atrás de los problemas visibles generados por la mala calidad, se esconde una gama de condiciones inestables que no son perceptibles pero generan gastos muy altos que representan grandes fugas de capital.

Figura 1. Costos de “no calidad”.



Fuente: Curso teórico en Six-Sigma, Facultad de Estudios Superiores Aragón, Enero del 2014.



2.1.3.5 Cambios de Ideología.

El primer paso para desarrollar la mejora continua, es un estudio de situación existente. Tratar de cambiar las ideologías tradicionales erróneas sobre las categorías y puestos de los que trabajan en la organización, se debe tener en cuenta que nadie es más o menos importante que su compañero y así conformar equipos homogéneos, bien acoplados y funcionales por departamento o célula productiva, así como, tener el mismo objetivo individual y colectivo; no tratar de competir entre sí y ayudarse mutuamente entre compañeros del mismo o diferente departamento, no importando si existen roles laborales o personales manteniendo relaciones humanas sanas de tipo fraternal enfocado a la mejora continua, etc.

El cambio a una ideología sencilla con tintes de humildad cuya finalidad siempre sea el bien venir de todos como comunidad productiva; en la práctica serán de vital importancia las relaciones entre individuos pues el flujo de información comenzará a correr de forma horizontal y tornarán a detenerse las trabas y altos egos que provoca una estructura de flujo informático vertical, donde el trabajador de rango más bajo es descartado en decisiones importantes, y en contraste pueda apoyar en actividades como círculos de calidad y ser un miembro más de la comunidad que aporta sus ideas para el beneficio de la empresa.



CAPITULO III

MARCO DE REFERENCIA



3.1 Introducción

En el presente capítulo trata de dar un contexto general de la empresa para poder conocer mejor a la organización, así como para conocer sus objetivos y metas, para alcanzar la exitosa mejora continua.

3.1.1 Antecedentes de la empresa.

Saborizantes Bethel S.A de C.V es una empresa 100% mexicana creada el 10 de enero de 1980, dedicada a la fabricación de esencias y saborizantes artificiales para la panificación, repostería y confitería al mayoreo y menudeo.

Cuenta con varias pequeñas plantas alrededor del Estado de México, Puebla y Tlaxcala.

Es una empresa cuya estrategia competitiva se basa en la calidad del producto, así mismo, manifiesta gran entusiasmo por las técnicas de calidad y mejora continua.

La planta de Paseo Tollocan en Toluca, fue inaugurada el 4 de febrero de 2008, por un grupo de inversionistas nacionales dedicados a la panificación y confitería; en su mayoría empresarios dueños de panaderías de origen oaxaqueño, accionistas mayoritarios de “Saborizantes Bethel S.A de C.V.”

Por motivos de crecimiento en la demanda y a la incapacidad productiva para satisfacer nuevos contratos. Los socios decidieron tomar una sección de terrenos adyacente a la planta, para construir el que sería un departamento independiente dedicado únicamente a la producción de esencia de vainilla artificial.



A comienzos de operación, la planta producía en total solo 2 tipos de esencias (Naranja, Caramelo), enfocadas al mercado de la panificación. No fue hasta el año de 2009 que se incorpora la esencia artificial de vainilla a su plantilla de productos.²⁵

La extensión de terreno sobre el cual está construida la planta es de aproximadamente 2,500 m^2 , y cuya distribución del espacio productivo está repartida en 3 tipos de esencia:

- Vainilla
- Naranja
- Caramelo

El departamento de esencia de vainilla artificial cuenta con un área total de 553.6 m^2 , es un área de producción que es independiente a la producción de otras esencias, es decir, tiene un área aislada únicamente dedicada a la producción de esencia artificial de vainilla.

La planta es relativamente nueva y no cuenta con un proceso potente y bien organizado para la elaboración de esencia artificial de vainilla; tienen un proceso empírico de producción a base de recetas, lo que provoca ineficiencia operacional, pues el proceso no está estandarizado.

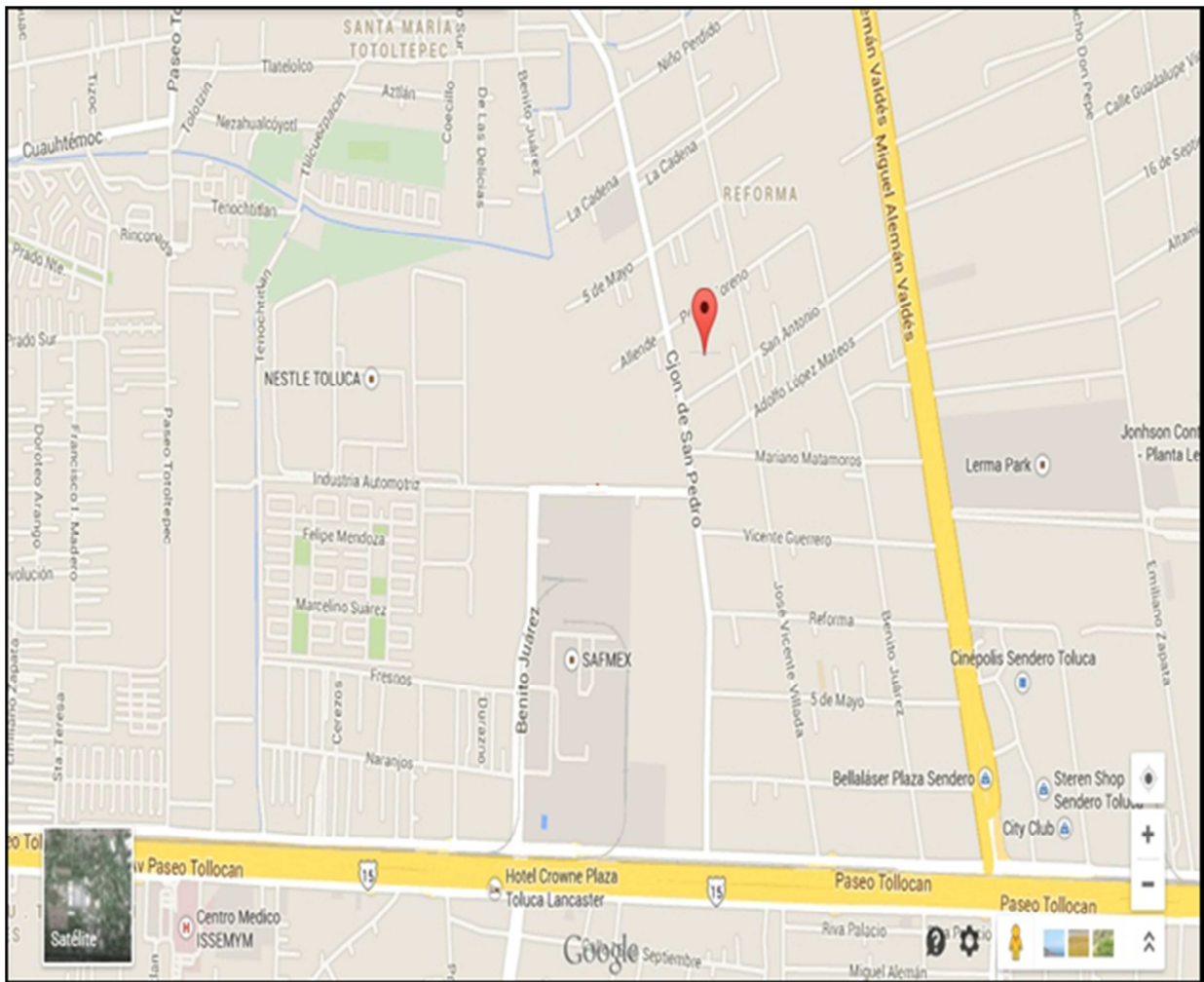
²⁵ Ing. Cesar Antonio Suarez Mendoza: Dirección y socio.



3.1.1.1 Datos generales de la empresa.

3.1.1.1.1 Ubicación.

Figura 2 Planta Toluca: Paseo Tollocan 129-a, Toluca, México, Cp.52120.



Fuente: Google maps, INEGI, 2014.

El compromiso de la empresa es ofrecer al cliente un producto de calidad, digno de competir en el mercado con los mejores productores del ramo, en cuanto a fabricación de esencias artificiales se refiere.



3.1.1.1.2 **Visión:**

Ser una empresa internacionalmente reconocida, entregando en cada producto satisfacción total al cliente, extendiendo la marca a todos los rincones de México y el mundo.

3.1.1.1.3 **Misión:**

Ser la compañía líder en productos para la panificación y confitería, con participaciones importantes en los principales mercados de consumo del mundo, fabricando productos de alta calidad, con potencial de crecimiento.

3.1.1.1.4 **Objetivos:**

- Aumentar la eficiencia operativa anual.
- Optimización de los recursos materiales de la producción.
- Mejorar los procesos productivos, para lograr ser más competitivos.
- Aumentar la rentabilidad accionaria de la empresa.
- Consolidar una administración moderna de los recursos mediante la aplicación de sistemas y programas de gestión empresarial.
- Procurar enfocar el producto hacia las necesidades del cliente satisfaciendo sus necesidades y expectativas.
- Lograr obtener la mayor tasa de retención de empleados.



3.1.1.1.5 Valores:

- Trabajo en equipo: Integrarse en un grupo para alcanzar un funcionamiento armonioso y lograr los objetivos y metas.
- Respeto al medio ambiente: Preservar el equilibrio y salud del medio ambiente que rodea a la organización y promover su restablecimiento.
- Profesionalismo: Dar lo mejor de cada uno como trabajador para poder cubrir y satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos.
- Respeto y honestidad entre compañeros: Es la base para tener buenas relaciones laborales y fortalece los lazos entre semejantes.
- Compromiso: con la empresa y cliente, siempre pensando en trabajar con gusto y dedicación.



3.1.1.2 Situación actual de la empresa.

La situación de la empresa es bastante precaria en cuanto a organización y producción; es notorio que la empresa necesita ayuda con urgencia en varios aspectos, tanto internos como externos.

Figura 3 Almacén de materia prima.



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.

Figura 4 Entrada a la empresa



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



Figura 5 Zona de almacenamiento de agua.



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.

Figura 6 Zona de descarga de materia prima.



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



CAPÍTULO IV
PROCESO ACTUAL EN LA FABRICACIÓN DE
ESENCIA DE VAINILLA ARTIFICIAL.



4.1 Proceso actual de la planta.

La planta productiva está estructurada para fabricar todo lo referente a su producto, desde la esencia artificial de vainilla hasta su envase elaborado a base de PET (polietileno tereftalato) que es un plástico transparente y ligero muy usado en la fabricación de envases y textiles; la planta cuenta con dos diferentes procesos que convergen en la etapa de llenado, el primer proceso es adyacente al segundo.

El primer proceso comprende la fabricación de la esencia artificial (líquido), el proceso adyacente comprende la producción de los envases que contienen el líquido, partiendo de preformas hechas de PET; cuya distribución está en dos operaciones (inyección de preformas y soplado).

Las distintas presentaciones de la esencia artificial de vainilla son:

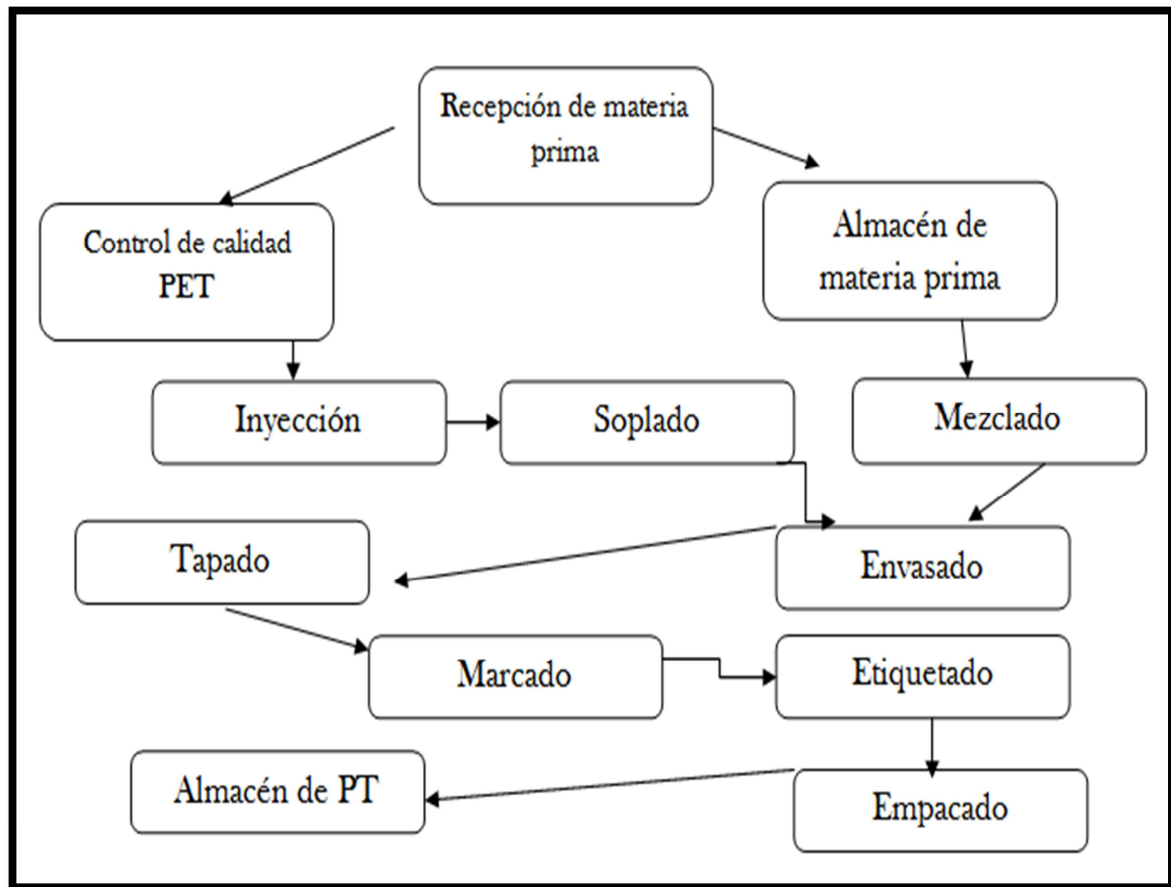
- 1 Galón.
- 1 litro.
- 1/8 de litro.

Por lo cual las máquinas son calibradas en ciertos lapsos de tiempo (por pedido) para producir determinada presentación (se cambian aditamentos de la maquinaria para acelerar o reducir la entrada y salida de botellas a envasar, así como para producir mayor o menor cantidad de preformas).

Es importante resaltar que no existen paros por recalibrado en el área de mezclado pues en este departamento solo se homogeniza la esencia artificial para ser soltada en los tubos de descarga que conducen a la máquina llenadora.



Esquema 1 Flujo del proceso de elaboración del producto.



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.

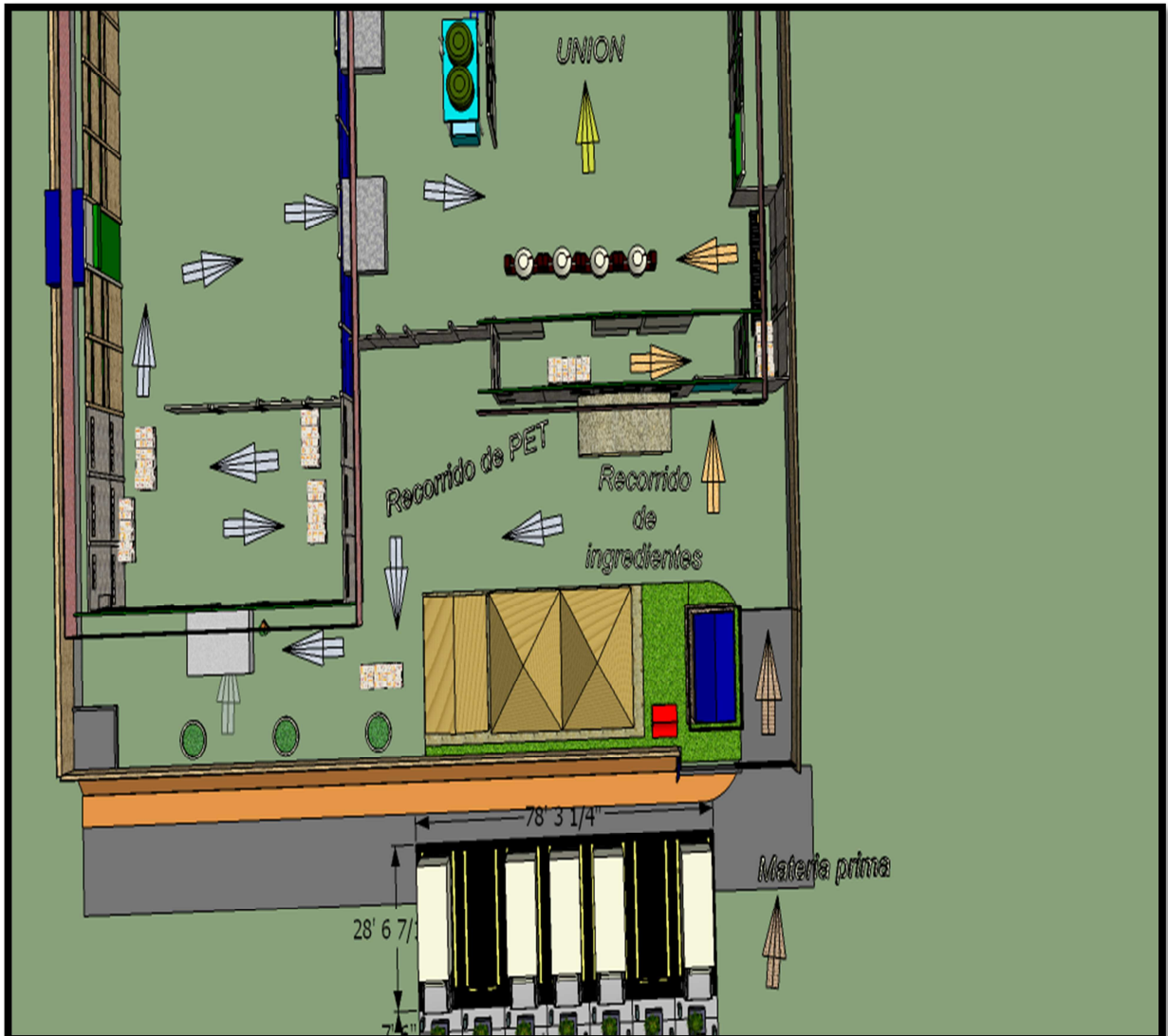
El proceso en total consta de 12 operaciones, cada una dividida en células productivas, es decir, cada bloque de operaciones tiene su propio espacio de trabajo independiente.

