

Estrategia de mejoramiento para el proceso de recepción de materias primas en una planta productora de snacks

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de

Magister en Gerencia de Operaciones
(Modalidad de profundización)

GLORIA MILENA RONCANCIO HOYOS

Director:
JAIME CRISTANCHO MERCADO

Presentado públicamente el 14 de febrero de 2014

Jurado:
Leonardo González, Universidad de la Sabana
Carlos Quintero, EICEA

Universidad de La Sabana
Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas
Chía, Colombia
2014

RESUMEN

La oportunidad de realizar el proyecto se dio por el importante número de materiales que se reciben a diario y quedan retenidos debido a que no están disponibles para ser usados, lo cual genera traumatismos para el normal flujo de la operación. Adicionalmente se generan descontentos en los proveedores por las extensas jornadas de espera en las instalaciones de la compañía, tiempo que para ellos es improductivo.

El proyecto fue realizado aplicando la metodología DMAIC, iniciando con la definición del problema, se inició un proceso de medición durante tres meses, tiempo durante el cual se recolectó información referente con cantidad de materiales recibidos, materiales retenidos diariamente y principales causas de esas retenciones. Posteriormente se realizó un análisis de los datos, el cual fue seguido por una mejora al proceso, terminado con la determinación de controles que aseguren el mantenimiento de los resultados obtenidos.

A través de un análisis de la información, se logró identificar que el proceso de aprobación de materias primas tenía una productividad del 40%, lo cual evidencia problemas en el proceso, dado que menos del 50% de los materiales que ingresan quedan disponibles para su uso. Se detectó un nivel sigma del proceso de -0,46 con 671871,80 defectos por millón de oportunidades.

El análisis permitió determinar que la mejora en el proceso se obtiene únicamente si se logran engranar dos procesos, logística materias primas y calidad materias primas, ya que es necesario que los pedidos se distribuyan de una mejor manera, teniendo en cuenta la cantidad y dificultad en el proceso de aprobación del material, a fin de lograr un equilibrio cada día, aprovechado adecuadamente el recurso con el que se cuenta y al mismo tiempo generando un mejor servicio.

Con la mejora del proceso, se logró tener un aumento en la productividad pasando del 40% a 63% con un nivel sigma de 0,72 y 234784,06 defectos por millón de oportunidades.

ABSTRAC

This project was executed due to the great number of materials that are received daily at the operation and which remains in on-hold status, it means that they are not available to be used. This creates several traumatismos for the normal flux of the operation and in addition, it generates suppliers discomfort because of the waiting time due to a delayed operation.

The issue was analyzed during three months based on the DMAIC methodology. Once the problem was defined, a process of measuring begun for another three months in which several data of received materials, daily detained materials and the cause of those detentions was collected. Later, an analysis of data was realized followed by an improvement to the process based on the identification of controls that ensure the maintenance of the obtained results.

After analyzing the collected information, it was possible to identify that the process of approval for raw materials had a productivity of 40%, which evidently confirms a problem, because it did not allow the use of at least 50% of the materials that come into the operation. The sigma level of the process was in -0, 46 with 671871 defects per million of opportunities.

The analysis of the process allows determining that the improvement is only possible if two processes are connected: logistic and quality of raw materials; because it is necessary that the orders are distributed in a better way taking into account the amount of each material and also the difficulty implied in the process of approval, in order to obtain an equilibrium each day. The objective of this alliance is to take advantage of the resources and also generate a better service.

Once the process was improved, it was possible to increase the productivity from 40% to 63% with a sigma level of 0,72 and 234784, 06 defects per million of opportunities.

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS	6
LISTADO DE ILUSTRACIONES	7
CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2.1. Preguntas y Objetivos de la Investigación	11
2.1.1. Preguntas de la Investigación.	11
2.1.2. Objetivo General.	11
2.1.3. Objetivos Específicos.....	11
2.2. Justificación y Delimitación del Estudio	11
CAPITULO 3. SIX SIGMA COMO HERRAMIENTA DE MEJORA	13
3.1. Antecedentes	13
3.2. <i>Six Sigma</i>	14
3.2.1. Etapas para desarrollar la metodología	15
3.2.1.1. Definir:	16
3.2.1.2. Medir:.....	17
3.2.1.3 Analizar:.....	18
3.2.1.4. Mejorar:.....	18
3.2.1.5. Controlar:	19
CAPITULO 4. ASPECTOS METODOLÓGICOS	20
4.1. Etapa de Definición	20
4.2 Etapa de Medición.....	25
4.3. Etapa de Análisis.....	29
4.4. Etapa de Mejora	51
4.5 Etapa de Control	53
CAPITULO 5. CONCLUSIONES.....	58
BIBLIOGRAFIA	60

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Otros significados de Seis-Sigma.....	14
Tabla 2. Elementos del marco de un proyecto seis sigma	17
Tabla 3. 5W 1H para determinar el plan de recolección de datos	29
Tabla 4. Nivel Sigma y DPMO para proceso inicial, proceso simulado con 70% de productividad y movimiento total del proceso en los dos aspectos.	46
Tabla 5. Matriz de impacto control proceso de aprobación materias primas.....	50
Tabla 6. Escala para la calificación del AMEF.....	51
Tabla 7. Cambios en frecuencias de análisis microbiológicos para la recepción de materias primas.....	52
Tabla 8. Nivel Sigma y DPMO para proceso inicial, esperado y alcanzado con las mejoras.....	57

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama SIPOC proceso de aprobación materias primas.....	21
Ilustración 2. Diagrama de flujo para proceso de aprobación de materias primas.	22
Ilustración 4. Gráfico de estadística básica del % de productividad proceso de aprobación de materias primas.	30
Ilustración 5. Gráfico de Dispersión de los materiales recibidos por día de los mes Abril a Junio.....	31
Ilustración 6. Gráfico de regresión lineal de materiales retenidos Vs. materiales recibidos.....	32
Ilustración 7. Gráfico de materiales recibidos por días y hora.....	34
Ilustración 8. Gráfico de caja y bigotes del número de materiales recibidos por día de la semana.....	36
Ilustración 9. Gráfico de caja y bigotes de los materiales recibidos durante las diferentes horas de día.....	38
Ilustración 10. Gráfico de caja y bigotes de los materiales recibidos durante las diferentes horas del día.....	38
Ilustración 11. Gráfico de control para materiales retenidos diariamente clasificados por causa.	39
Ilustración 12. Prueba de bondad y ajuste para % de productividad diaria en proceso de aprobación de materias primas.....	41
Ilustración 13. Capacidad del proceso de aprobación de materias primas.	42
Ilustración 14. Gráfico de estadística básica para datos ajustados con % de productividad de 70%.....	43
Ilustración 15. Gráficos de bondad y ajuste para proceso simulado con 70% de productividad.	45
Ilustración 16. Capacidad de proceso simulado con 70% de productividad.....	45
Ilustración 17. Gráfico de estadística básica para % de productividad del proceso de aprobación de materias primas.	54
Ilustración 18. Gráfico de bondad y ajuste para datos de % de aprobación de materias primas en el proceso mejorado.	56
Ilustración 19. Gráfico de capacidad del % de productividad proceso de aprobación materias primas mejorado.....	57
Ilustración 20. Capacidad % productividad proceso aprobación materias primas proceso mejorado.....	57

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El mundo sufre cambios cada vez más acelerados, por lo que los procesos deben ser día a día más ágiles y competitivos, todo enfocado a lograr la globalización a la que están encaminadas la mayoría de las organizaciones; para conseguir esto, es necesario que las compañías tengan un cambio en su forma de hacer las cosas, en busca de elevar sus índices de productividad, lograr mayores eficiencias y brindar un servicio de calidad.

Para ser una empresa competitiva, cada proceso debe fluir de manera adecuada; asegurando que desde el inicio se controlen los riesgos para evitar pérdidas en etapas posteriores del proceso que generen mayores traumatismos y costos.

En el proceso de obtención de cualquier bien, los proveedores, son el primer eslabón de la cadena; por lo tanto, es muy importante que sean considerados como aliados estratégicos, a fin de lograr que tanto estos como la compañía estén satisfechos con el servicio y productos suministrados respectivamente.

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que el nivel de servicio del proceso de calidad materias primas en la planta productora de *snacks*, era considerado bajo por parte de sus dos tipos de clientes (interno y externo), debido a que los proveedores (cliente externo), tenían que pasar mucho tiempo en las instalaciones de la compañía para poder entregar sus materiales, y que para el caso del cliente interno (logística materias primas), había una baja disponibilidad para uso de los materiales que se recibían diariamente, se identificó una oportunidad importante de mejora en el proceso de aprobación de materias primas.

El objetivo de este proyecto fue mejorar el proceso de aprobación de materias primas, a través de un conocimiento profundo de la situación del proceso, identificando sus fortalezas y oportunidades, entendiendo cómo funcionaba, y finalmente generar e implementar estrategias de mejora.

La metodología utilizada para llevar a cabo este trabajo fue la metodología DMAIC, por sus siglas que traducen: D (*define*) definir, M (*measure*) medir, A (*analyze*) Analizar, I (*improve*) mejorar y C (*control*) controlar. Esta metodología hace parte de la filosofía *Six Sigma*.

Según Escalante (S.F) Six Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicio fuera de especificación, para desarrollar la metodología se utilizan 5 pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

A continuación se dará una descripción general de cada etapa de la metodología, de acuerdo a Gutiérrez y de la Vara (2013).

- Definición: en esta etapa se define el objetivo del proyecto, forma de medir su alcance, beneficios potenciales y las personas que intervienen en el mismo.
- Medir: en esta etapa se establece claramente el problema del proyecto, con mayor detalle las métricas (Y's) con las que se evaluará el éxito del proyecto, se analiza el proceso de medición para asegurar que las Y's se midan de manera consistente.
- Analizar: en esta etapa se busca entender cómo y por qué sucede el problema. Algunas de las herramientas usadas son: lluvia de ideas, diagrama Ishikawa, pareto, estratificación, cinco por qué, entre otros.
- Mejora: en esta etapa, se implementan soluciones que atienden las causas raíces. Se recomienda hacer una matriz de prioridad para las causas y soluciones.
- Controlar: en esta etapa se busca diseñar un sistema que mantenga las mejoras logradas, se debe establecer un sistema de control para:
 - ✓ prevenir, que los problemas que tenía el proceso se presenten de nuevo.
 - ✓ Impedir que las mejoras y conocimientos se olviden.
 - ✓ Mantener el desempeño del proceso.
 - ✓ Alentar la mejora continua.

Con la recolección y análisis de los datos se obtuvo claridad de cómo funciona el proceso, tiempos requeridos por tipo de materiales para su análisis, se definió una forma de medir el desempeño del proceso, estableciendo el indicador de productividad.

Una vez llevadas a cabo cada una de las etapas anteriores en el proceso, se logró identificar las fortalezas y debilidades del proceso de aprobación de materias primas, donde se identificó que se cuenta con los equipos y personal requerido, siempre y cuando se logre tener un equilibrio en la cantidad de materiales entregados diariamente y el tiempo requerido para los análisis de esos materiales.

CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Preguntas y Objetivos de la Investigación

2.1.1. Preguntas de la Investigación.

¿Se conocen las oportunidades de mejora que tiene el proceso de recepción de materias primas, en la empresa del estudio?

¿Se conocen los tiempos requeridos por cada material para los procesos de muestreo y análisis de calidad, necesarios para su aprobación?

¿Existen indicadores de productividad para el proceso de recepción de materias primas?

¿El tiempo que esperan los proveedores en las instalaciones de la empresa del estudio, para hacer la entrega de los materiales, es el adecuado?

¿Los recursos con los que se cuenta actualmente el proceso de recepción y aprobación de materias primas, son acordes con los volúmenes de materiales recibidos?

2.1.2. Objetivo General.

Implementar una estrategia para el mejoramiento del Proceso de recepción de materias primas en una empresa productora de *Snacks*.

2.1.3. Objetivos Específicos.

- Analizar las fortalezas y debilidades del proceso de recepción de materias primas en la empresa objeto del estudio.
- Establecer indicador de productividad para el proceso de aprobación de materias primas.

2.2. Justificación y Delimitación del Estudio

Con la realización de este estudio se busca mejorar el proceso de recepción de materias primas en la empresa objeto del estudio, para dar un beneficio en doble vía; mejorando el nivel de servicio percibido por los

proveedores y al interior de la compañía, haciendo más productiva el área de calidad materias primas.

CAPITULO 3. SIX SIGMA COMO HERRAMIENTA DE MEJORA

3.1. Antecedentes

Desde hace muchos años, las empresas de diferentes sectores tanto de bienes como servicios, han explorado diferentes metodologías que les permitan ser más competitivos; porque es claro que ya quedaron atrás los tiempos en que se estaba solo en el mercado y por lo cual se podía entregar lo que el dueño del bien o servicio considerará era mejor; desde los años 80, los que definen cómo deben ser los bienes y servicios son los clientes y consumidores, pues ellos tienen la oportunidad de escoger entre uno y otro, buscando lo que es más conveniente para ellos.

Para los años 80, fue evidente la penetración en el mercado de los productos japoneses. Los consumidores ya tenían experiencias con estos productos y se sentían más satisfechos con el desempeño de estos que con el desempeño de los productos estadounidenses, lo cual obligó a los Estados Unidos a incursionar en los temas de mejora de la calidad, donde Deming fue el líder.

Según Miranda et al. (2007), “los años 90, se caracterizaron por una proliferación de estudios, trabajos y experiencias sobre el modelo de gestión de la calidad Total (GCT o TQM Total Quality Management)” (p.6), todas las empresas estaban en busca de alinearse a las mismas estrategias aplicadas por los japoneses.

Para poder tener productividad se requiere calidad según Deming (1989), “al mejorar la calidad se transfieren las horas hombre y las horas maquina malgastadas a la fabricación de producto bueno y a dar un servicio mejor” (p.2).

Lo anterior demuestra cómo la calidad cobra importancia a lo largo del tiempo y la razón es que indudablemente si las cosas se hacen con calidad se obtiene productos buenos sin re-procesos y adicionalmente van a satisfacer un cliente o consumidor, lo cual se puede resumir en ser productivos.

