

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Incremento de la tasa de producción en una línea de mezclado de aceite  
lubricante.”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Industrial**

Presentado por:

Ronnie Adrián Bejeguen Naranjo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres Jaime y Flor, quienes nunca dejaron de confiar en mí y siempre estuvieron apoyándome durante el desarrollo de mi carrera universitaria, a mi hermano Hamilton, quien ha sido ejemplo y modelo a lo largo de esta etapa.

Ronnie Adrián Bejegen Naranjo

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por la fortaleza brindada para llevar este proyecto a buen término, al Jefe de producción de la compañía en estudio por el apoyo brindado dentro de la misma y a todo el personal de la empresa, que me brindó los requerimientos necesarios para llevar a cabo este proyecto integrador. De igual manera a la Ing. María Fernanda López, por la retroalimentación brindada durante el desarrollo del mismo. Termina con un agradecimiento a mis compañeros de materia integradora que también realizaron sus proyectos en la misma compañía, con quienes se formó un equipo sólido de trabajo, orientado a conseguir el objetivo trazado por la empresa.

Ronnie Adrián Bejegen Naranjo

## DECLARACIÓN EXPRESA

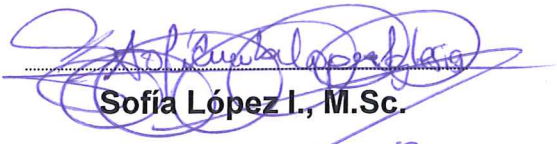
"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Ronnie Adrián Bejeguen Naranjo* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"




Ronnie Adrián Bejeguen Naranjo

AUTOR

## EVALUADORES

  
Sofía López I., M.Sc.  
7.  
PROFESOR DE LA MATERIA

  
María Fernanda López S., M.Sc.  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La Empresa en estudio ha producido durante varios años aceite lubricante y poco a poco ha ganado una mayor participación en el mercado de los mismos, llegando a producir para las principales marcas distribuidas a nivel nacional. A pesar de este incremento en la demanda de sus productos, la compañía ha estado produciendo bajo las mismas condiciones, lo que ha hecho que varias de sus líneas se hayan visto en la obligación de realizar mucho sobretiempo para llegar a cumplir con el plan de producción actual.

Una de sus líneas críticas, es la línea de mezclado de aceite lubricante, la cual debe abastecer la mayoría de las líneas de envasado de la planta. Por esta razón, la compañía desea realizar un análisis a todas las líneas, en especial a la línea de mezclado, con el fin de poder incrementar la capacidad productiva de la misma, ya que, si las líneas de envasado se vuelven más eficientes y la línea de mezclado no, esta no será capaz de abastecer a las de llenado y a su vez no se podrá cumplir con la demanda, causando pérdidas de ventas a la compañía.

En el presente proyecto de graduación se levantó la información necesaria para encontrar las causas que ocasionan que la línea de mezclado no pueda cumplir con el plan de producción en tiempo regular.

Utilizando la metodología DMAIC, se logró definir el problema que acoge a la línea, y se llegaron hasta las causas raíces del problema, con el fin de realizar mejoras para atacar dichas causas y lograr un mayor rendimiento en la línea de mezclado.

Para conseguir que la línea sea más productiva, las soluciones propuestas fueron implementadas parcialmente, por lo que mediante simulación se logró recoger los datos de una línea de mezclado mejorada. En base a ello se logró conseguir que la línea de mezclado de aceite lubricante incremente su producción mensual en un 26%, llegando al escenario en que la línea es capaz de cumplir con el plan de producción actual sin hacer uso de horas extras.

Palabras claves: DMAIC, línea de mezclado, horas extras.

## **ABSTRACT**

*The company under study has produced lubricating oil for several years and little by little it has gained a greater participation in the same market, reaching to produce for the main trademarks distributed nationwide. Despite this increase in demand for this products, the company has been producing under the same conditions, which has made several of its lines have been forced to make a lot of overtime to get to comply with the production plan current.*

*One of its critical lines is the lubricant oil blending line, which must supply most of the plant's filling lines. For this reason, the company wants to carry out an analysis of all the lines, especially the blending line, in order to increase the productive capacity of the same, since, if the filling lines become more efficient and the No blending line, this will not be able to supply the filling and in turn will not be able to meet the demand, causing sales losses to the company.*

*In the present project of graduation the necessary information was raised to find the causes that cause that the blending line can not fulfill with the plan of production in regular time.*

*Using the DMAIC methodology, it was possible to define the problem that welcomes the line, and the root causes of the problem were reached, in order to make improvements to attack those causes and achieve a greater performance in the blending line.*

*To make the line more productive, the proposed solutions were partially implemented, so that by means of simulation it was possible to collect the data from an improved blending line. Based on this, the lubricant oil blending line was able to increase its monthly production by 26%, reaching the stage in which the line is able to comply with the current production plan without using overtime.*

*Keywords: DMAIC, blending line, overtime*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	1
1.2    Justificación del problema.....	1
1.3    Objetivos.....	2
1.3.1    Objetivo general .....	2
1.3.2    Objetivos específicos .....	2
1.4    Marco teórico .....	2
CAPÍTULO 2.....	6
2.    Metodología .....	6
2.1    Definir .....	6
2.1.1    SIPOC .....	6
2.1.2    VOC .....	6
2.1.3    CTQ's tree.....	7
2.1.4    Situación inicial.....	8
2.1.5    3W+ 2H .....	10
2.1.6    Definición del problema.....	11
2.1.7    Objetivo .....	11



2.1.8	Alcance del proyecto .....	11
2.1.9	Variable de respuesta .....	11
2.2	Medir.....	11
2.2.1	Proceso de mezclado.....	11
2.2.2	Factores de estratificación .....	12
2.2.3	Estratificación.....	13
2.2.4	Proceso de mezclado.....	17
2.2.5	VSM .....	18
2.2.6	Plan de recolección de datos .....	19
2.2.7	Confiabilidad de los datos .....	20
2.2.8	Problema enfocado .....	21
2.3	Análisis .....	22
2.3.1	Diagrama causa / efecto problema enfocado.....	22
2.3.2	Matriz de ponderaciones.....	24
2.3.3	Matriz Impacto - Control.....	25
2.3.4	Plan de verificación de causas.....	26
2.3.5	Verificación de causas .....	27
2.3.6	Causas potenciales verificadas.....	31
2.3.7	5 por qué's? .....	32
2.4	Mejorar.....	34
2.4.1	Propuesta de mejora .....	34
2.4.2	Plan de implementación .....	37
2.5	Control – implementación .....	38
2.5.1	Soluciones.....	38
2.5.2	Plan de control .....	45
CAPÍTULO 3.....		48

3. Resultados y análisis .....	48
CAPÍTULO 4 .....	50
4. Conclusiones y recomendaciones.....	50
4.1 Conclusiones .....	50
4.2 Recomendaciones .....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
APÉNDICES .....	52

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
VSM	Value Stream Mapping
CTQ	Critical to Quality
VOC	Voice of Customer
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Output, Customer
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
3W+2H	What, Where, When, How much, How do I now
IRI	Índice de Rotación de Inventario
EPPs	Equipos de Protección Personal
LT	Lead Time (Tiempo de espera)
TAV	Tiempo que agrega valor
CT	Cycle time (tiempo de ciclo)
AT	Availability time (Tiempo disponible)

## SIMBOLOGÍA

Bbls	Barriles
Glns	Galones
h	Hora
min	Minuto
%	Porcentaje
Y	Variable de respuesta del problema en estudio
X	Variables independientes que contribuyen a la variable de respuesta
Ac	Acumulado(a)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Producción mensual de barriles de lubricante mezclados .....	9
Figura 2.2 Horas extras realizadas en la planta de lubricantes por mes.....	9
Figura 2.3 Tasa de producción de la línea de mezclado en barriles / hora .....	10
Figura 2.4 Porcentaje de producción por tipo de mezclado .....	14
Figura 2.5 Diagrama de Pareto por tipo de marca en el mezclado en lote.....	16
Figura 2.6 VSM Proceso de mezclado de lubricante para motor .....	18
Figura 2.7 Diagrama Ishikawa de tasa de producción bajo en marcas 1 y 2 .....	23
Figura 2.8 Matriz Impacto – Control de las Causas Potenciales.....	26
Figura 2.9 Diagrama de barras de causas de demora en Laboratorio .....	30
Figura 2.10 Modelo de simulación en Flexsim de las nuevas actividades realizadas por Asistente de mezcla.....	41
Figura 2.11 Diseño de Bodega de aditivos .....	42
Figura 2.12 Diseño de Nueva Bodega de aditivos .....	43
Figura 2.13 Diseño de Bodegas de aditivos para almacenamiento mejorado .....	44
Figura 2.14 Modelo de simulación en Flexsim de las actividades realizadas por Asistente de mezcla con mejoras en los tiempos de búsqueda en bodega.....	44
Figura 2.15 Carta de control para la producción mensual .....	47
Figura 3.1 Diagrama de cajas del Tiempo de espera antes y después de la simulación con las mejoras.....	48
Figura 3.2 Diagrama de cajas de la tasa de producción antes y después de la simulación con las mejoras.....	49
Figura 3.3 Diagrama de cajas de la producción mensual antes y después de la simulación con las mejoras.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 SIPOC del Proceso de Mezclado.....	6
Tabla 2.2 Voz del Cliente del Proceso de mezclado.....	7
Tabla 2.3 CTQ's Tree Proceso de mezclado.....	8
Tabla 2.4 Variable de respuesta y variables independientes del problema definido..	11
Tabla 2.5 Producción de barriles por tipo de mezclado.....	13
Tabla 2.6 Tasa de producción por tipo de mezclado.....	15
Tabla 2.7 Producción en barriles por tipo de marca.....	15
Tabla 2.8 Tasa de producción por tipo de Marca.....	17
Tabla 2.9 Tiempo de mezclado por familia de producto.....	18
Tabla 2.10 Plan de recolección de datos.....	19
Tabla 2.11 Capacidad de tanques de mezcla.....	20
Tabla 2.12 Tamaños de muestra.....	21
Tabla 2.13 Ponderaciones de Causa Potenciales.....	24
Tabla 2.14 Ponderaciones del control de causas.....	25
Tabla 2.15 Plan de verificación de causas de alto impacto y fácil control.....	27
Tabla 2.16 Muestra de tiempos de espera por apertura de válvula manual para marcas 1 y 2.....	28
Tabla 2.17 Tamaño de muestra para tiempos de espera por apertura de válvula.....	28
Tabla 2.18 Causas y tiempos de demora en Laboratorio.....	29
Tabla 2.19 Muestra de tiempos de abastecimiento de aditivos y remanentes.....	30
Tabla 2.20 Tamaño de muestra para tiempos de abastecimiento de aditivos.....	31
Tabla 2.21 Resumen de causas potenciales verificadas.....	32
Tabla 2.22 Cinco Por que's? de causas de alto impacto y fácil control.....	33
Tabla 2.23 Propuesta de mejora para causas raíces.....	34
Tabla 2.24 Matriz Impacto – Esfuerzo para causas raíces.....	36
Tabla 2.25 Plan de Implementación de soluciones.....	37
Tabla 2.26 Resumen de actividades antes y despues de la implementación.....	38
Tabla 2.27 Tamaños de muestra.....	40
Tabla 2.28 Distribuciones de probabilidad de tiempos por actividad.....	40
Tabla 2.29 Clasificación ABC de aditivos.....	42

Tabla 2.30 Tamaño de muestra para tiempos de búsqueda de aditivos en bodega..	45
Tabla 2.31 Distribución de probabilidad de los nuevos tiempos de búsqueda de aditivos .....	45
Tabla 2.32 Plan de Control para las mejoras en la línea de mezclado .....	46

# CAPÍTULO 1

## 1. Introducción

La empresa en estudio está dedicada a la fabricación de aceites lubricantes de alta calidad, líquidos de frenos, aditivos combustibles, refrigerantes, grasas y envases metálicos. Su mayor producción se concentra dentro de la planta de lubricantes, que involucra la línea de mezclado y varias líneas de llenado de aceite lubricante.

### 1.1 Descripción del problema

La línea de mezclado de aceite lubricante de la organización muestra inconsistencias entre el tiempo empleado para la producción de barriles de aceite lubricante y la cantidad mezclada. Esto debido a que la línea ha estado trabajando con sobretiempo en los últimos meses, con el fin de cumplir con el plan de producción mensual, sin embargo, se evidencia que la cantidad de horas extras empleadas para dicha producción no se compensa con la cantidad de barriles mezclados; es decir, existen períodos de tiempo en los que la producción es baja, pero se han empleado más horas extras que cuando la producción ha sido mayor. A esto se suma que la organización tiene como objetivo alcanzar los 12000 barriles mensuales y en la actualidad la producción mensual está por debajo de esta cantidad, incluso haciendo uso de sobretiempo. Puesto que se requiere más tiempo de procesamiento y la cantidad producida es menor a la meta, el rendimiento de la línea de mezclado, está por debajo de lo que la organización debería tener para cumplir con su meta de 12000 barriles por mes.

### 1.2 Justificación del problema

La organización tiene una meta de producción mensual promedio de 12000 barriles, para cumplir con la demanda del mercado, en la actualidad la producción mensual se encuentra entre 6000 y 11000 barriles, lo que indica que la organización está por debajo de su meta. A pesar de esto la organización hace uso de sobretiempo para cumplir con el plan mensual, lo que hace que el rendimiento (tasa de producción) disminuya.



## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Incrementar la tasa de producción de 53 a 65 barriles por hora, mediante análisis y mejoras en la línea con el fin de cumplir con el actual plan de producción sin hacer uso de sobretiempo.

### 1.3.2 Objetivos específicos

1. Analizar la situación actual de la línea de mezclado utilizando herramientas de ingeniería industrial para encontrar las causas que generan problemas a la línea.
2. Generar soluciones a partir de las causas encontradas, midiendo el impacto de las mismas sobre las causas, con el fin de incrementar la tasa de producción de la línea.
3. Desarrollar un plan de control de mejoras, con estándares y asignaciones, para asegurar la conservación de las mejoras en el largo plazo.

## 1.4 Marco teórico

**Tasa de producción.** Es la velocidad a la que la línea produce unidades; es decir, el número de unidades producidas que salen de la línea en un tiempo determinado. (Berriprocess, s.f.)

**DMAIC.** Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar es un método de resolución de problemas, donde cada fase se basa en la anterior con el fin de conseguir soluciones a largo plazo para los problemas.

Definición: Las herramientas usadas en esta fase sientan las bases para el proyecto; se define el problema de manera precisa, se identifica los clientes y sus requerimientos y se establecen las medidas del proyecto.

Medición: en esta fase se identifican los pasos del proceso, se validan y mejoran los sistemas de medición. Se establece el rendimiento de la base con datos confiables, se levanta la información o datos necesarios para conocer las dimensiones del problema.

**Análisis:** se identifican las causas críticas que tienen fuerte relación o contribuyen de gran manera al surgimiento del problema. Se encuentran las causas raíces, de donde nace los problemas encontrados.

**Mejora:** en base a las causas raíces encontradas en la fase anterior se plantean soluciones y se evalúan las mismas para optimizar el proceso. Se determinan las entradas críticas que deben ser controladas.

**Control:** establece planes de medición a largo plazo. Se desarrollan procedimientos estándares, se establecen sistemas a prueba de errores. Se establece el plan de control con el fin de no volver a caer en el problema identificado. (Berardinelli, 2012)

**SIPOC.** Es un diagrama de flujo a nivel macro que permite visualizar los pasos secuenciales de un proceso definiendo claramente sus entradas, salidas, proveedores y clientes. Es una herramienta de gran utilidad para identificar el proceso a investigar en la primera etapa de la metodología DMAIC. (Caletec, s.f.)

**VOC.** Es una herramienta para capturar necesidades, expectativas y percepciones del cliente interno o externo de un proceso. Los clientes para esta herramienta son determinados con un SIPOC. (Caletec, s.f.)

**CTQ** Critico para la calidad (Critical to quality). Es un atributo o característica de calidad de un producto o servicio que es importante para el cliente.

**Diagrama de Pareto.** El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades. Con el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que, por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. (Sales, 2002)

**Value Stream Mapping.** La metodología VSM para diagramas de flujo usa iconos estandarizados y principios de diagrama para visualizar los pasos en el proceso y el material e información que fluyen desde su inicio a su fin. Como su nombre lo indica la metodología se enfoca en el flujo de valor, y cuál es la secuencia de todas las actividades, ambas las que agregan y no agregan valor, en la creación de un producto o servicio en particular. (Nicholas, 2011)

**Diagrama causa efecto.** El análisis causa – efecto es usado para identificar todas las posibles causas que contribuyen a un efecto. Un pequeño equipo usualmente conduce el análisis causa – efecto con miembros de diferentes áreas y niveles de organización. Se genera una lluvia de ideas de la que se obtiene las posibles causas del problema. (E., 1999) Las categorías que abarca un diagrama de Ishikawa son:

Materiales

Maquinaria

Mano de Obra

Método

Medio Ambiente

Administración

Aunque pueden variar dependiendo del contexto de la organización.

(Calidad y ADR, 2017)

**5 por que's?** La técnica de los Cinco porqués, más obvia y directamente, se relaciona con el principio de la resolución sistemática de problemas: sin la intención del principio, la técnica solo puede ser una cáscara del proceso. Por lo tanto, hay tres elementos clave para el uso efectivo de la técnica de los Cinco porqués: (i) declaraciones precisas y completas de los problemas, 5 (ii) honestidad completa al responder las preguntas, (iii) la determinación de llegar al fondo de los problemas y resolverlos La técnica fue desarrollada por Sakichi Toyoda para Toyota Industries Corporation. (Serrat, 2017)

**Análisis ABC de inventario.** Usando el análisis de Pareto se puede categorizar los productos que se mantienen en inventario en base a su rotación:

Productos tipo A: productos de movimiento rápido, representan aproximadamente el 20 % de los productos.

Productos tipo B: productos de movimiento medio, representan aproximadamente el 30 % de los productos.

Productos tipo C: productos de movimiento lento, representan aproximadamente el 50% de los productos, dentro de este porcentaje suelen ubicarse también los productos obsoletos, a quienes se les denomina como productos tipo D. (Alan Rushton, 2010)

# CAPÍTULO 2

## 2. Metodología

DMAIC es una metodología que consiste en 5 etapas: definición, medición, análisis, mejora y control; dentro de las cuales se define la situación actual de la línea, se mide y se analiza los problemas existentes en la actualidad; además de generar soluciones a esos problemas encontrados y asegurarse de que estas perduren en el largo plazo.