Áreas:

- *Zona productiva:* Mezclado, envasado, soplado, inyección, tapado, marcado, acumulado, etiquetado, Empacado.
- *Zona externa:* caseta de vigilancia, recepción de material (descarga de material).
- *Zona interna:* Almacén de materia prima, Almacén de producto terminado, Control de calidad, oficinas, sanitarios.



Figura 7 “flujo de materiales dentro de la fábrica”



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.

En el flujo de la materia prima para la producción de la esencia artificial, está dividida en dos rutas: La ruta que conduce al proceso de fabricación del envase primario y la ruta que lleva todos los componentes propios del líquido al proceso de mezclado.

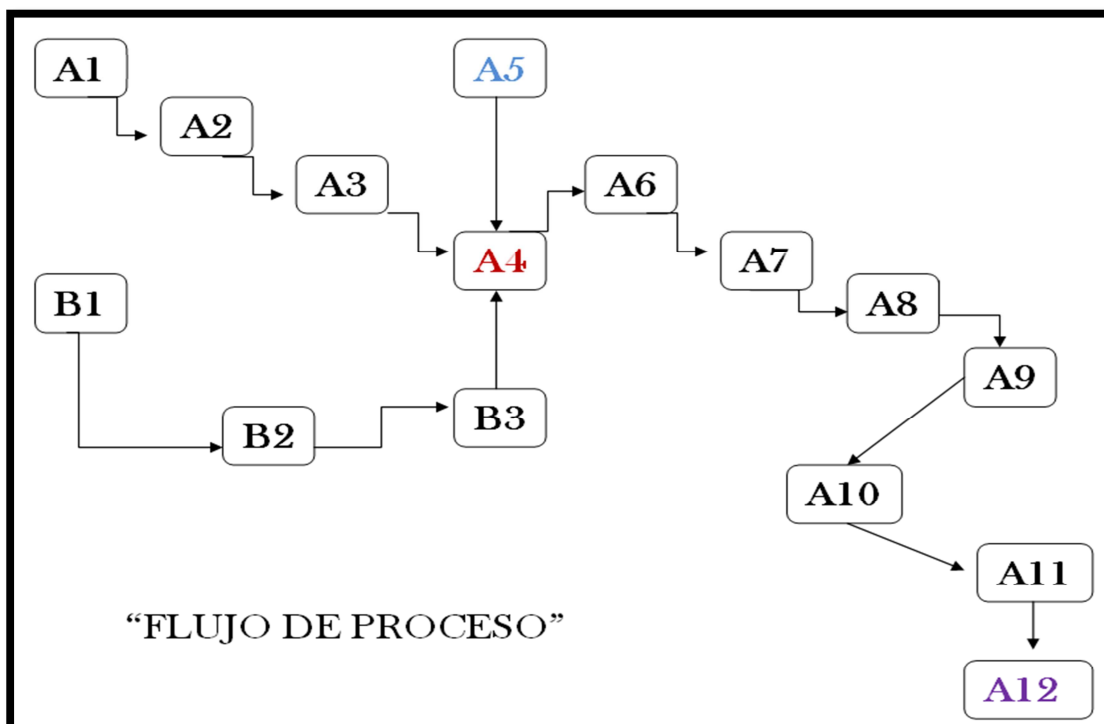


Tabla 5 Asignación de códigos por operación

OPERACIÓN	CÓDIGO
Recepción de material	A1
Control de calidad (PET, MP)	A2
Almacén de materia prima	A3
Producción (mezclado)	A4
Purificación de agua	A5
Envasado	A6
tapado	A7
marcado	A8
etiquetado	A9
mesa de acumulación de producto terminado	A10
Empacado	A11
Almacén de P.T	A12
Inyección (preformas)	B1
Soplado	B2
Mesa de alimentación (botellas)	B3

Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.

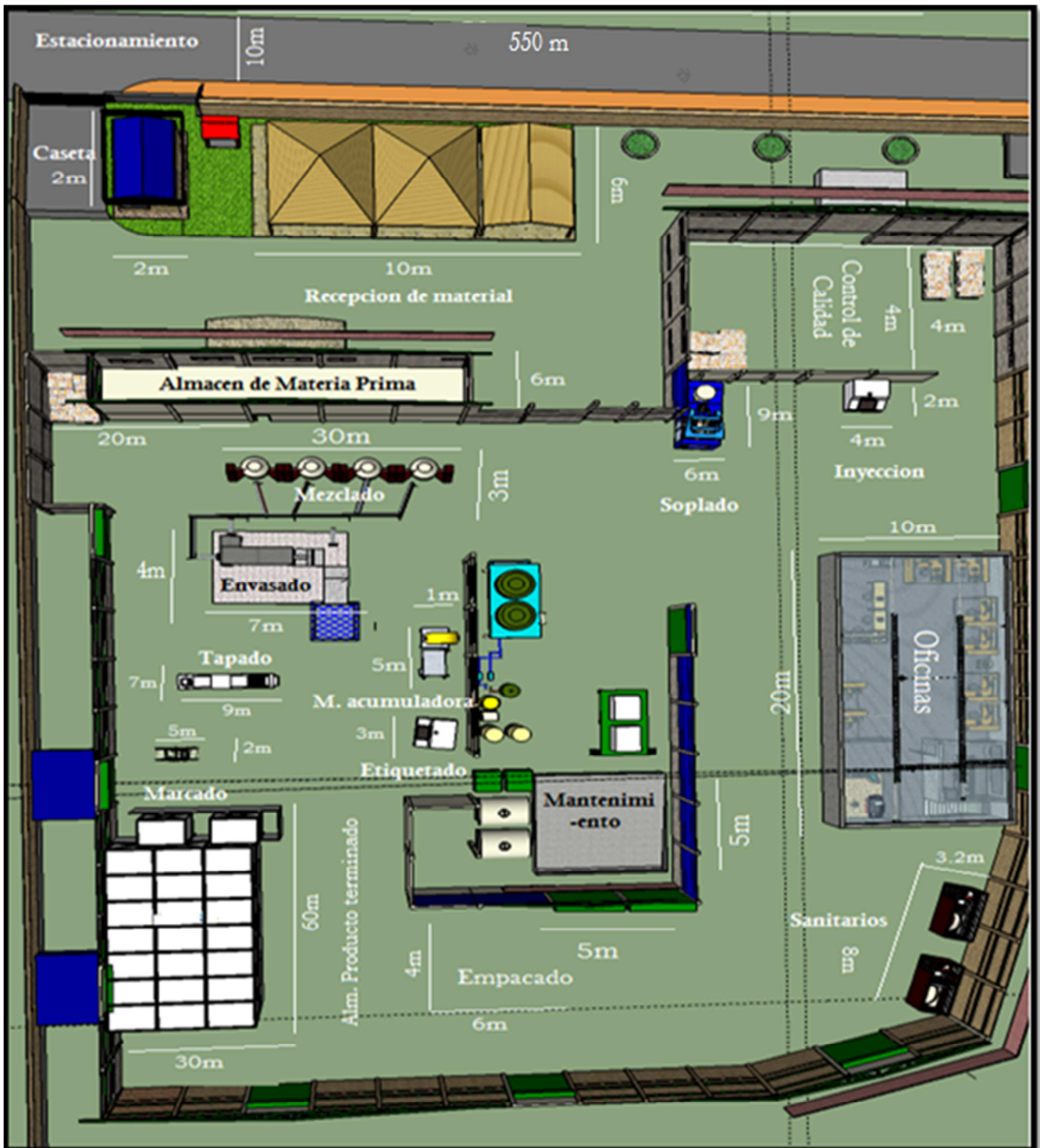
Esquema 2 Mapa de sucesión de operaciones.



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



Figura 8 Distribución de la planta (Layout).



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



4.2 Estudio técnico del proceso.

En este apartado se dará una breve descripción de cada una de las maquinas involucradas en el macro proceso, con la finalidad de dimensionar la capacidad máxima con la que cuenta cada unidad y así, poder analizar la limitación general de la tecnología usada.

4.2.1 Inyectora de preformas A-368 PET.

Tabla 6 Especificaciones técnicas: Máquina inyectora para moldeo de preformas

Maquina A-368.

Modelo		ALL-168 PET	ALL-218 PET	ALL-268 PET	ALL-308 PET	ALL-368 PET	ALL-468 PET
Unidad de Inyección							
Diámetro de Usillo	mm	48	55	60	70	75	84
Relación L/D del Usillo	L/D	25	25	25	25	25	25
Volumen de Disparo (Teórico)	cm ³	389	499	707	989	1457	2160
Capacidad de Inyección (PS)	g	350	449	636	900	1325	1966
	oz	12.4	15.9	22.4	31.7	46.7	69.4
Presión de Inyección	Mpa	140	144	142	157	156	141
Velocidad de Inyección	mm/s	114	96	91	86	92	96
Velocidad del Usillo	rpm	0-180	0-180	0-180	0-180	0-180	0-160
Unidad de Cierre							
Fuerza de Cierre	KN	1680	2180	2680	3080	3680	4680
Carrera de Cierre	mm	425	470	540	600	700	750
Distancia entre Barras	mm	465x465	515x515	570x570	660x660	725x705	800x762
Altura Máx. del Molde	mm	480	530	600	660	750	820
Altura Mín. del Molde	mm	180	200	220	250	250	300
Carrera del Botador	mm	130	130	130	160	160	200
Fuerza del Botador	KN	39.2	62	62	70	110	120
Número de Botadores		5	5	9	13	13	13
Generales							
Presión Máx. de Bombeo	Mpa	16	16	16	16	16	16
Potencia de la Bomba	KW	15	18.5	22	30	37	45
Potencia de Calentamiento	KW	11.2	13	17	18.7	22	26
Dimensiones de la Máquina (LxWxH)	m	5.18x1.21x2.22	5.8x1.34x2.27	6.09x1.41x2.34	7.05x1.71x2.42	7.59x1.87x2.57	8.30x1.92x2.71
Tanque de Aceite	Litros	200	280	315	550	650	700
Peso de la Máquina	Ton	5.5	6.1	9	11	15	20

Fuente: Manual de uso técnico de la inyectora de pre moldeo A-368 PET.



Análisis de producción:

- 300 preformas de 1 litro cada 3 min. En tres rejillas con 100 moldes. = 6,000 preformas por hora
- 180 preformas de 1 galón cada 3 min. En 2 rejillas con 180 moldes. = 3,600 preformas por hora.
- 400 preformas de 1/8 de litro cada 3 min. En 4 rejillas con 400 moldes = 8,000 preformas por hora.

Los requerimientos son casi exactos, la producción de todo el día con respecto a los envases se tendría en 3 horas mientras se mezcla el primer tanque podemos empezar a producir preformas para el llenado de alguna de las presentaciones.

4.2.2 Sopladora AL-1750

La máquina AL-1750 trabaja en serie, posiciona las preformas en brazos mecánicos móviles que acomodan la preforma en matrices de acero previamente calentadas para posteriormente inyectan aire caliente en su interior, cuenta con 14 brazos giratorios y el tiempo de montaje y desmontaje de todas las matrices es aproximadamente 30 min.

Capacidad de la maquina según especificación: 2, 250 botellas por hrs. Que son 37.5 por minuto.

Con catorce brazos móviles, cada brazo produce 2.679 envases por minuto de cualquier capacidad.

- Producción de galón necesaria: $3,520 \text{ envases} = 3,520/2,250 = 1.565 \text{ hrs} + 30 \text{ min.} = \mathbf{2.06 \text{ hrs}}$
- Producción de litro necesaria: $2,640 \text{ envases} = 2,640/2,250 = 1.173 \text{ hrs.} + 30 \text{ min.} = \mathbf{1.67 \text{ hrs.}}$
- Producción de 1/8 de litro necesaria: $7,040 \text{ envases} = 7,040 /2,250 \text{ hrs.} + 30 \text{ min.} = \mathbf{3.63 \text{ hrs.}}$

Total: 7.36 hrs. < 1 turno.



Tabla 7 Especificaciones técnicas: Máquina sopladora AL-1750.

Productividad		BPH	600*
Número de Cavidades por Molde			1
Envase	Volumen Máximo del Envase	Litro	2,250
	Diámetro del Cuello	mm	28 — 63
	Máximo Diámetro del Envase	mm	210
	Altura Máxima del Envase	mm	430
Potencia	Consumo de Potencia Nominal	KW	33
	Consumo para Calentamiento	KW	30
Aire Comprimido	Presión de Operación	Kg/cm ²	7
	Consumo de Aire para Operación	M ³ /min	1.5
	Presión de Soplado	Kg/cm ²	30
	Consumo de Aire para Soplado	M ³ /min	1.0— 3.0*
Máquina	Dimensiones (LxAxH)	m	9 x 6 x 3 m
	Peso (Alimentador de Preforma no Incluido)	Kg	3000

Fuente: Manual de uso técnico de la sopladora A-1750.

4.2.3 Mezcladoras RS 2200 SV

Las mezcladoras RS 2200 SV es un modelo con sistema de vacío. Cuenta con una tolva con capacidad para 1,500 litros por mezcla. Con un sistema de des aireación para obtener una mezcla homogénea y de calidad.

Construidas completamente en acero inoxidable cumpliendo las regulaciones relativas a la seguridad alimentaria.

El tanque está separado de los órganos dinámicos con el fin de eliminar cualquier posibilidad de contacto entre el alimento y los sistemas mecánicos de movimiento. Las tolvas cuentan con regulador de velocidad, y una memoria de producción para obtener datos de repetitividad productiva.



4.2.4 Envasadora DN-R250

La envasadora, cuenta con una serie de equipos de tipo rotativo, está enfocada para producciones con un rango de **4,100 a 6,000 litros por hora** dependiendo del número de boquillas instaladas, tamaño de envase y producto a envasar; Es un equipo automático y eficiente, para grandes lotes de producción.

El control de envases se logra mediante guías y estrellas diseñadas especialmente para cada envase en particular, el diseño de estas guías y estrellas, cuenta con un sistema de cambio rápido, lo cual facilita el cambio entre presentaciones.

El equipo cuenta con una bomba centrífuga de velocidad variable, para controlar la velocidad del producto al envasar, tiene capacidad para ubicar hasta 300 boquillas dependiendo del tamaño del envase, acomodándose a lo largo de una cadena cinemática.

4.2.5 Tapadora EXR-260s

Consta de un poste central con ajuste de altura, donde va acoplado un cabezal equipado con 6, 8 o 12 ejes de enroscado, estos son actuados por medio de levas y engranes. Se utiliza la estrella de salida de envases al transportador para seleccionar y posicionar la tapa para que sea recogida por el dado o chuk posicional y posteriormente sea descendida en la boquilla del envase, mientras tiene un movimiento rotacional.

Este movimiento permite que la tapa se enrosque con facilidad y evita al máximo el trasroscado de tapas.

Este procedimiento viene en conjunto con el proceso de envasado según sus características; tapa 200 botellas por minuto.



4.2.6 Etiquetadora ES-2.

La máquina etiquetadora cuenta con un cabezal robusto, controlado en forma electrónica por un PLC (Controlador Lógico Programable) de alta velocidad y cuenta con memoria para el manejo de recetas, almacena los valores de operación de diferentes productos, lo cual, agiliza el cambio entre los diferentes envases o presentaciones.

El diseño modular de estos equipos permite que por medio de accesorios acoplados se puedan aplicar etiquetas a envases cilíndricos, de caras planas, ovaladas, o en la parte superior, logrando producciones de hasta 160 etiquetas por minuto.

Figura 9 Parámetros técnicos de la etiquetadora ES-2.