En el afán de lograr lo antes mencionado, en los últimos años han aparecido metodologías para la gestión de procesos. Dentro de ellas se encuentran: cero defectos, gestión por objetivos, círculos de la calidad, gestión total de la calidad y re ingeniería. Si bien *Six sigma* es una más, ha tenido mayor permanencia. Según Gómez, Vilar y Tejero (s.f), esto se debe a los siguientes factores:

1. Es una filosofía de calidad, cuyas bases son metas alcanzables en tiempos cortos con objetivos a largo plazo.
2. Proporciona medidas que pueden ser aplicadas en producción como en actividades de servicio, estas medidas son los defectos por millón de oportunidades.
3. *Six Sigma* se enfoca en definir la satisfacción del cliente.

3.2. Six Sigma

El nombre seis sigma, quiere decir, lograr procesos con una calidad seis sigma (6σ), es decir que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades de error. “Desde el punto de vista de la métrica, Seis Sigma, es una manera de medir el desempeño de un proceso con respecto a los productos o servicios fuera de especificación”. (Escalante, 1995, p. 17). Una forma de verlo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1. Otros significados de Seis-Sigma.

Sigma	PPM	Costo de Calidad	Clasificación	No. de palabras equivocadas
6	3.4	<10% ventas	Clase Mundial	1 en una pequeña librería
5	233	10-15% ventas		1 en varios libros
4	6210	15- 20 % ventas	Promedio	1 en 31 páginas
3	66807	20-30 % ventas		1.35 por página
2	308537	30-40 % ventas	No –competitivo	23 por página
1	690000			159 por página

Tomado Escalante (1995) (p.17)

Una buena definición de Seis sigma es la dada por Gómez, Vilar y Tejero (s.f) (p. 46).

“Seis Sigma es una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos para Definir los problemas; tomar datos, es decir, Medir, Analizar la información; emprender mejoras: Controlar procesos; rediseñar procesos o productos existentes o hacer nuevos diseños, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, retornando nuevamente a algunas de las otras fases, generando un ciclo de mejora continua”.

Se puede tener diferentes definiciones dependiendo del área de la organización desde donde se esté analizando, es así como; a nivel empresa es una iniciativa estratégica que busca alcanzar una mejora significativa en el crecimiento del negocio, su capacidad y la satisfacción de los clientes. A nivel operacional, tiene una naturaleza táctica que se enfoca a mejorar métricas de eficiencia operacional y a nivel de proceso, se utiliza la herramienta para reducir la variabilidad en los procesos. (Gutiérrez y de la Vara, 2013).

Seis Sigma, permite ser aplicado en cualquier campo, no solo a nivel de procesos de producción de un bien, Morato (2009), lo utilizó para reducción de gasto energético eléctrico, “el inicio de obtención de cultura en cuanto a la preservación energética por parte de las personas que trabajan en el parque industrial de Sumicol en Sabaneta, han permitido una optimización del gasto energético eléctrico por tonelada” (p.102).

Yepes y Pellicer (s.f), en su artículo Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción, demuestran como con la metodología DMAIC, se pueden reducir el coste y el número de fallos que se dan por una calidad deficiente en el diseño de los proyectos de construcción.

3.2.1. Etapas para desarrollar la metodología

Sin importar la definición que se dé, el enfoque de esta herramienta es mejorar procesos. Las etapas para utilizar la herramienta son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. A continuación se presentara la descripción de cada una de ellas que se resumen en DMAIC, por sus siglas en inglés.

3.2.1.1. Definir: según Bersbach Consulting (2009), en esta fase, se deben responder las siguientes preguntas: ¿Por qué es importante resolver esto ahora?, ¿Cuál es el diagrama de flujo del proceso? ¿Qué se busca lograr con este proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se buscan alcanzar con el proyecto? ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto? Entre otras.

En general en esta etapa se define claramente para qué hacer el proyecto, por qué es importante el proyecto, cuáles son los beneficios de hacerlo y el alcance del mismo. Si el problema ya tiene una solución y un plan de acción para implementar, entonces no es un proyecto de mejora DMAIC (Shankar, 2009).

Algo muy importante en esta fase, mencionado en Prieto (2010), es la formación del equipo y definición de los roles.

El entregable de esta etapa es el Contrato del proyecto, donde se deja claro cuál va ser el proyecto, objetivos, alcance, responsables, etc., a continuación se presenta un modelo.

Tabla 2. Elementos del marco de un proyecto seis sigma

Marco del Proyecto Seis Sigma:	Fecha:	Versión:
<i>Titulo /propósito:</i> es una declaración breve de la intención del proyecto (métricas: financieras, calidad, tiempo de ciclo).		
<i>Necesidades del negocio a ser atendidas:</i> indicar los argumentos (desde la óptica de la empresa) para llevar a cabo el proyecto, ¿Porque se debe apoyar el proyecto?		
<i>Declaración del Problema:</i> resume los problemas que serán abordados. Debe incluir condiciones actuales o históricas, tales índices de defectos, y/o costos por el pobre desempeño en términos de variables críticas para calidad (Y).		
<i>Objetivos:</i> es una declaración más específica del resultado deseado.		
<i>Alcance:</i> establecer los aspectos específicos del problema que serán abordados		
<i>Roles y responsabilidades:</i> los que intervienen en el proyecto.		
<i>Propietarios:</i> hace referencia a los departamentos, clientes o proveedores que serán afectados por las actividades del proyecto por sus resultados.		
<i>Patrocinador o Champion:</i> Directivo que apoya el proyecto y le da seguimiento.		
<i>Equipo:</i> miembros específicos de los grupos de propietarios que juegan un papel activo en el proyecto.		
<i>Recursos:</i> son los procesos, equipos, bancos de datos o gente que no es miembro del equipo y que se puede requerir para la realización del proyecto.		
<i>Métricas:</i> variables a través de las cuales se medirá el éxito del proyecto.		
<i>Fecha de inicio del proyecto:</i>		
<i>Fecha planeada para finalización del proyecto:</i>		
<i>Entregable del Proyecto:</i> incluye todos los beneficios medibles y tangibles que se espera tener si se concluye en forma exitosa el proyecto.		

Tomado de Gutiérrez y de la Vara (2013) (p. 406).

3.2.1.2. Medir: corresponde a la segunda etapa, en la cual se inicia la realización de algunas mediciones, para los proyectos DMAIC los datos son la base fundamental, sustentan todas las opiniones y experiencias de la gente. De acuerdo a Sagastegui (2008), en esta etapa se recolectan todos los datos que demuestren lo que está sucediendo, estos primeros datos sirven para ser comparados con otros datos recolectados en etapas siguientes.

Según Bersbach Consulting (2009), en esta etapa se puede tomar la decisión de no continuar con el proyecto, si los resultados de las mediciones muestran que no hay ningún problema que atacar.

Shankar (2009), explica que en esta etapa debe realizarse un mapa detallado del proceso, un análisis FMEA (análisis de modo y efecto de falla), que evalúa los riesgos de cada etapa del proceso.

Para Gutiérrez y de la Vara (2013), las herramientas utilizadas en esta etapa son: mapeo de proceso a un nivel detallado, método para realizar estudios de repetitividad y reproducibilidad, técnicas estadísticas, dentro de las cuales están capacidad del proceso, métricas Seis Sigma y AMEF.

3.2.1.3 Analizar: para Bersbach (2008), consiste en analizar los datos actuales, para analizar las posibles causas del problema. Para tener más claridad a cerca de esta etapa en Prieto (2010) se define Analizar:

“Es la etapa en que, con ayuda de todo tipo de herramientas tanto gráficas como estadísticas, se realiza el filtrado de todas las variables que han sido medidas, al objeto de determinar cuáles de ellas tienen un efecto significativo en las salidas críticas del proceso” (p.55).

Según Ocampo y Pavón (2012), las herramientas más utilizadas en esta etapa son: Diagrama causa - efecto, estudio de correlación y diagrama de flujo. Hasta este punto del proceso, solo se ha identificado cuál es la situación actual y cuáles son las posibles causas del problema, en las siguientes etapas se empiezan a buscar e implementar soluciones.

3.2.1.4. Mejorar: en esta etapa se deben definir las mejoras a implementar, para atacar las causas identificadas en la etapa anterior. De acuerdo a Sagastegui (2008) y Prieto (2010), en esta etapa una de las metodologías utilizadas es el diseño de experimentos.

Manivannan (2007), considera que otra herramienta es la lluvia de ideas para generar alternativas de mejora, hacer pruebas piloto para las soluciones y validar las mejoras; adicionalmente se genera un nuevo diagrama de flujo con las mejoras propuestas y un análisis de costo beneficio, para asegurar que las

mejorar propuestas sean viables; finalmente con la recolección de datos del nuevo proceso se valida la efectividad de las mejoras implementadas.

3.2.1.5. Controlar: esta es la última etapa del proceso, en esta se definen las metodologías a implementar para asegurar que las mejoras realizadas se mantengan en el tiempo. De acuerdo con Prieto (2010), “las fluctuaciones de las variables vitales del proceso se habrán de controlar con rigor, para, de este modo, asegurar que las salidas de interés no se alejen de los valores deseados” (p. 65).

CAPITULO 4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El desarrollo de esta investigación fue realizado siguiendo las fases de la metodología DMAIC, a continuación, se detalla cada una de ellas

4.1. Etapa de Definición

En esta etapa de la metodología, según Gutiérrez y de la Vara (2013), se clarifican el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que interviene en él.

Para el presente proyecto se considera cómo cliente, el área de logística materias primas, que es la encargada de custodiar y administrar el inventario, así como suministrar a producción las materias primas una vez estas son liberadas, por lo tanto, requieren la aprobación de calidad materias primas para que su proceso fluya.

De acuerdo a lo que define la teoría, uno de los entregables de esta etapa es un diagrama de flujo detallado del proceso, a continuación se presenta un diagrama SIPOC y un diagrama de flujo, que permiten entender claramente el proceso con sus actores.

Diagrama SIPOC

Es una forma de mostrar el diagrama del proceso, sus siglas en inglés traduce:

S: (*suppliers*) Proveedores

I: (*inputs*) Entradas

P: (*process*) Proceso

O: (*outputs*) Salidas

C: (*customers*) Clientes

Esta forma de mostrar el proceso es una muy buena herramienta que permite entender la naturaleza del proceso, las interacciones e interdependencias (Taylor, 2008).

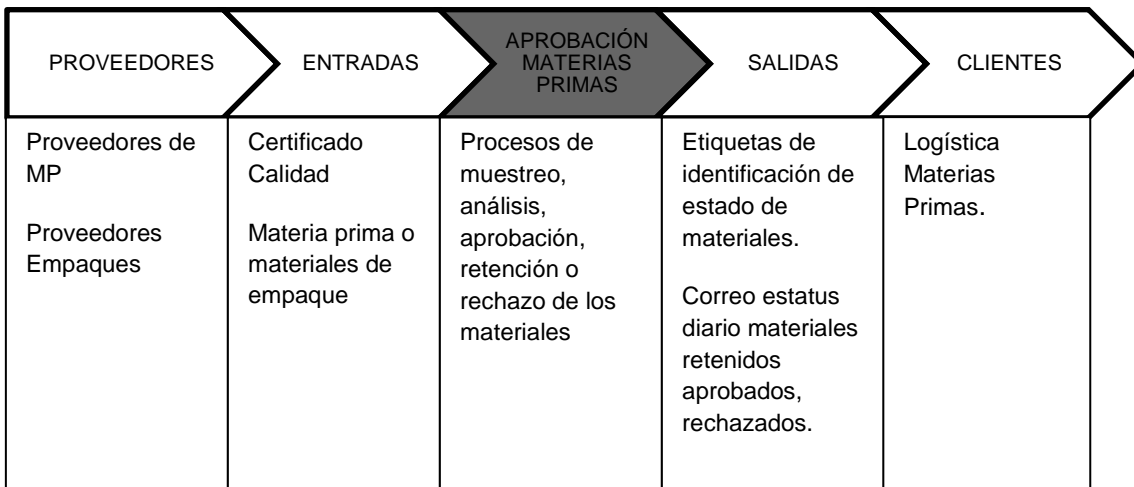
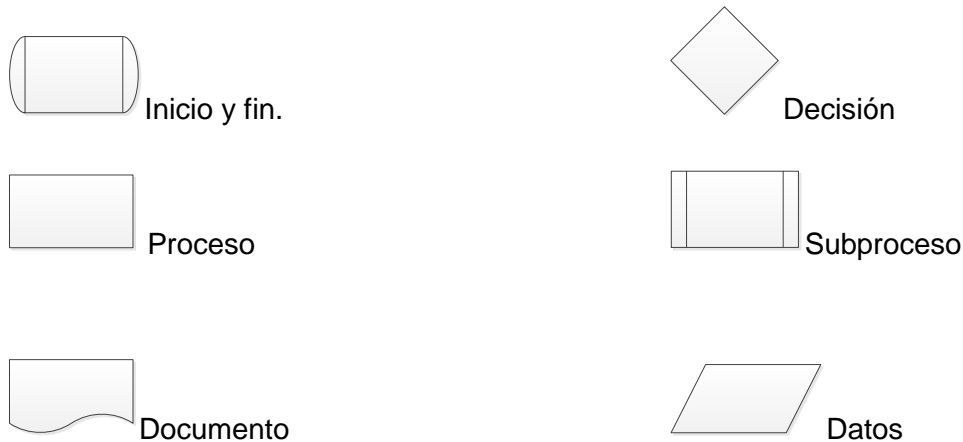


Ilustración 1. Diagrama SIPOC proceso de aprobación materias primas.

Diagrama de Flujo

Para poder tener una visual de cada una de las etapas de manera secuencial y a su vez del tipo de actividad en cada una, se presenta a continuación un diagrama de flujo.