### 2.1 Definir

#### 2.1.1 SIPOC

Para tener una visión amplia de lo que sucede en la línea de mezclado es necesario realizar un SIPOC, el cual muestra el proceso de mezclado a nivel macro, las entradas, salidas, Proveedores y Clientes del proceso. Ver Tabla 2.1

**Tabla 2.1 SIPOC del Proceso de Mezclado**

S	I	P	O	C
Coordinador de Producción	Orden de mezclado	Recibir orden de mezcla	Tanques preparados y llenos	Línea de mezclado
		Configurar los tanques		
- Coordinador de Producción - Proveedor de Base - Proveedor de aditivo	- Orden de mezclado - Aceite Base - Aditivo	Añadir componentes al tanque		
		Mezclar y homogenizar		
Supervisor de Producción	- Botellas - Etiquetas	Enviar muestra al Centro de Tecnologías	Mezcla aprobada	Líneas de llenado
		Aprobar mezcla		

#### 2.1.2 VOC

Los clientes para el proceso de mezclado han sido identificados en el SIPOC: Línea de llenado, Centro de Tecnología (Laboratorio) y la propia Línea de mezcla. El

siguiente paso es escuchar la voz del cliente, ver Tabla 2.2. Mediante entrevistas con los responsables de cada área se logró captar las siguientes descripciones con respecto al proceso de mezcla:

**Tabla 2.2 Voz del Cliente del Proceso de mezclado**

<b>Centro de Tecnología (Laboratorio)</b>	<b>Línea de llenado</b>	<b>Línea de mezclado</b>
La muestra no presenta el tiempo y la temperatura correcta de mezclado.	Un trabajador de nuestra línea es asignado a la línea de mezclado 2 días de la semana.	Existen demoras en el trasteo y búsqueda de aditivos en tambor.
Otros tipos de análisis son requeridos después de haber llegado la muestra al laboratorio.	La mezcla no está a tiempo y nuestros operarios deben ser asignados a otra línea que ya tenga mezcla lista para envasar.	Una vez enviada la muestra hay que esperar llamado para dar apertura de válvula.
Algunas muestras son entregadas en grupos de 3 o 4 y no cuando han terminado de ser mezcladas.	Los productos nuevos tardan más en su proceso de mezclado, lo que genera un retraso en el inicio de envasado.	Los tambores de aditivos están disponibles para ser enviados a la torre de mezcla, pero no se hace hasta que el Operador de mezcla notifique que los necesita.

### 2.1.3 CTQ's tree

Un CTQ es una característica o necesidad del cliente que se puede medir. Por lo que luego se escuchar la voz del cliente, esto se traduce en un CTQ. Como se puede observar en la Tabla 2.3, hay más de un CTQ para una necesidad o requerimiento, también un CTQ involucra más de un requerimiento del cliente. Debido a que hay una cantidad numerosa de CTQ's se debe eliminar aquellos que no son fundamentales para satisfacer lo que el cliente quiere.

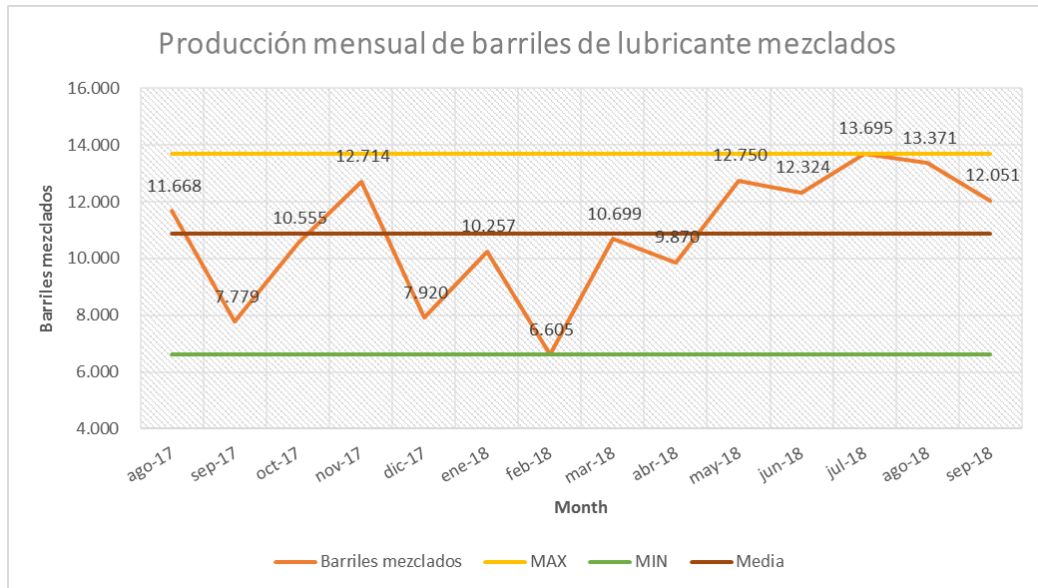
**Tabla 2.3 CTQ's Tree Proceso de mezclado**

CLIENTES	NECESIDADES	CTQ'S
Centro de Tecnologías (Laboratorio)	Dar tiempo y temperatura correcta a la mezcla si no quiere que se pida otra muestra y el análisis tome más tiempo.	Número de veces que la muestra es requerida más de 2 veces por el Laboratorio.
		Tiempo desde que arriba la muestra al Laboratorio hasta que esta es aprobada.
Líneas de llenado	Disponibilidad en la mezcla para iniciar el proceso de llenado.	Tiempo de espera desde que la muestra es aprobada hasta que se abre la válvula.
		Tiempo de espera desde que arriba una orden de mezcla hasta que inicia el proceso de mezclado.
Línea de mezclado	Lleven las muestras al Laboratorio cuando el proceso de mezcla ha terminado y no dejen acumular varias muestras.	Cantidad de horas extras mensuales en la línea de mezclado.
		Número promedio de vueltas diarias por tanque.
		Porcentaje de horas extras por mes en la línea de mezclado.

Las necesidades de los clientes están orientadas a evitar reprocesos, demoras y esperas. Debido a que estos factores ocupan tiempo dentro del proceso y el tiempo es un recurso necesario para el mezclado de lubricante, la variable a analizarse será la tasa de producción, ya que esta involucra la cantidad de lubricante mezclado y el tiempo utilizado para dichas cantidades.

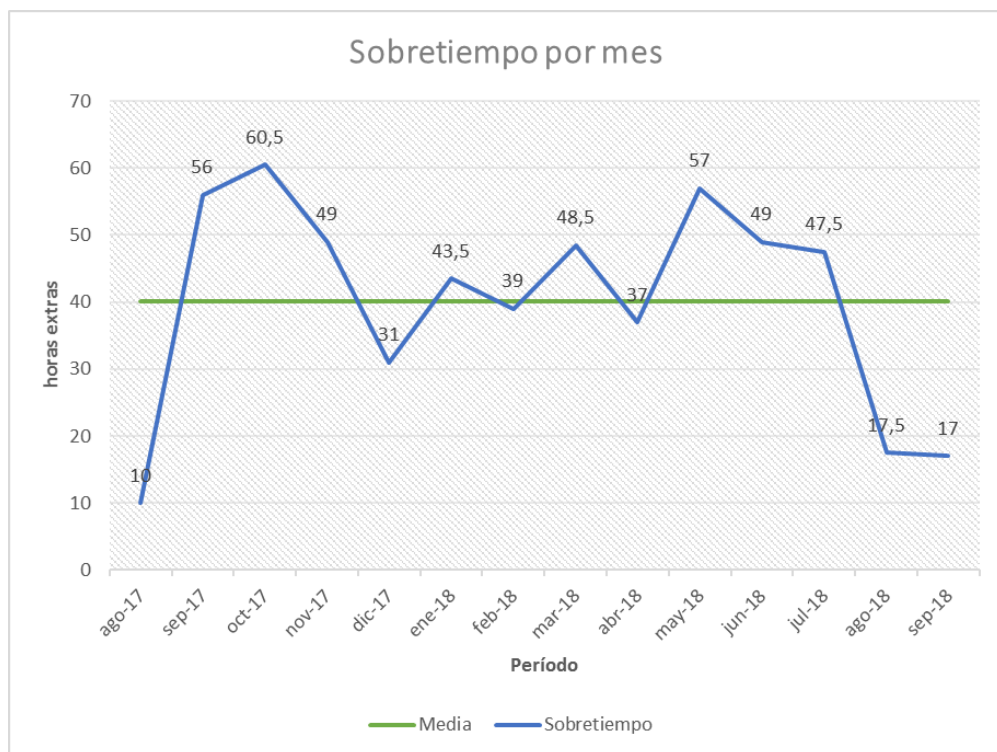
#### 2.1.4 Situación inicial

Para observar el comportamiento actual de la línea de mezclado, se toma un horizonte de tiempo desde agosto de 2017 hasta septiembre de 2018. En la Figura 2.1 se puede observar la producción mensual en el horizonte de tiempo indicado.



**Figura 2.1 Producción mensual de barriles de lubricante mezclados**

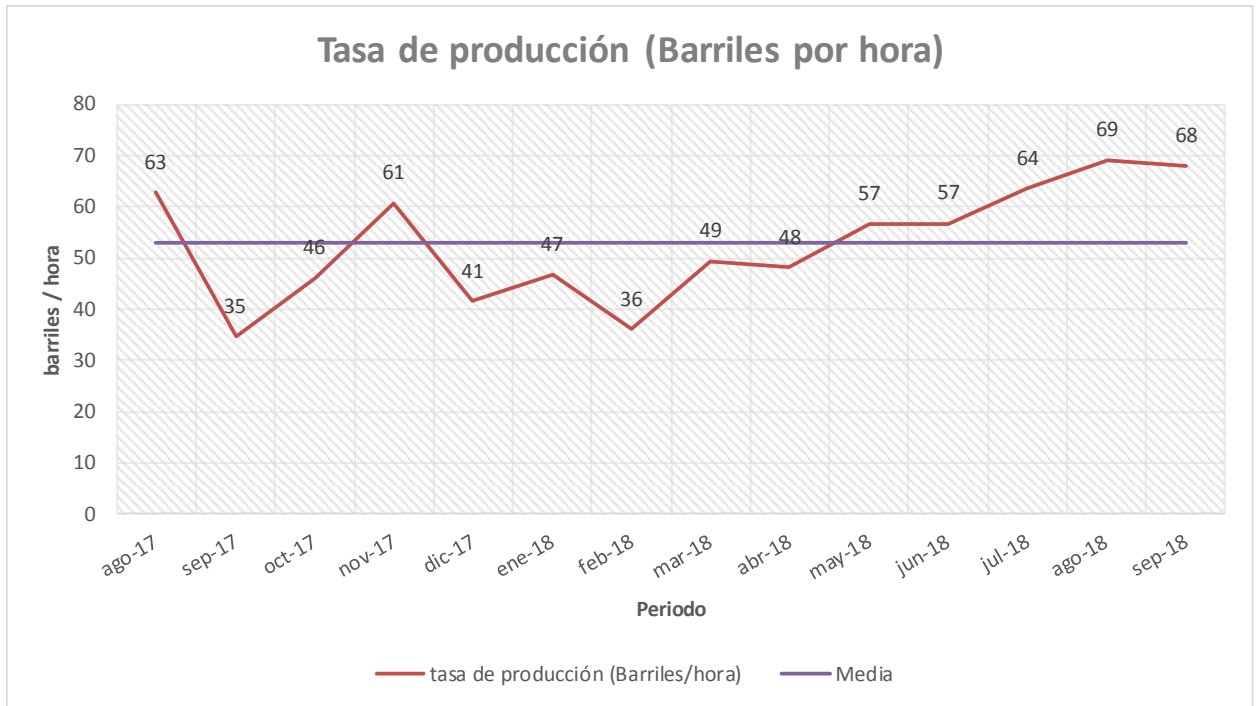
Dentro de este período, el mes de Julio de 2018 ha sido el período con mayor producción, sin embargo, no ha sido el mes con mayor sobretiempo, ver Figura 2.2 puesto que este se lo realizó en octubre de 2017 donde la producción estaba cerca de los 11000 barriles, es decir cerca de la media de producción.



**Figura 2.2 Horas extras realizadas en la planta de lubricantes por mes**



Desde el mes de mayo de 2018 hasta agosto del mismo año se ve un crecimiento en la tasa de producción, esto debido al incremento de la cantidad producida en estos y meses y al poco uso de horas extras. A pesar de este crecimiento, la tasa de producción en promedio sigue siendo de 53 barriles por hora ver Figura 2.3.



**Figura 2.3 Tasa de producción de la línea de mezclado en barriles / hora**

### 2.1.5 3W+ 2H

La herramienta 3W + 2H ayuda a establecer una definición del problema encontrado más detallada y medible. Cada una de las W representan las preguntas ¿Qué?, ¿Dónde?, y ¿Cuándo?, las cuales tienen como inicial la W en su traducción al inglés, mientras que las 2H se refieren a ¿Cuánto? y ¿cómo lo sé? En el idioma antes mencionado.

What?: Tasa de producción

Where?: Línea de mezclado de aceite lubricante.

When?: Desde agosto 2017 hasta la actualidad.

How much?: Tasa de producción es de 53 barriles por hora

How do I know?: La meta es de 72 barriles por hora.

### 2.1.6 Definición del problema

La tasa de producción en una línea de mezclado de aceite lubricante ha sido en promedio de 53 barriles por hora desde agosto de 2017 hasta la actualidad, cuando la meta organizacional es de 72 barriles por hora.

### 2.1.7 Objetivo

Incrementar la tasa de producción de 53 a 65 barriles por hora, mediante análisis y propuestas de mejoras, con el fin de cumplir con el plan de producción actual de la línea en horario regular.

### 2.1.8 Alcance del proyecto

El Proyecto comprende el análisis del proceso de mezclado desde que la Orden de mezcla arriba al Asistente de mezcla hasta que la muestra de la mezcla es aprobada por el Departamento de Calidad.

### 2.1.9 Variable de respuesta

La variable de respuesta a analizarse es la tasa de producción, la cual depende de otras variables independientes (x's), que se muestran en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Variable de respuesta y variables independientes del problema definido**

Y	X's
Tasa de producción (barriles / hora)	Barriles producidos mensualmente
	Horas extras por mes
	Tiempo de análisis en Laboratorio
	Tiempo de mezclado por familia de producto
	Tiempo utilizado en reprocesos
	Tiempo de abastecimiento a la línea de mezclado.

## 2.2 Medir

### 2.2.1 Proceso de mezclado

El proceso de mezcla inicia con el arribo de la orden de mezcla al Asistente de mezcla, quien observa la cantidad a mezclarse y calcula la cantidad de tambores de aditivos que necesita abastecer a la torre de mezcla, una vez enviados los aditivos el Operador de mezcla los recibe y comienza a verter los mismos en uno de los seis tanques de mezcla ubicados en la torre de mezcla, una vez terminado este procedimiento, se deja homogenizar la mezcla por un tiempo estándar

establecido, al culminar este procedimiento, el operador de mezcla obtiene una muestra de la mezcla y la envía en un recipiente al Asistente de mezcla, quien es el encargado de llevar la misma hasta el departamento de calidad, ver APENDICE.

### **2.2.2 Factores de estratificación**

Resolver un problema de mejora continua con varias variables independientes se torna complejo, por eso es importante comenzar a estratificar, el problema general, para obtener uno o varios problemas enfocados, donde el análisis se vuelve más limitado.

La línea de mezclado posee dos tipos de proceso de mezcla. Es importante conocer cuál de estos dos tipos impacta más el problema general de la línea. Por ello, el primer factor de estratificación será el tipo de mezclado.

Tipo de mezclado:

- Mezclado en línea
- Mezclado en lote

Puesto que el problema de la tasa de producción está relacionado directamente con la producción mensual de la línea. Otro factor importante para la estratificación será el tipo de marca, con ello se logrará conocer que marcas son las que más se producen en la línea y en cuales se podría enfocar el proyecto.

Marcas:

- Marca 1
- Marca 2
- Marca 3
- Marca 4
- Marca 5
- Marca 6
- Marca 7
- Marca 8

## 2.2.3 Estratificación

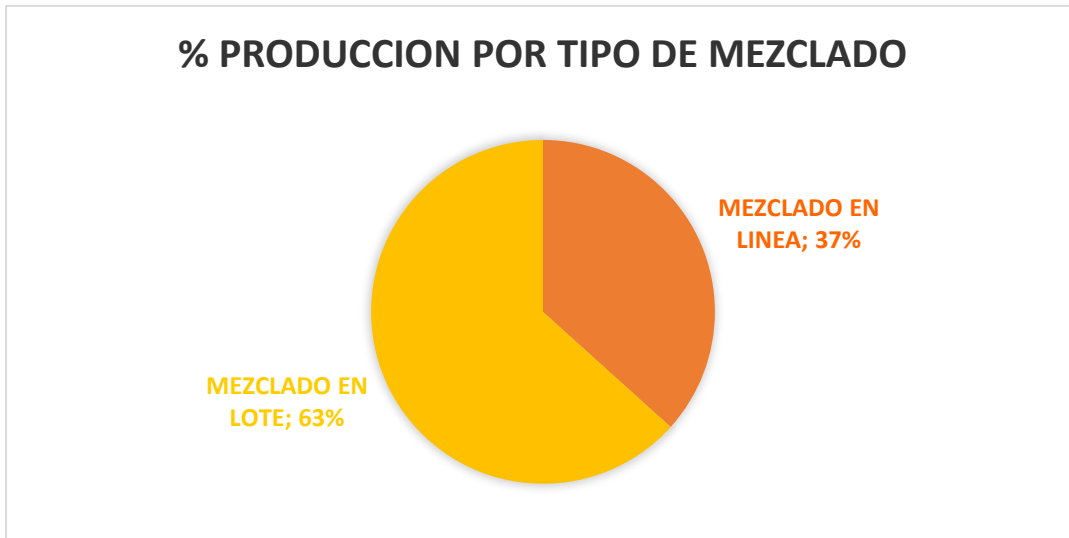
### 2.2.3.1 Producción por tipo de mezclado

Mezclado en Línea. Este tipo de mezclado permite mezclar grandes volúmenes de producción, por eso aquí se realizan solo 4 productos, los de mayor rotación para la organización, los cuales corresponde a la Marca 1. Este tipo de mezclado corresponde al 37% de la producción total de la Línea de mezclado ver Figura 2.4.

Mezclado en Lote. Corresponde al proceso de mezclado realizado en 6 tanques con diferentes capacidades de mezclado. El resto de la producción es realizado bajo este tipo, por lo que representa el 63% de la producción Total. Ver Tabla 2.5.