Parámetros Técnicos:

- Velocidad: 0-30m/min Altura Aplicable etiquetas estándar: por debajo de 130 mm
- Diámetro interno aplicable del papel: $\phi 75$ mm, el diámetro externo dentro $\phi 360$ mm
- Espesor trabajo aplicable: dentro de 120 mm (se puede diseñar según el requisito del cliente)
- Altura de trabajo aplicable: dentro de 300 mm (puede diseñar según el requisito del cliente)
- Precisión de Colocación: ± 1 mm
- Voltaje Aplicable: 600W, 200V 50/60Hz
- Tamaño de la forma exterior (L x W x H): 2500 x 1400 x 1550mm

Fuente: Manual técnico de la etiquetadora ES-2.



4.2.7 Mesa de acumulación serie MA-S

La mesa de acumulación de salida para envases consiste en un disco de velocidad variable, equipado con barandales y guías para recibir y acumular producto desde el transportador hacia el centro de la mesa, en forma estable, eficiente y sencilla.

La mesa de acumulación cuenta un diámetro de 240 cm y es fácil de acoplar a las cintas transportadoras pues no requiere gran contacto o acoplamiento especial con estas.

Este tipo de mesas de acumulación, permite efficientar el proceso de empaque final de los envases en cajas o tarimas a la salida del etiquetado, logrando así una continuidad en la cadena de producto, ya que evitan los tiempos perdidos por paros debido a la saturación del transportador de salida y es el último paso que el producto terminado pueda ser empacado.

4.3 Estudio de la operación de mezclado.

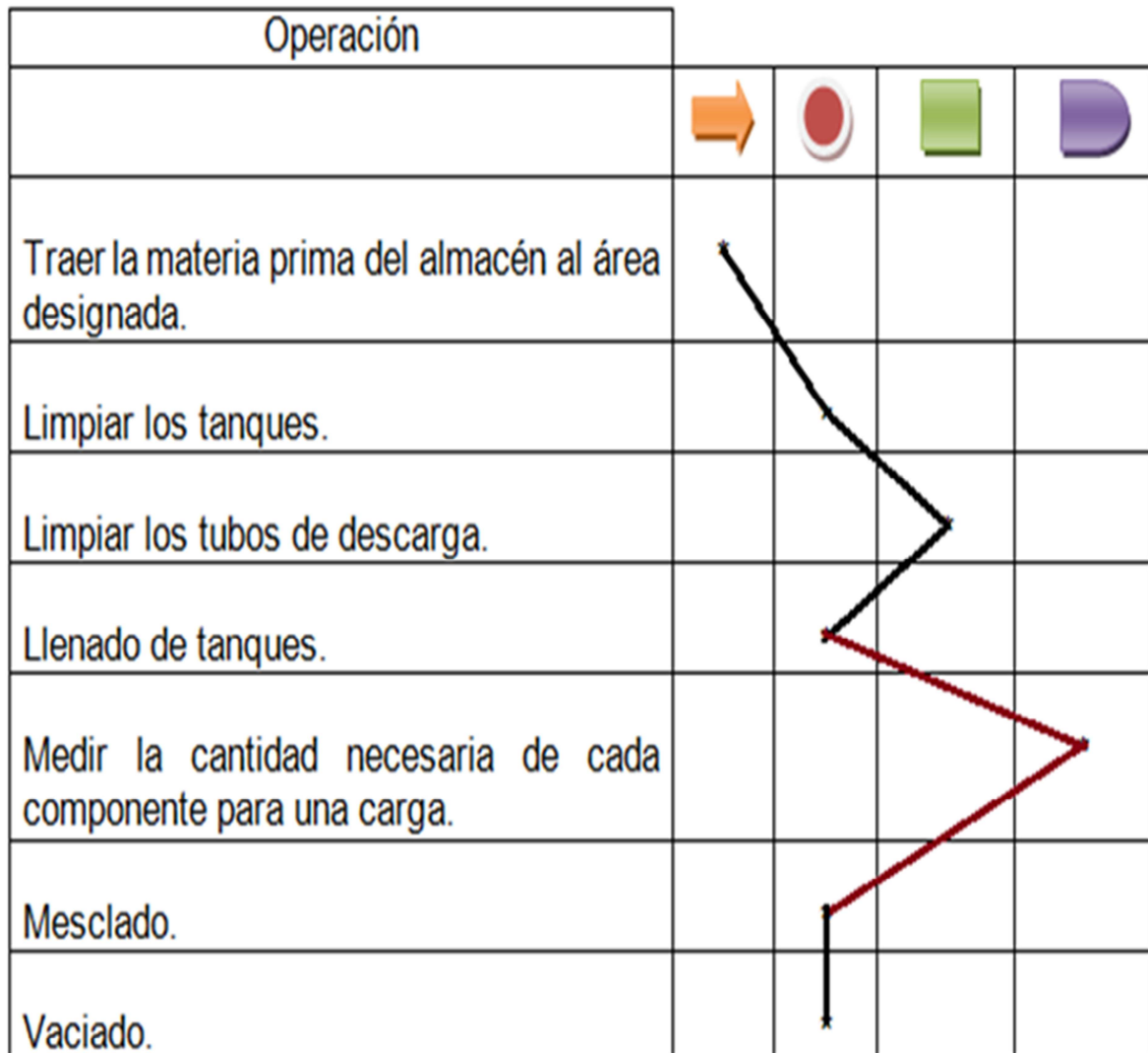
En el proceso de mezclado es ejecutado por 4 operarios de género masculino cuyas edades están en el rango de los 22 a los 30 años de edad.

Se utiliza personal masculino debido al transporte de los materiales primarios en costales desde el almacén de materia prima hasta una zona de descarga cerca de las tolvas mezcladoras.

No se tiene un registro de cuantificación de gastos materiales por lo que se toman los ingredientes directamente de los costales en los que llega la materia prima mediante tasas medidoras, se colocan los ingredientes dentro de las tolvas previamente llenadas con agua, se tapa la tolva y se enciende la máquina; el mezclado dura aproximadamente 1 hora, al finalizar se procede a abrir la compuerta inferior haciendo pasar el líquido por los tubos de descarga hacia la operación de llenado.



Esquema 3 Diagrama del proceso de mezclado.



Fuente: elaboración propia mediante observación.

4.3.1 Ingredientes ocupados por carga.

Los componentes con los cuales se elabora la esencia de vainilla artificial, no son de tipo no perecederos, almacenados en espacios frescos no regulados por sistemas de refrigeración (a temperatura ambiente).



Tabla 8 Componentes por carga

CONCEPTO	MEDIDA
Benzoato de sodio	1.5 kg
Caramelo (azúcar)	40lt
Color caramelo	0.5kg
Monopropilen glicol	6kg.
Alcohol	6lt.
Éter de ron	300 ml.
Sabor mantequilla	500ml.
Vainilla	5 kg.
Etil vainilla	200gr.
Etilmaltol	300gr.
dihidrocumarina	500gr.

Fuente: Receta general de esencia de Vainilla Artificial "Bethel".

4.3.2 Secuencia de proceso de mezclado (por numero).

Tabla 9 Secuencia de pasos en las tolvas mezcladoras.

Mescladora	Lavado y llenado	Colocar ingredientes	Mesclado	Vaciado
A	1	2	3	13
B	4	5	6	13
C	7	8	9	13
D	10	11	12	13
A	14	15	16	26
B	17	18	19	26
C	20	26

Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN DE VARIACIONES



5.1 Introducción

Uno de los objetivos de la investigación es definir si los problemas flotantes del área de mezclado, solo están en ese departamento o si son causados por operaciones anteriores o subsecuentes causantes de retraso y así poder localizar la existencia de mayor variación en función de los desperdicios ya mencionados en la filosofía Lean.

Resulta fundamental conocer por experiencia del trabajador, donde se encuentra mayor recurrencia de problemas productivos; no es necesario mapear todas las operaciones dado que muchas actúan totalmente controladas por automatización y no interviene la mano de operarios, es decir, ya trabajan bajo estándares dados por el fabricante de la máquina.

Las operaciones que están sujetas al error humano y donde se han detectado las fallas son:

- Transporte de materia prima de almacén a operación de mezclado.
- Mezclado

A partir de éste punto se comienza la aplicación de la metodología Six-sigma con su modelo metodológico DMAMC, reconociendo efectos y variaciones provocadas en las operaciones que tienen los problemas productivos más significativos. Posteriormente, concientizar algunas técnicas de Lean Manufacturing para la mejora continua.



5.2 Fase Definir

5.2.1 SIPOC (Diagrama de alto nivel)

Tabla 10 Diagrama SIPOC para el mezclado

Proveedores	Entrada	Proceso	Salida	Clientes
Almacén de materia prima.	Materia prima	Mezclado	Mezcla homogénea de esencia de artificial.	Envasado
Variación X_{θ}	Variación X_{θ}	Variación X_{θ}	Variación X_{θ}	Resultado Y_{θ}
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de tiempo al transportar la materia prima. • Mala distribución del espacio. • Herramienta deficiente en el transporte. • Falta de materia prima para comenzar a producir. • Falta de personal para surtir la orden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rechazo constante de materia prima por pobre calidad. • Falta de importancia de parte del trabajador con su trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de tiempo excesivo que toman los trabajadores para preparar las mezcladoras y empezar a producir. • No aprovechamiento del 100% sobre la capacidad de las mezcladoras. • Fallas en las maquinas. • Medición empírica de los componentes de la mezcla en 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento o deficiente de los tubos de descarga. • Reprocesamiento, debido a la no homogeneidad de los ingredientes. • Cantidad de esencia de salida insuficiente para las dimensiones del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retardos posteriores en la etapa de envasado. • Desequilibrio y baja en la productividad de la máquina de envasado.

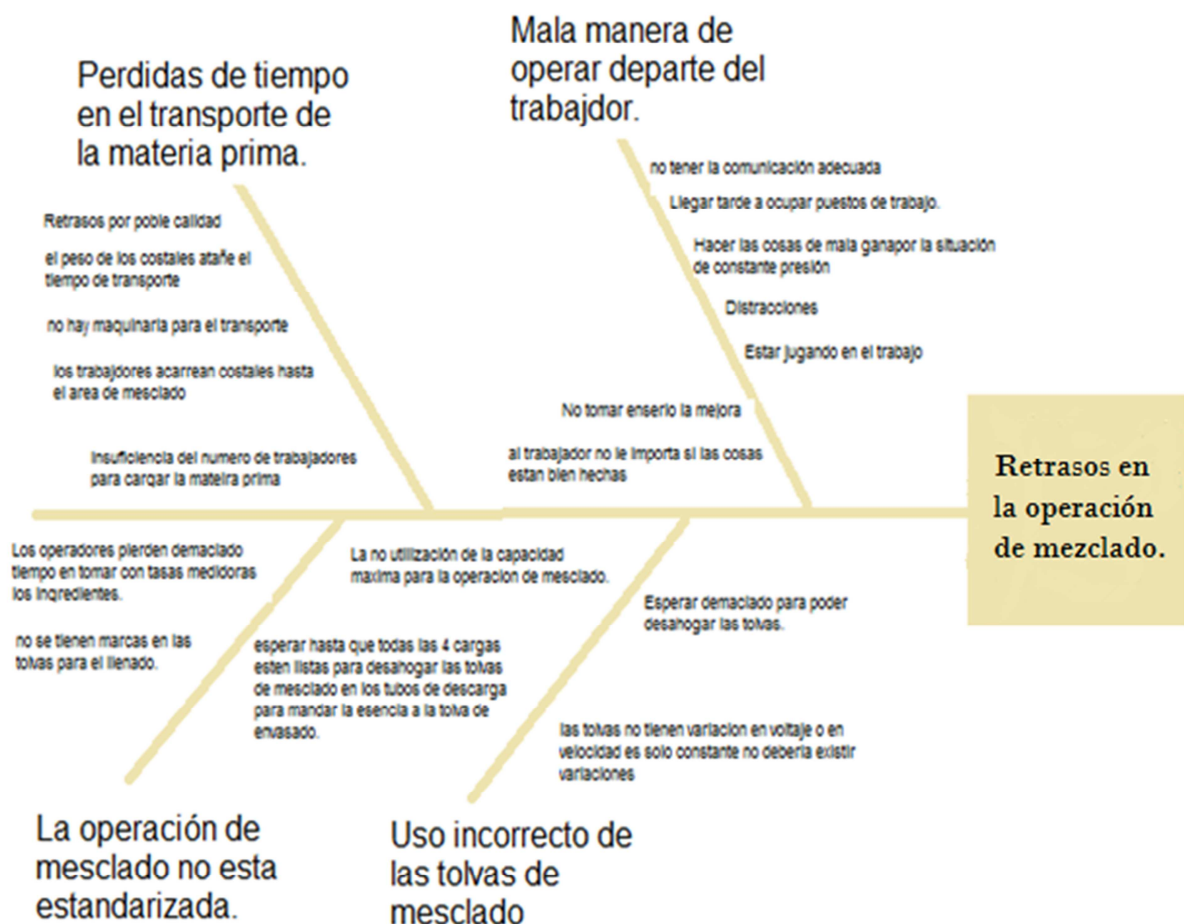


<ul style="list-style-type: none"> • Fallas en el periodo de entrega de los proveedores. 		<p>el momento de agregado a las tolvas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempos muertos entre preparación de una tolva a otra. 		
---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Diagrama de espina de pescado.

Esquema 4 Diagrama de espina de pescado.



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



5.2.3 Resultados de la encuesta aplicada en el área de producción.

Los resultados de la encuesta aplicada del día 29 de febrero del 2014, siendo las dos de la tarde (hora de salida del trabajador) fueron:

- Los trabajadores no tienen absoluta comunicación con alta dirección.
- Entre empleados la comunicación es regular.
- A alta dirección no le importa si el trabajador está a gusto con lo que hace, solo saben que alguien está preparando las tolvas.
- No tienen una estandarización del proceso, todo es a “buen ojo”.
- No cuentan con la maquinaria adecuada para operar.
- Las condiciones para operar son malas.
- Los trabajadores toman su puesto a la hora indicada pues en caso de no hacerlo baja su salario.
- Han ocurrido accidentes constantes en esas áreas y en el paso entre ellas.
- Solo existen 2 supervisores; estos, no son solo para la operación, son para toda la fábrica.
- La comunicación con los supervisores es nula.
- Los trabajadores creen que el ámbito laboral es malo y empeora por ineficiencia en el área de mesclado.



5.3 Fase Medir.

En esta parte de la investigación se recabaran las muestras para su posterior análisis, asignando parámetros de medida según las características de la operación, gracias a la experiencia del trabajador y a su valiosa opinión, sabemos que el problema se encuentra entre el Almacén de materia prima y el área de mezclado. Por lo cual se concentra el estudio en diferentes tipos de pruebas para cuantificar la variación en el área, usando análisis enfocados a: maquina-operación, maquina-operador, transporte-tiempo, maquina-maquina etc.

El tiempo requerido para la extracción de muestras es de 4 semanas donde se observaran y cuantificaran los tiempos de las diferentes actividades.

Tabla 11 Diagrama de Gantt para fase medir.

Día/Área.	Semana 1 y 2					Semana 3 y 4				
	2	4	6	9	11	13	18	23	25	27
Almacén de P.T										
Incorporación de componentes										
Tiempos de mesclado.										

Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



5.3.1 Muestras de tiempo e lidas para el transporte de materia prima.

La materia prima es comprada y traída de los proveedores cada mes, descargada y acomodada en el almacén de materia prima por delimitación de áreas marcadas. Los materiales son transportados por los mismos operarios de las tolvas de mezclado en total dos operadores cargan los costales con los ingredientes y los colocan en un área marcada en el piso para secuencialmente tomarlos dentro del área de mezclado para verterlos a las tolvas mezcladoras.

Este proceso se repite cada que se acaba algún componente, es decir, cuando ya no hay algún elemento material para hacer la mezcla, un operario va al almacén de materia prima y trae el faltante. Los tiempos en traer el material tienen una dispersión irregular a medida que se consumen los componentes (transportan varias veces cantidades pequeñas de material).

Tabla 12 Tiempos de transporte por día.

Rango de tiempo/veces por día.	Día 1	Día 2	Día 3
1-5 min.	15	7	9
5-10 min.	6	4	3
10-15 min.	2	0	1
15-20 min.	0	0	0
20-25 min.	0	0	0
25-30min.	0	0	0

Fuente: Loyola Macías Luis Manuel.



5.3.2 Medición del vaciado promedio de ingredientes a las tolvas.

Se toma una muestra programada de 1 ciclo por los 3 días de prueba, es decir, el día 1, 2 y 3, se tomó la muestra de la primera tolva y se saca su promedio para su posterior análisis.

Tabla 13 Tiempos de la toma de ingredientes hasta el vaciado T1.

CONCEPTO	MEDIDA	Tiempo promedio primera tolva diaria (seg.)
Benzoato de sodio	1.5 kg	18.23
Caramelo (azúcar)	40 lt	128.48
Color caramelo	0.5 kg	15.32
Monopropilen glicol	6 kg.	25.36
Alcohol	6 lt.	67.18
Éter de ron	300 ml.	18.34
Sabor mantequilla	500 ml.	20.23
Vainilla	5 kg.	23.12
Etil vainilla	200 gr.	18.45
Etilmaltol	300 gr.	21.29
dihidrocumarina	500 gr.	27.23
\bar{X}_{Total}	-----	383.23

Fuente: Estudio de tiempos por cronometro, Loyola Macías Luis Manuel.

Tabla 14 Tiempos de la toma de ingredientes hasta el vaciado T2.