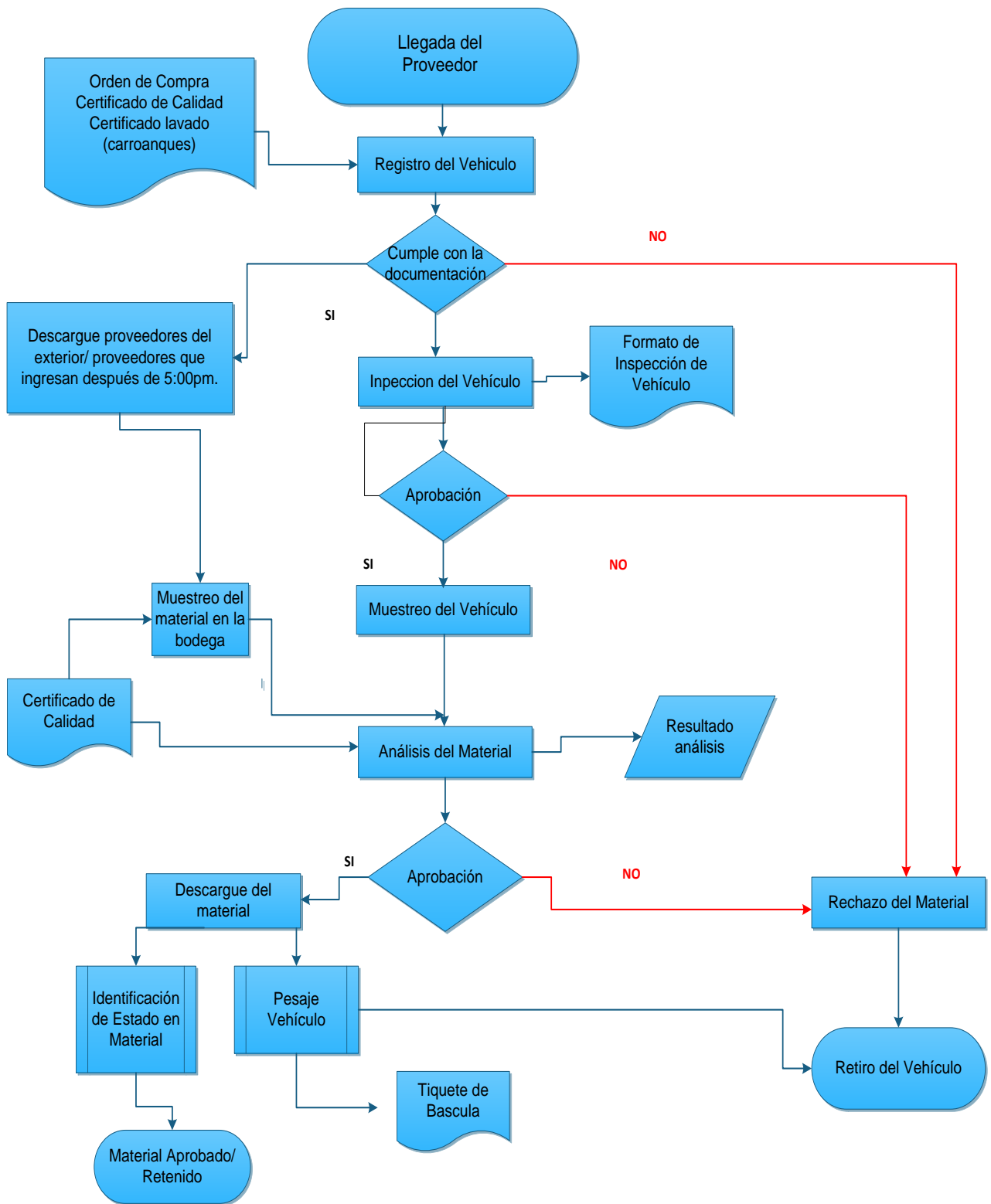


Ilustración 2. Diagrama de flujo para proceso de aprobación de materias primas.

CTQ

Continuando con los entregables del proyecto, están los aspectos críticos para la satisfacción de los requerimientos del cliente, llamados críticos para calidad (CTQ), “son los aspectos más significativos que ayudan a satisfacer los requerimientos del cliente” (Prieto, 2010, p. 91).

Para el cliente de este proyecto, se consideran los siguientes CTQ

- Adecuada identificación del estado de los materiales en la bodega: a fin de evitar correr el riesgo de entregar materiales no aprobados a materias primas.
- Rápido análisis de los materiales para poder descargar los vehículos que están en espera en el parqueadero de las instalaciones: La espera de los proveedores, genera traumatismo en la operación de logística por la presión de los mismos para entregar sus materiales.
- Liberación pronta de los materiales, para poder disponer de ellos en producción: no se manejan altos niveles de inventario, por lo tanto cuando los materiales llegan son requeridos con prontitud en líneas de producción.

Los CTQ's fueron determinados de acuerdo a lo manifestado por las personas de logística materias primas, el cliente interno del proceso de aprobación de Materias primas.

Para resumir el objetivo, alcance, equipo y demás detalles del proyecto, se presenta a continuación el contrato del proyecto, ultimo entregable de la etapa de definición.

Contrato del Proyecto

Definición de Problema:

Actualmente quedan en promedio 7 materiales retenidos al día en la bodega de materias primas, que equivalen a un 40% en promedio de los materiales en espera de liberación diariamente, estos materiales se convierten en una carga adicional para las personas de calidad encargadas de realizar las aprobaciones el día siguiente, haciendo que en algunas ocasiones los materiales pasen más de un día retenidos. Adicionalmente esta acumulación provoca que las

personas encargadas de liberarlos no realicen la debida identificación de estado en la bodega, generando confusión a las personas de logística materias primas, pues no tiene claridad si el material está o no liberado. Para evitar usar estos materiales con dudoso estado, las personas de logística materias primas rompen el FIFO y por el afán de no tener paradas de línea, en ocasiones, entregan material en estado de retenido a la línea de producción, lo que puede generar problemas mayores al fabricar productos con materias primas que no cumplen la especificación.

Objetivo del Proyecto

El objetivo de proyecto es mejorar la productividad del proceso de recepción de materias primas de 40% a un 70%.

Alcance del Proyecto

Este proyecto aplicará para el proceso de aprobación de materias primas y materiales de empaque por parte del área de calidad materias primas, para la planta productora de Snacks.

Plan del Proyecto

Etapa	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Definición	■									
Medición		■	■	■	■					
Análisis					■	■	■			
Mejora							■	■	■	
Control									■	■

Recursos

1. Equipo

Nombre	Cargo
Carlos Garzón	Analista de Calidad Materias Primas
Rubel Beltran	Coordinador Logístico de Materias Primas
Javier Rodríguez	Auxiliar de Almacén encargado de bascula
Edwar Vasquez	Auxiliar de Almacén
Gloria Roncancio	Facilitadora Calidad Materias Primas

2. Tiempo

El tiempo de dedicación al proyecto es de mínimo 5 horas a la semana.

3. Programa para el análisis estadístico de datos (Minitab®).

4.2 Etapa de Medición

Lo que se espera de esta fase, es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema, para lograrlo es necesario definir Y, los límites de especificación, el objetivo, el defecto, la unidad y oportunidad, analizar el sistema de medición y definir el plan de recolección de datos. A continuación se describe cada uno de estos aspectos.

Definición de la Y

Inicialmente, después de tener claramente mapeado el proceso se debe definir Y, “Y es la variable a través de la cual se podrá medir el éxito del proyecto” (Pulido y de la Vara, 2013, p. 432).

$$Y = 1 - \left(\frac{\# \text{MATERIALES RETENIDOS DIARIAMENTE}}{\# \text{MATERIALES RECIBIDOS DIARIAMENTE}} \right) * 100$$

Definición Operacional

Para este proyecto la Y es considerada como la productividad del proceso de aprobación de materias primas, expresado como el % de materiales que queda en estado retenido diariamente en la planta, sobre la cantidad de materiales recibidos diariamente.

Límite de especificación

Según Gutiérrez y de la vara (2013), los límites de especificación, también conocidos como límites de tolerancia, son los que están arriba y abajo del valor nominal que deben cumplir los componentes individuales del producto. En general, para fijar los límites de especificación, se deben tener en cuenta dos aspectos: Las necesidades funcionales del producto y lo que el proceso puede realmente

producir. Lo ideal es tratar de conciliar estos dos aspectos, pues por lo general estos son antagónicos.

De acuerdo a lo anterior, en un proceso generalmente se tiene un límite de especificación inferior y un límite de especificación superior, de acuerdo a la ASQ (*American Society for Quality*) son: “aquellos límites que definen la frontera de conformidad para una unidad individual generada por una operación de manufactura”. Para el caso de este proyecto únicamente se tendrá límite de especificación inferior, pues todo lo que esté por encima de este valor será conforme, definiendo como límite de especificación inferior 50%, es decir que diariamente solamente podrán quedar retenidos el 50% de materiales en espera de aprobación.

LSL $Y > 50\%$

Este límite de especificación, es definido en conjunto con las personas encargadas del proceso de aprobación de materiales, teniendo en cuenta que dejar liberado como mínimo un 50% de los materiales que se están recibiendo es un valor alcanzable y daría un mejor nivel del servicio al que actualmente se tiene.

Objetivo

Es el valor de productividad que se quiere tener, para este caso, se definió como 70% ($Y \geq 70\%$), es decir que se quiere lograr tener como mínimo un 70% de materiales liberados diariamente, con esto se logrará una mejora significativa y se obtendrá un resultado aceptable para el cliente interno.

Defecto

Defecto es todo aquello que esa fuera del límite de especificación. “Es cualquier no conformidad de la calidad especificada de un producto” (Gutiérrez y de la vara, 2013, p. 110).

Por lo tanto, de acuerdo al límite de especificación definido para este proyecto, será considerado defecto cualquier nivel de productividad diario inferior al 50% ($Y < 50\%$).

Unidad y Oportunidad

Estas dos son métricas Seis Sigma, de acuerdo a Gutiérrez y de la vara (2013) “la unidad es la parte o producto que se elabora mediante un proceso y que por lo tanto, es posible inspeccionar o evaluar su calidad y la oportunidad de error, es cualquier parte de la unidad a la que es posible medir o verificar si cumple con lo estipulado” (p.110).

Se considera La Unidad como lo que está sujeto a ser medido. De acuerdo a la estructura del proyecto, la unidad será cada día, pues en cada uno de estos se genera un valor de productividad. La oportunidad de defecto será una (1), dado que la Y solo podrá calificarse con un único criterio de evaluación (ser un defecto o no).

Análisis del sistema de Medición y plan de recolección de datos

“La evaluación de los sistemas de medición consiste en determinar la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición por medio de estudios de estabilidad, repetitividad, reproducibilidad, linealidad y exactitud” (Escalante, 2004, p. 57)

El proyecto no requiere una evaluación del sistema de medición, debido a que la medición que se va a realizar es de cantidad de materias primas que ingresan diariamente a las instalaciones de la compañía y cuantas de estas quedan retenidas a diario. No hay un método específico que pueda afectar el resultado en la toma de esta medición, pues corresponde únicamente al registro en un archivo Excel.

El plan de recolección de datos permite definir la forma como se realizará la recolección de los datos, quién lo realizará y con qué frecuencia, lo primero que se define es, qué puede afectar el resultado de la productividad en la aprobación diaria de materias primas, esto se conoce como las X.

Los siguientes, son factores que influyen en el resultado de la Y del proyecto:

- Hora de llegada de los materiales.
- Número de materiales que llegan diariamente.
- Número de materiales que quedan en estado retenido diariamente.

- Número de Materiales que quedan diariamente retenidos por falta de análisis de microbiología.
- Número de materiales Importados que se descargan sin ser aprobados por calidad.
- Materiales que no pueden ser analizados por que no se cuenta con la documentación completa para su aprobación.
- Tiempo de Análisis por material.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario definir una forma clara de recolectar datos que permitan ver la afectación de las X sobre la Y del proyecto, para esto, se utilizó la herramienta 5W 1H, que se presenta a continuación:

Tabla 3. 5W 1H para determinar el plan de recolección de datos

Pregunta	Respuesta
What – ¿Qué vamos hacer?	Registrar hora a hora la cantidad de materias primas y materiales de empaque que ingresan diariamente. Así como la cantidad de materiales retenidos a Diario.
Why – ¿Por qué vamos hacer eso?	Porque se requiere identificar qué factores influyen para que no sean aprobados diariamente todos los materiales que ingresan.
Where- ¿En dónde vamos hacer eso?	En la planta.
Who – ¿Quién va hacer qué?	Almacenista de Bascula, Analista de calidad Materias Primas, Auxiliar de Calidad Materias Primas y Practicante de Logística Materias Primas.
When- ¿Cuándo se va hacer?	Diariamente.
How- ¿Cómo lo va hacer?	Almacenista de Bascula, registra hora de ingreso y salida e cada proveedor, Analista de Calidad Materias Primas y Auxiliar de Calidad, registran la hora de inicio y fin de muestreo y la hora de inicio y fin de análisis, así como el estatus diario de los materiales recibidos, le envían esta información al practicante de logística, quien se encarga de consolidar la información

Con la información obtenida del análisis anterior, se consolidó el plan de recolección de datos. Ver Anexo 1. Plan de recolección de datos.

4.3. Etapa de Análisis

Una vez realizada la toma de datos de acuerdo al plan, se realizó el siguiente análisis.

Comportamiento de la Y

Los datos a partir de los cuales se va a trabajó, fueron recolectados entre el 19 de Abril y el 23 de Julio de 2013, son en total 76 días en los que se analizó el comportamiento de la Y, esto permite ver el comportamiento del proceso en tres meses diferentes, teniendo en cuenta que la demanda de los *snacks* no es estacionaría si no que presenta un comportamiento de alta demanda todos los

meses del año a excepción de Diciembre, se determina suficiente el tiempo de tres meses para la toma de los datos.

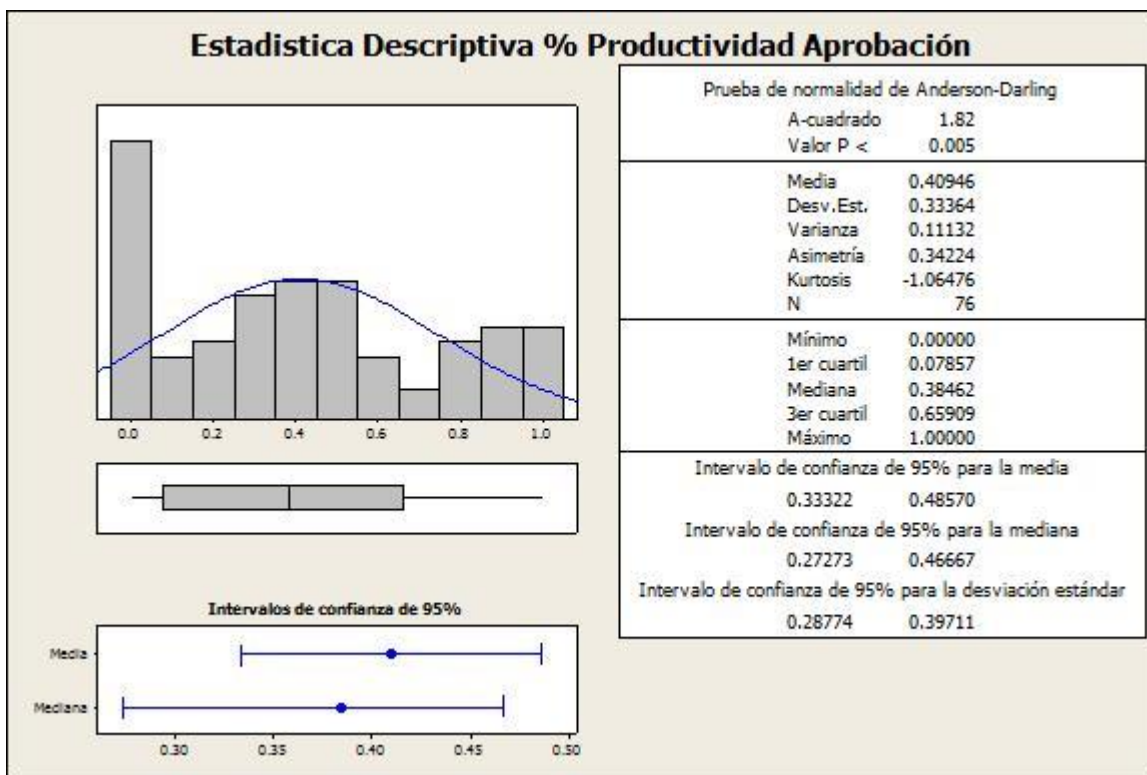


Ilustración 3. Gráfico de estadística básica del % de productividad proceso de aprobación de materias primas.