**Tabla 2.5 Producción de barriles por tipo de mezclado**

PERÍODO	TOTAL MEZCLADO EN LINEA (Barriles)	TOTAL MEZCLADO EN LOTE (Barriles)	% MEZCLADO EN LINEA	% MEZCLADO EN LOTE	TOTAL MEZCLADO (Barriles)
201708	4.154,36	7.513,19	35,61%	64,39%	11.667,55
201709	3.569,29	4.209,60	45,88%	54,12%	7.778,88
201710	4.743,93	5.810,67	44,95%	55,05%	10.554,60
201711	5.295,79	7.418,36	41,65%	58,35%	12.714,14
201712	1.674,26	6.246,14	21,14%	78,86%	7.920,41
201801	3.939,52	5.642,75	41,11%	58,89%	9.582,27
201802	1.483,69	4.774,67	23,71%	76,29%	6.258,36
201803	2.266,10	7.915,10	22,26%	77,74%	10.181,19
201804	3.704,36	5.365,83	40,84%	59,16%	9.070,19
201805	4.732,41	7.236,78	39,54%	60,46%	11.969,19
201806	3.691,95	7.954,02	31,70%	68,30%	11.645,98
201807	3.394,05	9.537,79	26,25%	73,75%	12.931,83
201808	6.052,55	6.434,48	48,47%	51,53%	12.487,02
201809	4.889,81	6.460,07	43,08%	56,92%	11.349,88
<b>TOTAL</b>	<b>53.592,06</b>	<b>92.519,43</b>	<b>36,68%</b>	<b>63,32%</b>	<b>146.111,48</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.828,00</b>	<b>6.608,53</b>	<b>36,68%</b>	<b>63,32%</b>	<b>10.436,53</b>



**Figura 2.4 Porcentaje de producción por tipo de mezclado**

Debido a que la Y con la que se está trabajando corresponde al Tasa de producción, se procede a realizar el cálculo del mismo, para ello se requiere saber cuántas horas en el mes laboran estos tipos de mezclado. Cabe recalcar que todas las líneas de la organización trabajan en un solo turno de 8 horas, de lunes a viernes, así que todo lo que se trabaje después de esta jornada, es considerado como sobretiempo.

El mezclado en línea trabaja entre 1 a 2 veces por semana, lo que en promedio representa 40 horas de trabajo al mes para ese tipo de mezclado, mientras que el mezclado en lote opera todos los días en tiempo regular y con sobretiempo, lo que mensualmente representa en promedio 166 horas de trabajo. Con lo que la tasa de producción para ambos tipos se muestra en la Tabla 2.6.

Dentro del análisis del proyecto la tasa de producción se representa de la siguiente manera:

$$TH = \frac{\text{Total de barriles mezclados}}{\text{Total de horas laborables}} \quad (2.1)$$

**Tabla 2.6 Tasa de producción por tipo de mezclado**

Tipo de Mezclado	%	Total de Barriles mezclados	Total horas laborables	Tasa de producción (Barriles/hora)
MEZCLADO EN LÍNEA	36,68%	53.592,06	558	96
MEZCLADO EN LOTE	63,32%	92.519,43	2313	40

El total de barriles mezclados y las horas laborables fueron consideradas dentro del período que consta en la definición del problema. Por tanto, el tipo de mezclado que tiene mayor impacto sobre el problema general, es el Mezclado en Lote. Por lo que se analizará la producción en este tipo de mezclado.

### **2.2.3.2 Producción por marca en el mezclado en lote**

Dentro del mezclado en lote se producen 8 Marcas diferentes, la marca 1 también se realiza en el mezclado en lote para otras presentaciones de lubricante de dicha marca. El objetivo de esta estratificación es conocer que Marcas impactan más sobre el problema en el mezclado en lote, la producción mensual por marca se detalla en la Tabla 2.7.

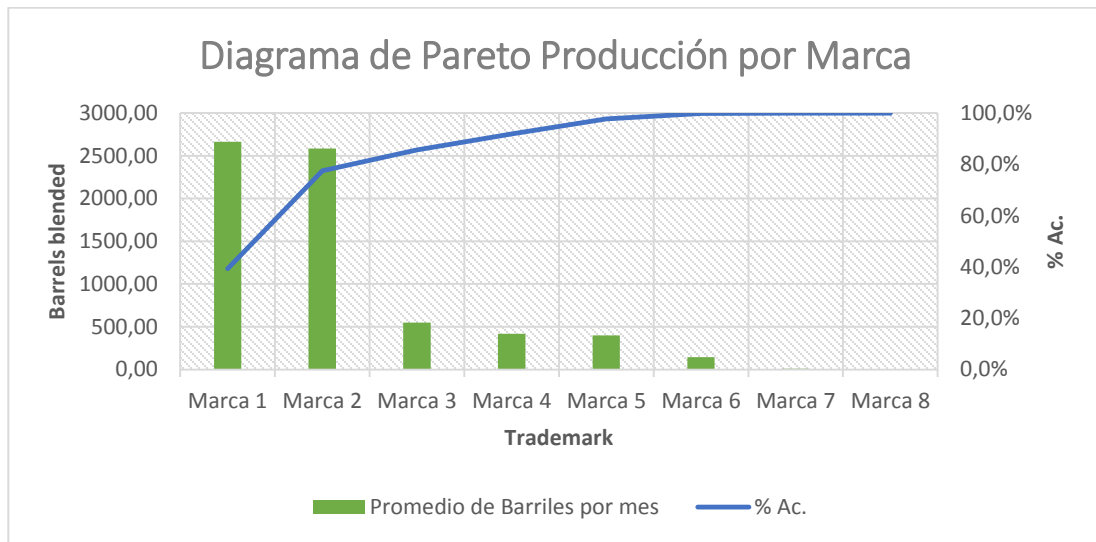
**Tabla 2.7 Producción en barriles por tipo de marca**

Período	Marca								TOTAL
	Marca 1	Marca 2	Marca 3	Marca 4	Marca 5	Marca 6	Marca 7	Marca 8	
201708	3.554,45	2.673,48	469,45	443,45	147,55	224,81			<b>7.513,19</b>
201709	1.673,10	2.031,40		357,12	147,98				<b>4.209,60</b>
201710	2.801,81	1.693,62	459,5	393,57	399,31	62,86			<b>5810,67</b>
201711	3.329,21	2.433,02	980,57	354,98	78,1	242,48			<b>7.418,36</b>
201712	1.407,83	2.338,24	1.544,60	403,55	16,24	535,69			<b>6.246,14</b>
201801	1.359,45	3.384,89		500,95	397,45				<b>5.642,75</b>
201802	1.384,21	2.029,83	561,05	244,81	554,76				<b>4.774,67</b>
201803	3.373,62	2.428,83	1.214,14	262,86	635,64				<b>7.915,10</b>
201804	1.651,88	2.768,05	328,67	357,48	95	164,76			<b>5.365,83</b>
201805	3.267,56	2.041,80	786,53	600,66	336,41	203,81			<b>7.236,78</b>

**Continuación de la tabla 2.7**

201806	3.519,26	2.681,29	486,12	583,74	515,57	168,05			<b>7.954,02</b>
201807	3.199,31	4.630,90	319,86	486	709,45	192,26			<b>9.537,79</b>
201808	2.892,83	1.846,24	340,29	389,67	814,71	150,74			<b>6.434,48</b>
201809	2.283,71	2.513,21	218	457,81	739,71	83,83	137,24	26,55	<b>6.460,07</b>
<b>SUMA</b>	<b>35.698,25</b>	<b>35.494,81</b>	<b>7.708,77</b>	<b>5.836,64</b>	<b>5.587,89</b>	<b>2.029,29</b>	<b>137,24</b>	<b>26,55</b>	<b>92.519,43</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.549,88</b>	<b>2.535,34</b>	<b>550,63</b>	<b>416,9</b>	<b>399,14</b>	<b>144,95</b>	<b>9,8</b>	<b>1,9</b>	<b>6.608,53</b>

Para conocer que Marcas se mezclan más en el mezclado en lote, se realizó un Diagrama de Pareto ver Figura 2.5, donde se muestra las marcas que más producción tienen en este tipo de mezclado.



**Figura 2.5 Diagrama de Pareto por tipo de marca en el mezclado en lote**

Se puede apreciar que las Marcas 1 y 2 representan cerca del 80% de la producción del mezclado en lote. Por lo que el enfoque dentro de este tipo de mezclado será hacia estas marcas, para su posterior análisis. Como la Y en estudio es la tasa de producción, se procede a calcular el mismo, para ambas marcas.

$$TH = \frac{\text{Promedio de barriles mezclados por mes}}{\text{Promedio de Horas laborables por mes}} \quad (2.2)$$

**Tabla 2.8 Tasa de producción por tipo de Marca**

Marca	Barriles Totales	Promedio de Barriles por mes	%	% Ac.	Tiempo promedio por mes (horas)	TH (Barriles/hora)
Marca 1	35.698,25	2665,22	39,3%	39,3%	64	42
Marca 2	35.494,81	2586,41	38,2%	77,5%	64	40
Marca 3	7.708,77	550,63	8,1%	85,6%	14,0	39
Marca 4	5.836,64	416,90	6,2%	91,8%	10,0	42
Marca 5	5.587,89	399,14	5,9%	97,7%	9,0	44
Marca 6	2.029,29	144,95	2,1%	99,8%	4,0	36
Marca 7	137,24	9,80	0,1%	100,0%	0,18	53
Marca 8	26,55	1,90	0,0%	100,0%	0,04	47,5

La tasa de producción para la marca 1 en los productos que se hacen por mezclado en lote corresponde a 42 barriles/ hora, mientras que para la marca 2 es de 40 barriles/ hora ver Tabla 2.8.

#### 2.2.4 Proceso de mezclado

El proceso de mezclado para las marcas 1 y 2 del mezclado en lote, inicia con la recepción de la orden de mezcla por parte del asistente de mezcla, quien una vez recibida esta realiza el abastecimiento de aditivos a la torre de mezcla, los aditivos son enviados a la torre de mezcla en conjunto con la orden de mezcla y en la torre de mezcla son recibidos por el operador de mezclado, quien inicia el llenado de los tanques, luego homogeniza la mezcla por un tiempo, para al final sacar una muestra y enviarla al asistente de mezcla, quien la recibe y la lleva al departamento de calidad, quien aprueba la misma. Una vez aprobada esta, se da apertura a la válvula para que la mezcla fluya hacia las líneas de envasado. Ver APÉNDICE A

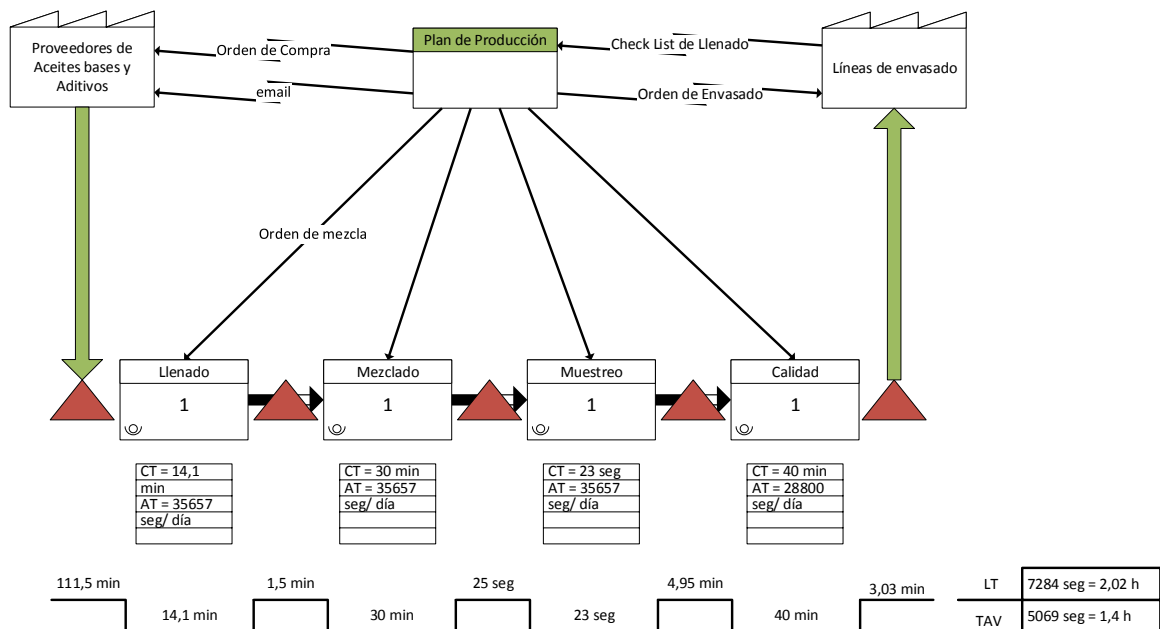


## 2.2.5 VSM

El proceso de mezclado en lote para los diferentes productos no varía, solo existe diferencia en los tiempos de mezclados que son asignados por familia de producto, este tiempo se encuentra estandarizado y es el que se ha determinado que la muestra requiere, ver Tabla 2.9. Los tiempos que agregan y no agregan valor dentro del proceso, se encuentran detallados en el VSM, ver Figura 2.6.

**Tabla 2.9 Tiempo de mezclado por familia de producto**

Familia de producto	Tiempo (min)
Hidráulico	15
Automatic Transmision Fluid	15
Engranaje Automotriz	20
Engranaje Industrial	20
Metal Working Oil	20
Motor	30
Turbina	20



**Figura 2.6 VSM Proceso de mezclado de lubricante para motor**

## 2.2.6 Plan de recolección de datos

Para medir el proceso y las variables involucradas con el problema general, se realizó un plan de recolección de datos, ver Tabla 2.10, que permite identificar, los datos necesarios a recolectar para posteriormente ser analizados.

**Tabla 2.10 Plan de recolección de datos**

No.	Datos a recolectar	Unidad de medida	Tipo de datos	¿Cómo está medido?	Condiciones		¿Dónde está registrado?	Uso futuro	Responsable
1	Producción mensual	Barriles mezclados	Cuantitativo	Cantidad de barriles mezclados por mes	Qué	Barriles de lubricante mezclado	Registro de Producción	Calcular Tasa de producción mensual	Supervisor de Producción
					Dónde	Línea de mezclado			
					Cuándo	Mensualmente			
2	Sobretiempo por mes	Horas	Cuantitativo	Horas que opera la línea después del tiempo regular	Qué	Horas extras	Registro de Sobretiempo por mes	Calcular Tasa de producción mensual	Supervisor de Producción
					Dónde	Línea de mezclado			
					Cuándo	Mensualmente /diariamente			
3	Plan de Producción	Barriles a mezclar	Cuantitativo	Cantidad de barriles a mezclarse	Qué	Barriles de lubricante	Plan de Producción Mensual	Verificar si se está cumpliendo con el Plan.	Coordinador de Producción
					Dónde	Línea de mezclado			
					Cuándo	Mensualmente			
4	Tiempo de proceso de mezclado en lote	Tiempo en minutos	Cuantitativo	Tiempo desde que arriba la Orden de Mezcla hasta que la mezcla es aprobada.	Qué	Tiempo en minutos	Toma de tiempos	Encontrar actividades que no agregan valor	Líder del Proyecto
					Dónde	Línea de mezclado y Laboratorio			
					Cuándo	Diariamente			
5	Tiempo de análisis en Laboratorio	Tiempo en minutos	Cuantitativo	Tiempo que la muestra de mezcla permanece en el Laboratorio analizándose.	Qué	Tiempo en minutos	Documento con registro de tiempos de análisis / toma de tiempos	Identificar las causas de demora en el Laboratorio.	Líder del Proyecto / Centro de Tecnologías (Laboratorio)
					Dónde	Departamento de calidad			
					Cuándo	Diariamente			

### 2.2.7 Confiabilidad de los datos

Data: Producción Mensual

La producción mensual desde el mes de agosto de 2017 hasta septiembre de 2018 fue proporcionada por el Supervisor de Producción de la Planta de Lubricantes. Para realizar la confiabilidad de esta data, se solicitó el Histórico de Ordenes de Producción mensual en físico, para luego proceder a verificar si la información ingresada al sistema muestra consistencia con el histórico de producción. Puesto que durante el horizonte de tiempo seleccionado se han emitido grandes cantidades de órdenes de mezcla, es necesario realizar un muestreo para hacer dicha verificación de la data. Puesto que las cantidades a mezclarse en cada orden de mezcla dependen de la capacidad y disponibilidad de los tanques, se realiza un muestreo Aleatorio Estratificado, donde la estratificación se realizará por capacidades de tanques. Ver Tabla 2.11

**Tabla 2.11 Capacidad de tanques de mezcla**

Tanque	Capacidad (glns)
B1	1800
B2	1800
B3	1800
B4	3400
B5	3400
B6	3700

Donde la Población 1 estará conformada por las mezclas realizadas en los tanques B1, B2 y B3 los cuales tienen una capacidad para mezclar hasta 1800 galones; la población 2 por las mezclas en los tanques B4 y B5 con capacidad de hasta 3400 galones y la población 3 por las mezclas hechas en el tanque B6 el cual posee una capacidad de 3700 galones para mezclado. Se realizó el cálculo del tamaño de muestra para las tres estratificaciones, donde m1 representa la muestra 1 y comprende todas las órdenes de mezcla

con cantidades de mezclado menores a 1800 galones, m2 (muestra 2) órdenes entre 1800 y 3400 galones y m3 (muestra 3) órdenes entre 3400 y 3700 galones:

$$m1 \leq 1800$$

$$1800 < m2 \leq 3400$$

$$3400 < m3 \leq 3700$$

Las cantidades mezcladas correspondientes a las diferentes órdenes de mezcla se muestran el APENDICE B, con las que se obtuvo la media ( $\mu$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ), para calcular los tamaños de muestra, ver Tabla 2.12 con la siguiente expresión:

$$n = \left( \frac{z_{\alpha/2} \sigma}{H} \right)^2 \quad (2.3)$$

**Tabla 2.12 Tamaños de muestra**

Muestras	Tamaño de muestra	Tamaño de población
n1	39	1139
n2	31	728
n3	36	397
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>2264</b>

Al realizar la verificación de los datos de producción mensual, entre la orden física y las cantidades registradas en sistema (ver APENDICE B) no se logró evidenciar inconsistencias en los datos registrados, por lo que los datos de producción son 100% confiables.

### 2.2.8 Problema enfocado

Puesto que las marcas 1 y 2 representan el 78% del mezclado en lote, el cual a su vez representa el 63% del volumen de producción, ambas marcas representan un 49% de la producción total de toda la línea de mezclado, lo que corresponde a 71193 barriles totales en el período de estudio. Ambas marcas

fueron producidas en un total de 1792 horas, lo que da una tasa de producción de 40 barriles por hora, para ambas marcas. Por lo que la definición del problema enfocado se enuncia a continuación:

“La tasa de producción de las marcas 1 y 2 en el mezclado en lote de la línea de mezclado de aceite lubricante desde agosto del 2017 hasta septiembre de 2018 ha sido de 40 barriles por hora, cuando la meta es de 50 barriles por hora en promedio.”

La meta de 50 barriles en ambas marcas es para alcanzar la tasa de producción general de 72 barriles por hora en toda la línea.

## **2.3 Análisis**

### **2.3.1 Diagrama causa / efecto problema enfocado**

En esta etapa se realizó un diagrama Causa – Efecto para ambas marcas (marca 1 y marca 2) ver Figura 2.7, con el fin de encontrar las causas potenciales que hacen que la tasa de producción sea baja para ambas.