CONCEPTO	MEDIDA	Tiempo promedio segunda tolva diaria (seg.)
Benzoato de sodio	1.5 kg	25.36
Caramelo (azúcar)	40 lt	159.45
Color caramelo	0.5 kg	25.33
Monopropilen glicol	6 kg.	23.19
Alcohol	6 lt.	70.23
Éter de ron	300 ml.	20.45
Sabor mantequilla	500 ml.	27.45
Vainilla	5 kg.	27.15
Etil vainilla	200 gr.	25.36
Etilmaltol	300 gr.	19.48
dihidrocumarina	500 gr.	30.03
\bar{X}_{Total}	-----	453.48

Fuente: Estudio de tiempos por cronometro, Loyola Macías Luis Manuel.



Tabla 15 Tiempos de la toma de ingredientes hasta el vaciado T3.

CONCEPTO	MEDIDA	Tiempo promedio tercera tolva diaria (seg.)
Benzoato de sodio	1.5 kg	24.56
Caramelo (azúcar)	40 lt	140.36
Color caramelo	0.5 kg	24.15
Monopropilen glicol	6 kg.	22.36
Alcohol	6 lt.	65.23
Éter de ron	300 ml.	19.26
Sabor mantequilla	500 ml.	19.45
Vainilla	5 kg.	26.22
Etil vainilla	200 gr.	21.55
Etilmaltol	300 gr.	23.56
dihidrocumarina	500 gr.	24.33
\bar{X}_{Total}	-----	411

Fuente: Estudio de tiempos por cronometro, Loyola Macías Luis Manuel.

Tabla 16 Tiempos de la toma de ingredientes hasta el vaciado T4.

CONCEPTO	MEDIDA	Tiempo promedio cuarta tolva diaria (seg.)
Benzoato de sodio	1.5 kg	21.21
Caramelo (azúcar)	40 lt	135.14
Color caramelo	0.5 kg	17.42
Monopropilen glicol	6 kg.	28.16
Alcohol	6 lt.	65.58
Éter de ron	300 ml.	22.54
Sabor mantequilla	500 ml.	19.59
Vainilla	5 kg.	23.12
Etil vainilla	200 gr.	21.55
Etilmaltol	300 gr.	23.49
dihidrocumarina	500 gr.	31.33
\bar{X}_{Total}	-----	409.13

Fuente: Estudio de tiempos por cronometro, Loyola Macías Luis Manuel.



5.3.3 Estudio de tiempos promedio en la secuencia del proceso de mezclado.

Esquema 5 Secuencia del proceso de mezclado promedio.

Operarios	Area de mezclado					Tiempo
	Secuencia					
A y B	Transporte de la materia prima total.					28.36 min.
C	Limpieza de la tolva (T1).					7.23 min.
D	Limpieza de la tolva (T2).					8.25 min.
C	Limpieza de la tolva (T3).					6.23min.
D	Limpieza de la tolva (T4).					6.54 min.
C y D	Limpieza de los tubos de descarga.					15.25 min.
A y B	Llenado de tolvas (T1 y T2)					7.45 min.
C y D	Destapando ingredientes					12.23 min.
A y B	Llenando Tolvas (T3 y T4)					7.12 min.
A	Vaciado de ingredientes a T1					6.45 min.
B	Vaciado de ingredientes a T2					7.56 min.
C	Vaciado de ingredientes a T3					6.85 min.
D	Vaciado de ingredientes a T4					6.82 min.
Maquina	Mesclado					1 hr.
A	Descarga de tolva (T1)					3.2 min.
B	Descarga de tolva (T2)					3.2 min
C	Descarga de tolva (T3)					3.2 min
D	Descarga de tolva (T4)					3.2 min
Tubos	Desahogo de tubos					12.23 min
Reinicio	-----					2 min.
Total por ronda.						179.79 min.

Fuente: Estudio de tiempos por cronometro, Loyola Macías Luis Manuel.

- Actividades simultáneas o secuenciales (se toma la de mayor duración).
- Actividades seguidas de otras o normales.



5.3.4 Conclusiones del estudio de campo.

Después de 4 semanas de pruebas, estudios de tiempos, visoría sobre la forma de operación de cada trabajador; es notable que no se tiene un control sobre la ejecución de las actividades.

La tarea de los supervisores (técnicos) radica en encargarse del eventual monitoreo y buen funcionamiento de las máquinas, pero no de cómo ejecutar de mejor manera el proceso completo respecto al rendimiento.

No se cuenta con un manual de procedimientos por lo que solo se le dan las indicaciones al trabajador los primeros días que labora sobre los ingredientes que debe tomar y descargar en las tolvas mezcladoras, los obreros no tienen la visión sobre lo que ocurre, pero tampoco les interesa.

Así mismo es notorio que por cada ciclo completo de mezclado, el tiempo muerto y el desperdicio es excesivo, cerca de 3 horas por cada ciclo. Cada tolva procesa menos de 1500 litros, que refiere su capacidad máxima, con estas complicaciones se torna muy complicado llegar a la meta de producción mensual.

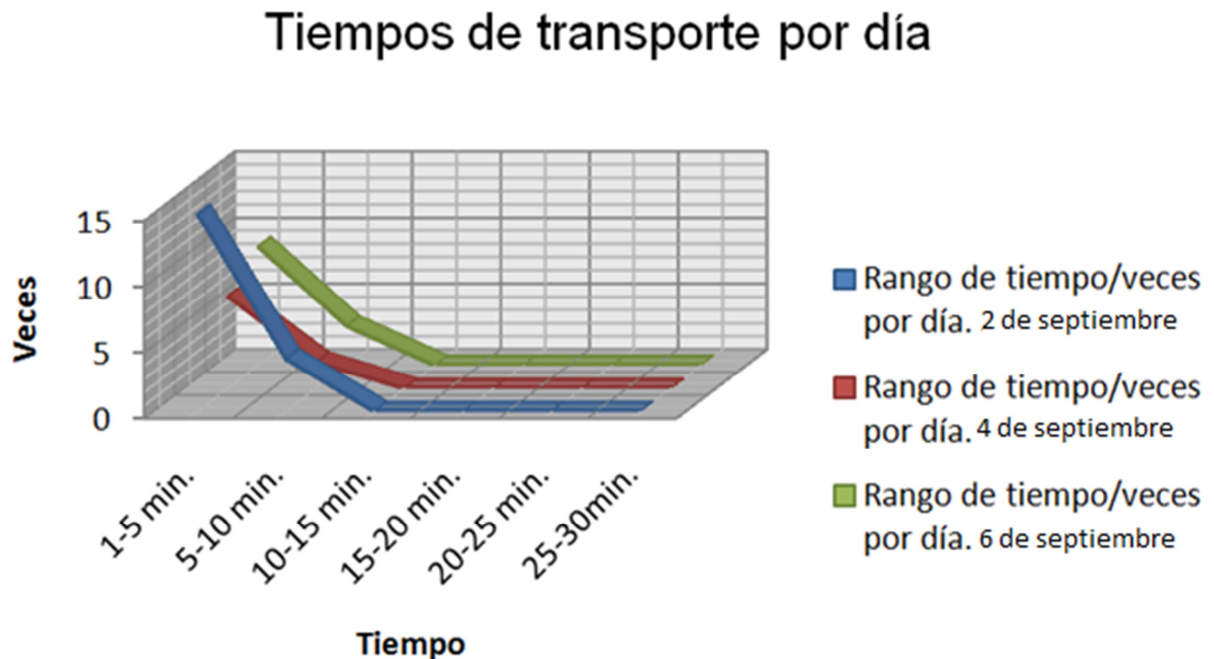
Dirección eventualmente visita la zona de mezclado pero al igual que seguridad e higiene solo regaña al personal, amenazando con bajas laborales, reportes y reducciones salariales, creando un pésimo ambiente laboral.



5.4 Fase Analizar

5.4.1 Análisis de la muestra: Tiempo de transporte por día (tabla 8).

Figura 10 Tiempos de transporte por día.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel 2007.

El primer día de la semana es cuando se tiene mayor movimiento de material del almacén de materia prima al área de mezclado y este movimiento decrece a medida que transcurren los días de la semana natural; la duración de estos viajes tiene un rango de 1 a 5 minutos.

Esto se debe a que el lunes transportan toda la materia prima necesaria para el proceso, recordando que solo dos trabajadores transportan la materia prima, por lo que es recurrente las idas y retornos del almacén de materia prima al área de mezclado, cerca del 15.8% total del tiempo dedicado al proceso se destina solamente al transporte.



5.4.2 Análisis desde la toma de ingredientes hasta el vaciado final de las cuatro tolvas por medio de medias.

5.4.2.1 Relación de medias.

Se calculan los promedios generales de los tiempos que se utilizan para tomar cada componente y soltarlo en la tolva de mezclado, posteriormente la gráfica de medias dará el análisis de la relación visual entre estas, reconociendo los valores promedio finales de los tres días por tolva se tiene que:

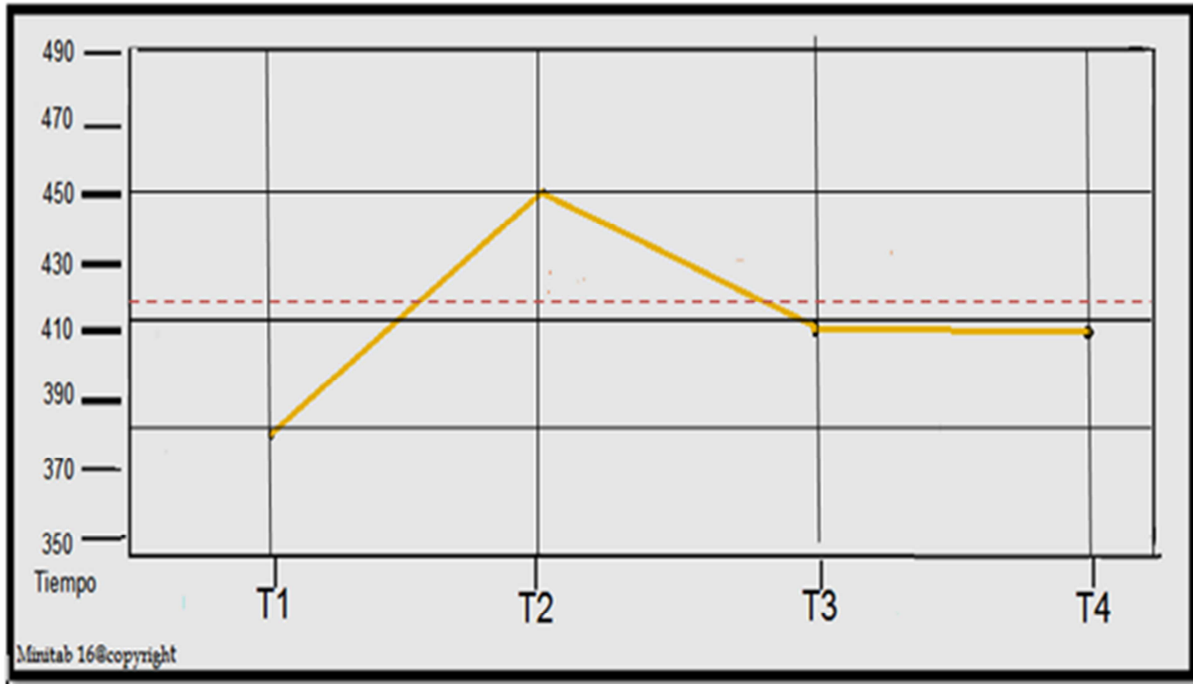
- Tolva I: 383.23 seg.
- Tolva II: 453.48 seg.
- Tolva III: 411 seg.
- Tolva IV: 409.13 seg.



$$\bar{X}_{Total}: 414.21 \text{ seg.}$$



Fig.11 Relación de medias



Fuente: Elaboración propia Minitab 16.

Notoriamente la variación principal ocurre de la tolva 1 a la tolva 2, es decir, los tiempos aumentan y después se estabilizan, el tiempo que tarda el preparar la primera tolva a la segunda es excesivo, esto puede ser causado por lo estorbo de las materias primas e instrumentos de medida o por actividades extras como ir por componentes que se consumen durante el proceso.

En resumen, el proceso es interrumpido por diferentes circunstancias causadas por trabajador e inherentes al proceso que se tiene actualmente operando.



CAPITULO VI

PROPUESTA DE MEJORA



6.1 Propuesta de mejora dentro de la fase mejorar.

En esta fase de la investigación, se propondrá mediante la filosofía Lean, las posibles mejoras, para que el proceso sea eficiente, en la manera de transportar la materia prima como de efectuar la operación de mezclado, haciendo un balanceo de línea para que se pueda llegar a la meta de 16,500 lt/día.

6.1.1 Empaquetamiento de los ingredientes en caja por carga.

Es necesario mantener junta la materia por carga en donde cada preparación por tolva se presente en cajas y que todo lo necesario este dentro, empaquetado, pesado y listo para ser vaciado.

El total de espacio por caja para cada carga: 0.136 m³ es decir de: 60cm x 50cm x 0.46cm.

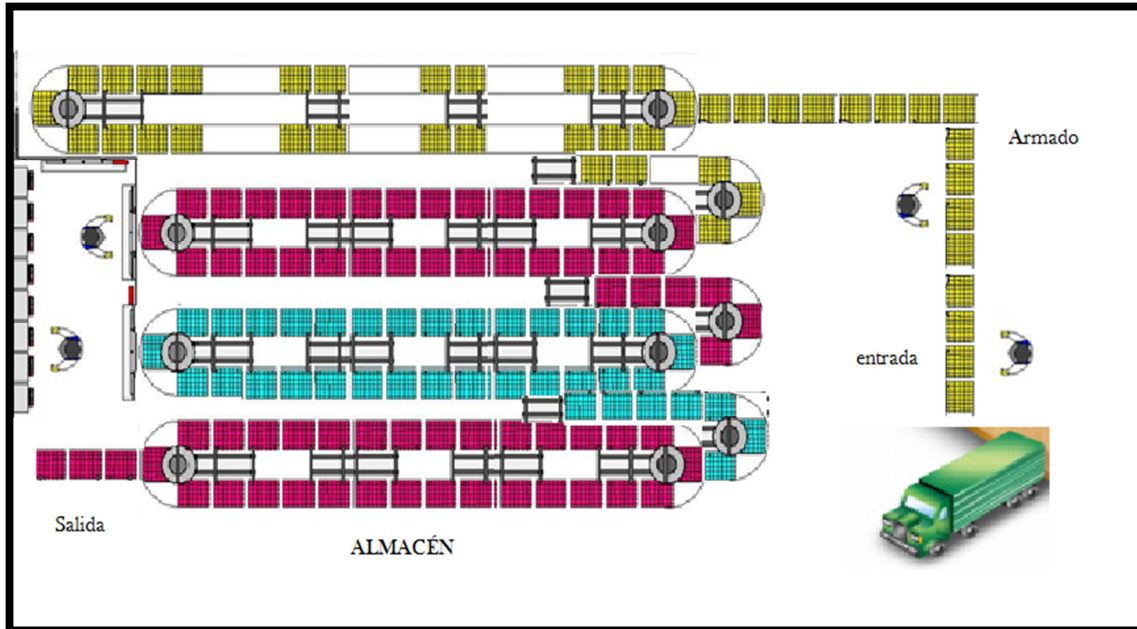
El grosor de las cajas de alta dureza es de 2cm de grosor con un peso de 600gr. Entonces las cajas tendrán una ocupación total de: 80cm x 70cm x 66cm = 0.3696 m³. Con un peso total de 20 kg.

Las cajas tendrán una etiqueta con una numeración que indique la tolva asignada para la mezclarse, así, como el número de caja anterior y el número de caja subsecuente, creando un modelo tipo pull (jalar), evitando recorridos innecesarios, desperdicios en accidentes con la materia prima.

La elaboración de cada caja es de manera continua por medio de una banda de rodillos tradicional, a base de 2 operarios responsables de almacén.



Figura 12 Elaboración de las cajas desde la descarga.



Fuente: elaboración propia.

6.1.2 Propuesta de tiempos para la operación de mezclado.

Los tiempos que se proponen están basados en una mejor organización, no existe una razón preponderante para realizar las tareas con el método tradicional que usa la compañía.

La finalidad es reducir los tiempos de preparación y acarreo de materia prima a manera de llegar a la meta mensual de producción, sin dejar de lado la calidad del producto.



Tabla 17 Estimación de tiempo promedio total en la operación de mezclado.

Tiempo	Actividad
10 min.	Transportar materia prima
5 min.	Limpiar un tanque.
15 min.	Limpiar los tubos de descarga.
8 min	Llenado de una tolva a capacidad máxima.
6.9 min.	Vaciado de ingredientes.
1hr	Mesclado
3.2 min.	Vaciado
Total sin mesclado	41.2 min/hombre
Total del proceso	1.68 Hrs.