El proceso actual tiene una media de 0,4 es decir que el % de productividad está en 40%. De acuerdo a la prueba de normalidad de Anderson Darling, los datos no tienen un comportamiento normal, pues el valor de P es inferior a 0,05; La desviación estándar que nos indica qué tan lejos de la media están los datos, está en 0.33, lo cual es un valor alto, es decir que la productividad entre un día y otro tiene una variabilidad importante. La Kurtosis, según Alvarado y Obagi (2008) “es el grado de apuntamiento o agudeza de la distribución” (p. 36), por lo tanto se puede ver que la mayor concentración de los datos no es hacia la media por eso la curva es achatada.

“La gráfica de caja y bigotes permite ver en una misma figura, valores centrales, estadígrafos de posición, valores probablemente atípicos y valores extremos de una variable” (Alvarado y Obagi, 2003 p. 43). La línea del centro de la caja es la

media, los bigotes son los mayores y menores valores. En este caso debido a que la mediana no está en el centro de la caja no hay simetría, los datos están más concentrados hacia el valor mínimo.

Dentro de los aspectos que se consideraron podrían influir en el resultado de la Y, está la cantidad de materiales que llegan diariamente. Se presume que hay algunos días del mes en los cuales se reciben más materiales que otros. Para determinar si el día del mes tiene alguna influencia en la cantidad de materiales recibidos se realizó la gráfica que se muestra a continuación, la cual muestra los materiales recibidos en los meses muestreado por día del mes, se puede evidenciar el comportamiento de cada día del mes durante los tres meses muestreados.

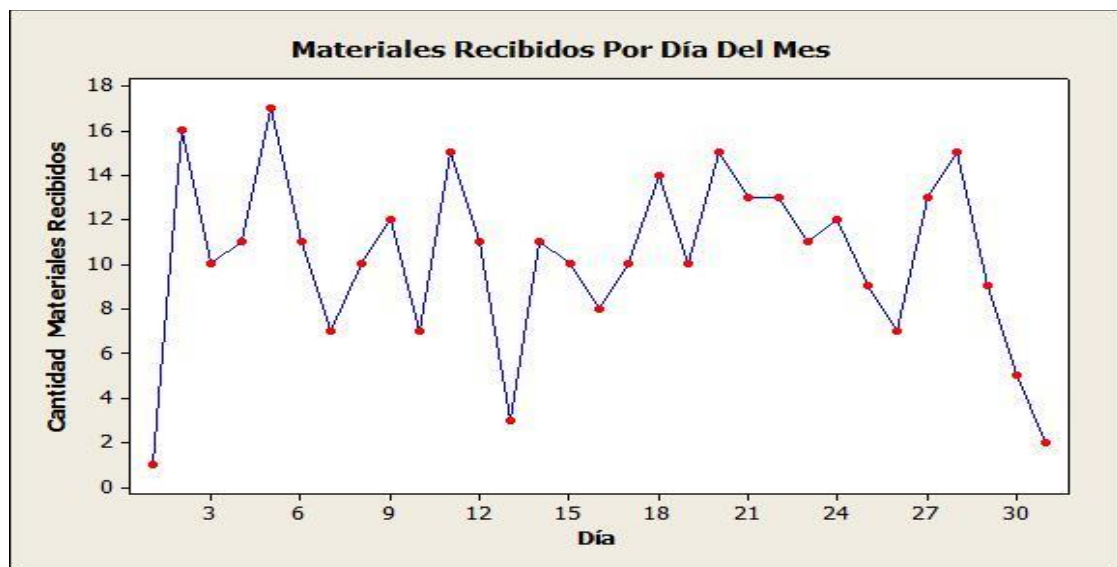


Ilustración 4. Gráfico de Dispersión de los materiales recibidos por día de los meses Abril a Junio.

La gráfica no muestra ninguna tendencia, los datos no son estables, se evidencia mucha variabilidad se puede ver que el primer día del mes se recibe muy poca cantidad de materiales al igual que los dos últimos, esto está relacionado con los inventarios que se realizan el último día del mes, por lo cual no se pueden recibir materiales este día.

Para evaluar si se tiene alguna relación entre la cantidad de materiales recibidos y la cantidad de materiales retenidos a diario, se realizó una prueba de asociación, donde se consideraron las siguientes hipótesis:

H_0 : No hay relación entre la cantidad de materiales recibidos y los materiales retenidos diariamente. $p > 0,05$.

H_1 : Hay relación entre la cantidad de materiales recibidos y los materiales retenidos diariamente. $p < 0,05$.

Para poder determinar el tipo de prueba aplicar, se debe definir el tipo de datos que se tienen, para Alvarado y Obagi (2008) “las variables continuas son aquellas variables que pueden tomar todos los valores posibles, dentro un intervalo determinado de los números reales” (p.18), por lo anterior, los datos de materiales recibidos y materiales retenidos son continuos. Para este caso se toma como variable dependiente los materiales retenidos y variable independiente los materiales recibidos, por lo tanto con base en el trabajo de Alvarado y Obagi (2003) la prueba a utilizar es una regresión lineal, de la cual se obtiene:

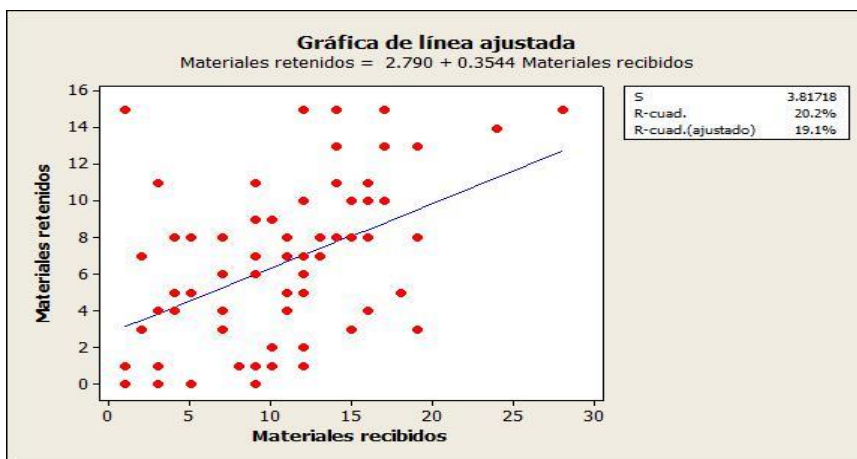


Ilustración 5. Gráfico de regresión lineal de materiales retenidos Vs. materiales recibidos

Análisis de regresión: Materiales retenidos vs. Materiales recibidos

La ecuación de regresión es

Materiales retenidos = 2.790 + 0.3544 Materiales recibidos

S = 3.81718 R-cuad. = 20.2% R-cuad.(ajustado) = 19.1%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	272.64	272.637	18.71	0.000
Error	74	1078.24	14.571		
Total	75	1350.88			

El R, coeficiente de correlación, marca el grado de asociación lineal entre las variables según Alvarado y Obagi (2008), puede estar entre -1 y 1. Para que el R indique que hay una asociación lineal de consideración, se recomienda que supere 0,8 en valor absoluto, un $R = 0$ indica que no hay correlación. El r^2 , se conoce como coeficiente de determinación, y es más usado porque demuestra asociación así no sea lineal.

De acuerdo a lo anterior, no hay una relación fuerte entre la cantidad de materiales recibidos y los materiales retenidos diariamente. Adicionalmente el valor de p es muy cercano a cero por lo cual se aprueba la hipótesis alterna, es decir que se puede decir que hay una relación entre la cantidad de materiales recibidos y la cantidad de materiales retenidos diariamente, pero debido al coeficiente de correlación obtenido, la relación no es fuerte.

Se continúan evaluando los factores que pueden influir en el resultado de Y, se observa ahora la hora y día de la semana en que llegan los materiales, se presenta una gráfica que muestra la cantidad de ingresos por día de la semana y por hora.

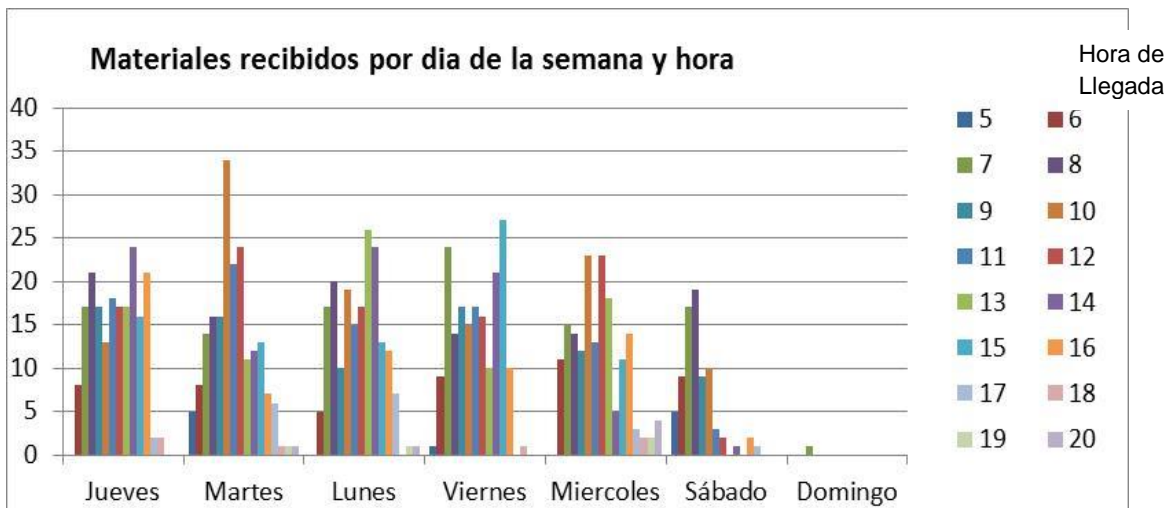


Ilustración 6. Gráfico de materiales recibidos por días y hora.

Para poder ver de una mejor forma si hay una diferencia estadísticamente significativa entre los materiales recibidos con el día de la semana y la hora del día en que la llegada de los materiales, se realiza una prueba de comparación de medias, teniendo en cuenta que de lunes a viernes es cuando se presenta mayor llegada de materiales y que el sábado es un día con comportamiento diferente a los demás, ya que, no se programa muchas recepciones y solo se cuenta con una persona que realiza la aprobación de los materiales, mientras que los demás días de la semana (lunes a viernes) se cuenta con dos, por lo que, para realizar la prueba de hipótesis no se tendrán en cuenta los sábados.

Para efectuar el análisis se utilizará una prueba ANOVA (análisis de varianza). Alvarado y Obagi (2003), establecen que se utiliza para investigar la relación entre una variable de respuesta y una variable predictora, para este caso la variable de respuesta es el número de recepciones diarias y la predictora es el día de la semana, se utiliza esta prueba y no una de regresión lineal, como en el caso de cantidad de materiales retenidos y materiales recibidos, debido al tipo de datos, según Alvarado y Obagi (2002), si la variable dependiente (variable de respuesta) es escalar y la variable independiente (variable predictora) es categórica, se recomienda trabajar con la técnica de diseño de experimentos unifactorial o multifactorial ANOVA.

Alvarado y Obagi (2003) definen, una variable categórica o nominal, como: “aquellas variables cuyos posibles valores nos son susceptibles de medición cuantitativa directa, pero si pueden ser clasificados” (p. 18)

En este caso se utilizara ANOVA unifactorial porque solo se cuenta con un factor que puede afectar la respuesta, el cual es el día de la semana, este puede ser de diferentes niveles en términos estadísticos, los niveles son lunes, martes, miércoles, jueves y viernes.

Las hipótesis a trabajar para este análisis son:

H_0 : las medias entre los materiales recibidos cada día de la semana son iguales
 $p > 0,05$

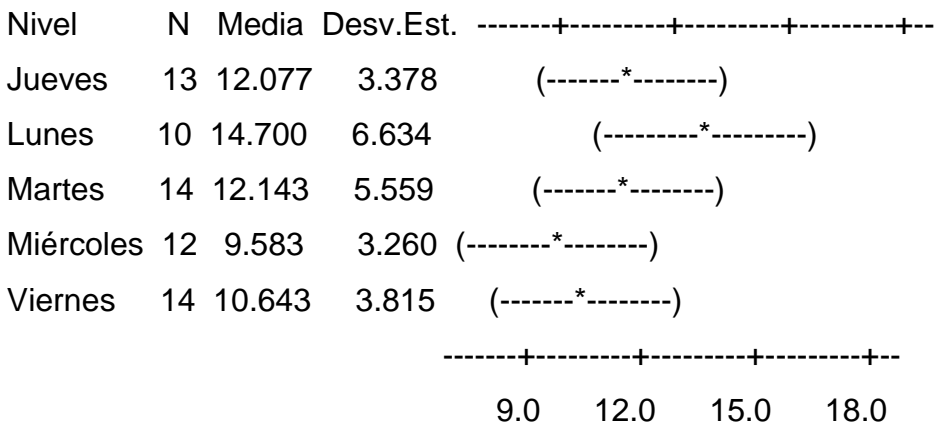
H_1 : las medias entre los materiales recibidos es diferente en por lo menos un día
 $p < 0,05$

Al correr el experimento en Minitab se obtiene:

ANOVA unidireccional: recepciones vs. Lunes-viernes

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Lunes-viernes	4	164.0	41.0	1.92	0.120
Error	58	1240.9	21.4		
Total	62	1404.9			

S = 4.625 R-cuad. = 11.67% R-cuad.(ajustado) = 5.58% ICs de 95% individuales para la media Basados en Desv.Est. Agrupada



Desv.Est. agrupada = 4.625

De acuerdo al resultado de $p=0,120$, se concluye que hay suficiente evidencia para decir que las medias de los números de recepciones por día de la semana no tiene diferencia, lo cual puede ser evidenciado en la siguiente gráfica de caja y bigotes.