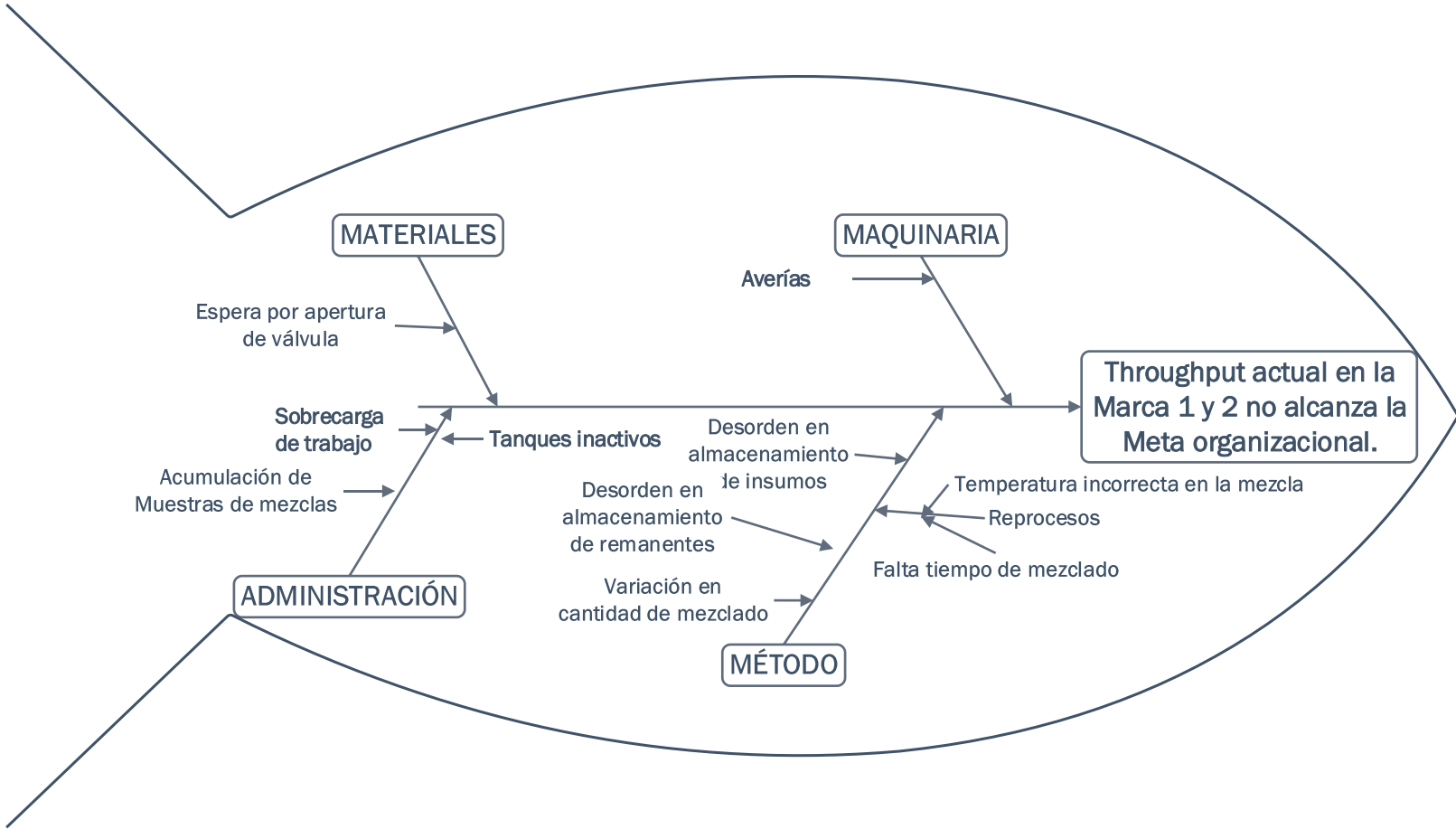


Figura 2.7 Diagrama Ishikawa de tasa de producción bajo en marcas 1 y 2

### 2.3.2 Matriz de ponderaciones

Puesto que ambas marcas de productos cumplen con el mismo proceso de mezclado y mantienen similitud en sus productos. Se encontraron causas en común entre las dos marcas, que están afectando al problema de un bajo tasa de producción, las cuales recibirán un peso de 9 cuando la causa afecta mucho al problema, 3 cuando afecta, pero no considerablemente y 1 cuando la causa no contribuye al problema enfocado. Para esto se entrevistaron a 3 personas que conocen el proceso de mezclado en la organización, dichas entrevistas se realizaron por separado para evitar algún tipo de influencia entre los participantes, en la matriz de ponderaciones, el puntaje total de cada causa será obtenido mediante la moda, es decir el número que más repeticiones tenga entre los participantes. Ver Tabla 2.13

**Tabla 2.13 Ponderaciones de Causa Potenciales**

No.	Causas	Participante 1	Participante 2	Participante 3	TOTAL
1	Tiempo de espera por apertura de válvula	9	3	9	9
2	Tiempo de espera por respuesta de Laboratorio	9	9	9	9
3	Acumulación de muestras de mezclas	9	9	9	9
4	Demora en abastecimiento de tambores de aditivos y remanentes	9	9	9	9
5	Sobrecarga de Trabajo	3	3	9	3
6	Averías	3	1	3	3
7	Reproceso por temperatura incorrecta	9	9	9	9
8	Variación en la cantidad de mezclado	1	3	1	1
9	Reproceso por tiempo de mezclado incompleto	9	9	9	9
10	Tanques inactivos	1	1	1	1

De la matriz de ponderaciones, se obtiene que, de acuerdo a la valoración de los participantes, las causas que más están afectando al problema de la tasa de producción bajo son las causas 1, 2, 3, 4, 7 y 9.

### 2.3.3 Matriz Impacto - Control

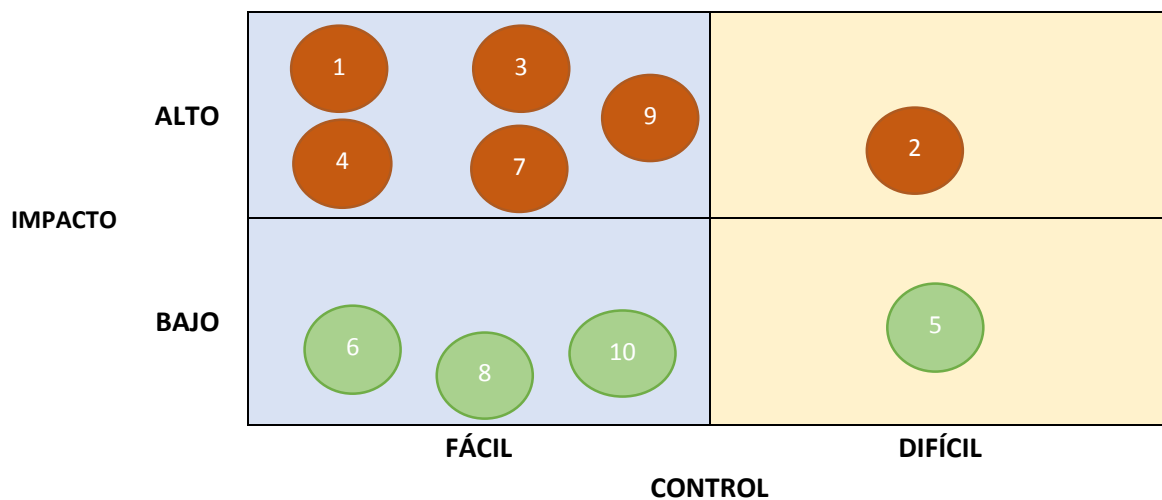
Las causas que recibieron una puntuación de 9 en la matriz de ponderaciones, fueron colocadas como causas de alto impacto, mientras que las que tuvieron peso de 1 y 3 como causas de bajo impacto. Para determinar la facilidad o dificultad de control de las causas, se entrevistó a las 3 personas que participaron en la matriz de ponderaciones, para asignar una puntuación que determine si las causas son fáciles o difíciles de controlar, donde el valor de 9 representa un control fácil (no se requiere mayor uso de recursos), 3 un control medio (requiere parcialmente un uso de recursos) y 1 difícil control (requiere una gran utilización de recursos o depende de terceros). Ver Tabla 2.14

**Tabla 2.14 Ponderaciones del control de causas**

No.	Causas	Participante 1	Participante 2	Participante 3	TOTAL
1	Tiempo de espera por apertura de válvula	9	9	9	9
2	Tiempo de espera por respuesta de Laboratorio	1	1	1	1
3	Acumulación de muestras de mezclas	9	9	9	9
4	Demora en abastecimiento de tambores de aditivos y remanentes	9	9	9	9
5	Sobrecarga de trabajo	3	1	3	3
6	Averías	9	9	9	9
7	Reproceso por temperatura incorrecta	9	9	3	9
8	Variación en la cantidad de mezclado	9	3	9	9
9	Reproceso por tiempo de mezclado incompleto	9	9	3	9
10	Tanques inactivos	3	9	9	9

En el matriz impacto control las causas de alto impacto son aquellas que recibieron 9 en la matriz de ponderaciones de causas y las de bajo impacto las que recibieron 1 y 3. Mientras que, para el control, son de fácil control las que recibieron una ponderación de 9 en la matriz de ponderaciones de control de causas, ver Tabla 2.14.





**Figura 2.8 Matriz Impacto – Control de las Causas Potenciales**

De todas las causas encontradas, solo se selecciona las causas de alto impacto y fácil control de la matriz, ver Figura 2.8, esto debido a que se quiere solucionar el problema parcial o totalmente con el mínimo esfuerzo realizado o con el mínimo uso de recursos.

#### **2.3.4 Plan de verificación de causas**

Con las Causas seleccionadas en la Matriz Impacto-Control, se realizó un plan de verificación, ver Tabla 2.15, con el fin de demostrar que estas causas en realidad afectan y contribuyen al problema inicial.

**Tabla 2.15 Plan de verificación de causas de alto impacto y fácil control**

No.	Causa	Teoría sobre el impacto	Como se verificará?
1	Tiempo de respuesta por apertura de válvula	Una vez aprobada la muestra por el laboratorio, no se realiza inmediatamente la apertura de la válvula manual del tanque de mezcla, para enviar producto a las líneas de llenado.	Toma de tiempos
3	Acumulación de muestras de mezclas	La muestra no es llevada al Laboratorio apenas es tomada, sino que son llevadas en grupos de 2 o 3 muestras.	Diagrama
4	Demora en abastecimiento de aditivos en tambores y remanentes	El asistente de mezcla ocupa tiempo en la búsqueda y trasteo de Tambores de aditivos.	Toma de tiempos & Gemba
7	Reproceso por temperatura incorrecta	El Laboratorio vuelve a pedir otra muestra para ser analizada debido a que la primera no cumple con los parámetros.	Diagrama
9	Reproceso por falta de tiempo en el mezclado	El Laboratorio vuelve a pedir otra muestra para ser analizada debido a que la primera no cumple con los parámetros.	Diagrama

### 2.3.5 Verificación de causas

#### 2.3.5.1 Tiempo de espera por apertura de válvula

Se realizó una toma de tiempos desde que el Laboratorio aprueba la muestra, hasta que el Operario de mezcla realiza la apertura manual de la válvula del tanque asignado, para ello se realizó una toma inicial de 10 datos, ver Tabla 2.16 con los que se obtuvo el tamaño de muestra de los tiempos, ver Tabla 2.17.

**Tabla 2.16 Muestra de tiempos de espera por apertura de válvula manual para marcas 1 y 2**

No.	tiempo (minutos)
1	2,98
2	3,63
3	3,38
4	2,88
5	4,18
6	3,68
7	4,7
8	3,27
9	4,33
10	3,03

Con la muestra inicial mostrada en la tabla 2.16 se procede a calcular el tamaño de muestra para la verificación de los datos, con la siguiente ecuación:

$$n = \left( \frac{z_{\alpha/2} \sigma}{H} \right)^2 \quad (2.3)$$

Donde:

n: tamaño de muestra

$z_{\alpha/2}$ : valor de una distribución de probabilidad normal inversa para

probabilidad  $\alpha/2$ ; alfa( $\alpha$ )=0,05

H: error en unidades de la muestra (minutos) = h \*  $\mu$

H: error porcentual

**Tabla 2.17 Tamaño de muestra para tiempos de espera por apertura de válvula**

<b>Media (<math>\mu</math>)</b>	3,61
<b>Desviación estándar(<math>\sigma</math>)</b>	0,62
<b>h</b>	5%
<b>H</b>	0,18
<b>z (<math>\alpha/2</math>)</b>	1,64
<b>n</b>	<b>32</b>

El tamaño de muestra para esta causa es de 32, por lo que se procedió a tomar 22 datos adicionales para completar el tamaño de muestra. Los datos se muestran en el APÉNDICE C.

El tiempo total que no agrega valor identificado en el VSM es de 2, 02 horas y el tiempo de espera por apertura de válvula es de 3,61 minutos, el cual representa el 3% del mismo, por lo que es una causa que contribuye al problema.

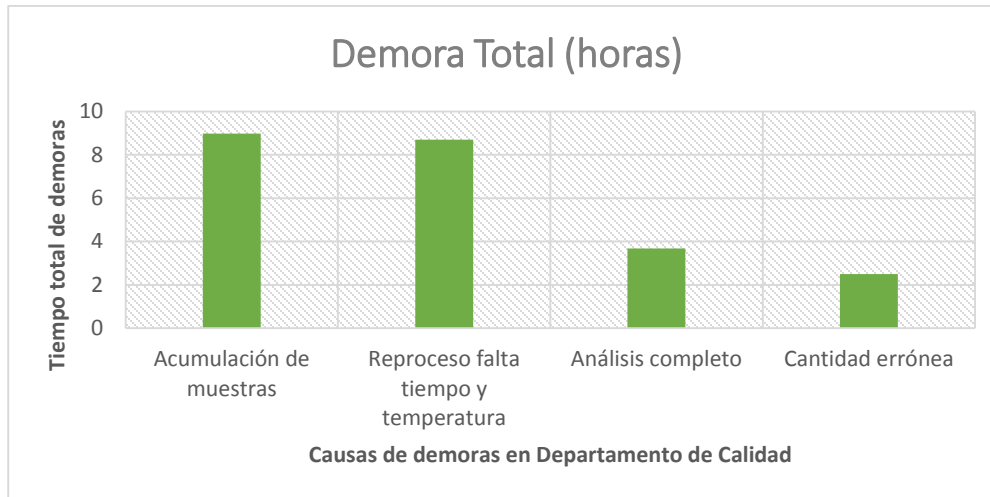
### **2.3.5.2 Acumulación de muestras de mezcla y reprocesos por temperatura incorrecta y tiempo incompleto de mezclado**

La información con los tiempos de análisis por muestra fue proporcionada por el departamento de calidad. Se tomó un horizonte de tiempo de 4 meses, puesto que el Departamento de Calidad no poseía un histórico más amplio de sus tiempos de atención, en la Tabla 2.18 se muestra el número de ocurrencias por evento y el tiempo total por todas las ocurrencias en los cuatro meses de horizonte de tiempo de las marcas 1 y 2. Los datos de este horizonte de tiempo se encuentran en el APÉNDICE C.

**Tabla 2.18 Causas y tiempos de demora en Laboratorio**

Causa	Demora Total (horas)	Número de ocurrencias	%
Acumulación de muestras	8,98	14	38%
Reproceso falta tiempo y temperatura	8,7	4	36%
Análisis completo	3,67	4	15%
Cantidad errónea	2,5	2	10%

La acumulación de muestras en el Departamento de calidad representa el 38% del tiempo total de demoras en laboratorio, ver Figura 2.9, por tanto, aporta a los tiempos que no agregan valor al proceso de mezcla de las marcas 1 y 2.



**Figura 2.9 Diagrama de barras de causas de demora en Laboratorio**

### **2.3.5.3 Demoras en abastecimiento de tambores de aditivos y remanentes**

El Asistente de mezcla es el encargado de abastecer el proceso de mezclado con tambores de aditivos y remanentes, por lo que mientras no envíe los tambores al área de mezclado, la línea permanece sin producir.

Se realizó una toma inicial de 10 datos, ver Tabla 2.19 con los que se obtuvo el tamaño de muestra de los tiempos, ver Tabla 2.20.

**Tabla 2.19 Muestra de tiempos de abastecimiento de aditivos y remanentes**

No.	Tiempo (minutos)
1	57,03
2	58,27
3	103,66
4	121,14
5	113,88
6	78,7
7	113,2
8	135,02
9	118,12
10	120,98

Con la muestra inicial mostrada en la tabla 2.19 se procede a calcular el tamaño de muestra para la verificación de los datos, con la siguiente ecuación:

$$n = \left( \frac{z_{\alpha/2} \sigma}{H} \right)^2 \quad (2.3)$$

Donde:

n: tamaño de muestra

$z_{\alpha/2}$ : valor de una distribución de probabilidad normal inversa para

probabilidad  $\alpha/2$ ;  $\alpha=0,05$

H: error en unidades de la muestra (minutos) =  $h * \mu$

H: error porcentual

**Tabla 2.20 Tamaño de muestra para tiempos de abastecimiento de aditivos**

<b>Media</b>	102,00
<b>Desviación estándar</b>	27,54
<b>h</b>	8%
<b>H</b>	8,16
<b>z (alfa medio)</b>	1,64
<b>n</b>	31

El tamaño de muestra para esta causa es de 31, por lo que se procedió a tomar 21 datos adicionales para completar el tamaño de muestra. Los datos se muestran en el APÉNDICE D.

El tiempo total que no agrega valor de acuerdo al VSM es de 2, 02 horas y este tiempo representa el 84% del mismo, por lo que es una causa que contribuye al problema.

### 2.3.6 Causas potenciales verificadas

Las cinco causas con impacto alto y fácil control fueron verificadas, ver Tabla 2.21, y las cinco aportan a la variable principal.

**Tabla 2.21 Resumen de causas potenciales verificadas**

<b>Causa</b>	<b>¿Verificada?</b>
Tiempo de respuesta por apertura de válvula	Si
Acumulación de muestras de mezclas	Si
Demora en abastecimiento de aditivos en tambores y remanentes	Si
Reproceso por temperatura incorrecta	Si
Reproceso por falta de tiempo en el mezclado	Si

### **2.3.7 5 por qué's?**

Las causas validadas, fueron usadas para encontrar las causas raíces del problema, a través de la herramienta "5 ¿Por qué's?", ver Tabla 2.22, la búsqueda de las causas raíces se la realizó con personas que conocen el proceso de mezclado y las falencias del mismo.

**Tabla 2.22 Cinco Por que's? de causas de alto impacto y fácil control**

Causas	1er Por qué?	2do Por qué?	3er Por qué?	Causa Raíz
Tiempo de espera por apertura de válvula manual	El Sistema de Control es antiguo y se mantiene a pesar de haberse implementado nuevos sistemas de control de paso.	El protocolo de apertura de válvula indica que se debe realizar la apertura manual después del control de calidad.		El protocolo de apertura de válvula indica que se debe realizar la apertura manual después del control de calidad.
Acumulación de muestras de mezclas	Las muestras son enviadas por el ascensor de alimentación de tambores al Asistente de mezcla, quien recibe la muestra solo cuando revisa el ascensor y la envía luego de haber terminado alguna actividad que realizaba en el momento.	Asistente de mezcla tiene múltiples actividades en espacios lejanos a la zona de abastecimiento de aditivos	La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.	La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.
Demora en el abastecimiento de aditivos	Diseño de bodega de aditivos fue realizado sin considerar incrementos en los productos mezclados.			Diseño de bodega de aditivos fue realizado sin considerar incrementos en los productos mezclados.
	Asistente de mezcla deja de realizar búsqueda y se ocupa en otras actividades	Asistente de mezcla tiene múltiples actividades en espacios lejanos al ascensor.	La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.	La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.
Reproceso por temperatura incorrecta	Error en el Operario al seguir Procedimiento.	Las entradas de vapor no abastecen para ciertos productos		Las entradas de vapor no abastecen para ciertos productos
Reproceso por tiempo de mezclado incompleto	Tiempo de mezclado establecido en la metodología es incorrecto para algunos tipos de productos.	Los Aditivos difieren entre sí en viscosidad y composición.		Los Aditivos difieren entre sí en viscosidad y composición.