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que la limpieza de los tubos de descarga solo se realiza 1 vez por día, se propone el siguiente estudio de tiempos:



Tabla 18 Propuesta: Análisis de tiempos de mezclado

# Preparación	Transición (min.)	Mezclado (min.)	Transición en vaciado min.	Litros
1	45	60	105 – 108.2	1500
2	46 a 66	60	126 – 129.2	3000
3	67 a 87	60	147 – 150.2	4500
4	88 a 108	60	168 – 171.2	6000
1	109 a 129	60	189 – 192.2	7500
2	130 a 150	60	210 – 213.2	9000
3	151 a 171	60	231 – 234.2	10500
4	172 a 192	60	252 – 255.2	12000
1	193 a 213	60	273 – 276.2	13500
2	214 a 234	60	294 – 297.2	15000
3	235 a 255	60	315 – 318.2	16500
Total	318.2 min. = 5.31 hrs.	11 cargados	4 trabajadores	Meta cumplida

Fuente: Luis Manuel Loyola Macías.

Con el análisis anterior se observa que la meta de producción se puede cumplir si se tiene eficiencia operativa, disciplina y coordinación. Notando que la producción diaria puede obtenerse en un lapso de tiempo menor al de un turno de 8 hrs.



6.1.3 Aplicación de 5 s´.

El conocimiento de esta ideología por parte de los trabajadores de la zona productiva será de vital importancia, pues creara un bien tangible a corto plazo, que traerá el orden y limpieza que se requiere para el óptimo ahorro de tiempo y minimización de desperdicios.

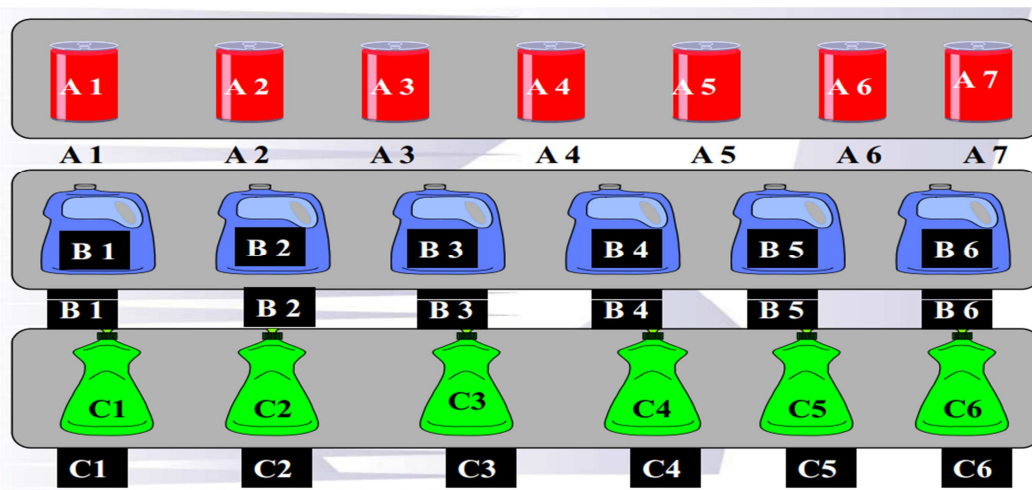
6.1.3.1 Seirí (Clasificar):

Fase donde se da importancia de separar todas las cosas útiles de las inútiles por ejemplo no dejar los contenedores regados por el área productiva, esto traería accidentes y graves repercusiones, así como reagrupar los envases primarios y secundarios de los ingredientes y depositarlos de nuevo en su caja para su posterior desecho.

6.1.3.2 Seiton (Ordenar):

Se estratifica y agrupar todas las cosas por su categoría o importancia en el proceso productivo o de mantenimiento.

Figura 13 Seiton (ordenar).



Fuente: Comité nacional de productividad e innovación tecnológica (pag. Oficial)



6.1.3.3 Seiso (Limpieza):

Los operadores de la maquinaria, saben de su mantenimiento y aseo, son en efecto los que tienen mayor poder en el cambio. Esta fase consiste en dejar la zona de trabajo absolutamente limpia, así como el equipo utilizado.

Cada trabajador revisará la limpieza de la zona productiva, las tolvas mezcladoras, los tubos de descarga, y espacios aledaños al terminar la jornada laboral diaria.

La limpieza es una forma de inspección útil para identificar defectos, piezas de las maquinas rotas entre otros desperfectos, desperdicios y sobrantes de material suelto.

6.1.3.4 Seiketsu (Estandarizar):

En esta fase se crean las condiciones para mantener el ambiente de trabajo organizado, ordenado y limpio; es la combinación de las tres fases anteriores.

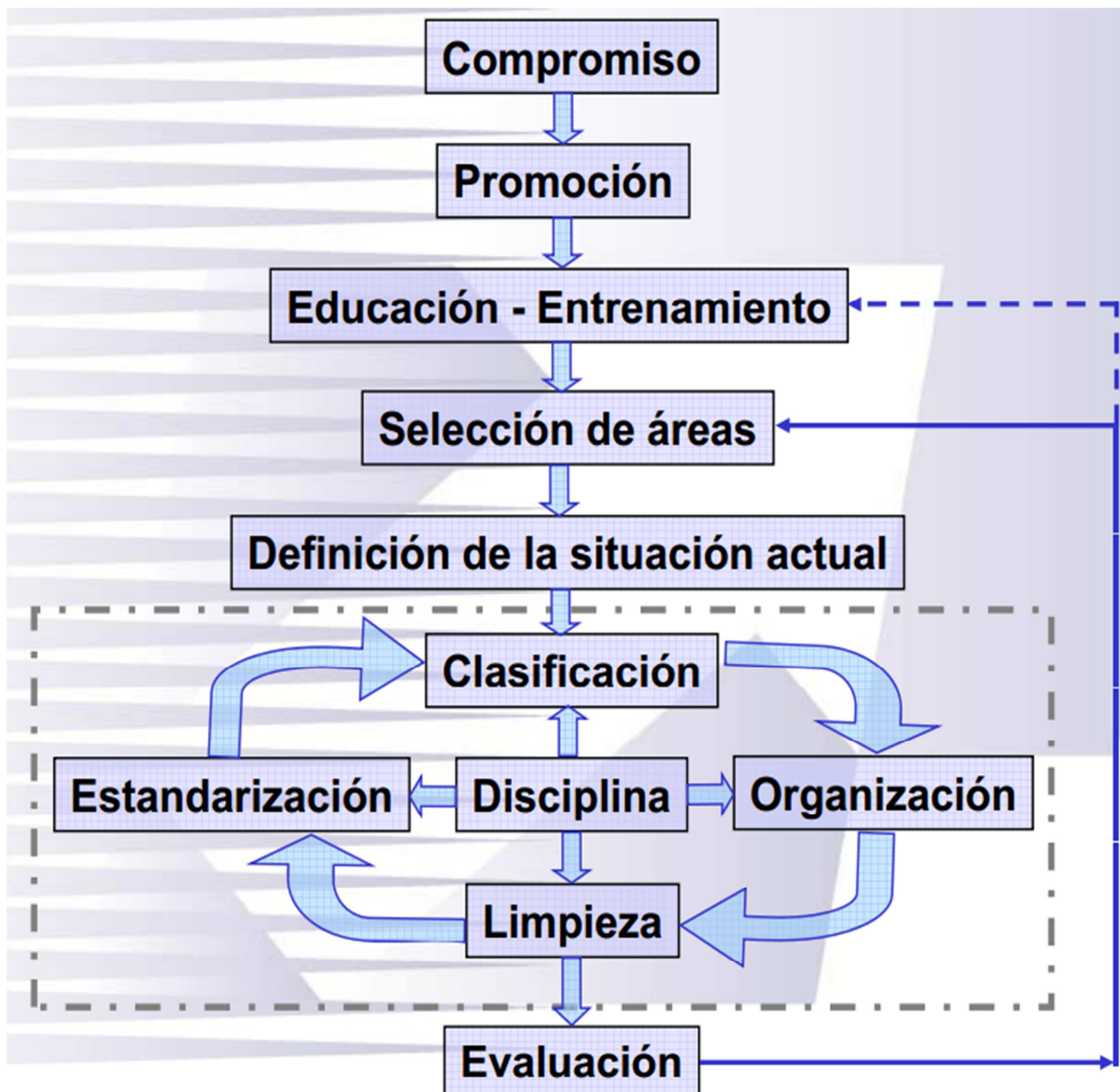
La señalización es bastante importante para crear conciencia de la mejora, se deben colocar carteles de tamaño adecuado, llamativos, que no se deje lugar a la duda, en lugares totalmente visibles y constantes al tránsito apoyándose en casos prácticos de actividades positivas y negativas fomentando y reconociendo razones de cambio.



6.1.3.5 Shitsuke (Disciplina):

Esta fase trata de crear un entorno transparente, que la mentalidad se mantenga constante a través del tiempo y pueda arraigarse la mejora en las instalaciones productivas de la organización.

Figura 14 Flujo de las 5 s.



Fuente: Comité nacional de productividad e innovación tecnológica (pag. Oficial)



6.1.5.6 Normas de mantenimiento

Como parte fundamental del correcto funcionamiento de la maquinaria, se debe contar con un manual de normas y procedimientos, en el cual se indiquen los pasos a seguir por parte de los técnicos al realizar servicios de mantenimiento. Para su constitución se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Chequeo periódico de equipos, estructuras y unidades de la planta.
- b) Seguir recomendaciones sobre mantenimiento de las casas fabricantes.
- c) Aplicar la experiencia adquirida durante la operación de la planta.
- d) Elaborar ensayos que permitan establecer frecuencia de la falla.
- e) Constitución indicada de grupos de mantenimiento por área.

6.1.4 Control total de calidad.

La ideología sobre un equipo de progreso constante, no debe referir solo a alta dirección, involucra también a los trabajadores, técnicos, personal de mantenimiento, administración, supervisión etc. Todos por igual tienen exactamente la misma importancia y relevancia que cualquier otro integrante. Al final de cada semana se consensan reflexiones en un círculo de calidad, cuestionarios etc. para resolver los problemas que surgen en el día a día, comentar las preocupaciones de todos los integrantes, analizar la situación general, se fijan objetivos y metas, planteando una estrategia interna competitiva, llevando a la empresa a un mejor desempeño y generar un ambiente de hermandad y unificación como empresa.



6.1.4.1 Los programas y planes de calidad.

6.1.4.1.1 Puesta en marcha

Una vez realizada la programación de producción, adquiridos los recursos, seleccionado y entrenado el personal, se procede a la implantación de la mejora.

Para tal fin, el ingeniero jefe de programa o el subalterno designado imparte órdenes de trabajo a los técnicos y operadores encargados de la ejecución.

Esta orden de trabajo deberá ser lo más explícita posible. Las órdenes de trabajo deben revisarse y aprobarse para que su ejecución sea efectiva y siga esquema organizacional de producción. En la orden de trabajo debe incluirse, además, el espacio necesario para que el ejecutante detalle comentarios u observaciones.

Las órdenes de trabajo pueden confeccionarse manualmente cuando se reciban quejas o pueden programarse para que su producción sea rutinaria mediante el uso de un programa de cómputo.

6.1.4.1.2 Supervisión

El control del programa de calidad debe llevarse a cabo directamente por el ingeniero de calidad y debe contener lo siguiente:

- Informes de labores: Deben ser presentados por técnicos y operadores semanalmente, correspondiendo con las órdenes de trabajo recibidas. Las causas de no correspondencia entre órdenes de trabajo y el informe deben quedar claramente especificadas.



El formato de estos informes debe ser claro y estructurado a manera de la total comprensión de un operario. El procedimiento de los informes brindará la retroalimentación que la supervisión debe entregar al sistema.

- Reportes de operación de la planta: Esta información es importante para evaluar los resultados de la aplicación del plan de calidad. Los operadores son un agente importante en la implantación y proporcionan un punto de vista independiente sobre la calidad que se tiene dentro de la empresa y con el producto. La forma de recolectar esta información debe ser coordinada con el departamento de producción de la empresa.
- Evaluación en el sitio: Se requiere una evaluación periódica por parte del departamento de calidad y mantenimiento acerca de las condiciones de funcionamiento de las unidades de la planta. Esa evaluación puede basarse en un programa aleatorio de mediciones e inspección que permitan un control cruzado de la labor de sus técnicos. Todo el control del programa se basará en el proceso estadístico de la información recibida. La toma de decisiones deberá estar basada en el análisis de toda esta información.



6.1.4.1.3 Evaluación

Esta es una etapa permanente del sistema y es la más importante. Permite la retroalimentación requerida para corregir cualquier deficiencia que se presente en la aplicación del programa.

Los resultados obtenidos deberán analizarse detenidamente y ser evaluados, a fin de determinar que no existen defectos en el producto y en el proceso general de operación.

El sistema deberá estar constantemente sujeto a monitoreo, teniendo presente las condiciones actuales de eficiencia. Es aconsejable realizar análisis de costos contra satisfacción de clientes, cuyos resultados representan la inversión y rédito de la calidad interna de la empresa.



CAPITULO VII
IMPLANTACIÓN Y CONTROL
DE LA MEJORA



7.1 Tiempo aproximado de implantación.

El tiempo aproximado de implantación es totalmente relativo y dependiente a la cooperación y cambio de filosofía por parte de cada uno de los integrantes de la empresa, en especial la de los directivos. Es todo un reto tratar de cambiar lo que por tantos años predominó en la forma de laborar, no obstante, los cambios traídos por la técnica serán de gran ayuda en la reducción del comportamiento de los desperdicios.

La empresa permite el montaje de un proyecto en un plazo no mayor a 90 días naturales y aproximando el tiempo de la línea de rodillos se calcula un plazo máximo de 10 días naturales para la puesta en marcha, detectando posibles errores que no se previeron, fuera de eso la costumbre laboral puede causar grandes estragos en la mejora, será necesario mantener los círculos de calidad constantemente activos.

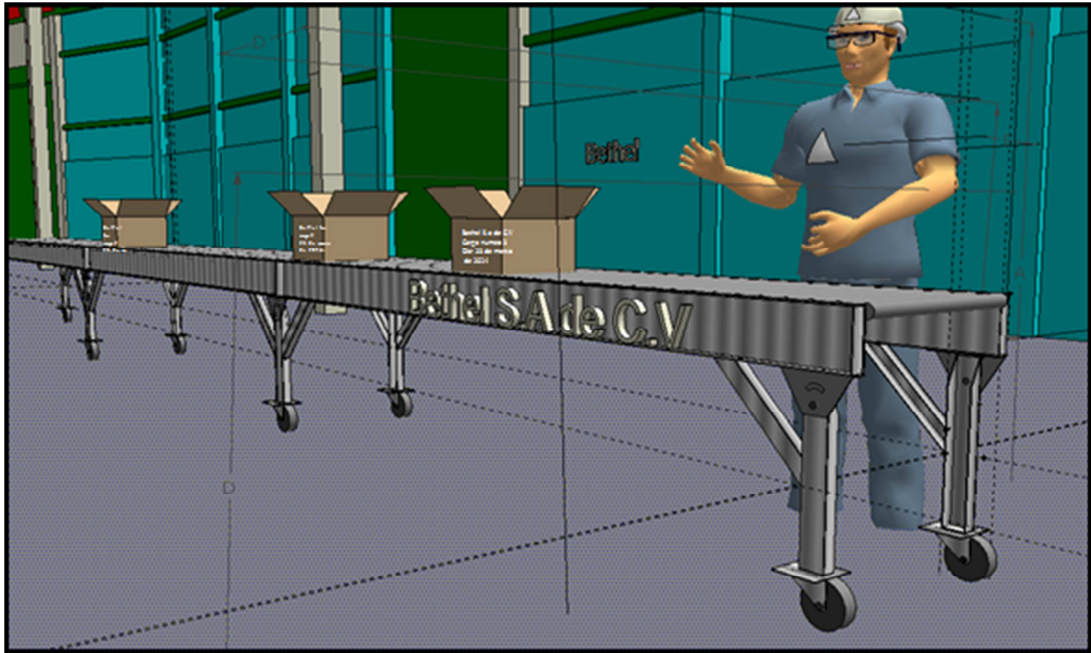
7.2 Desarrollo de la mejora.

El equipo de trabajo de “Bethel” está dispuesta a aceptar una nueva ideología para mejorar su estrategia competitiva, pues es visible que la empresa necesita ayuda con urgencia. Se intentará cambiar la forma de pensar de los 5 integrantes que hacen posible el proceso de mezclado, así como la optimización en los tiempos de proceso, agilización en el transporte del material y forma de operar etc.

Se propone comenzar con pruebas piloto de cajas de cartón que contienen los ingredientes por tanda, la utilización máxima de las tolvas con una marca en su capacidad máxima y tapas para evitar derrames así como un riel de rodillos para poder transportar las cajas con el material.