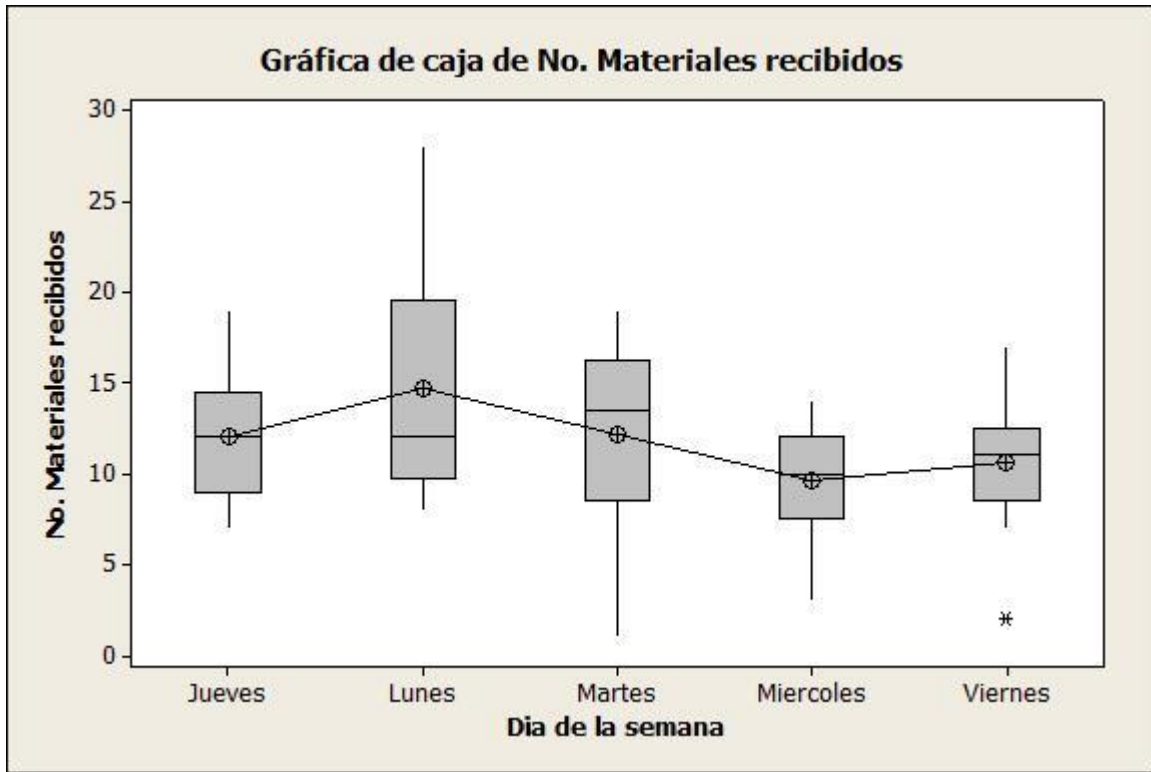


Ilustración 7. Gráfico de caja y bigotes del número de materiales recibidos por día de la semana

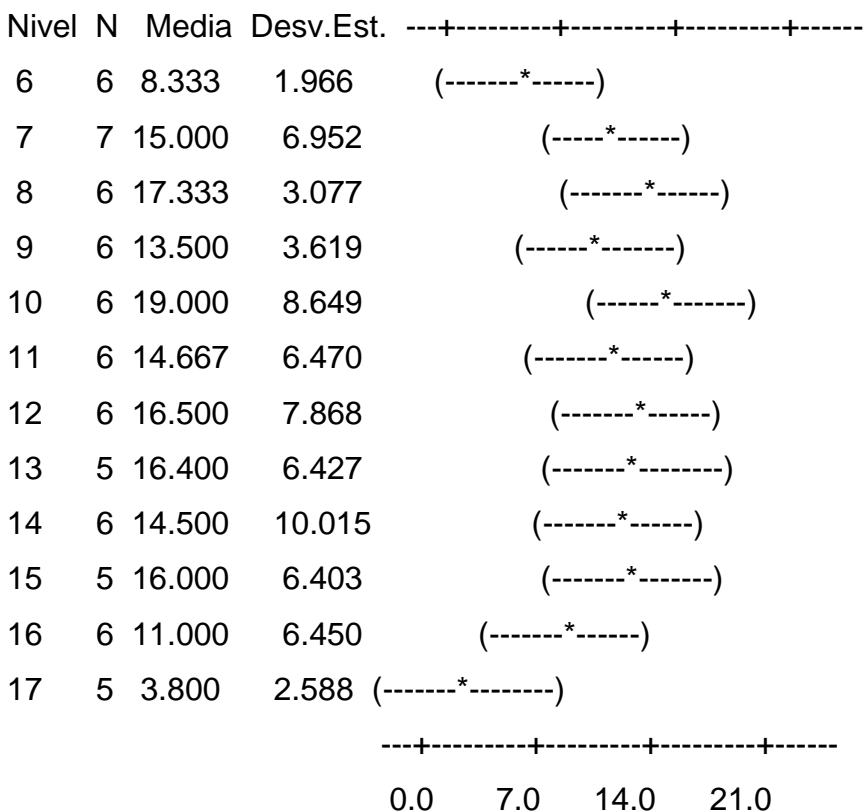
Para ver la relación entre la hora del día y la cantidad de materiales recibidos, se hace el mismo procedimiento anterior, obteniendo:

ANOVA unidireccional: Recepciones hora vs. Horas 6 a 5

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Horas 6 a 5	11	1082.1	98.4	2.40	0.016
Error	58	2380.5	41.0		
Total	69	3462.6			

S = 6.406 R-cuad. = 31.25% R-cuad.(ajustado) = 18.21

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada



Desv.Est. agrupada = 6.406

Para este caso, solo fueron tomadas las horas en las cuales se cuenta con personas para la aprobación de materiales y el horario que está estipulado para recepción de los mismos.

Con un resultado de $p= 0.016$, es decir inferior a 0.05, se puede concluir que se tiene suficiente evidencia estadística para decir que si hay diferencia en la medias de las cantidades de materiales recibidas de acuerdo a la hora del día. En el

gráfico se puede ver como las 6am y las 5pm tienen medias diferentes a los demás días, adicionalmente se puede evidenciar una amplia variabilidad a las 6am y 2 pm.

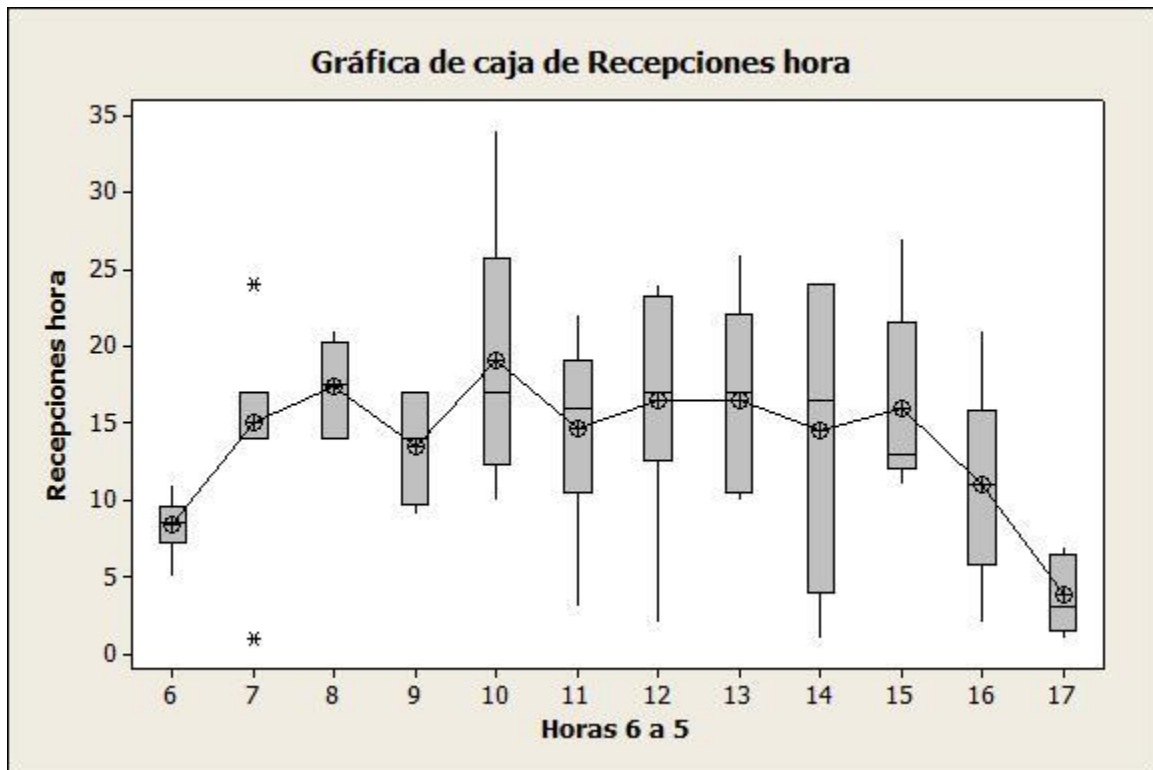


Ilustración 9. Gráfico de caja y bigotes de los materiales recibidos durante las diferentes horas del día

A continuación se muestran los materiales retenidos por tipo de retención, donde se consideraron tres categorías: Retenidos por análisis de microbiología, aquellos materiales que no pueden ser liberados porque de acuerdo a su especificación requieren resultados de análisis microbiológicos para ser liberados; retenidos por falta de información, corresponden a los materiales que no pueden ser aprobados porque no tiene ficha técnica, carta de color o porque están pendientes de aprobación por investigación y desarrollo y la última categoría, corresponde a los materiales que no se aprueban porque no se han llevado a cabo los análisis requeridos para su liberación.

En el gráfico se observa que los picos más altos con mayor frecuencia los tiene la categoría de retenidos por microbiología, seguida por la categoría de

retenidos por falta de análisis y por último la categoría de retenidos por falta de documentación.

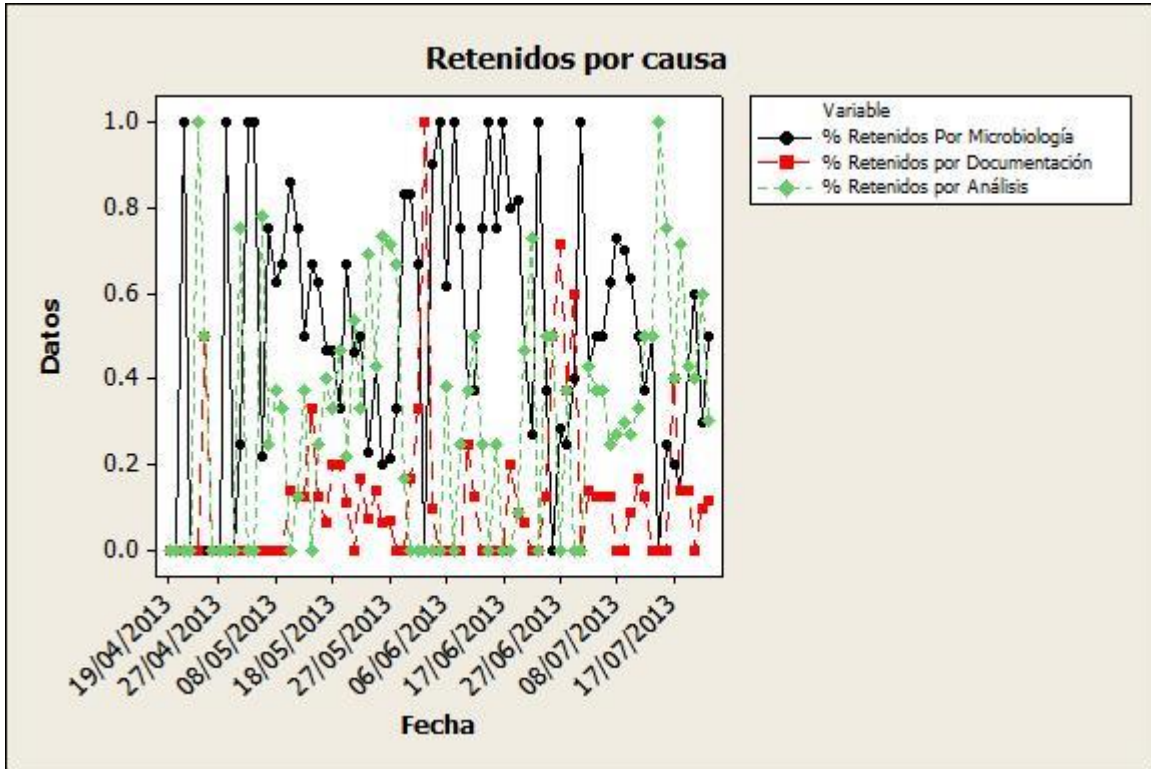


Ilustración 10. Gráfico de control para materiales retenidos diariamente clasificados por causa.