## 2.4 Mejorar

### 2.4.1 Propuesta de mejora

En base a las causas raíces encontradas, se proponen las siguientes soluciones, para disminuir el tiempo de atención de una orden de mezcla, lo que implica que se mezclarán barriles de lubricante en un tiempo más corto. En la Tabla 2.23 se puede observar el costo asociado a la implementación de cada solución.

**Tabla 2.23 Propuesta de mejora para causas raíces**

Causa	Causa Raíz	Solución 1	Costo de solución	Solución 2	Costo de solución
Tiempo de espera por apertura de válvula	El protocolo de apertura de válvula indica que se debe realizar la apertura manual después del control de calidad.	Instalar pantalla de visualización de aprobación de muestras de mezcla en torre de mezcla.	\$ 2,000.00	Establecer un protocolo en el cual se de apertura de válvula manual una vez confirmado el OK por radio o pantalla.	\$ 500.00
Causa	Causa raíz	Solución 3	Costo de solución	Solución 4	Costo de solución
Acumulación de muestras de mezcla.	La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.	Actualización de actividades de Asistente de mezclado	\$ 250.00	Implementar un sistema de transporte por vacío para muestras desde área de mezclado hasta Departamento de calidad	\$ 5,000.00

Continuación de la tabla 2.23

Causa	Causa raíz	Solución 3	Costo de solución	Solución 4	Costo de solución
Demora en el abastecimiento de aditivos.	La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.	Actualización de actividades de Asistente de mezclado	\$ 250	Implementar un sistema de transporte por vacío para muestras desde área de mezclado hasta Departamento de calidad	\$ 5,000.00
	Causa raíz	Solución 5	Costo de solución	Solución 6	Costo de solución
	Diseño de bodega fue realizado sin considerar incremento en los productos	Rediseño del almacenamiento de aditivos en bodega	\$ 400	Implementar una pantalla para visualizar componentes necesarios para mezcla y preparar a tiempo.	\$ 1,500.00
Causa	Causa raíz	Solución 7	Costo de solución	Solución 8	Costo de solución
Retrabajo por temperatura incorrecta	Las entradas de vapor al tanque no abastece para algunos productos.	Adquirir otro caldero de soporte cuando el producto es viscoso.	\$ 10,000.00	Implementar puntos de conexión de vapor	\$ 600.00
Causa	Causa raíz	Solución 9	Costo de solución	Solución 10	Costo de solución
Retrabajo por tiempo de mezclado incompleto	Aditivos difieren entre sí en viscosidad y composición.	Analizar tiempos de mezclado en productos y actualizarlos en la lista de verificación.	\$ 800.00	Implementar sistema de premezclado de aditivos.	\$ 4,000.00

Con las soluciones propuestas se realiza una matriz Impacto-Esfuerzo, ver Tabla 2.24, en la que se elegirán las soluciones que tengan mayor impacto al solucionar la causa raíz, y cuyo esfuerzo de realizarse sea menor. Para

esta ponderación se utilizó una escala del 1 al 5, para evaluar, donde 1 significa un bajo impacto en la solución de la causa raíz y 5 un gran impacto para solucionar dicha causa; mientras que, por el lado del Esfuerzo, 1 significa que se requiere de pocos recursos para llevar a cabo la solución, mientras 5 para un esfuerzo significativo, haciendo uso de varios recursos, grandes inversiones e implementaciones.

**Tabla 2.24 Matriz Impacto – Esfuerzo para causas raíces**

Causa raíz	Solución 1		Solución 2	
	Impacto	Esfuerzo	Impacto	Esfuerzo
El protocolo de apertura de válvula indica que se debe realizar la apertura manual después del control de calidad.	3	5	5	3
Causa raíz	Solución 3		Solución 4	
	Impacto	Esfuerzo	Impacto	Esfuerzo
La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.	5	1	5	5
Causa Raíz	Solución 5		Solución 6	
	Impacto	Esfuerzo	Impacto	Esfuerzo
Diseño de bodega fue realizado sin considerar incremento en los productos.	5	2	3	3
Causa raíz	Solución 7		Solución 8	
	Impacto	Esfuerzo	Impacto	Esfuerzo
Las entradas de vapor al tanque no abastecen para ciertos productos.	5	4	4	2
Causa raíz	Solución 9		Solución 10	
	Impacto	Esfuerzo	Impacto	Esfuerzo
Los Aditivos difieren entre sí en viscosidad y composición.	5	4	3	4

Se puede observar en la Tabla 2.24 que las soluciones con un impacto alto y esfuerzo bajo corresponden a las soluciones 3 y 5, es decir a una actualización en las actividades del Asistente de mezclado y un Rediseño del almacenamiento de aditivos en bodega.

## 2.4.2 Plan de implementación

Las soluciones seleccionadas se implementarán de acuerdo al plan establecido en la Tabla 2.25. con el fin de acortar los tiempos de procesamiento de una orden de mezcla, y atender más ordenes de mezclas en horarios regulares de trabajo.

**Tabla 2.25 Plan de Implementación de soluciones**

Causa raíz	Solución	Por qué?	Cómo?	Dónde?	Cuándo?	Responsable
La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.	Actualización de actividades del Asistente de mezcla	Porque el asistente de mezcla se dedicará solo a actividades referentes al abastecimiento de aditivos, sin tener que parar la línea por falta de abastecimiento.	Establecer un documento con las nuevas actividades y capacitar al operario para que opere eficientemente.	Zona de abastecimiento para el proceso de mezcla.	2019-01-18	Ronnie Bejeguen
Diseño de bodega de aditivos fue realizado sin considerar incrementos en los productos mezclados.	Rediseño del almacenamiento de aditivos en bodega	Porque el asistente de mezcla no ocupará tiempo en la búsqueda de aditivos, alargando el proceso de mezclado.	Realizar una clasificación ABC de aditivos y almacenarlos dependiendo de su rotación.	Bodega de aditivos	2019-01-30	Ronnie Bejeguen

## 2.5 Control – Implementación

### 2.5.1 Soluciones

#### 2.5.1.1 Solución 1: actualización de actividades del asistente de mezcla

La actualización de actividades del Asistente de mezcla consiste en quitar de sus actividades: “Llevar la muestra de producto mezclado al Departamento de Calidad”, puesto que para realizar esta actividad tiene que parar el abastecimiento de aditivos, por tanto, esto genera un paro en la línea, además que no solo gasta el tiempo en que transporta la muestra a Calidad, sino que también, el cambio de actividad toma un tiempo, puesto que debe preparar la muestra antes de llevarla, y al regresar a su puesto de trabajo, debe realizar actividades post llevado de muestra. En la Tabla 2.26 se puede ver el detalle de las actividades que tenía antes de la generación de ésta solución y las que tendrá luego de la implementación.

**Tabla 2.26 Resumen de actividades antes y después de la implementación**

<b>Resumen de Actividades</b>	
<b>Puesto de trabajo anterior</b>	<b>Puesto de trabajo mejorado</b>
<b><i>Detalle de Principales Funciones</i></b>	<b><i>Detalle de Principales Funciones</i></b>
En base a las órdenes de mezclas lanzadas oportunamente por Coordinador de Producción Productos, asegura el suministro de materias primas almacenadas, en tambores, para la torre de mezcla.	En base a las órdenes de mezclas lanzadas oportunamente por Coordinador de Producción Productos, asegura el suministro de materias primas almacenadas, en tambores, para la torre de mezcla.
Manejo de montacargas.	Manejo de montacargas.
Lleva registro del consumo de aditivos y sus saldos.	Lleva registro del consumo de aditivos y sus saldos.
Llenar registros, cumplimiento de controles operativos y procedimientos (Manejo de desechos y uso EPPs). Separar lo necesario de lo innecesario. Ordenar y mantener limpias las áreas a su control. Mantener equipos funcionando y operativos. Aprovechar recursos, maximizando eficiencia y mejora continua.	Llenar registros, cumplimiento de controles operativos y procedimientos (Manejo de desechos y uso EPPs). Separar lo necesario de lo innecesario. Ordenar y mantener limpias las áreas a su control. Mantener equipos funcionando y operativos. Aprovechar recursos, maximizando eficiencia y mejora continua.
Da soporte a requerimientos del Operador de mezcla.	Da soporte a requerimientos del Operador de mezcla.

**Continuación Tabla 2.26**

<i>Detalle de Principales Funciones</i>	<i>Detalle de Principales Funciones</i>
Prepara tambores (limpieza previo a envío por ascensor).	Prepara tambores (limpieza previo a envío por ascensor).
Toma contramuestra de producto elaborado (mezcla) y envía a Laboratorio para análisis.	
Recepta los tambores vacíos utilizados en proceso de mezclado y los almacena adecuadamente hasta gestión.	Recepta los tambores vacíos utilizados en proceso de mezclado y los almacena adecuadamente hasta gestión.
Puede colaborar en labores de descarga de buque cuando se le requiera.	Puede colaborar en labores de descarga de buque cuando se le requiera.

La actividad eliminada de las realizadas por el asistente de mezclado, será realizada por otro operario de la línea de llenado, quien opera en la misma área de trabajo que el asistente de mezcla.

Para medir la mejora de quitar esta actividad de las realizadas por el Asistente de mezclado, se realizó un modelo de Simulación en Flexsim con las diferentes actividades del Asistente de mezcla.

El primer paso para modelar el sistema, fue la toma de datos, con esto se procedió a elegir los diferentes tamaños de muestra de las actividades realizadas por el asistente de mezcla. Las actividades se detallan a continuación:

- Realizar cálculos de cantidades de tambores necesarios
- Búsqueda de aditivos en bodega
- Descarga de tambores en zona de abastecimiento
- Preparación de tambores
- Despacho de tambores vacíos
- Llevar muestra a Departamento de calidad
- Cambio entre actividad de abastecimiento y llevar muestra

Además de las actividades, fue necesario conocer los tiempos entre arribos de:

- Arribos de orden de mezcla
- Arribos de tambores vacíos
- Arribos de muestras de mezcla

Para los tiempos de actividades y arribos de materiales se tomaron datos iniciales para calcular el tamaño de muestra necesario para ingresarlos a la simulación. Ver Tabla 2.27.

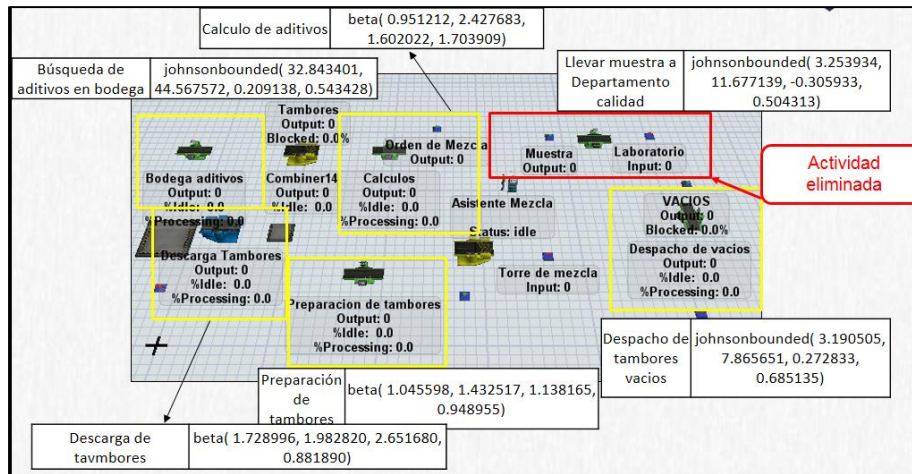
**Tabla 2.27 Tamaños de muestra**

Variable	Descarga en zona	Muestra	Cambio de actividades	Descarga vacíos	Preparación Tambores para envío	Carga en Bodega	Cálculos
media	1,91	8,24	14,00	4,99	1,24	38,23	1,60
Desviación estándar	0,06	2,79	4,75	1,30	0,10	3,36	0,36
h	1%	10%	10%	8%	3%	3%	7%
H	0,02	0,82	1,33	0,40	0,04	1,15	0,11
z (alfa medio)	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
n	25,88	31,08	34,44	28,82	21,62	23,16	27,40

Las distribuciones en cada una de las estaciones de trabajo se muestra a continuación ver Tabla 2.28, la cuales fueron utilizadas para cada una de las actividades realizadas por el asistente de mezclado dentro del modelo de simulación realizado en Flexsim, ver figura 2.10

**Tabla 2.28 Distribuciones de probabilidad de tiempos por actividad**

Actividades	Distribuciones
Búsqueda de aditivos en bodega	johnsonbounded( 32.843401, 44.567572, 0.209138, 0.543428)
Tiempo de viaje a bodega de aditivos	erlang( 0.139875, 0.148729, 2.000000)
Descarga de tambores en zona de abastecimiento	beta( 1.728996, 1.982820, 2.651680, 0.881890)
Preparación de tambores	beta( 1.045598, 1.432517, 1.138165, 0.948955)
Llevar muestra a Departamento de Calidad	johnsonbounded( 3.253934, 11.677139, -0.305933, 0.504313)
Tiempo de cambio entre actividad de abastecimiento y llevar muestra.	johnsonbounded( 5.526235, 19.846134, -0.305671, 0.504803)
Arribos de ordenes de mezcla	beta( 51.318245, 108.413887, 1.161661, 0.925609)
Cálculos de aditivos	beta( 0.951212, 2.427683, 1.602022, 1.703909)
Despacho de vacíos	johnsonbounded( 3.190505, 7.865651, 0.272833, 0.685135)
Arribo de vacíos	johnsonbounded( 15.074535, 20.591540, 0.155194, 0.522686)
Arribo de muestras	johnsonbounded( 35.446782, 77.347114, -0.203246, 0.655836)



**Figura 2.10 Modelo de simulación en Flexsim de las nuevas actividades realizadas por Asistente de mezcla**

### 2.5.1.2 Solución 2: rediseño del almacenamiento de aditivos en bodega

Para el almacenamiento de aditivos se utilizaba una sola bodega con capacidad de 2048 tambores de aditivos, generándose una acumulación de aditivos debido a que el requerimiento mensual de tambores es de 3286, ver APÉNDICE E, por lo que existe un déficit en el almacenamiento, a esto se suma que no existe una clasificación entre los aditivos de mayor, media y menor rotación.

Debido a que los aditivos en bodega no se encontraban almacenados en un orden que agiliten el manejo de tambores de aditivos, el primer paso para esta solución es realizar una clasificación ABC de aditivos de acuerdo a su rotación, donde los productos tipo A son los aditivos que más se utilizan en el proceso de mezclado, los productos tipo B son los de consumo medio y los productos tipo C los que se utilizan poco para la mezcla de aceite lubricante. La empresa maneja 98 tipos de aditivos diferentes, su clasificación ABC se muestra en la Tabla 2.29.

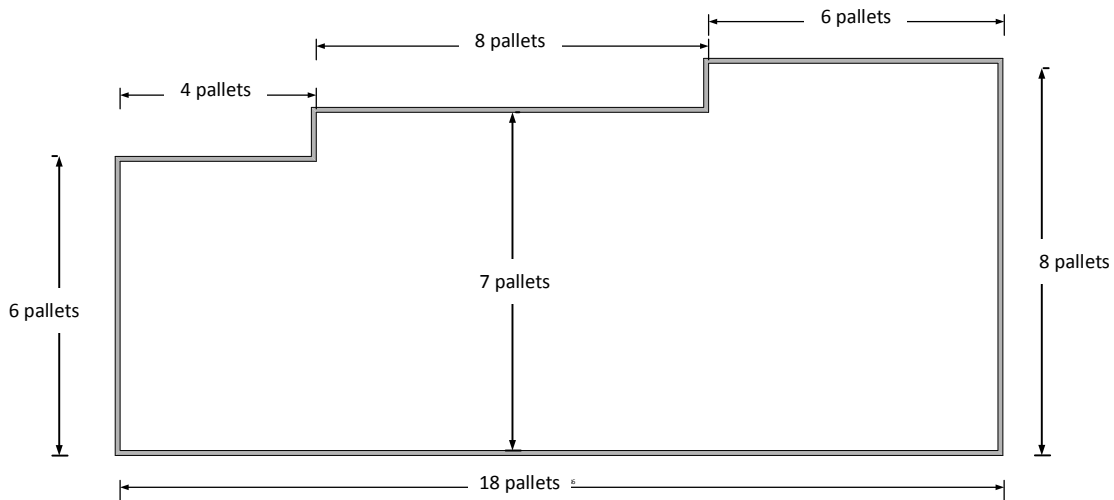


**Tabla 2.29 Clasificación ABC de aditivos**

Clasificación	Tipos de aditivos	Consumo promedio mensual	Cobertura (mes)	IRI mensual	Requerimiento mensual de tambores
A	6	216	4,5	0,22	972
B	27	169	6	0,17	1014
C	65	65	20	0,05	1300
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>			<b>TOTAL</b>	<b>3286</b>

$$IRI = \frac{1}{Cobertura} \quad (2.4)$$

Como se puede observar Figura 2.11 la bodega de aditivos tiene dimensiones para almacenar 18 pallets de ancho, entre 6 a 8 pallets de largo y 4 niveles de alto, cabe recalcar que en cada pallet caben 4 tambores de 55 galones de aditivo, ver APÉNDICE F (foto bodega).