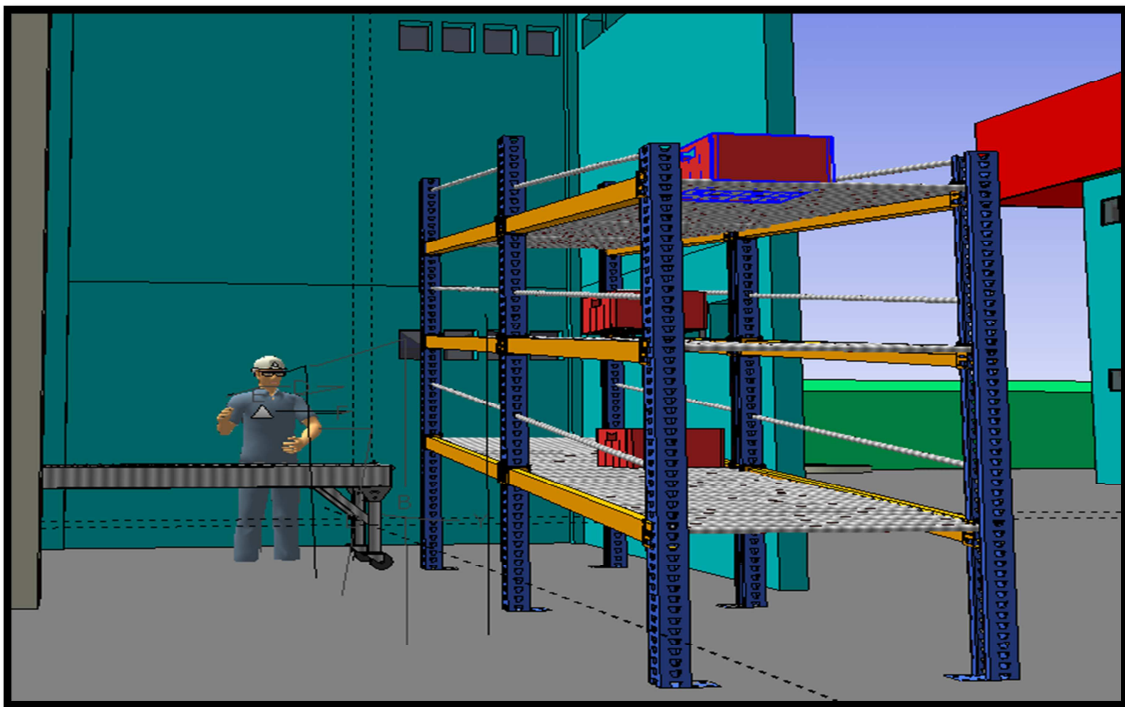


Fig. 15 Banda de rodillos y cajas con etiquetas de orden.



Fuente: Luis Manuel Loyola Macías.

Fig. 16 Racks de espera.



Fuente: Luis Manuel Loyola Macías.



7.2.1 Fase Controlar

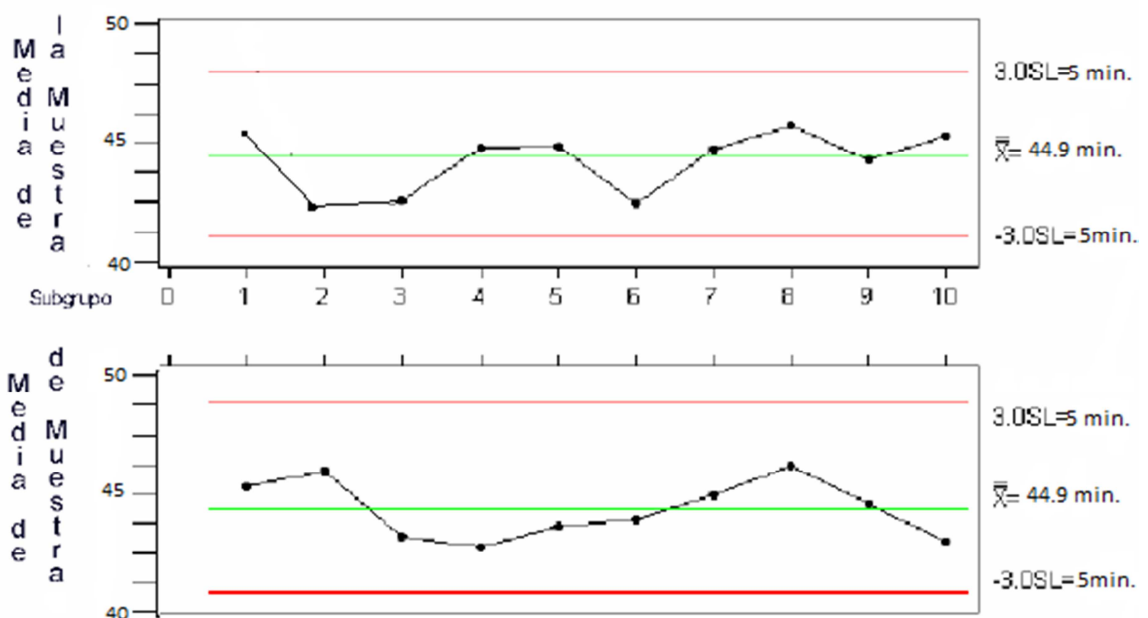
En la fase controlar se verificara la existencia de la mejora en relación a todo lo antes mencionado, para lo cual utilizaremos el impacto visual de las gráficas mediante la ejecución del nuevo proceso haciendo la comparación entre el antes y el después. El muestreo se realizará una semana después de la aplicación.

7.2.1.1 Control del tiempo de elaboración.

La toma de datos aleatoria (al azar) es la más eficaz para detectar variaciones, por lo que se toma la medición de la preparación de 10 tolvas, dos días al azar.

Figura 17 Gráfico X-R para B total.

Gráfico X-R para B Total



Fuente: Elaboración propia minitab 16.

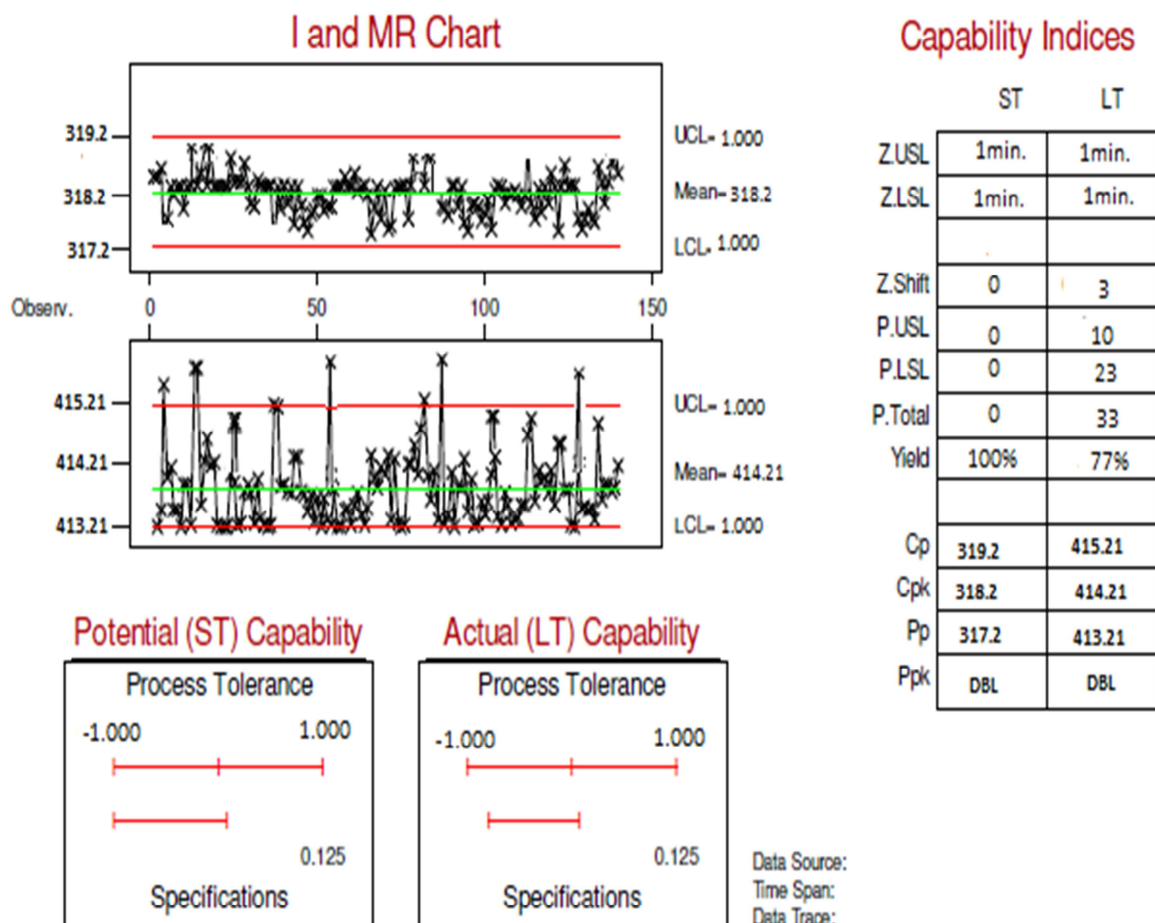


7.2.1.2 Control comparativo poblacional del vaciado de ingredientes.

Esta es la comparación de los dos procesos sobre la muestra inicial (solo una prueba), la finalidad es reconocer que la variación se normalizo de manera dramática y positiva con una notable reducción de la media, con los mismos parámetros de tiempo.

Figura 18 Grafico de control comparativo poblacional del vaciado de ingredientes.

Process Capability for Back Panel



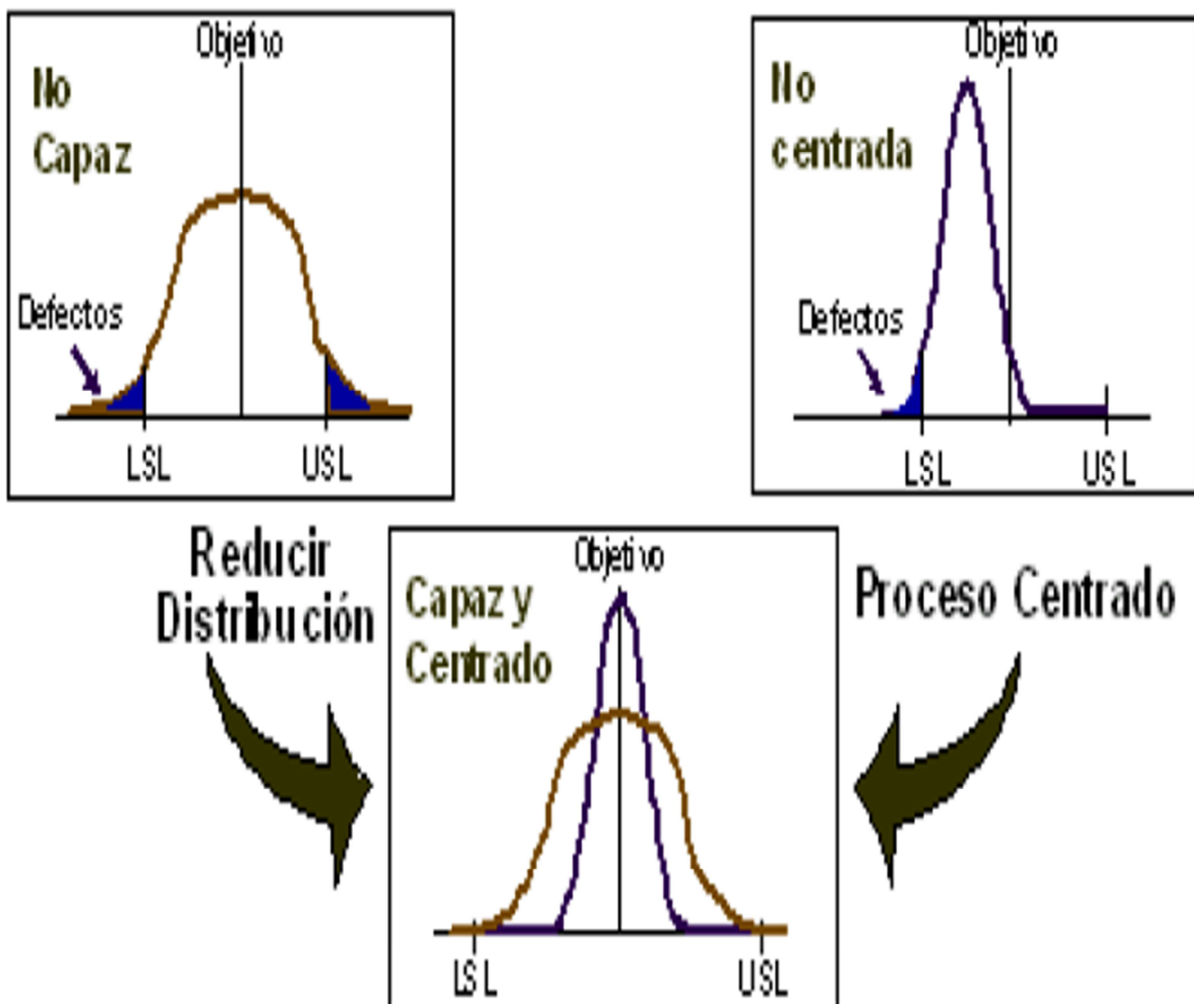
Fuente: Loyola Macías Luis Manuel, minitab 16.



7.2.1.3 Prueba de Curtosis Comparativa del Proceso.

El propósito para nuestro caso en Six-Sigma era aumentar la curva normal al grado de hacerla leptocurtica, más que estandarizar "Z" como desperdicio:

Figura 19 Objetivo de la curva normal por caso

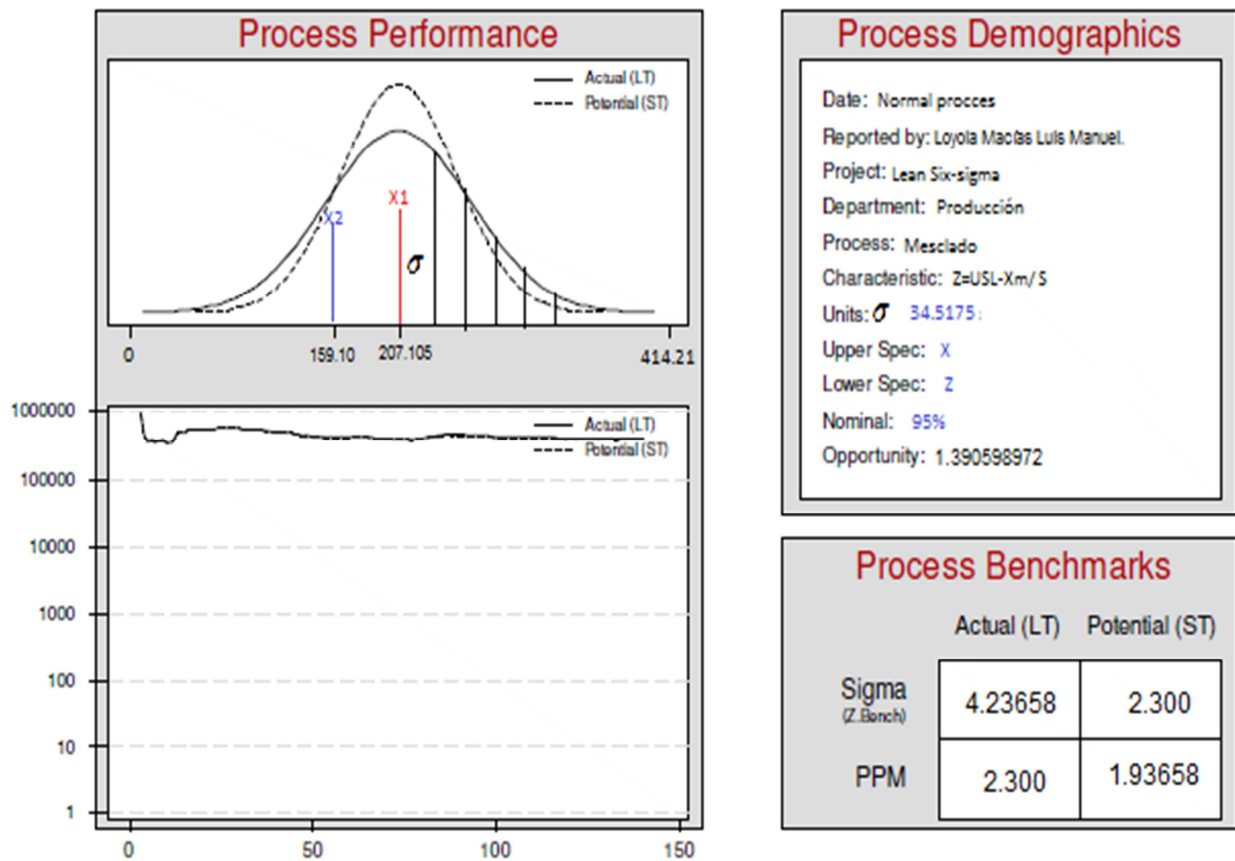


Fuente: Elaboración propia.



Figura 20 Curva normal comparativa

Report 1: Executive Summary



Fuente: Loyola Macías Luis Manuel, minitab 16.

El resultado es un amplio margen de mejora, tomando como base el proceso antiguo, para poderlo comparar directamente sobre sus medias (X_1, X_2), de tal manera que se puede observar que si cada sigma o desviación estándar del proceso antiguo vale 34.5175; el nuevo proceso se aleja del base line estándar aproximadamente 1.391 sigma, esto partiendo de los 6 sigmas es una mejora de cerca del 48.08% en la productividad.



CAPITULO VIII

CONCLUSIONES



8.1 Conclusiones Generales

La competitividad es una compleja necesidad de las empresas para poder sobrevivir, las organizaciones echan mano de las herramientas de calidad existentes para sobresalir, Six-Sigma y Lean Manufacturing son herramientas potenciales cuando la mentalidad de los integrantes de toda la organización cambia y en conjunto ponen de su parte.