Una vez analizadas cada una de las X 's, se continúa con la realización de un análisis de la capacidad del proceso

Capacidad del Proceso

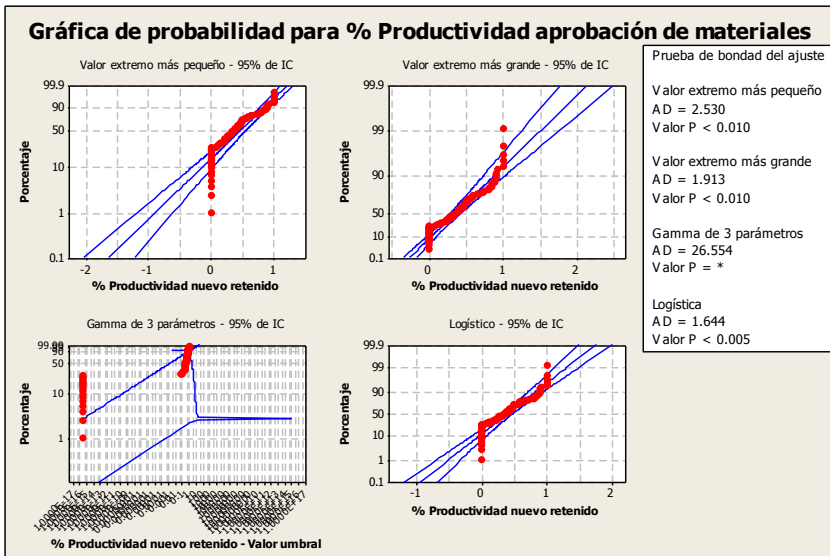
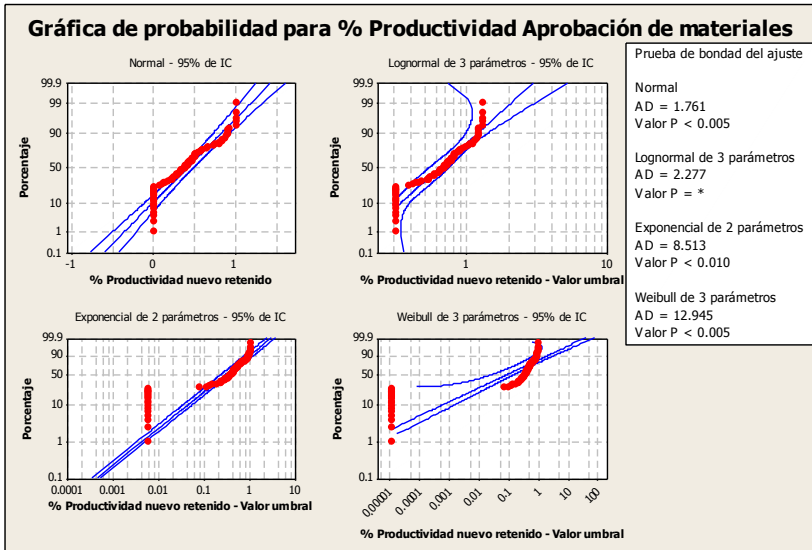
Lo primero que se debe hacer para poder analizar la capacidad del proceso es determinar si los datos tienen un comportamiento normal. Lo cual ya fue determinado mediante el análisis estadística básica, donde para la prueba de Anderson Darling, se tienen las siguientes hipótesis:

H_0 = Los datos se comportan normal

H_1 = Los datos no se comportan normal

De acuerdo al valor p obtenido que fue <0.005 , se rechaza la hipótesis nula, es decir que los datos no se comportan de manera normal.

Por lo tanto para poder calcular la capacidad del proceso es necesario hacer un ajuste de los datos, utilizando en Minitab® la herramienta que permite identificar cual es la distribución que ajusta de mejor manera los datos. Se obtuvo:



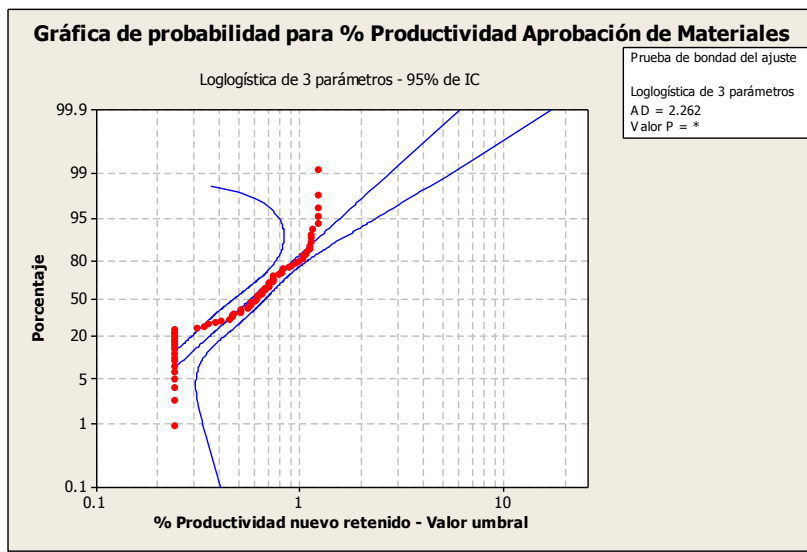


Ilustración 11. Prueba de bondad y ajuste para % de productividad diaria en proceso de aprobación de materias primas.

De acuerdo a lo anterior se selecciona la prueba Loglogística de 3 Parámetros, pues es la que realiza un mejor ajuste de los datos, para la prueba de bondad y ajuste se tiene las siguientes hipótesis:

H0 = Los datos se comportan normal

H1 = Los datos no se comportan normal

De acuerdo a los resultados no hay ningún valor de p superior a 0,05 para aprobar la hipótesis nula, por lo tanto se debe proceder a utilizar el valor AD, de Anderson Darling, el cual se basa en la comparación de la distribución empírica de una muestra con respecto a la distribución teórica, seleccionado el más bajo de las pruebas en donde la prueba p sea un *. En el caso de estudio de acuerdo a lo anterior, se seleccionó la prueba Loglogística de 3 parámetros.

Al tener ya el ajuste para la distribución de los datos se puede calcular la capacidad del proceso donde se obtiene:

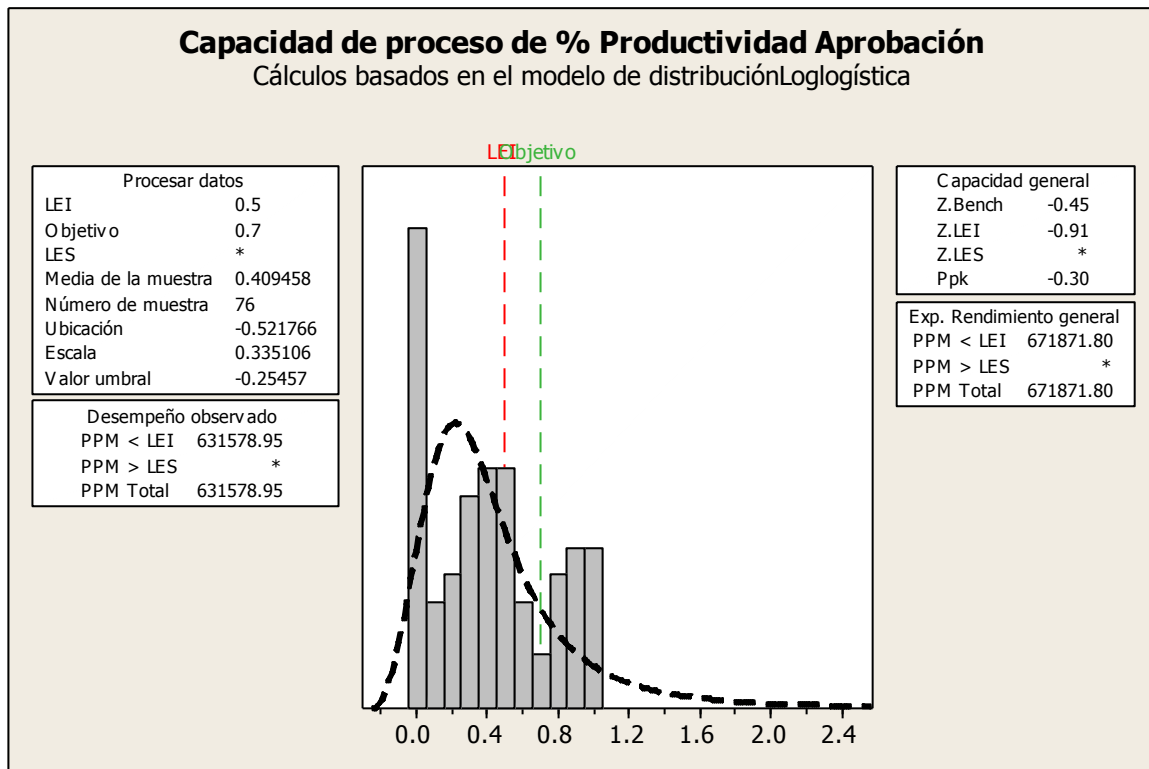


Ilustración 12. Capacidad del proceso de aprobación de materias primas.

El sigma del proceso es de $-0,45$ y los defectos por millón de oportunidades (DPMO) son de 671871,8.

En esta fase del proyecto se debe definir el objetivo de mejora, a dónde se quiere llegar con el proyecto.

Objetivo de mejora

El objetivo de mejora es lograr obtener un % de productividad de 70%. Para simular cuál sería la capacidad del proceso bajo este escenario se hace lo siguiente: se toman los datos reales, se les resta uno para determinar lo que les falta para llegar a una productividad del 100% y a estos valores se les suma una constante de 0,4 que es el promedio de estos datos. Los datos que son superiores 0,5 se ajustan a 0,7, una vez obtenidos los datos, nuevamente se debe determinar si son normales.

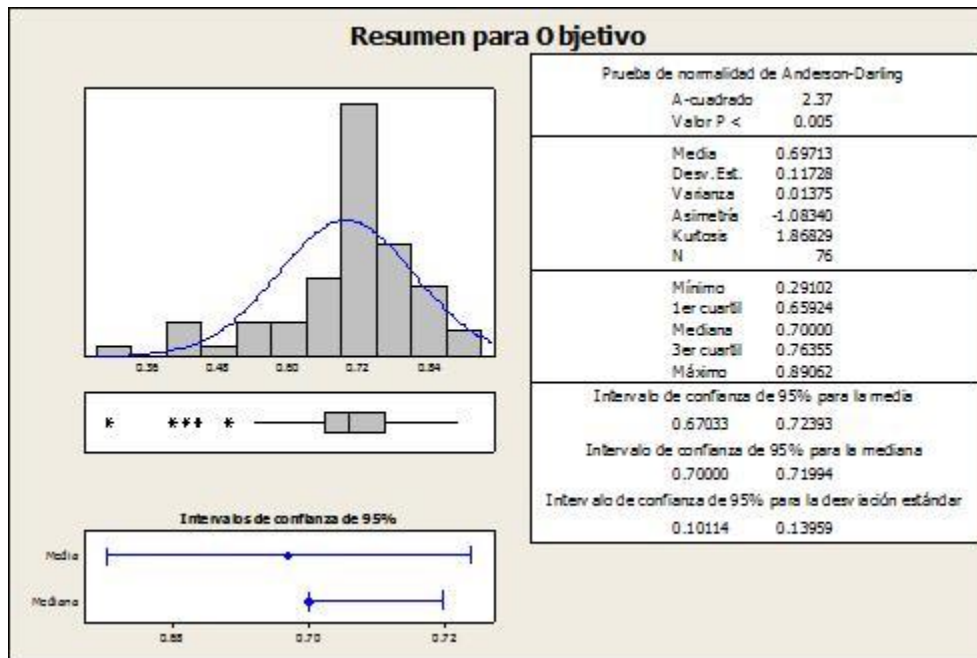
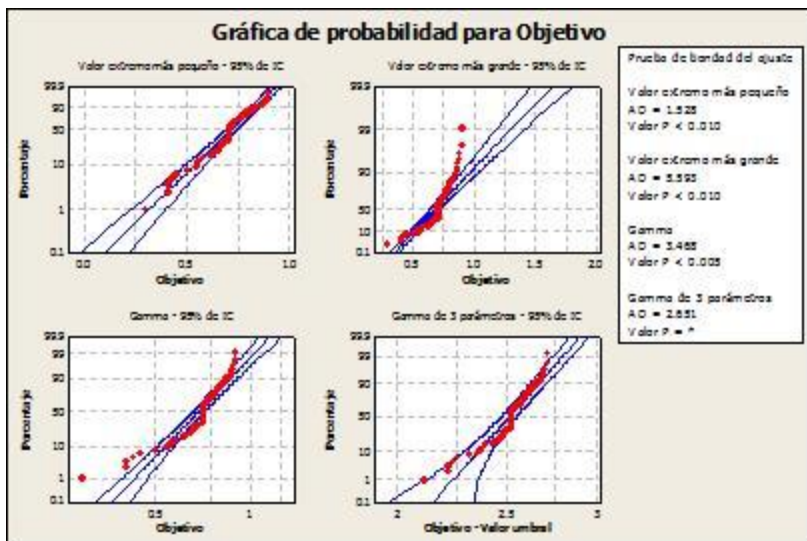
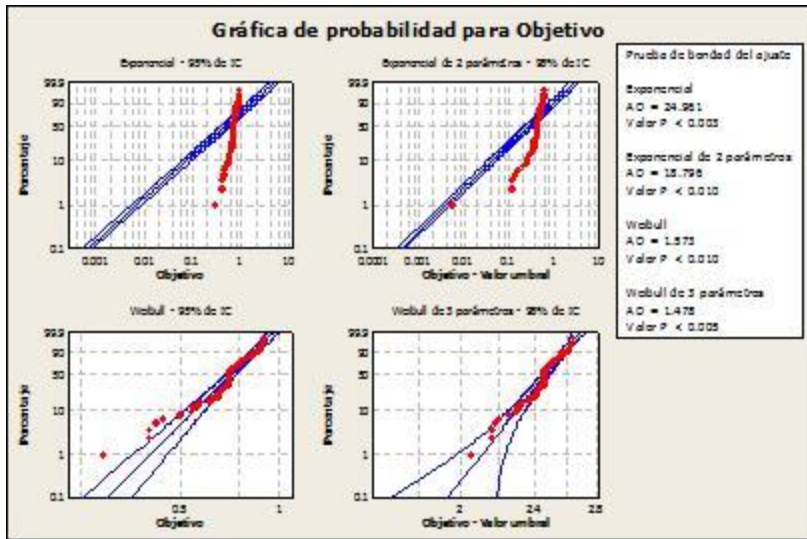
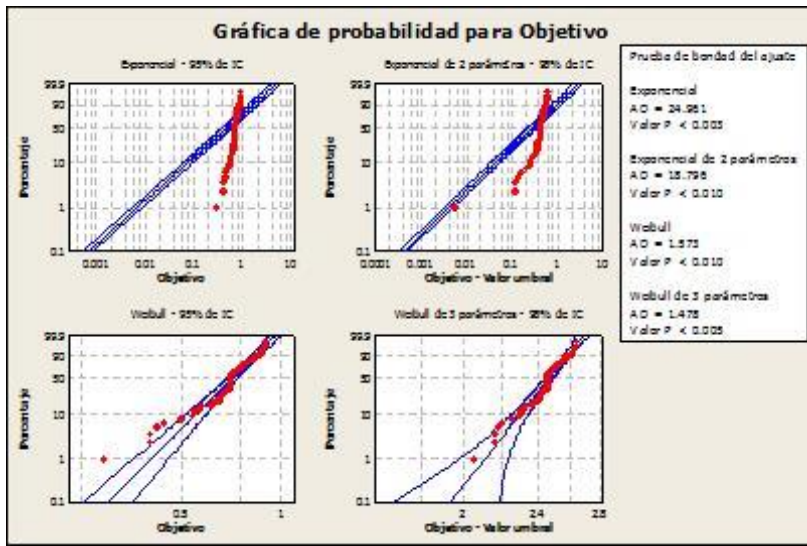


Ilustración 13. Gráfico de estadística básica para datos ajustados con % de productividad de 70%.