**Figura 2.11 Diseño de Bodega de aditivos**

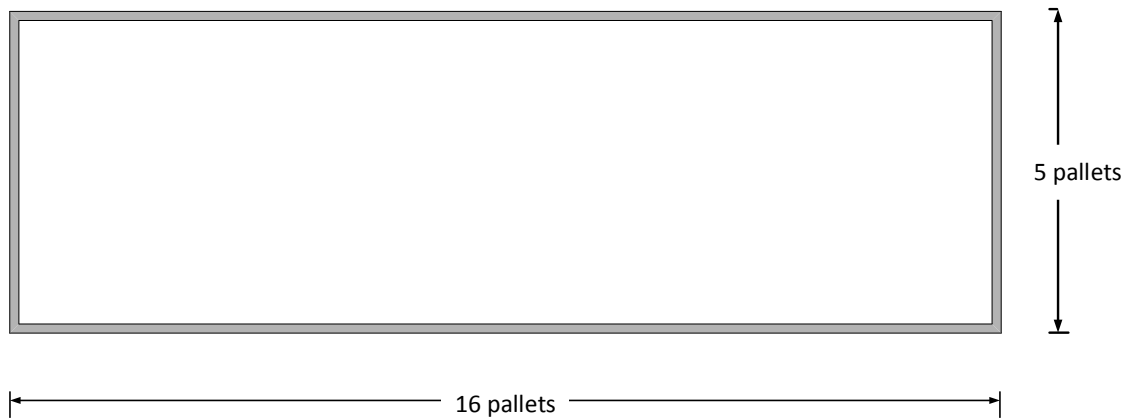
Es necesario hacer uso de otra bodega para un correcto almacenamiento de tambores, que permita un eficiente manipuleo de los mismos. La propuesta es utilizar una bodega nueva, (que, al inicio del análisis del presente proyecto, la compañía se encontraba construyendo y al finalizar el mismo, no había

sido terminada de construir), la cual tiene capacidad de almacenamiento para 1280 tambores, ver Figura 2.12, con el fin de almacenar correctamente el déficit de tambores que existe. La nueva bodega posee cuatro niveles de almacenamiento, 16 columnas y 5 filas de pallets:

$$\text{Capacidad pallets} = 16 \times 5 \times 4 = 320 \text{ pallets} \quad (2.5)$$

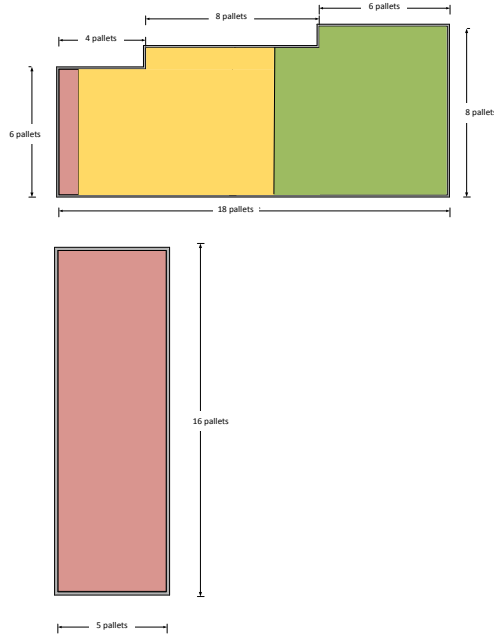
Cada pallet contiene 4 tambores de aditivos, por tanto:

$$\text{Capacidad tambores} = 320 \text{ pallets} * 4 \frac{\text{tambores}}{\text{pallet}} = 1280 \text{ tambores} \quad (2.6)$$



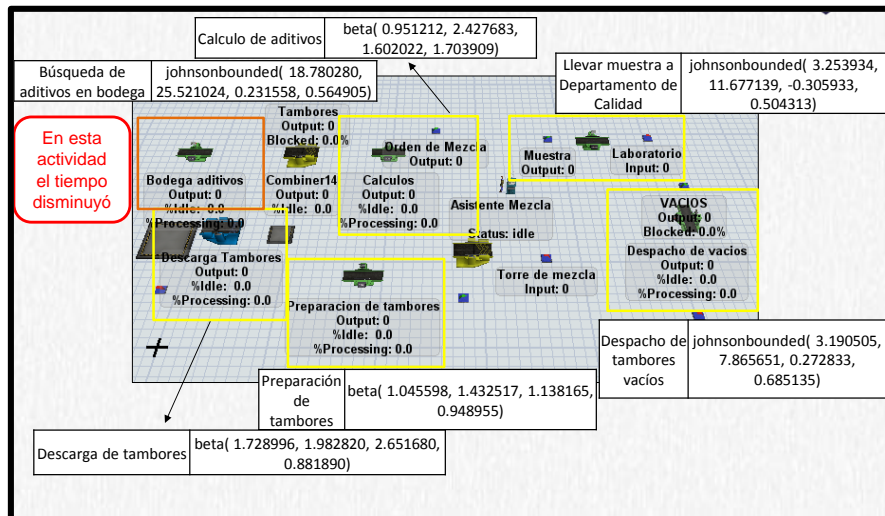
**Figura 2.12 Diseño de Nueva Bodega de aditivos**

Haciendo uso de las dos bodegas antes mencionada la distribución de los aditivos de acuerdo a su rotación ver Tabla 2.28, quedará de la siguiente manera (ver Figura 2.13):



**Figura 2.13 Diseño de Bodegas de aditivos para almacenamiento mejorado**

Para analizar la nueva situación con el uso de una nueva bodega, se realizarán corridas en el modelo de simulación validado en la solución anterior, ver Figura 2.14



**Figura 2.14 Modelo de simulación en Flexsim de las actividades realizadas por Asistente de mezcla con mejoras en los tiempos de búsqueda en bodega**

Para este modelo de simulación se tomaron las mismas distribuciones de probabilidades para las diferentes actividades. Para obtener la distribución de los nuevos tiempos de búsqueda de aditivos en bodega, se realizó una toma de muestra inicial ver Tabla 2.30, para determinar el tamaño de muestra con los datos necesarios para ajustarlos a la distribución de probabilidad. Para tomar los nuevos datos, se reubicaron solo los tambores de aditivos utilizados en el día de producción, puesto que la nueva bodega había sido terminada de construir. Con una reubicación momentánea por varios días se recogieron nuevos tiempos de búsqueda de aditivos en bodega, los cuales tienen la distribución mostrada en la Tabla 2.31.

**Tabla 2.30 Tamaño de muestra para tiempos de búsqueda de aditivos en bodega**

VARIABLE	CARGA EN BODEGA (MEJORADO)
media	21,85
Desviación estándar	1,92
h	3%
H	0,66
z (alfa medio)	1,64
n	23

**Tabla 2.31 Distribución de probabilidad de los nuevos tiempos de búsqueda de aditivos**

Búsqueda de aditivos en bodega (con mejora)	johnsonbounded( 18.780280, 25.521024, 0.231558, 0.564905)
---	---

## 2.5.2 Plan de control

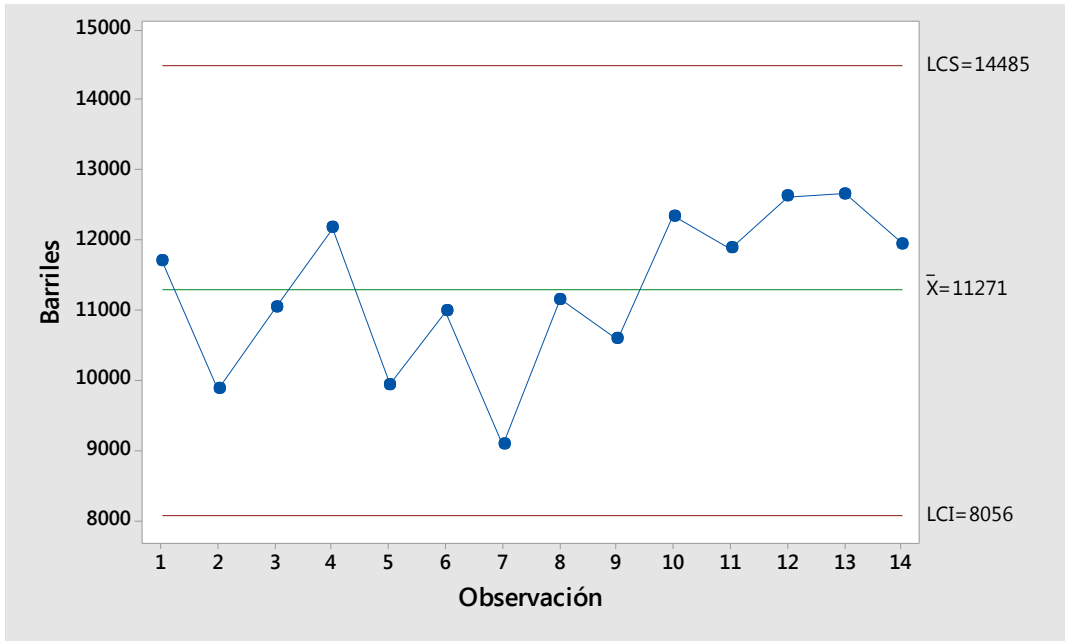
Con la finalidad que las mejoras en la línea de mezclado se conserven en el largo plazo, se elaboró un plan de Control para las soluciones ya mencionadas. Ver Tabla 2.32.

**Tabla 2.32 Plan de Control para las mejoras en la línea de mezclado**

Causas Raíz	¿Qué?	¿Por qué ?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuándo?
La descripción del perfil de trabajo del asistente de mezcla incluye actividades que interrumpen el proceso de mezclado.	Control de actividades	No existan retrasos en el inicio del proceso de mezclado	Por medio de la implementación de bitácora de trabajo	Zona de abastecimiento de aditivos	Asistente de mezcla	Diariamente
Diseño de la bodega de aditivos fue realizada sin considerar incrementos en productos mezclados.	Control de almacenamiento de aditivos	Para mantener las cantidades reales de los aditivos en bodega de acuerdo a su clasificación ABC.	Llenando el registro entregado para control de inventario	En la bodega de aditivos	Jefe de Abastecimiento	Mensualmente y cada que llegue exista un arribo de aditivos

Para controlar las actividades realizadas por el Asistente de mezcla se elaboró una bitácora de control de actividades del mismo, ver APÉNDICE F, en la que detallará las actividades realizadas en su jornada de trabajo y el tiempo que le toma realizarla. Mientras que, para conservar el manejo de inventario de aditivos, el departamento de abastecimiento llevará un registro, ver APÉNDICE E, donde anotará la ubicación actual de los diferentes aditivos y la cual será actualizada cada mes y cada que arriben aditivos a bodega, de igual manera el asistente de mezcla llevará otro registro, ver APÉNDICE F, donde anotará las cantidades de aditivos consumidas diariamente, dicho registro será enviado a departamento de abastecimiento diariamente, para mantener actualizado las existencias de aditivos en bodega.

Para controlar la producción mensual de la línea de mezclado, se tomaron los datos de 14 meses (los cuales comprenden el período de análisis del proyecto), estos datos fueron resultados de la simulación con las dos mejoras realizadas; con lo que se obtuvo que la producción debe permanecer entre los 8000 y 14000 barriles mensuales ver Figura 2.15, con lo que se asegura que la línea no tenga tiempo de espera elevados, ni hacer uso de sobretiempo para el mezclado de barriles de lubricante.

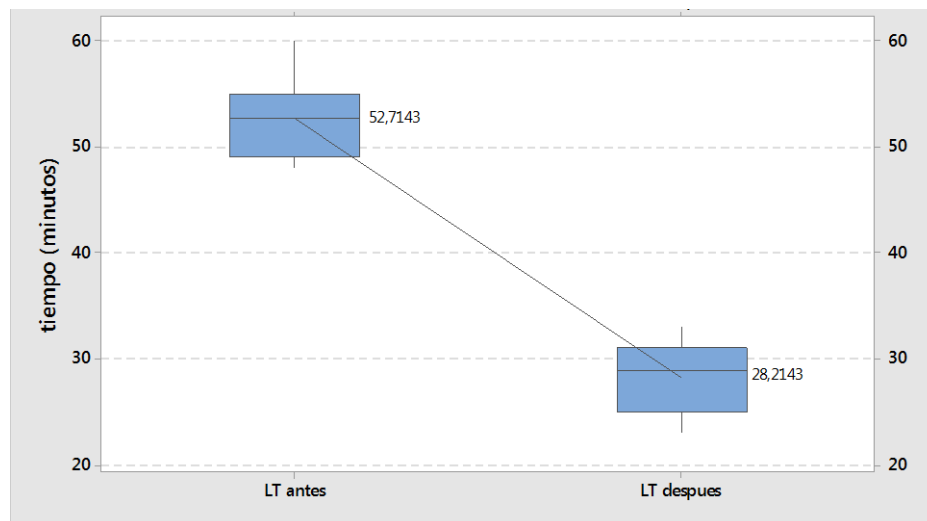


**Figura 2.15 Carta de control para la producción mensual**

# CAPÍTULO 3

## 3. Resultados y Análisis

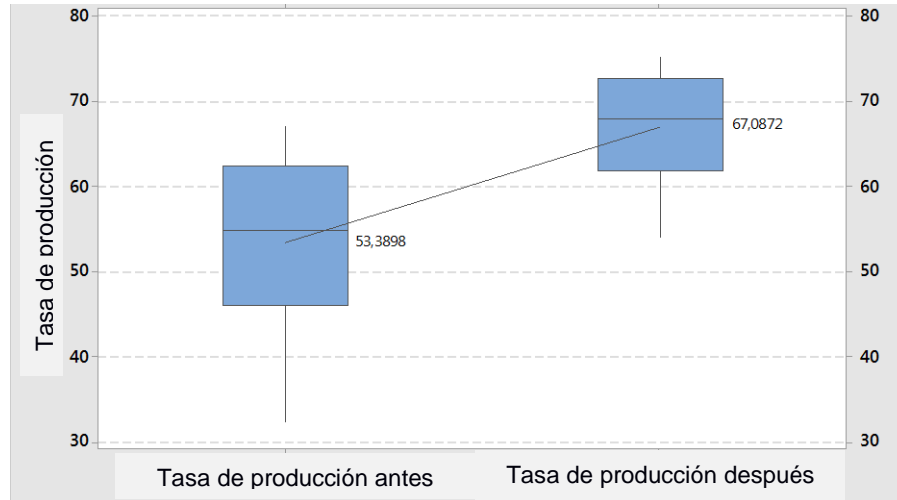
Con la simulación realizada a las actividades del Asistente de mezcla, se obtuvo que, al suprimir la actividad de llevar la muestra de producto terminado al Departamento de Calidad, y al reducir los tiempos de búsqueda de aditivos en bodega, se logra reducir el tiempo de espera en las diferentes actividades dentro del proceso de mezclado de 53 a 28 minutos en promedio, ver Figura 3.1. Los datos del tiempo de espera antes y después de las mejoras se encuentran en el APÉNDICE G.



**Figura 3.1 Diagrama de cajas del Tiempo de espera antes y después de la simulación con las mejoras**

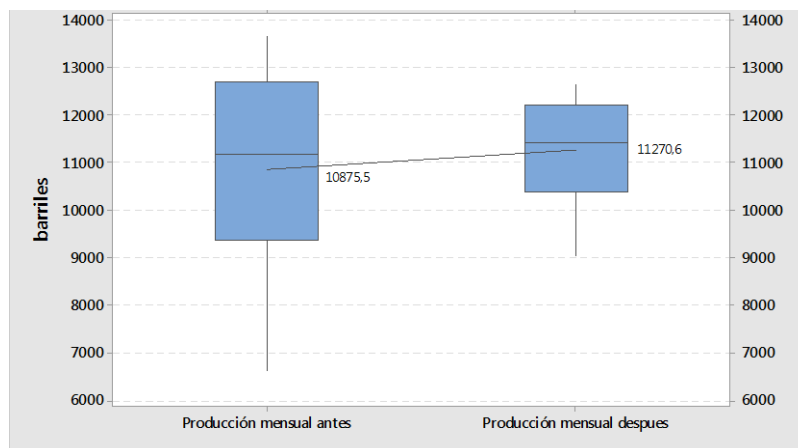
La tasa de producción incrementó de 53 a 67 barriles por hora, ver Figura 3.1. Lo que permitirá a la línea de mezclado cumplir con una producción mensual de más de 11,000 barriles, ver Figura 3.2 sin hacer uso de sobretiempo. Los datos

de la tasa de producción inicial y los mejorados se encuentran en el APÉNDICE G.



**Figura 3.2 Diagrama de cajas de la tasa de producción antes y después de la simulación con las mejoras**

Con el incremento de la tasa de producción de acuerdo a la simulación, la línea de mezclado será capaz de incrementar su producción en promedio de más 10,000 bbls a más de 11,000 bbls, ver Figura 3.3. Los datos de producción mensual antes y después de las mejoras se encuentran en el APÉNDICE G.



**Figura 3.3 Diagrama de cajas de la producción mensual antes y después de la simulación con las mejoras**



# CAPÍTULO 4

## 4. Conclusiones y Recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

- Con la asignación de actividades al asistente de mezcla y el rediseño de almacenamiento de aditivos, de acuerdo a los resultados de la simulación, la línea de mezclado aceite lubricante incrementará su tasa de producción de 53 a 67 barriles por hora.
- De acuerdo a la simulación con las propuestas de mejoras, la línea de mezclado incrementará su producción mensual en más de 400 barriles y reducirá el sobretiempo completamente.
- La compañía tendrá un ahorro de más de \$5,000.00 anuales por eliminar el sobretiempo completamente en la línea de mezclado.
- La compañía tendrá \$29,000.00 de ingreso por ventas potenciales por mes al incrementar los barriles producidos.

### 4.2 Recomendaciones

- Conservar la producción mensual entre 8,000 y 14,000 barriles con el fin de evitar largos tiempo de espera y hacer uso de sobretiempo.
- Revisar el inventario de aditivos en bodega mensualmente y actualizar el mismo cada que arriben órdenes de tambores a la bodega.
- Proveer un documento con los niveles de inventario de aditivos al Asistente de mezcla con el fin de agilizar la búsqueda de aditivos en bodega.
- Revisar mensualmente la rotación de los aditivos con la finalidad de actualizar los productos tipo A, B y C y actualizar la ubicación de los mismos en bodega.