La combinación de ellas basa sus principios fundamentales en ideas revolucionarias de la ingeniería industrial, cuyo fin es identificar las principales variaciones causantes de problemas generales de un proceso y corregirlo de una manera sencilla, efectiva, práctica y eficiente.

La metodología Six-Sigma es aplicable a diferentes problemas no solo en el ámbito de la producción, utilizando la curva normal para representar la variación o modificación del cambio.

La metodología Lean Manufacturing, trata de corregir los problemas causados por las variables encontradas previamente por Six-Sigma de una manera sencilla y práctica, con resultados que se pueden ver en el mismo lapso de aplicación.

El presente trabajo de investigación comprobó teóricamente que las metodologías de mejora continua Six-Sigma y Lean Manufacturing son capaces de elevar los niveles de funcionamiento productivo dentro de una empresa.

8.2 Conclusiones Particulares

El resultado de la investigación, fue más que satisfactoria, se logra no solo el aumento espectacular de la producción, al mismo tiempo se sientan las



bases de un proceso sólido y continuo, que se vuelve tan práctico que al aumentar la demanda del producto, este puede aumentar o reducir su capacidad siguiendo el mismo procedimiento a diferente escala sin afectar su efectividad. Se logra la mejora en el tiempo de las actividades de transporte de materia prima a la zona de mezclado, así como de los tiempos de vaciado de los ingredientes utilizados en las tandas de carga.

La empresa no está preparada para un impacto grande de naturaleza combinada, pues es fácil ver fuentes de variación no solo en el área estudiada sino a lo largo de todo el proceso.

Por otro lado, la implantación de la ideología oriental del control total de la calidad es un tema que se tiene que abordar con tiempo y dedicación, es un cambio totalmente cultural sobre el enfoque dado a la calidad de parte de toda la organización. La sencillez de los altos cargos hacia el trabajador promedio es casi nula en la planta; la comunicación entre supervisores y trabajadores es de tipo técnica más que de mejora continua lo cual mina el progreso.

Las pláticas de mejora continua y círculos de calidad, tienen la esperanza de cambiar la ideología interna de la empresa poco a poco, pues se necesita de la aportación de directivos, supervisores, técnicos, trabajadores, proveedores y hasta los clientes.

Aun que se ve lejano el día de mayor esplendor organizacional, se tiene fe en lograr la mejora total, cuyo progreso no solo marque la pauta de una empresa más sólida, también un nuevo comienzo hacia el éxito competitivo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



James Lines, La mejora de utilidades, Edit. Logos consorcio, México, 1974.

Administración de empresas, Agustín Reyes Ponce, edit. Limusa, México, 1997.

Contabilidad y finanzas, Felipe Hernandez Robles, Universidad la Salle, México, 1988.

Edward V. Krick, Ingeniería de métodos, edit. Limusa, México, 1997.

W. Edwards Deming, Como administrar con el método Deming, edit. Norma, México, 1986.

Control de Procesos, Alfred Roca Cusido, edit. Alfa omega, México, 1999.

Service design for six sigma, David M. Roy ed. Wiley-intercience, Ney Jersey, 2005.

Los costos en la calidad, Barrie G. Dale, edit. Iberoamericana, México, 1993.

Administración por Calidad, Sosa Pulido, edit. Limusa, México, 2006.



La ventaja manufacturera, Nigel Slack, edit. Panorama, México, 1993.

Gestión de la calidad, Ángel Pola Maseda, edit. Marcombo, España, 1988.

La calidad no cuesta, Philip B. Crosby, edit. Continental, México, 1987.

Control de Procesos Industriales, José Sánchez de León, edit. Paraninfo, Madrid, 1987.

Controlling multivariable processes, F.G Shinskey, Instrument society of America, 1981.

Sistemas de Producción, James L. Riggs, edit. Limusa, México, 1981.

Almacenamiento de Materiales, Mariano Pérez Herrero, edit. Marge, México, 2006.

Desarrollo Gerencial hacia la Calidad Total, Juan C. Fresco, ediciones Macchi, México, 1991.

Administración y Control de la Calidad, James R. Evans, edit. Iberoamericana, México, 1995.



BIBLIOGRAFÍA



Maria Perez Marques, Metodología seis sigma a través de excel, edit. Alfaomega, México, 2011.

Gutierrez Garza Gustavo, Aterrizando Seis Sigma, edit. Regiomontanas, segunda edición, México, 2006.

William J. Stevenson, Estadística para Administración y Economía, edit. Harla, México, 1978.

Pande Petall, The sixsigma way; How G.I Motorola and others top companyes are honing their performance, edit. Mc Graw Hill, USA, 2000.

George Michel L., Lean Six-Sigma, Combining Six Sigma qualities with Lean Speed, edit. Mc Graw Hill, New York, 2002.

William Medinhall, Estadística Matemática con Aplicaciones, edit. Iberoamericana, México, 1986.

Jay L. Devore, Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias, edit. Thomson Learning, quinta edición, México, 2001.

www.addlink.com, nota técnica: Mathsoft, Ayuda a la implementación de Seis Sigma en su organización, junio de 2004.



Fuente: Pyzdek, Thomas, "The Six Sigma handbook: A complete guide for greenbelts and managers at all levels", Mc Grall Hills, 1ª edición, USA,

Reyes Primitivo, Manufactura Esbelta (Lean sixsigma) en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones, México 2002.

Field William M., Lean Manufacturing; Tools techniques and how to use them, New York: Santa Lucie, 2002.

Kauru Isikawa, ¿Que es Control Total de la Calidad?, Edit. Norma, México 1988.

Humberto Gutierrez Pulido, "Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma", Mc Graw Hill, México, 2009.



ANEXOS



Cuestionario 29/02/2014. Planta vainillera “Bethel”

1.- ¿Tiene usted una buena comunicación con alta dirección sobre las metas y objetivos?

a) Si

b) No

c) Regularmente

2.- ¿La comunicación entre compañeros es:

a) Buena

b) Regula

c) mala

3.- ¿Dirección muestra interés en las prioridades del trabajador así como en sus necesidades?

a) Si

b) No

c) Regularmente

4.- ¿El proceso de mesclado, está estandarizado o regulado?

a) Si

b) No

c) No sé

5.- ¿Cree usted que la maquinaria así como los métodos de producción son los adecuados? ¿Porque?

a) Si

b) No

6.- ¿Las condiciones de trabajo son:

a) Buenas

b) Malas

c) Pésimas



7.- ¿En caso de falta o retraso en la hora de entrada, existen repercusiones? ¿Cuáles?

8.- ¿Con que frecuencia semanalmente ocurren accidentes en la zona productiva?

a) 1 o 2

b) 3 o 4

c) Mas de 5

9.- ¿Cuál cree usted que sea el motivo de los accidentes laborales?

10.- ¿Cuántos supervisores existen en la planta para monitorear los procesos?

11.- ¿La comunicación con los supervisores es:

a) Buena

b) Mala

c) No existe

12.- De la zona que comprende del almacén de materia prima hasta la zona de mesclado ¿Cuál cree que tiene mayor conflicto? ¿Por qué?

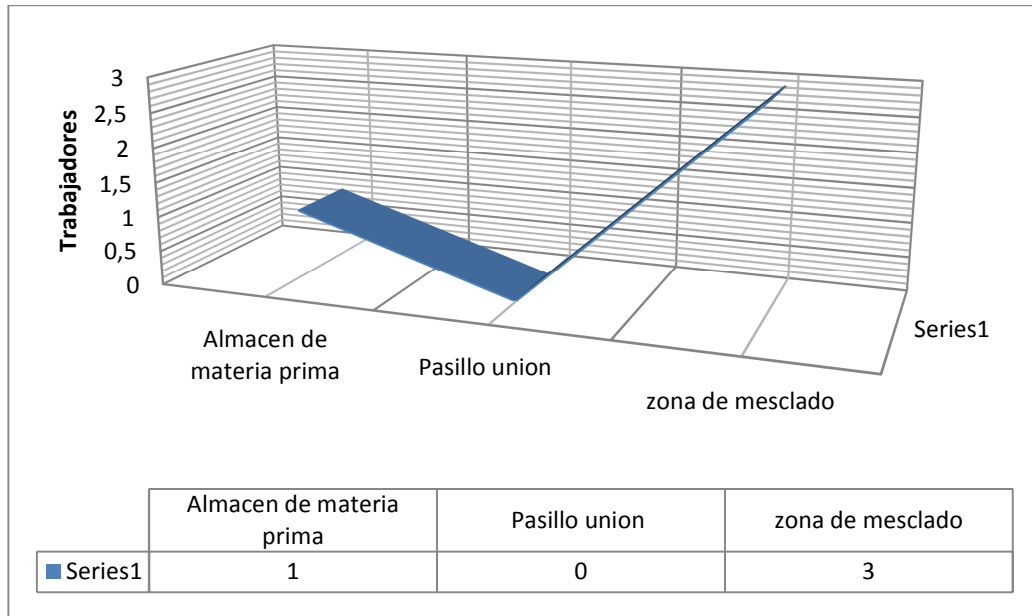


1.- ¿Tiene usted una buena comunicación con alta dirección sobre las metas y objetivos?

a) Si

b) No

c) Regularmente

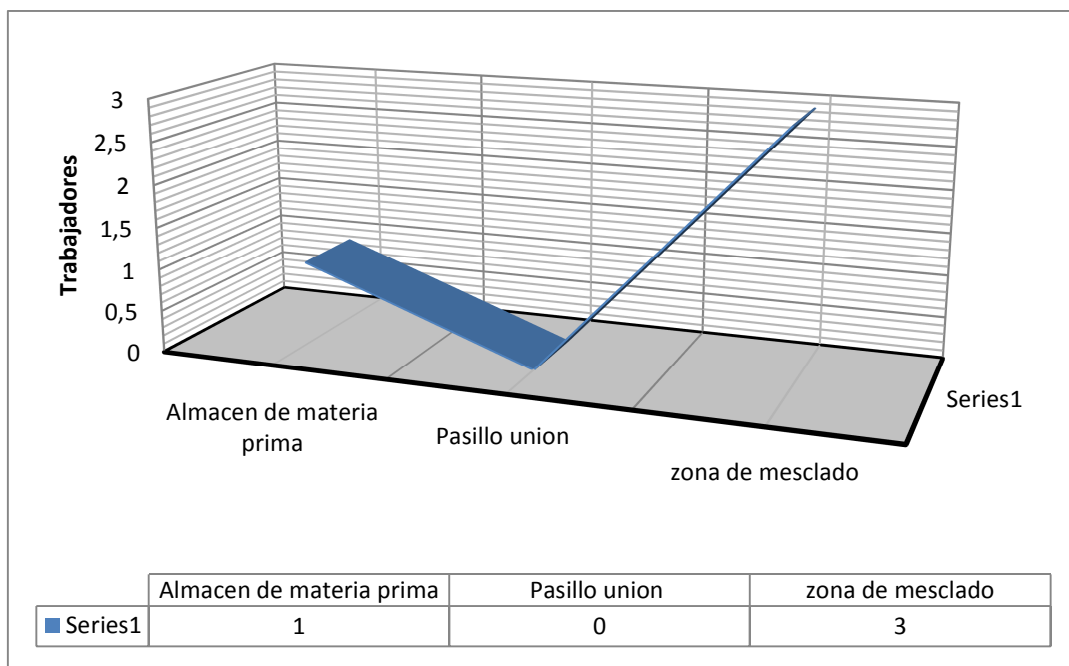


2.- ¿La comunicación entre compañeros es:

a) Buena

b) Regula

c) mala



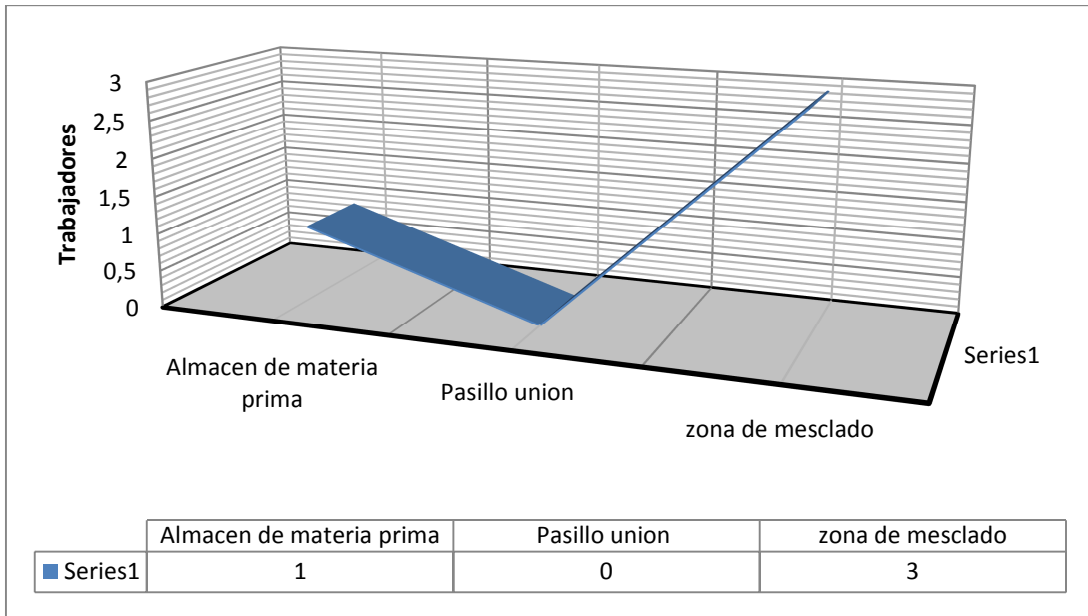


3.- ¿Dirección muestra interés en las prioridades del trabajador así como en sus necesidades?

a) Si

b) Nunca

c) Regularmente

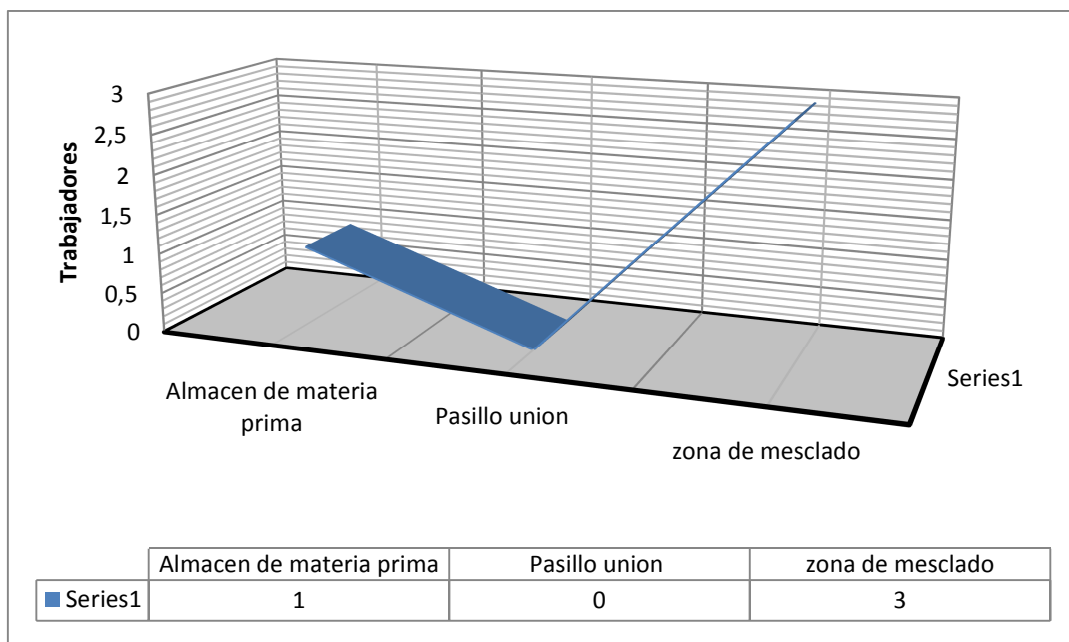


4.- ¿El proceso de mesclado, está estandarizado o regulado?

a) Si

b) No

c) No sé



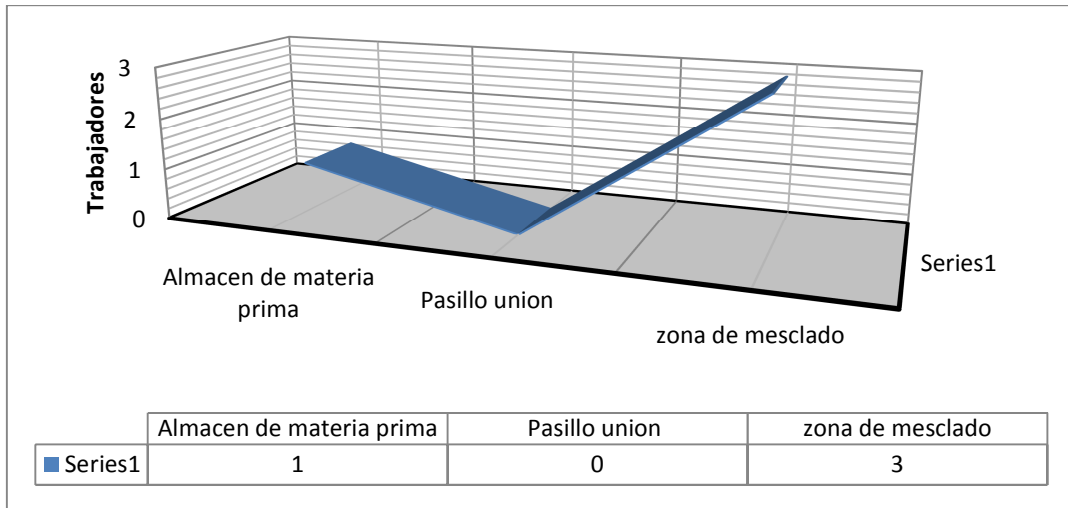


5.- ¿Cree usted que la maquinaria así como los métodos de producción son los adecuados? ¿Porque?

a) Si

b) No

No sé



Sí: porque así lo hemos hecho siempre.