De acuerdo lo anterior con un $P < 0.005$, se concluye que los datos son no normales, lo cual era de esperarse debido a que son el resultado de unos datos no normales. Por lo tanto para poder calcular la capacidad del proceso se debe realizar la prueba de bondad y ajuste para determinar cuál es la distribución bajo la cual los datos tienen un mejor ajuste a normales.



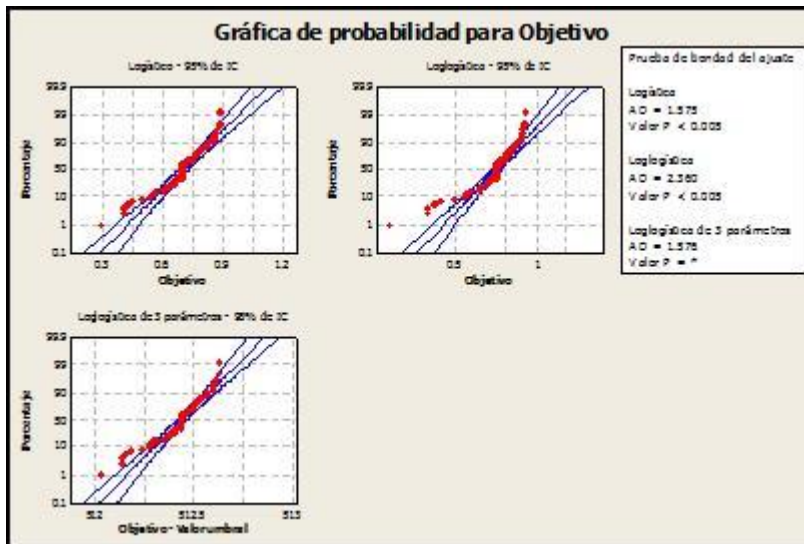


Ilustración 14. Gráficos de bondad y ajuste para proceso simulado con 70% de productividad

La prueba que mejor ajusta los datos es la Loglogística de 3 parámetros, al usar esta la capacidad del proceso es:

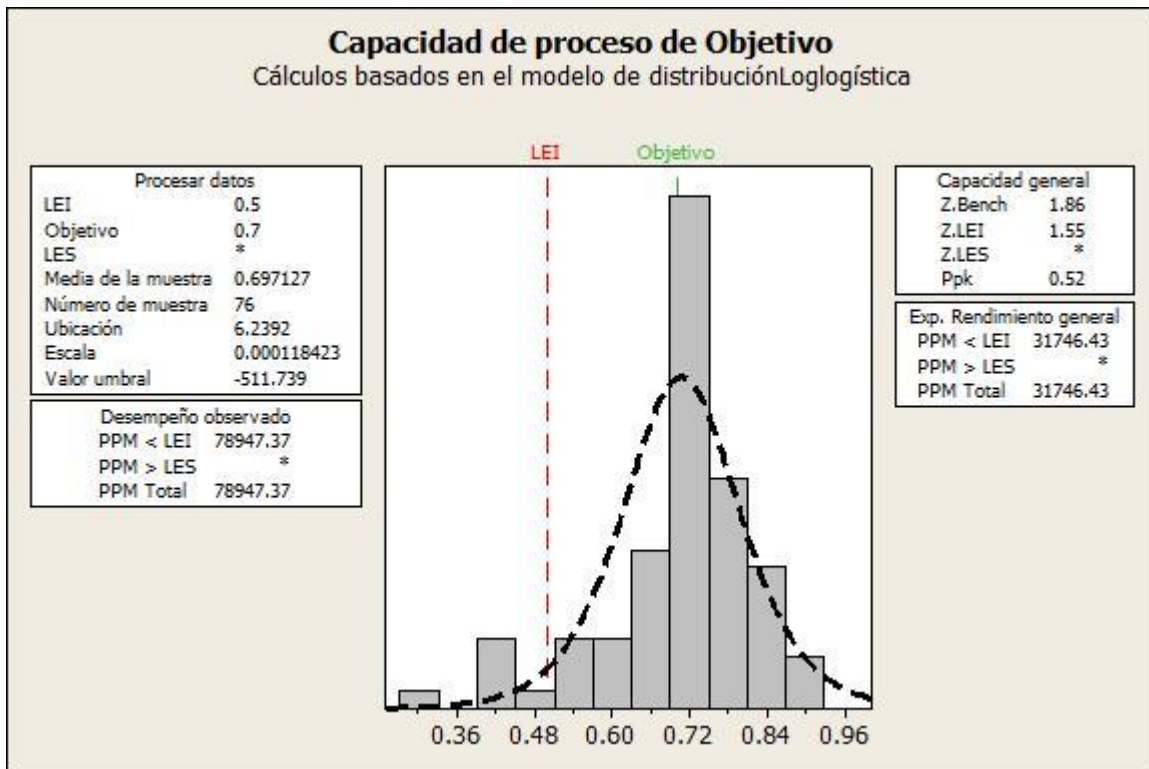


Ilustración 15. Capacidad de proceso simulado con 70% de productividad.

A continuación se presenta un comparativo en el nivel sigma y los DPMO para el proceso inicial, el simulado con el % de productividad deseado, adicional, se puede ver el movimiento total del proceso en los dos aspectos.

Tabla 4. Nivel Sigma y DPMO para proceso inicial, proceso simulado con 70% de productividad y movimiento total del proceso en los dos aspectos.

	Sigma Level	DPMO
Capacidad Real	-0,45	671871,80
Capacidad Potencial	1,86	31746,43
Movimiento Total	1,41	640125,37

Una vez realizado un análisis de los datos recolectados, se procede a determinar las principales causas por las cuales se presenta baja productividad en el proceso de aprobación de materias primas. Se realiza una lluvia de ideas, técnica que utiliza la interacción de un grupo de personas y sirve para generar una gran cantidad de ideas; para realizarla, es importante que todos los miembros del equipo tengan claro el tema sobre el que se va a generar la tormenta de ideas, esta se da por terminada cuando hay un tiempo de silencio considerablemente largo (Gómez, Vilar y Tejero, s.f).

Se realizó esta actividad con las personas de calidad encargadas de realizar la aprobación de las materias primas y con el cliente, personal de las bodegas y recepción de materias primas. Los resultados fueron los siguientes:

- Asignación no adecuada de tareas, algún analista puede tener mayor habilidad que el otro para ciertos análisis.
- Falta sentido de urgencia por parte de los analistas.
- Analistas disponibles no son suficientes.
- Equipos con fallas no permiten realizar análisis de pH a la Polidextrosa, se debe enviar la muestra a la Planta Margarita, lo cual hace que se requiera un tiempo más largo para la liberación.
- La bodega de galleta no cuenta con un muelle que permita muestrear los materiales cuando está lloviendo, lo cual disminuye la capacidad.

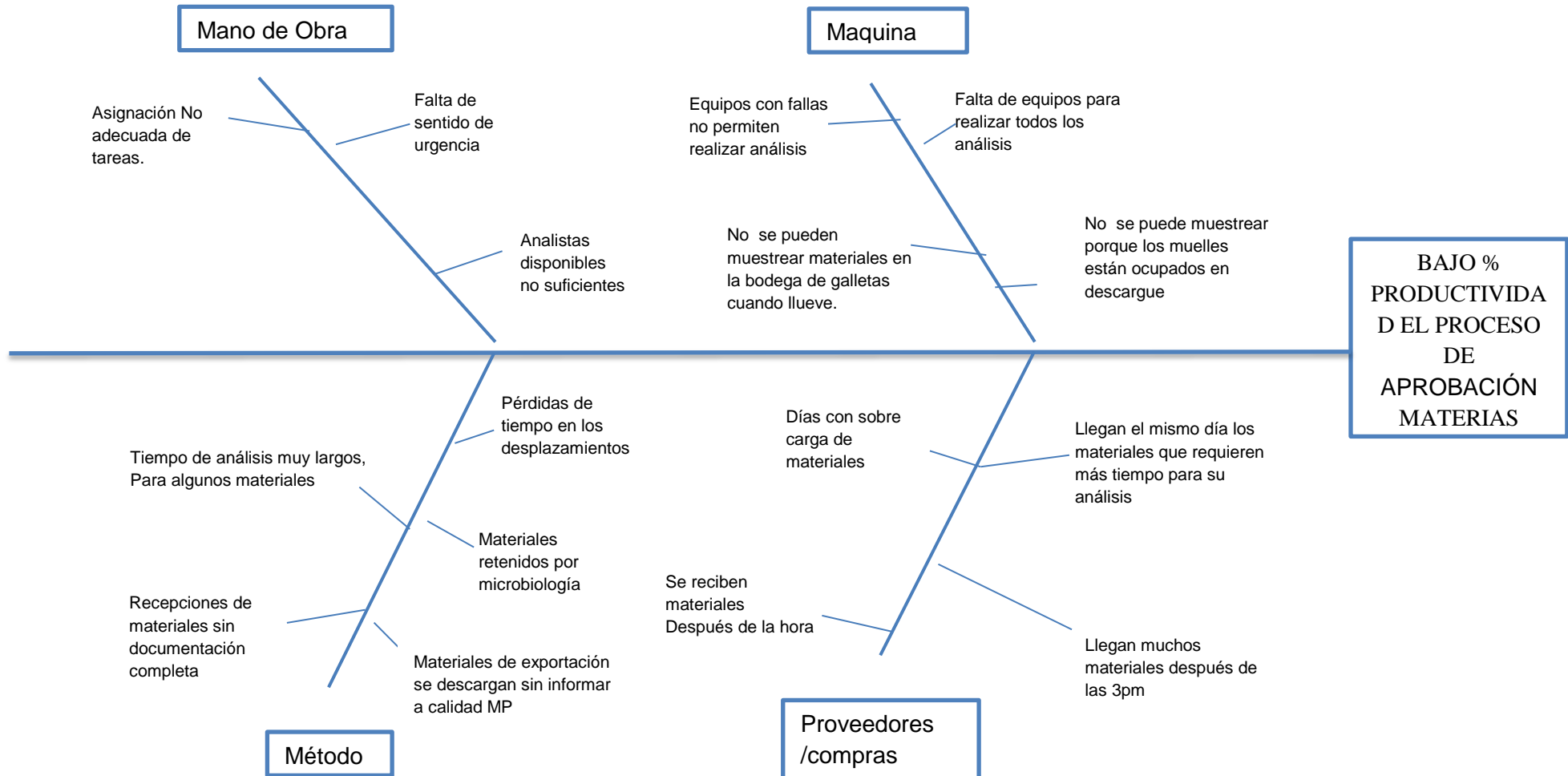
- No se cuenta con equipo para realización de análisis de grasas, por lo cual el cereal de maíz una vez al mes se debe enviar a la planta Margarita para su liberación, esto hace que se tome más tiempo del regular para su liberación.
- No se pueden muestrear materiales cuando los muelles están ocupados en el descargue de materiales.
- Algunos materiales tienen tiempos de análisis muy largos.
- El laboratorio de análisis queda retirado de las bodegas, por lo cual se pierde tiempo en los desplazamientos.
- Gran cantidad de materiales quedan retenidos por análisis de microbiología.
- Materiales se reciben sin FT o carta de color, lo cual no permite que el material sea liberado.
- Los materiales importados se descargan y no se informa a tiempo a calidad, por lo tanto se tiene un material en estado de retención sin que calidad tenga conocimiento de su existencia.
- Se reciben materiales después de las 5pm, por lo tanto no alcanzan a ser liberados por el personal de calidad que solo está disponible hasta las 6pm.
- Días con gran cantidad de materiales para aprobar.
- En un mismo día se reciben los materiales que requieren mayor tiempo de análisis.
- Gran cantidad de materiales llegan después de las 3pm, por lo cual no alcanzan a ser liberados por los analistas en las cuatro horas que quedan hasta las 6pm, horario hasta el cual se cuenta con analista.

Este listado es consolidado en un diagrama de Ishikawa, llamado así en honor a su creador el doctor Japonés Kaoru Ishikawa; también es conocido como diagrama causa efecto o espina de pescado; para la construcción del diagrama se requiere seguir cinco pasos:

1. Determinar el problema: para este caso es la baja productividad del proceso de aprobación de materias primas.
2. Descubrir las causas: las cuales se determinaron en la lluvia de ideas.
3. Definir las diferentes familias: Mano de obra, maquina, método, proveedores/compras.
4. Trazar el diagrama: colocando en la punta del diagrama el problema, en los extremos de las raíces las familias definidas (causas principales) y en las pequeñas las causas secundarias.
5. Seleccionar las causa más importante; para efectos de este proyecto se utilizará una matriz de impacto control, para determinar las causas sobre las cuales se va a trabajar.

Lo anterior es acorde a lo descrito por Varo (1994).

Después de seguir los pasos descritos se obtiene el siguiente diagrama.



Se identifican en total 16 causas para la baja productividad en el proceso de aprobación de materias primas (Y). Como no es posible eliminarlas todas, se realiza una matriz de impacto control, en la cual se clasifican cada una de las causas de acuerdo a su control e impacto. Se refiere a control, cuando la mejora esté en manos del proceso de calidad materias primas.

Tabla 5. Matriz de impacto control proceso de aprobación materias primas.

MATRIZ DE IMPACTO CONTROL				
CONTROL	CONTROLABLE	<ul style="list-style-type: none"> *Asignación no adecuada de tareas *Falta de equipos para realizar todos los análisis * Equipos con fallas no permiten realizar análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> *Falta Sentido de Urgencia 	<ul style="list-style-type: none"> * Materiales de exportación se descargan sin informar a calidad. * Materiales retenidos por microbiología * Recepción de materiales después de la hora estipulada.
	PARCIALMENTE CONTROLABLE		<ul style="list-style-type: none"> * No se pueden muestrear materiales en la bodega de galletas cuando llueve. * No se puede muestrear porque los muelles están ocupados en descargue * Llegan muchos materiales después de las 3pm * Pérdidas de tiempo en los desplazamientos 	<ul style="list-style-type: none"> * Recepción de materiales sin documentación completa. * Días con sobre carga de materiales recibidos * En un mismo día llegan materiales que toman más tiempo para su análisis.
	NO CONTROLABLE			<ul style="list-style-type: none"> * Tiempos de análisis muy largos para algunos materiales *Analistas disponibles no son suficientes.
	IMPACTO	BAJO	MEDIO	ALTO

De esta matriz se trabaja sobre las causas que tienen un alto impacto y alto control, se toman algunas de impacto medio y parcialmente controlable.