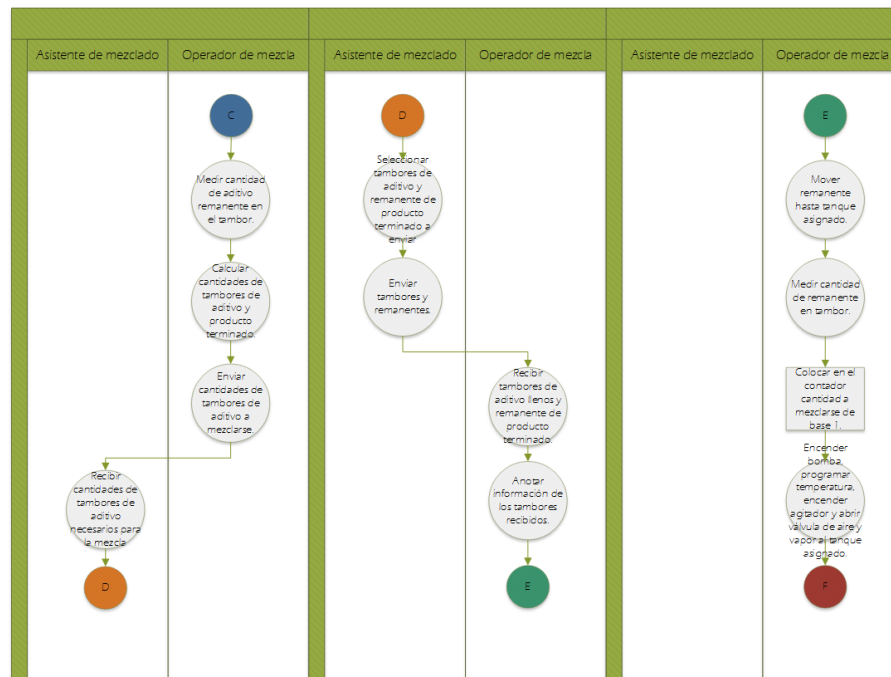
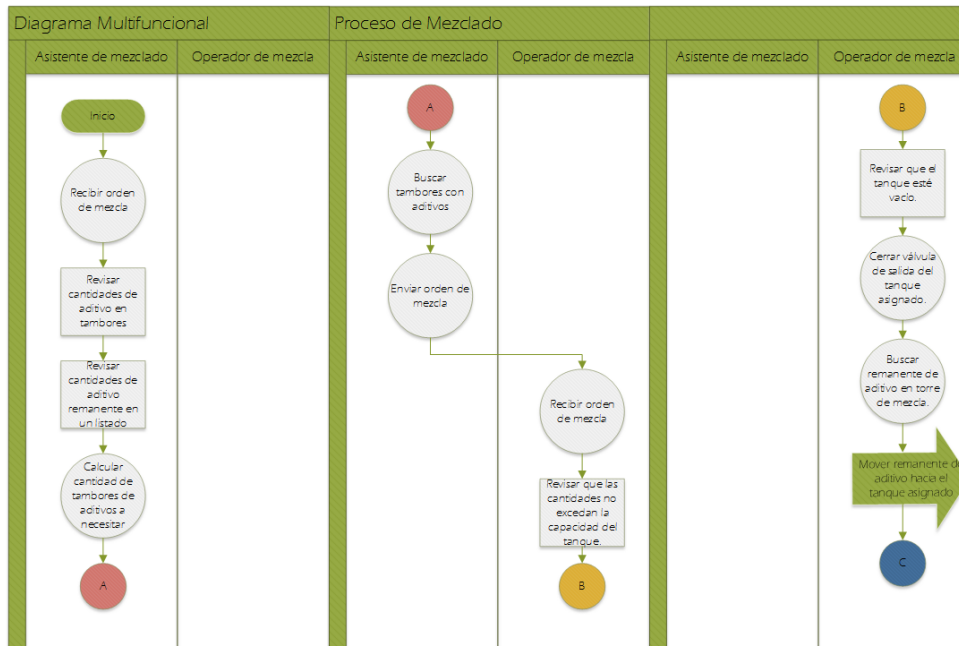
# BIBLIOGRAFÍA

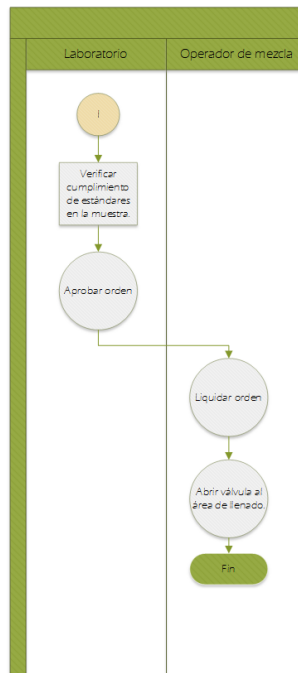
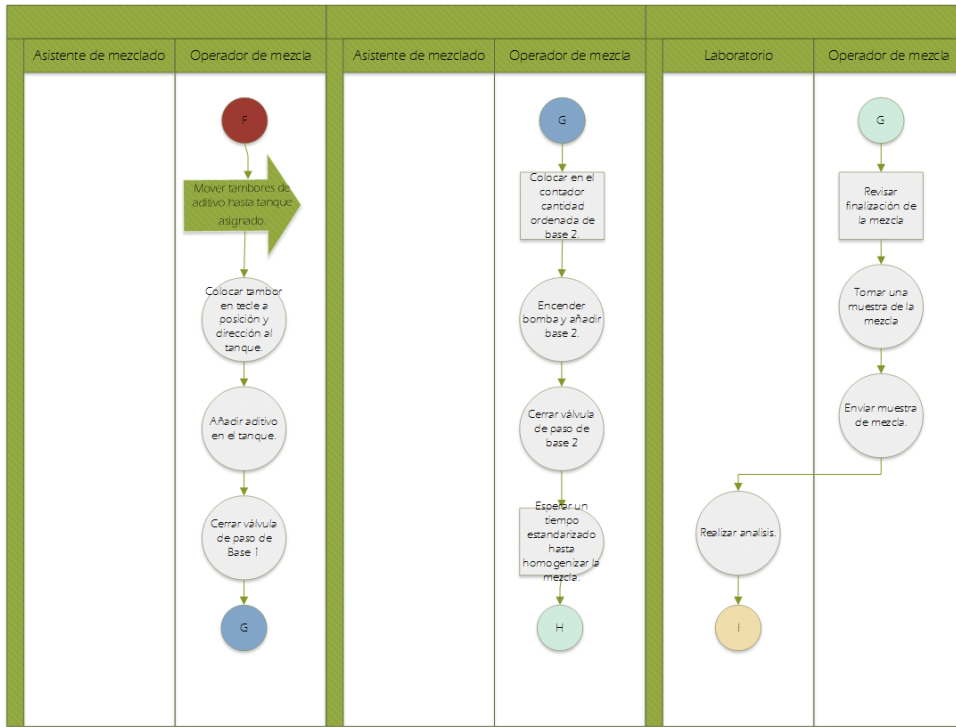
- Alan Rushton, P. C. (2010). *The handbook of logistics and distribution management*. London: KoganPage.
- Berardinelli, C. (2012). To DMAIC or Not to DMAIC? *Quality Progress*.
- Berriprocess. (s.f.). *Berriprocess*. Obtenido de <https://berriprocess.com/es/2016/01/03/la-ley-de-little/>
- Caletec. (s.f.). *Caletec*. Obtenido de <https://www.caletec.com/otros/sipoc-mapa-de-proceso-a-alto-nivel/>
- Caletec. (s.f.). *Caletec*. Obtenido de <https://www.caletec.com/6sigma/la-voz-del-cliente-voc-voice-of-customer/>
- Calidad y ADR. (27 de marzo de 2017). *Calidad y ADR*. Obtenido de <https://aprendiendocalidadyadr.com/el-diagrama-causa-efecto/>
- E., P. (1999). *Ingeniería Industrial y Administración*. Mexico: Compañía Editorial continental.
- Lean Solutions. (s.f.). *Lean Solutions*. Obtenido de VSM: <http://www.leansolutions.co/conceptos/vsm/>
- Nicholas, J. (2011). *Lean production for competitive advantage*. New York: CRC.
- Sales, M. (28 de Julio de 2002). *GESTIOPOLIS*. Obtenido de Diagrama de Pareto: <https://www.gestiopolis.com/diagrama-de-pareto/>
- Serrat, O. (2017). Knowledge dolutions. En O. Serrat, *Knolwedge dolutions* (págs. 307-310). Singapore.

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

## Proceso de mezclado de aceite lubricante





## APÉNDICE B

### Galones mezclados por tanque desde agosto 2017 hasta septiembre 2018

Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
1770	1776	1803	2001	3333	3597
1701	1770	1698	3359	3360	1695
1800	1820	1775	2121	3322	2135
1556	1779	1745	3322	3379	3530
1790	1781	1620	3180	2950	2276
1178	1701	1799	3242	3385	3700
562	1736	1503	3370	2003	2902
1770	1333	1412	3397	3248	3686
1120	1655	1779	1719	3227	3700
1455	1238	1760	2481	1965	3521
1770	1779	1724	1520	3321	2225
455	703	1682	3381	3308	2847
567	1621	1785	3261	1725	3700
1396	1775	1770	1341	1500	3655
554	1778	1800	3375	2240	3614
677	1772	1773	798	1009	3567
1778	1780	1802	3360	3320	3690
1775	1774	1800	1700	3360	3628
1773	1175	1548	3360	3360	3629
445	792	916	2320	2999	1291
1780	1770	599	2800	3360	3535
1776	1770	1801	1941	3299	3575
1115	1775	1790	1722	1818	1775
1775	1797	549	3373	3340	3620
1121	822	1556	2670	2754	450
674	555	1701	1495	3332	3000
1496	895	1802	3427	3321	3719
1815	1796	1406	1890	3390	1115
1785	1803	1705	3404	2718	3697
1782	454	1805	780	2500	3700
1038	1785	550	3384	1617	3614
1335	605	794	1471	1859	2241
1750	1040	751	2615	3170	1787
1781	1780	1802	3270	2668	3680
449	1775	20	2235	3399	3604
455	448	1699	3260	1580	3621
840	1796	1699	3311	3401	3600
1792	1740	1016	3160	3379	2500
1787	1675	786	3255	3374	3634
1607	1135	1801	3311	3371	3700
1780	1764	1775	3300	3323	3610
1116	1787	1695	3300	3345	3716
1786	1335	610	3258	3386	3612
1709	1760	1797	2666	1503	3609
454	1760	1792	3190	3236	3591
1790	1760	1661	2573	3209	3613
1778	1452	1772	3370	3397	3602
1749	1774	1819	1788	3369	3699
1700	1770	1771	3339	3360	3700

Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
1557	1791	1771	2216	3378	3511
1748	458	1715	1111	1700	3525
1782	1410	1770	3271	3341	1717
1777	1774	1748	3262	3360	3715
679	1793	1334	3262	3395	3700
978	1170	1779	3300	3360	3617
1780	1770	1615	3100	1699	3705
1799	600	850	3329	2124	3700
1762	1782	1789	3358	3235	3616
1773	1695	1730	3370	3331	3649
1589	1772	1042	3311	3369	1941
884	1786	1410	3011	3125	3689
1781	824	1005	3360	3229	3601
1792	524	564	3360	3372	3476
1770	1704	1460	2130	3270	2066
1116	1696	1788	3401	2609	3650
1701	1741	1515	3343	1645	3567
1724	900	1415	3236	3322	3616
3706	1303	1798	3409	3360	3741
1801	1774	1771	3388	3320	3659
1035	1800	1325	3408	901	3647
1806	1571	1796	3405	1810	3600
1799	632	1540	3374	3388	3510
1801	1752	1799	2535	3048	3591
1818	1775	1801	3325	3205	3701
1794	1784	1735	3251	1800	3564
883	1801	1715	3336	3397	3556
610	1774	1668	3360	1835	3555
1741	1673	874	2000	4560	3646
1699	1770	1691	1798	3374	1779
1699	1775	1680	3201	3381	2028
1700	1778	1790	3388	2587	1530
1774	1869	1774	3380	3259	3619
1803	936	1762	3260	3319	3600
1790	1122	1641	1791	3325	3511
1721	1780	1227	3365	2539	1979
1771	1730	675	1789	3354	3624
1708	1774	727	3266	2300	3699
1780	908	1775	2220	3400	3627
1304	1775	450	3258	3324	2030
1801	1776	1807	3013	1776	1815
1802	1776	1709	2547	3238	2587
1749	1737	1770	2534	1508	3510
1781	1771	1790	2740	3408	2215
931	1033	1635	3255	3425	3705
1730	1765	1789	3240	3386	3715
1800	1763	1815	3276	1777	3700
1771	1769	1639	2554	3316	3704
1780	449	1771	3310	2361	3699
1258	1770	1774	2360	1690	3701
1485	1790	965	3120	3253	3732
1675	1760	1777	2466	1654	3717
1280	1770	1775	3193	1771	3725
1461	469	1525	3130	1653	3651
1735	1294	1036	1450	1775	1461
817	1771	776	2236	1236	3535

Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
450	1775	1806	1513	2875	3681
457	1775	1803	3244	1775	1788
1772	1706	1802	2022	3208	3722
1771	1759	1808	2743	3055	3708
1770	1768	1775	1776	3263	3710
1770	1754	440	3395	2434	3515
1770	1820	1637	3200	1771	3726
1772	1759	1309	3300	1797	3716
1776	1759	1735	1994	1332	3617
1778	1675	1225	3312	3333	3582
1728	556	1769	2229	1941	3543
1773	1776	1714	1773	2522	440
1775	452	1615	1773	3371	3540
1769	1698	1472	2008	1892	2660
1775	1778	630	3254	1770	2855
1770	1695	1508	3081	3310	3295
1738	1773	1656	2464	3371	3535
450	1115	1760	3451	1271	3532
1772	1770	1771	1798	1772	2640
645	1773	1759	2010	2474	3613
1690	1765	1774	3374	3371	3601
1494	1741	1770	3251	1775	3610
1329	456	775	3281	3395	3619
1735	1801	1190	1746	3394	3539
1802	1800	1495	3223	3362	3252
1771	1770	1010	3311	1999	3391
1765	1760	1785	1890	3321	1080
456	1760	1761	2238	3401	3520
450	1770	1772	3312	1793	3435
1743	1735	1269	2309	3394	3315
1696	1760	1258	1770	3318	3486
993	777	555	1801	3315	3536
1776	1694	1677	2637	3312	2985
774	1691	1778	2146	3190	3723
1771	454	457	3182	3530	3534
1740	1514	453	3010	2714	3534
1711	1516	1773	3181	3306	3533
989	550	1636	3175	1728	3630
550	550	550	3011	1620	3616
450	1470	670	3314	2415	3608
1765	1739	550	3000	2741	3615
1517	1801	855	1515	3311	1783
1702	1734	1655	1770	3110	3611
1730	1806	1410	3240	3311	3426
1800	1111	1512	3181	3313	1777
596	1740	1775	3370	2076	3666
1480	892	1631	3077	3011	3537
1740	595	1770	3180	1510	3615
1511	1681	1772	3010	3009	3526
1518	1771	1625	3314	3393	3600
1519	1511	1735	2401	3300	1215
596	1698	1802	1810	3369	3537
987	1773	1800	3370	3310	3526
891	1510	1200	3332	509	3585
1740	1775	1771	3366	1085	3255
1690	1690	1477	2255	2675	3469



Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
1771	1769	553	3412	3000	3614
1770	1727	1688	2640	3311	3601
1050	1769	450	3150	3300	3181
1739	450	1199	2707	2411	3489
1680	1759	1636	3011	3360	3471
591	1770	1634	3346	1773	3472
1777	1680	1713	3305	3361	3614
1765	1689	1770	3315	2890	2009
1771	450	1800	1510	3304	3511
799	1773	1767	3251	1771	3469
1765	746	1775	3180	1160	3000
910	670	1014	2320	1810	3580
1771	1392	1654	1692	3297	3520
1725	1689	1693	1650	3290	3538
1800	1031	845	2843	2600	3469
1749	1770	1510	3142	3013	3470
1760	592	1777	1445	1654	3535
1762	1741	1514	2270	3319	3510
988	550	1774	3247	3305	3381
1767	1730	1525	3305	1646	3471
1513	1809	1691	3310	3390	1615
1688	1738	1693	3299	3292	3180
1770	1766	1500	1200	3389	3478
1768	1691	1689	1631	3369	775
440	1676	1631	3246	1991	3510
591	1801	1511	3302	2725	2501
960	1760	1737	1591	3248	3533
1691	770	1771	1691	3192	3700
1767	1129	1801	3273	3310	3250
1800	1510	1743	3295	2106	3521
1510	1740	1692	3309	3299	3308
1770	1745	1130	3232	3299	3685
550	1772	553	2355	1200	3455
1770	1681	1681	2925	3350	3467
1687	850	1739	2241	3361	3466
449	1470	1500	1733	3386	3616
1501	1208	1514	3233	1722	3608
1730	1162	1513	3310	3153	3390
1800	1728	1811	3259	3351	3520
1541	1738	796	3178	1950	3606
1762	1772	1513	2090	2395	3531
450	1689	587	1752	1814	3525
630	550	1204	3366	1738	3463
1736	777	1711	3380	3301	2430
1740	1689	451	2703	1769	3510
1510	513	1772	3000	3395	3530
1769	902	1642	3000	1554	3531
790	1711	1765	3000	1607	3594
1211	1509	1802	3010	3309	3584
1807	1738	1710	3010	3312	3526
1609	598	1650	2717	2825	3583
1770	1765	1771	1610	3178	3526
878	1596	1761	3368	2626	2597
1651	1769	1505	3356	1545	3600
1780	1680	1025	2111	1752	3531
1688	1741	1768	2622	3315	3530

Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
593	1690	1760	2309	2252	3527
889	1161	1772	2336	1569	3551
1511	1770	1800	2686	447	3474
1633	1768	1768	2868	3300	3525
3170	891	1631	2577	3020	3453
1770	438	1746	1772	3010	3530
500	440	1350	2972	2344	3506
1501	441	1580	3170	3356	3465
1050	851	1710	2509	2371	1930
1435	1650	1599	3011	3312	3530
1765	1650	1731	3001	1808	3520
1512	1055	1800	3311	1094	1931
1585	884	670	3371	3363	3469
1546	1761	1621	3359	3300	3609
1690	1771	1466	3251	188	3610
1698	1716	604	3313	3123	3460
1059	1532	1770	2809	3000	3373
640	1706	1692	3300	2820	1769
1060	1610	1632	1737	3254	3531
615	1810	552	1632	3380	3530
1515	1801	1780	3250	3310	1892
1730	1665	1550	3116	3248	2929
1772	1745	1650	3230	1736	3612
1757	1691	1519	1813	3250	3418
1740	1752	758	1830	671	2454
1767	1630	1693	2880	1430	3466
1769	891	1152	3010	1631	1740
1770	1730	1728	3036	3247	3580
1770	1729	1815	1768	3226	3501
1772	1760	1728	3300	1110	3500
1800	1779	1738	3359	3360	3501
1815	1770	1692	1950	1630	3500
1728	1737	1172	3170	1771	3550
1772	1810	1770	3313	3310	2171
1772	1721	1173	3394	3015	3669
450	1770	752	3370	3311	3601
1767	1760	548	3254	3179	3610
1110	1760	449	3311	2890	3187
670	1797	1629	3310	3375	3368
1804	1738	1610	1720	3373	3612
1750	1515	1649	2511	2015	3460
1761	548	1210	3314	2036	3591
1689	1772	1690	3015	2740	1690
893	1769	1738	1260	2016	3309
1772	1769	1710	3359	3301	3001
1730	728	1269	1680	2510	3570
791	1684	1693	1213	1761	3571
877	1780	1739	2100	3369	2730
1690	1099	1752	1322	3371	3581
1760	1770	1690	3320	3395	3576
590	1736	1690	1715	3310	1628
1768	1680	1627	3372	3329	3419
1713	1773	1510	3204	1739	3531
1771	1775	1773	3316	3309	2130
1800	1760	1499	3265	1771	3611
1640	187	1571	3366	2208	3460

Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
1090	1770	1270	3249	3200	3466
1740	899	1790	3010	3266	3292
1774	1500	1790	3288	1751	3375
1626	667	1721	1750	1031	3251
1735	1770	510	1722	2640	3548
846	1690	1611	3250	3364	3613
893	1097	1630	3253	3170	3589
1784	450	1771	3300	2050	3511
1622	454	1735	2169	3001	3601
726	1769	1620	1633	2151	3600
1770	1825	1630	1761	1101	3580
1765	1769	1621	1722	3390	3530
1770	1759	1753	2512	3012	3696
794	1735	1629	3310	2240	3630
890	1739	1630	2222	3370	3610
639	1760	1573	2029	3195	3470
1693	1771	1739	3309	2865	3527
1689	754	1811	3391	3200	3569
1710	1800	1599	1763	3310	3499
1800	625	1801	1811	3170	3570
1731	1500	1808	1810	1772	3611
1160	1500	1791	1554	3369	3374
1510	1289	1760	2920	3370	3359
809	1680	1791	3313	2170	3598
1691	1734	1634	1695	3220	3530
645	1686	1625	1762	2692	3650
1800	1682	1725	3313	3179	3521
1790	1741	548	2411	1741	3531
1800	1152	1681	1436	3010	3490
1680	1810	1680	3356	204	3468
1510	1731	1250	3300	1694	3530
1798	1721	1746	3300	1784	3521
1769	1810	1741	2199	1722	2170
1510	1819	1815	2537	3301	3532
1716	1680	1774	3391	3000	3532
754	1773	1511	1770	3369	3468
583	595	1740	2733	3301	3527
1731	1502	1812	1550	1772	3605
1725	788	1511	3177	3310	3001
450	790	1809	3172	1625	3684
1787	1530	671	3316	3252	1730
1476	1316	1810	3179	3369	3608
1680	1501	1770	590	3360	3359
1779	1060	1011	2799	1670	3890
1688	1772	1631	3013	3170	3465
875	1689	1628	2871	3180	2667
1692	1782	1613	3311	3310	3467
453	1691	592	2025	3301	3449
1331	1730	644	3179	1651	3530
1762	780	909	1511	3192	1773
1734	1772	1690	3170	3371	3469
1737	1770	1688	3100	2978	3531
1692	1735	1739	2114	1631	3471
1691	1732	1769	2093	3010	3532
1695	1770	1633	3010	3179	3178
1741	1737	1632	3010	2026	3609

Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
1769	1753	1552	3300	3183	3380
1688	450	1757	3372	3143	2729
448	892	1710	2270	1770	3580
1709	669	1789	1650	3360	3360
449	632	1786	3312	1270	3669
440	1680	1559	3300	3359	1992
1795	1724	1112	2212	3301	3685
1185	1761	1522	3390	3241	1809
1770	1762	1690	3310	3361	3468
461	1691	1062	3300	3383	3599
452	1660	1693	3355	3304	3009
647	1761	890	3355	1375	1601
511	450	871	3398	1390	3520
450	1749	1731	2844	3305	3526
453	1775	1809	3199	3170	3470
598	1500	1648	2589	3177	3612
2223	1735	1678	3374	1811	3683
	1759	1771	2669	1730	3476
	596	1631	1308	3177	2550
	1768	1632	3320	1650	2263
	450	891	1760	3178	3535
	1739	1690	3344	2830	3600
	588	1763	1790	3422	3112
	1688	1632	1808	3390	3404
	1691	669	1710	1691	1785
	1694	1810	1102	3325	3522
	450	1732	3361	3333	3609
	1732	1512	2910	1798	3610
	451	1500	2375	3310	3611
	1726	1775	3254	3331	3572
		1690	3314	3301	3571
		588	1811	3302	2815
		1060	2578	3367	2796
		1610		2715	3694
		1610		617	3600
		1272		3300	3686
		1770		1884	3529
		1631			2760
		1631			3466
		1275			1690
		1171			3468
		1440			3466
		1439			3515
		595			2101
		1500			3670
		1811			3469
		1697			3529
		1771			3520
		1711			3520
		1500			3593
		1769			3530
		1492			3536
		1800			1651
		1507			1153
		1771			3611
		1011			3011

Galones mezclados					
M1			M2		M3
Tanque B1	Tanque B2	Tanque B3	Tanque B4	Tanque B5	Tanque B6
		634			3311
		1801			3465
		595			1708
		450			1810
		1681			1511
		1618			3551
		1449			3530
		1769			2399
		1791			1759
		1750			3432
		1735			1743
		1759			3250
		1770			
		540			
		1729			
		809			
		889			
		812			
		1770			
		642			
		809			
		784			
		1753			
		1750			
		1630			
		444			
		1744			
		1630			
		551			
		1732			
		1825			
		1352			
		1771			
		1731			
		1510			
		1772			
		1570			
		1788			
		733			
		1271			
		452			
		680			
		550			
		1735			
		1330			
		1770			
		1115			
		783			
		1771			

## Programación de producción diaria

**PROGRAMACION DIARIA DE PRODUCCION**

FORM LYT -37 \_\_\_\_\_

FEBRERO

Fecha	TQ No	Tipo Form	CODIGO	PRODUCTO	O. M.	O. E.	TOTAL Galones	TIPOS DE ENVASES								
								1/55	1/16	1/5	8/1	8/1	24/1	Granel		
1		2		MOTOREX 2T SB 10W40	150193	150194	440								140	
		2		MOTOREX 4T SB 10W40	150195	150196	440								140	
		2		MOTOREX 4T SB 20W50	150197	150198	1270								420	280 <sup>33</sup>
		H-4 15		HAV. PREM. 40	150191	150191					70	72			1080	1190
		H-1		SMOKE TREATMENT	150199	150199										488
		H-2		HAV. PREM. 40	150200	150200	10000									
		B-4		HAV. 20W50	150205	150206	3240								540	
		B-6		HAV. 20W50	150207	150208	3637								612	45
2		H-1		MOTOREX 20W50	150209	150210	648								108	
		H-2		MOTOREX 20W50	150211	150212	648								108	
		L-14		LA FRENO NOTS NZOL	150213	150214	756									530
		2		HIDRAULISCH PRESSE	150226	150227	1760	32								8
		208	motociclos	R20 IT	150228	150229	110	2								
		H-2		HAV. PREM. 40	150231	150231	10000									
		6		HAV. M. 20W50	150238	150239	3400									567
		5		HAV. M. 20W50	150240	150241	3270									1088

## Orden de Producción Mensual en sistema

SORÉ	IDESC	SOENDT	TIPO	GLS
150251	TX Havoline Motorcycle4T 20W50	20180205	BLENDING	10079
150269	TX Rando HD 68	20180205	BLENDING	3368
150271	TX Rando HD 68	20180205	BLENDING	3356
150249	TX Universal Gear EP 140	20180203	BLENDING	1693
150205	TX Havoline Motor Oil 20W50 SN	20180201	BLENDING	3239
150207	TX Havoline Motor Oil 20W50 SN	20180201	BLENDING	3682
150238	TX Havoline Motor Oil 20W50 SN	20180202	BLENDING	3466
150240	TX Havoline Motor Oil 20W50 SN	20180202	BLENDING	3269
150200	TX Havoline Premium 40 SL	20180201	BLENDING	10000
150231	TX Havoline Premium 40 SL	20180202	BLENDING	10000
150245	MOTOROEL SAE 20W-50 SN	20180203	BLENDING	1546
150242	TX Ursa LA-3 40 CF	20180203	BLENDING	3600
150243	TX Ursa LA-3 40 CF	20180203	BLENDING	3300
150244	TX Ursa LA-3 40 CF	20180203	BLENDING	1759
150226	HIDRAULISCH PRESSE ZF TEILS 46	20180202	BLENDING	1768
150193	MO MOTOREX 2T Synthetic Blend	20180201	BLENDING	440
150197	MO MOTOREX 4T Syn Blend 20W50	20180201	BLENDING	1270
150195	MO MOTOREX 4T Syn Blend 10W40	20180201	BLENDING	441
150228	SCHILD KORROSION ISO 15	20180202	BLENDING	110

## APÉNDICE C

### Tiempos de apertura de válvula

No.	tiempo (minutos)	No.	tiempo (minutos)	No.	tiempo (minutos)	No.	tiempo (minutos)
1	2,98	9	4,33	17	3,11	25	3,06
2	3,63	10	3,03	18	3,75	26	3,99
3	3,38	11	3,97	19	4,35	27	4,2
4	2,88	12	3,7	20	3,42	28	3,44
5	4,18	13	3,03	21	4,02	29	4,07
6	3,68	14	3,08	22	4	30	4,39
7	4,7	15	3,53	23	3,63	31	4
8	3,27	16	3,5	24	3,99	32	3,11

### Tiempos de espera en Departamento de calidad por acumulación de muestras

Marca	Demora (minutos)
Marca 1	35
Marca 2	37
Marca 2	42
Marca 2	41
Marca 1	37
Marca 2	38
Marca 1	45
Marca 2	39
Marca 2	35
Marca 1	43
Marca 1	44
Marca 1	30
Marca 2	38
Marca 1	35
TIEMPO TOTAL	539
<b>TIEMPO TOTAL (HORAS)</b>	<b>8,98</b>

### Tiempo de espera de aprobación de muestra en Departamento de calidad por reproceso por falta de tiempo de mezclado y temperatura de mezclado incorrecta

Marca	Demora (horas)
Marca 1	1,6
Marca 2	2,2
Marca 2	3
Marca 1	2,1
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>8,9</b>

## APÉNDICE D

### Tiempos de actividades de en el abastecimiento de aditivos (minutos)

DESCARGA EN ZONA	VIAJE BODEGA ZONA	MUESTRA	CAMBIO	DESCARGA VACIOS	PREPARACIÓN DE TAMBORES	CARGA EN BODEGA	CALCULOS	CARGA EN BODEGA MEJORADO
1,96	0,32	11,65	19,80	4,12	1,37	33,00	1,51	18,86
1,80	0,20	4,00	6,80	5,26	1,25	44,00	1,23	25,14
1,90	0,37	3,58	6,08	3,28	1,07	35,00	1,00	20,00
1,98	0,37	10,20	17,33	6,14	1,35	37,50	2,11	21,43
1,92	0,32	4,10	6,97	4,70	1,15	40,50	1,75	23,14
1,98	0,25	11,00	18,69	7,65	1,35	34,50	1,21	19,71
1,96	0,81	4,80	8,16	5,24	1,17	39,50	1,65	22,57
1,94	0,74	10,00	16,99	3,86	1,19	42,00	1,54	24,00
1,82	0,45	8,26	14,04	4,11	1,37	34,00	1,21	19,43
1,90	0,56	9,10	15,46	6,23	1,26	42,00	2,00	24,00
1,96	0,36	11,00	18,69	3,54	1,15	34,50	2,36	19,71
1,94	0,32	10,00	16,99	5,68	1,37	37,50	1,42	21,43
1,96	0,48	8,40	14,27	7,11	1,24	38,00	1,54	21,71
1,86	0,56	11,00	18,69	3,59	1,05	42,00	1,69	24,00
1,82	0,78	6,50	11,04	4,28	1,21	39,50	1,74	22,57
1,96	0,70	9,17	15,58	7,01	1,43	41,00	1,24	23,43
1,98	0,81	4,20	7,14	5,69	1,16	34,50	1,11	19,71
1,96	0,45	8,14	13,83	6,87	1,41	35,00	2,13	20,00
1,98	0,46	5,40	9,18	3,98	1,26	35,50	2,18	20,29
1,92	0,41	11,45	19,46	4,25	1,39	33,00	1,56	18,86
1,92	0,38	6,24	10,60	7,05	1,24	44,00	1,65	25,14
1,96	0,20	7,21	12,25	5,42	1,15	43,50	2,01	24,86
1,94	0,24	11,29	19,18	6,31		34,50	2,05	19,71
1,96	0,25	10,26	17,43	3,87			2,13	
1,88	0,21	11,01	18,71	4,78			1,98	
1,82	0,29	10,14	17,23	6,54			1,67	
	0,35	10,26	17,43	5,64			1,32	
	0,47	9,17	15,58	3,96			1,51	
	0,21	4,25	7,22	4,28				
	0,80	5,40	9,18					
	0,30	6,60	14,00					
			10,80					
			9,90					
			13,00					



## APÉNDICE E

### Consumo promedio mensual de aditivos

#	Código Producto	Clasificación	Consumo en Glns	Consumo en Bbls	Consumo tambores	meses de inventario
1	25155,00	A	2463,84	17,96	47	4,48
2	OR55501001	A	3546,28	84,44	68	4,48
3	OR48018001	A	1409,75	33,57	27	4,48
4	35289	C	55,67	1,33	1	20,00
5	OR59931001	C	47,43	1,13	1	20,00
6	02422	C	3,80	0,09	1	20,00
7	LZ6446	C	37,07	0,88	1	20,00
8	LZ48041	C	7,65	0,18	1	20,00
9	266211	C	36,56	0,87	1	20,00
10	245251	C	56,32	1,34	1	20,00
11	42516	C	20,43	0,49	1	20,00
12	LZ601	C	0,82	0,02	1	20,00
13	LZ5060	C	0,53	0,01	1	20,00
14	LZ9692A	C	15,70	0,37	1	20,00
15	LZ610	C	6,91	0,16	1	20,00
16	AT02	C	9,30	0,22	1	20,00
17	AT04	C	9,30	0,22	1	20,00
18	INFT4714	C	7,65	0,18	1	20,00
19	LZ5941S	C	4,88	0,12	1	20,00
20	OTM8062	C	19,86	0,47	1	20,00
21	H6431	C	7,95	0,19	1	20,00
22	H4692	C	3,53	0,08	1	20,00
23	LZ936	C	0,10	0,00	1	20,00
24	LZ890	C	2,24	0,05	1	20,00
25	05088	C	0,69	0,02	1	20,00
26	AR010	C	3,02	0,07	1	20,00
27	LZ1371	C	0,13	0,00	1	20,00
28	35906	C	2,32	0,06	1	20,00
29	SBVERDE	C	1,12	0,03	1	20,00
30	05564	C	1,33	0,03	1	20,00
31	211823	C	1,66	0,04	1	20,00
32	LZ5770	C	7,61	0,18	1	20,00
33	LZ5800	C	1,21	0,03	1	20,00
34	15136	C	1,25	0,03	1	20,00
35	AR004	C	1,46	0,03	1	20,00
36	LZFC9050	C	1,17	0,03	1	20,00
37	05591	C	0,44	0,01	1	20,00
38	LZ7786	C	19,89	0,47	1	20,00
39	AR005	C	0,57	0,01	1	20,00
40	266198	C	0,58	0,01	1	20,00
41	591463	C	0,58	0,01	1	20,00
42	267982	C	0,47	0,01	1	20,00
43	INFV387	C	1,23	0,03	1	20,00
44	AR006	C	0,15	0,00	1	20,00
45	SUNBELT	C	0,06	0,00	1	20,00
46	LZFC6200	C	0,12	0,00	1	20,00
47	UBW103	C	0,04	0,00	1	20,00

#	Código Producto	Clasificación	Consumo en Glns	Consumo en Bbls	Consumo tambores	meses de inventario
49	RDEX423	C	0,03	0,00	1	20,00
50	AR011	C	1,00	0,02	1	20,00
51	OR58836001	C	71,84	1,71	1	20,00
52	POLYGLY1B4	C	37,40	0,89	1	20,00
53	INFXT4575	C	14,83	0,35	1	20,00
54	27295	C	40,91	0,97	1	20,00
55	LZ3589C	C	8,62	0,21	1	20,00
56	LZ5034A	C	2,36	0,06	1	20,00
57	LZ7749B	C	51,39	1,22	1	20,00
58	LZ1038	C	98,61	2,35	1	20,00
59	15038	C	24,91	0,59	1	20,00
60	INFXS261L	C	41,27	0,98	1	20,00
61	LZ40007	C	57,17	1,36	1	20,00
62	LZ424	C	43,66	1,04	1	20,00
63	INFXP6000	C	47,18	1,12	1	20,00
64	70010	B	223,47	5,32	4	20,00
65	OR249SX001	C	36,39	0,87	1	20,00
66	700110	C	0,91	0,02	1	20,00
67	700133	C	0,93	0,02	1	20,00
68	742891	C	5,53	0,13	1	20,00
69	LZ889D	C	1,06	0,03	1	20,00
70	AR008	A	1704,44	40,58	32	4,48
71	EXD60	A	1177,82	28,04	22	4,48
72	INF7280	B	171,45	4,08	3	6,00
73	36113	B	112,02	2,67	2	6,00
74	42890	B	616,21	14,67	11	6,00
75	594002	B	365,58	8,70	7	6,00
76	OR8900EBOX	A	1078,81	25,69	20	6,00
77	25380	B	535,99	12,76	10	6,00
78	LZPV1021	B	167,69	3,99	3	6,00
79	GLY1B	B	329,44	7,84	6	6,00
80	LZCV1200	B	143,99	3,43	2	6,00
81	45528	B	297,85	7,09	5	6,00
82	AT03	B	412,85	9,83	7	6,00
83	OR8910BOX	B	749,96	5,48	14	6,00
84	OR2000001	B	659,38	15,70	12	6,00
85	591403	B	373,33	8,89	7	6,00
86	AT01	B	336,94	8,02	6	6,00
87	OR48019001	B	279,28	6,65	5	6,00
88	42889	B	222,67	5,30	4	6,00
89	27347	B	152,19	3,62	2	6,00
90	36067	B	210,04	5,00	4	6,00
91	15228	B	154,92	3,69	2	6,00
92	294000	B	182,86	4,35	3	6,00
93	15204	B	152,80	3,64	2	6,00
94	AR009	B	340,30	8,10	6	6,00
95	OR22002001	B	404,33	9,63	7	6,00
96	OR22021001	B	174,38	4,15	3	6,00
97	OR9999001	B	200,98	4,79	3	6,00
98	294030	B	257,13	6,12	4	6,00

# APÉNDICE F

## Bodega de aditivos



**Bitácora de trabajo propuesta para el control de actividades de asistente de mezcla**

Bitácora de trabajo					
Fecha	Código	Detalle	Hora de Inicio	Hora Fin	Tiempo

### Registro de aditivos en bodega para Departamento de Abastecimiento

#	Código Producto	Categoría	Consumo (glns)	Consumo (Bbls)	Consumo (Tambores)	Total Tambores en bodega	Bodega	Columna	Fila	Nivel
1	25155	A	2463,84	17,96	47	210	1	3-4	1-8	1-4
2	OR55501	A	3546,28	84,44	68	304	1	1-2	1-8	1-4

### Registro de consumo de aditivos para Asistente de mezcla

Fecha	Orden de mezcla	Código de producto	Consumo (Tambores)	Código de Ubicación (tambores usados)

Código de ubicación de aditivos consumidos:

Número de bodega – número de columna – número de fila – número de nivel

01-18-08-04

## APÉNDICE G

### Tiempo de espera en minutos antes y después de las mejoras

Tiempo de espera (minutos) INICIAL	Tiempo de espera (minutos) MEJORADO
53	28
53	29
58	32
60	25
50	23
49	30
48	29
49	31
51	24
54	25
55	33
58	31
49	29
51	26
53	28

### Producción mensual (bbls) antes y después de las mejoras

Producción antes	Producción después
11668	11684
7779	9856
10555	11018
12714	12166
7920	9928
10257	10967
6605	9060
10699	11142
9870	10570
12750	12335
12324	11868
13695	12615
13371	12650
12051	11929

**Tasa de producción (bbls/ hora) antes y después de las mejoras**

<b>Tasa de producción antes</b>	<b>Tasa de producción después</b>
57	70
38	59
52	66
62	72
39	59
50	65
32	54
53	66
48	63
63	73
60	71
67	75
66	75
59	71