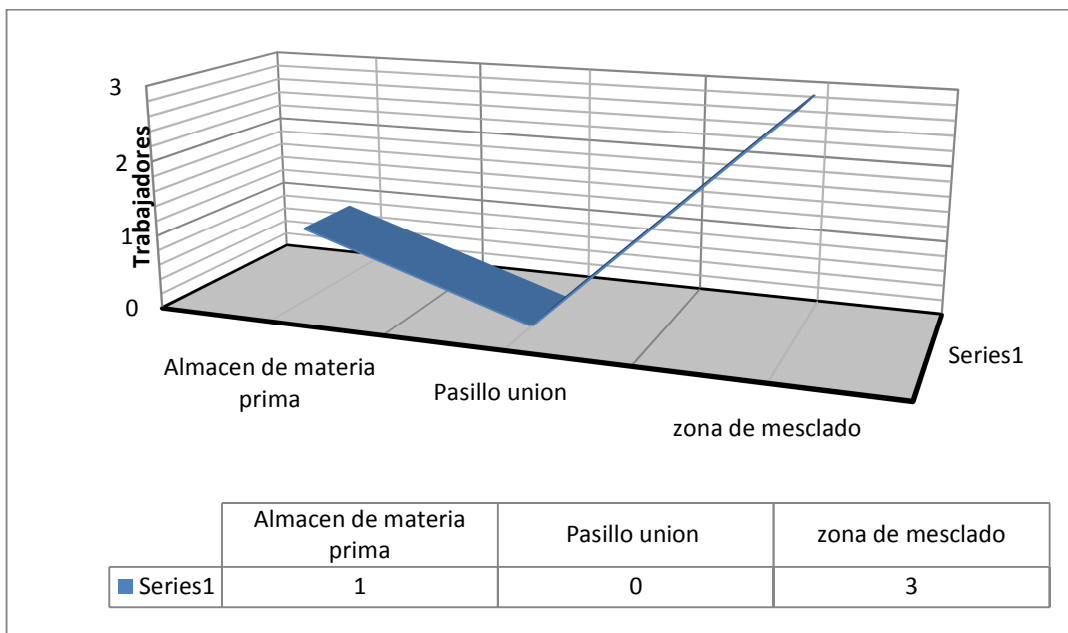
No: Tenemos muchos problemas cuando trabajamos así como accidentes.

6.- ¿Las condiciones de trabajo son:

a) Buenas

b) Malas

c) Pésimas





7.- ¿En caso de falta o retraso en la hora de entrada, existen repercusiones? ¿Cuáles?

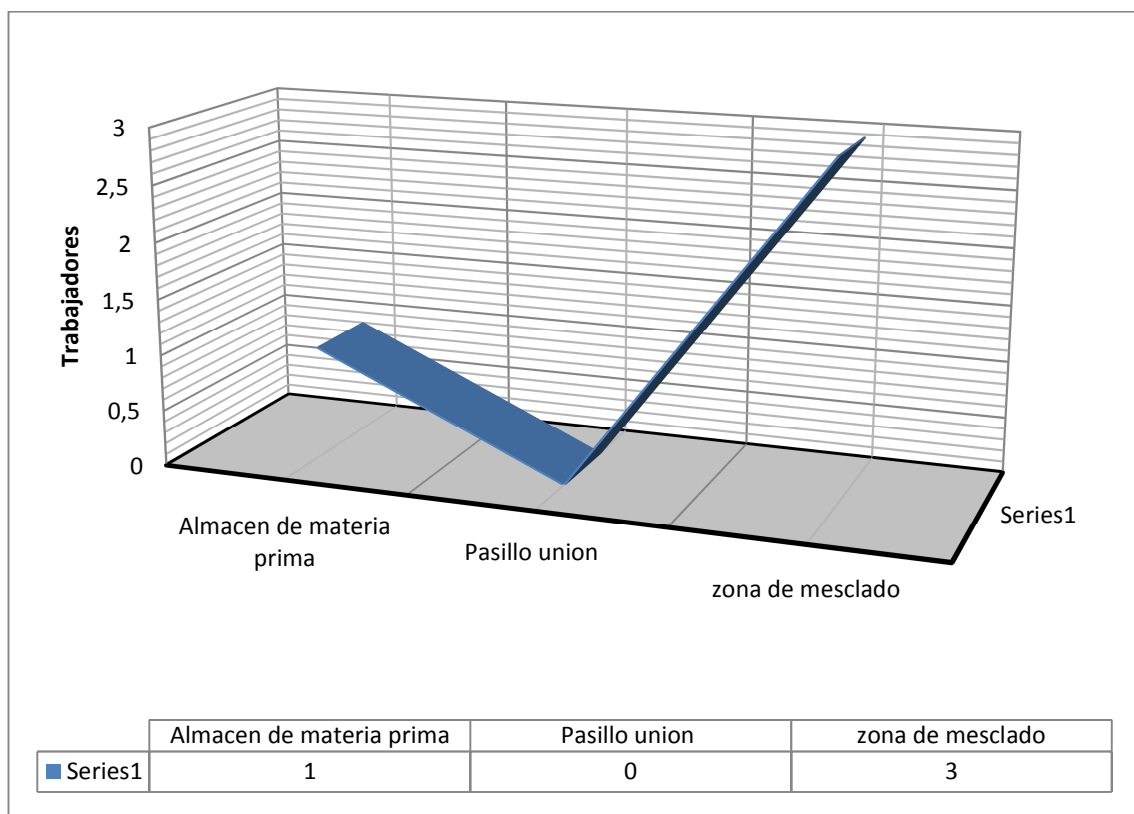
Generalmente repercusiones económicas, después de los 15 minutos nos quitan la paga del día completo o nos penalizan con días sin trabajar.

8.- ¿Con que frecuencia semanalmente ocurren accidentes en la zona productiva?

a) 1 o 2

b) 3 o 4

c) Mas de 5



9.- ¿Cuál cree usted que sea el motivo de los accidentes laborales?



- Demasiados instrumentos para medir cuando se vacían los ingredientes en las tolvas.
- Distracciones.
- Cargar bultos muy pesados y grandes.

10.- ¿Cuántos supervisores existen en la planta para monitorear los procesos?

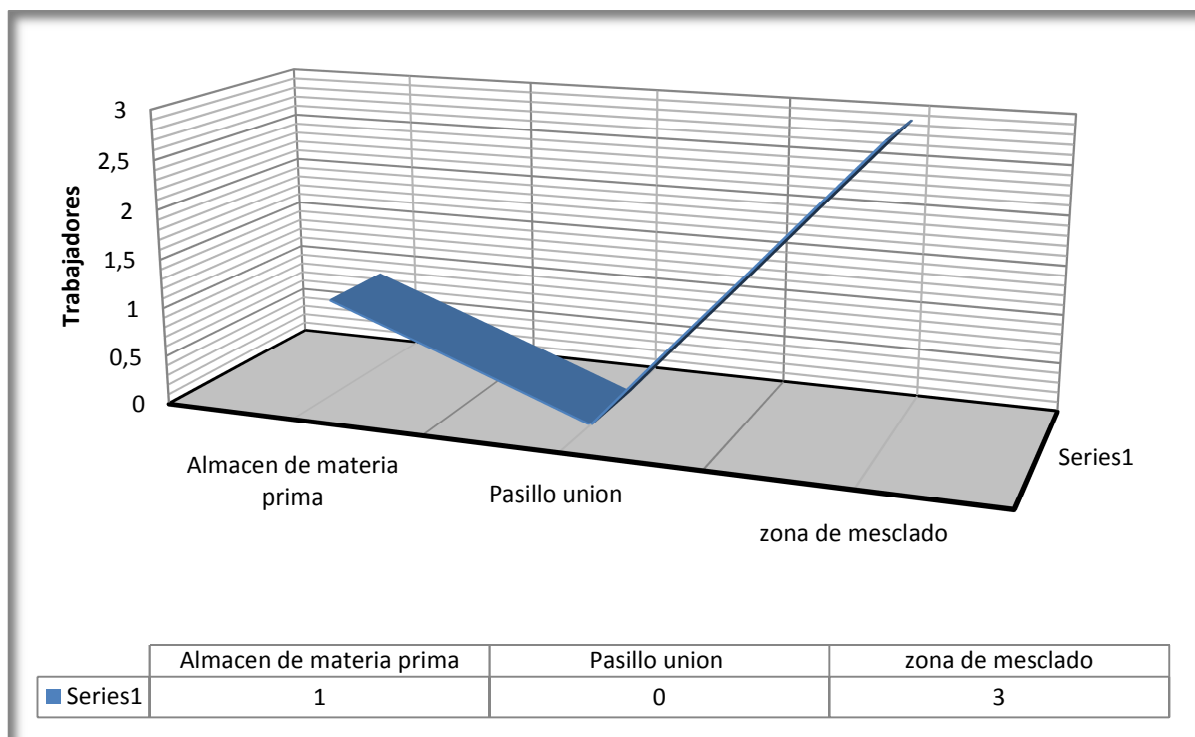
Solamente hay dos supervisores, el supervisor 1 monitorea el área de botellas y el supervisor dos, monitorea mesclado y envasado.

11.- ¿La comunicación con los supervisores es:

a) Buena

b) Mala

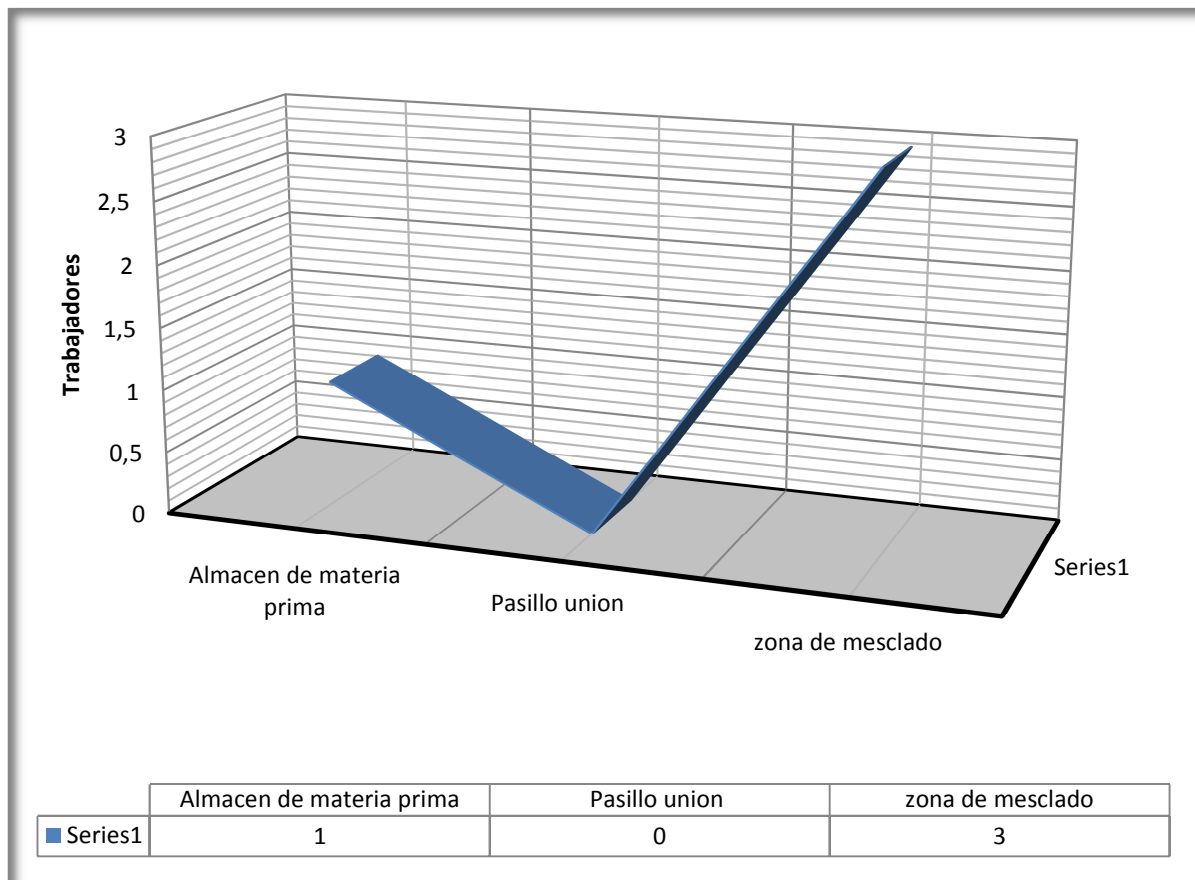
c) No existe





12.- De la zona que comprende del almacén de materia prima hasta la zona de mesclado ¿Cuál cree que tiene mayor conflicto? ¿Por qué?

- a) Almacén de materia prima b) pasillo unión c) zona de mesclado



Los accidentes generalmente ocurren en las zonas marcadas así como los problemas de producción en donde se aplica mayor presión al trabajador.



GLOSARIO



- Variación: Característica expresada cuantitativamente o cualitativamente fuera de los márgenes de operación mediales, las variaciones son generalmente las causas de los problemas en los procesos.
- ANOVA: Analysis of variance (Análisis de varianza).
- Cp/Cpk: Índices de capacidad de proceso (deficiente cuando es menor a 0.85, y superior a 1.7 se considera optimo).
- Pp/Ppk: Índices enfocados en el desempeño a largo plazo.
- Cpm: Índice de reducción de variabilidad en un proceso (índice de Taguchi).
- QTC: Total Quality Control (control total de la calidad).
- SIPOC: Mapa de proceso que ayuda a identificar variación en un proceso determinado y definido.
- Ppm: Partes por millón.
- VOC: Voice of the customer (voz del cliente).
- SQC: Statistic Quality Control (control estadístico de la calidad).
- DMAMC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.
- BB: Black belt (cinturón negro).
- MBB: Master black belt (maestro cinturón negro).



- CH: Champion: (patrocinador de la metodología six-sigma).
- GB: Green belt (cinturón verde).
- Saborizante artificial: es una mezcla de sustancias que contienen los principios sávido-aromáticos, extraídos de la naturaleza (vegetal) o sustancias artificiales, de uso permitido en términos legales, capaces de actuar sobre los sentidos del gusto y del olfato, pero no exclusivamente, ya sea para reforzar el propio (inherente del alimento) o transmitiéndole un sabor y/o aroma determinado, con el fin de hacerlo más apetitoso pero no necesariamente con este fin.
- Metodología: hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos.
- Desviación estándar: Raíz cuadrada de la varianza de la variable estudiada o conjunto de elementos de la muestra o población.
- Curtosis: Fenómeno de la curva probabilística normal en función de la desviación estándar corrida en el eje X; puede ser leptocurtica, mesocurtica o platicurtica dependiendo del coeficiente en eje Y (mayor o menor a 3), calculada también por cuartiles.



- Gráfico de Shewhart: El control estadístico de procesos refiere a la medición del fenómeno a controlar estableciendo parámetros que sirvan de apoyo para detectar la variación en el mismo.
- Curva característica de operación: relación existente entre un porcentaje de artículos defectuosos de un lote productivo (que por lo general se desconoce) y la probabilidad de aceptación que se obtiene del mismo luego de aplicar un plan de muestreo como los detallados en la sección de muestreo simple.
- Muestra: Es la extracción de datos obtenidos de una población estadística; las cuales deben ser representativas de la misma.
- Población: Conjunto de medidas u observaciones sobre un fenómeno o experimento.
- Muestreo por atributos: Técnica de aceptación de un lote o población a partir de una muestra cuyo porcentaje de defecto sea bajo.
- Muestreo por variable: Método de análisis que resulta más barato que el muestreo por atributos, basado en la curva normal se determina el porcentaje de defecto o leptosis por medio de la desviación estándar (sigma) y los parámetros de control.



- P.E.T: Es un tipo de plástico que químicamente es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.
- Galón: Es una medida de volumen que se emplea en los países anglófonos para medir el volumen de líquidos, cuya equivalencia en el sistema internacional de medidas es 3.7854118 litros.
- Medidas de tendencia central: Medidas propias de la estadística descriptiva que muestran el comportamiento de la población (media, mediana y moda):
- Estadística inferencial: La estadística inferencial es una parte de la estadística que comprende los métodos y procedimientos que por medio de la inducción determina propiedades de una población estadística, a partir de una pequeña parte de la misma.
- Eficiencia: Relacionada con el aprovechamiento de los recursos en el proceso productivo.
- Eficacia: Es definir, planificar un objetivo y los medios adecuados para llegar a él.
- Efectividad: La efectividad es la capacidad de lograr un efecto deseado, esperado o anhelado.