Se realiza un AMEF, que por sus siglas en inglés quiere decir análisis de modo y efecto de las fallas, el cual permite identificar las fallas potenciales, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, forma de detección y el efecto que provocan. (Gutiérrez y de la Vara, 2013). Para la evaluación del AMEF del proyecto se utilizó la siguiente escala.

Tabla 6. Escala para la calificación del AMEF

Escala para Severidad	
1	Se detecta una oportunidad de mejora, pero no se requiere acción. Las consecuencias de las fallas son despreciables
2	Las consecuencias de las fallas son leves.
3	La consecuencia de la falla es moderada.
4	El producto, proceso o servicio están severamente degradados
5	Las consecuencias de las fallas son severas. El producto o servicio no sirve
Escala de Ocurrencia	
1	Probabilidad de ocurrencia remota
2	Baja tasa de ocurrencia
3	Moderada probabilidad de ocurrencia
4	Frecuente
5	Alta probabilidad de ocurrencia
Escala de Detección	
1	Es seguro que se detecta la falla
2	Alta probabilidad de detectar la falla
3	Probabilidad moderada de detectar la falla.
4	Baja probabilidad de detectar la falla
5	Remota probabilidad de detectar la falla

Ver Anexo 2. AMEF.

4.4. Etapa de Mejora

En la etapa de Mejora se implementan las acciones que atacan las causas de la baja productividad, para el caso de este proyecto se inició reuniendo al Coordinador de logística y gerente de Calidad, para presentarles los análisis y solicitar su apoyo para la implementación de las acciones, pues la mayoría debían ser implementadas por Logística.

De acuerdo al AMEF las acciones de mejora son:

Ampliación en frecuencias de Microbiología

Con base en los resultados históricos del último año, se solicitó al área de investigación y desarrollo ampliar las frecuencias de microbiología para ciertos materiales, lo cual impacta significativamente en la liberación del material, pues al no requerir microbiología, todos los análisis necesarios para la liberación de los materiales, dependen directamente de calidad materias primas y no de un tercero. Adicionalmente se reducen días de retención pues la retención por microbiología es de 5 días.

Estos son los cambios generados:

Tabla 7. Cambios en frecuencias de análisis microbiológicos para la recepción de materias primas.

Nombre del Material	Frecuencia de análisis inicial	Frecuencia de análisis ampliada
Harina/ Germen / Mogolla	5	10
Azucares/ Jarabe	5	10
Avenas/ Dextrosa	2	10
Furdex/Coberturas Flotado/ Maní	2	5
Cobertura Mamut/Chispas de Chocolate/Suero de Leche	5	10
Mermelada/Caseinato de calcio	5	10
Frutas deshidratadas/Almendra	2	5
Arequipe/ Coco	1	5

Teniendo en cuenta el tiempo requerido para analizar cada grupo de materiales, se estableció que el número de materiales ideal para recibir al día son 15, teniendo en cuenta que este número está dentro del promedio de materiales recibidos durante el tiempo de medición, se busca tener una mejor distribución de los materiales diariamente para no sobre cargar unos días y dejar otros con poca cantidad de materiales, haciendo que se no se utilice completamente la capacidad del proceso.

De la mano con lo anterior, se establece la no recepción de los siguientes materiales en un mismo día, esto debido a que son los que toman más tiempo para su análisis y/o muestreo.

- Arequipe, mermelada y cobertura
- Harinas, azúcar y avenas

- Un solo proveedor de materiales de empaque por día
- Grasas y harinas
- Condimentos, harinas avenas, azúcares.
- Diferentes lotes de cobertura en diferentes vehículos un mismo día.

Los demás planes implementados corresponden al no descargar materiales que tengan la documentación incompleta para su análisis, y recibir máximo hasta las 5 pm, para que los analistas que están hasta las 6 pm, logren dejar liberados los materiales antes de terminar su jornada laboral.

Se inicia la medición por parte de los analistas de su % de productividad diaria en la liberación de los materiales, lo cual impacta en la importancia que le dan a dejar la menor cantidad de materiales diarios en estado retenido.

4.5 Etapa de Control

Después de implementados los planes de acción se realiza nuevamente medición por un periodo de 45 días y se obtiene el siguiente comportamiento para la Y.

Es importante aclarar que durante los primeros 15 días de este periodo fue necesario no contemplar las entregas de materiales de empaque, debido a que se generó una actualización general de fichas técnicas, por lo tanto no se lograban tener todas actualizadas para el momento de la recepción de los materiales, lo que generaba la necesidad de dejar estos materiales retenidos hasta que investigación y desarrollo realizará la actualización, esta situación no estaba incluida dentro del alcance del proyecto, sin embargo, se logró identificar una contingencia la cual se aplicará en futuras oportunidades para evitar traumatismos. Esta consiste en liberar los materiales de empaque utilizando las cartas de color que cuentan con todos los textos legales que estaban desactualizados en las fichas técnicas.

A continuación se presenta la estadística básica para el proceso de aprobación de materias primas des pues de implementadas las mejoras.

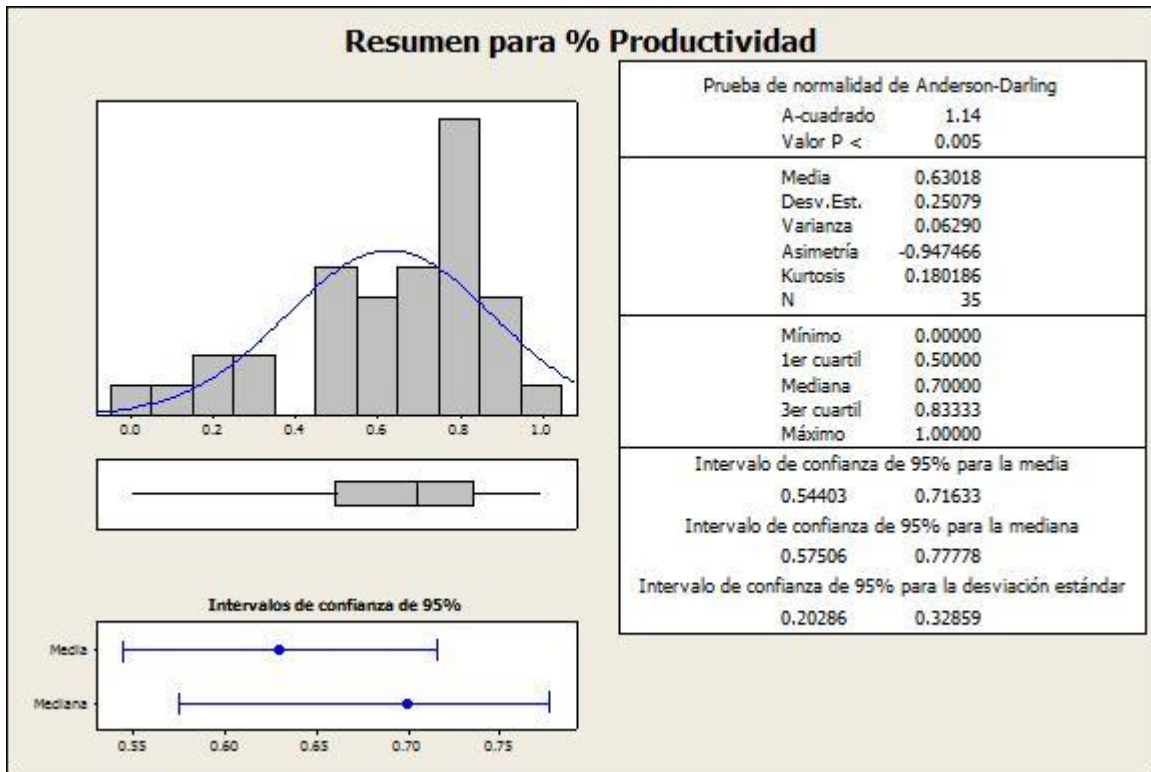
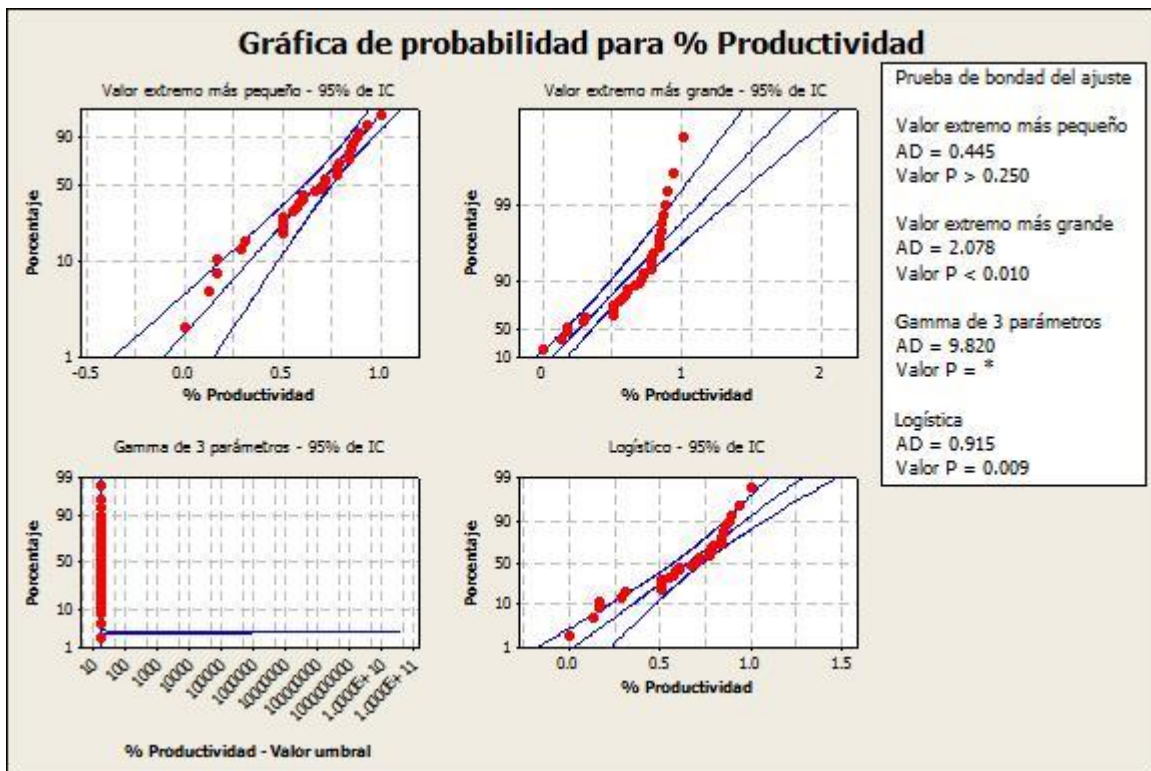
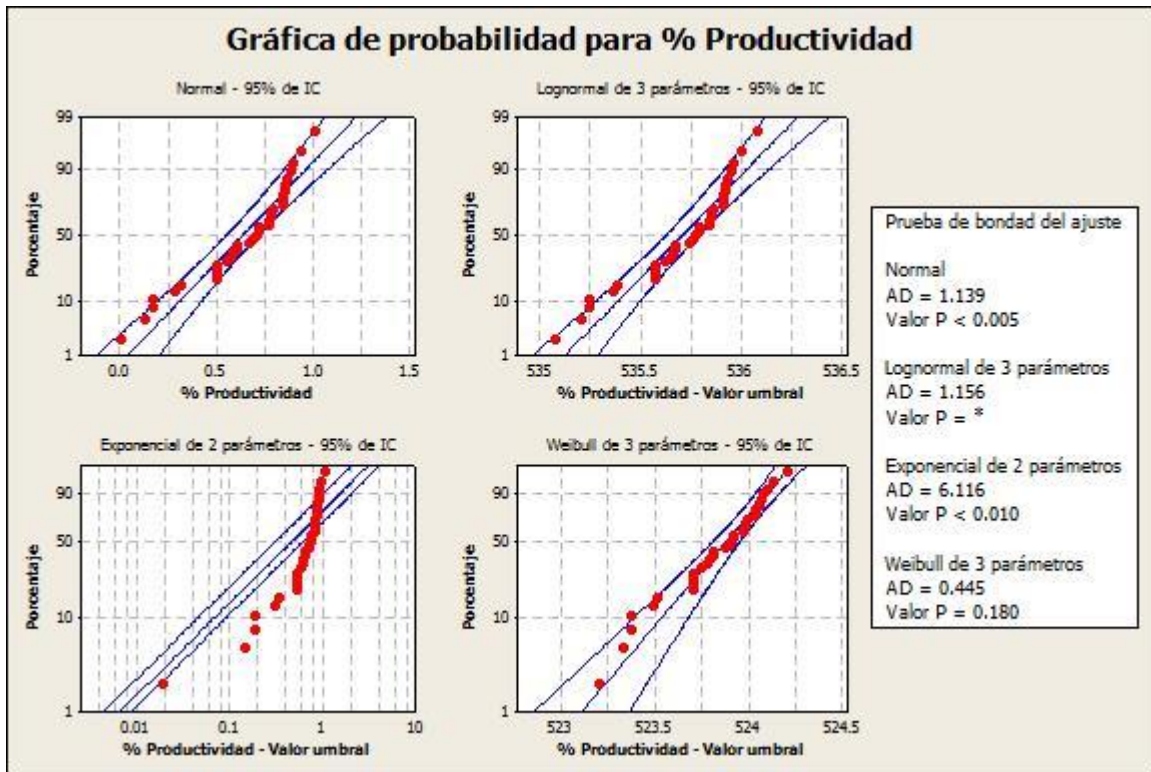


Ilustración 16. Gráfico de estadística básica para % de productividad del proceso de aprobación de materias primas.

Como continúan siendo datos no normales se debe buscar cual es la mejor distribución que ajuste los datos para calcular la capacidad del proceso, al graficar por las diferentes distribuciones, se obtiene lo siguiente:



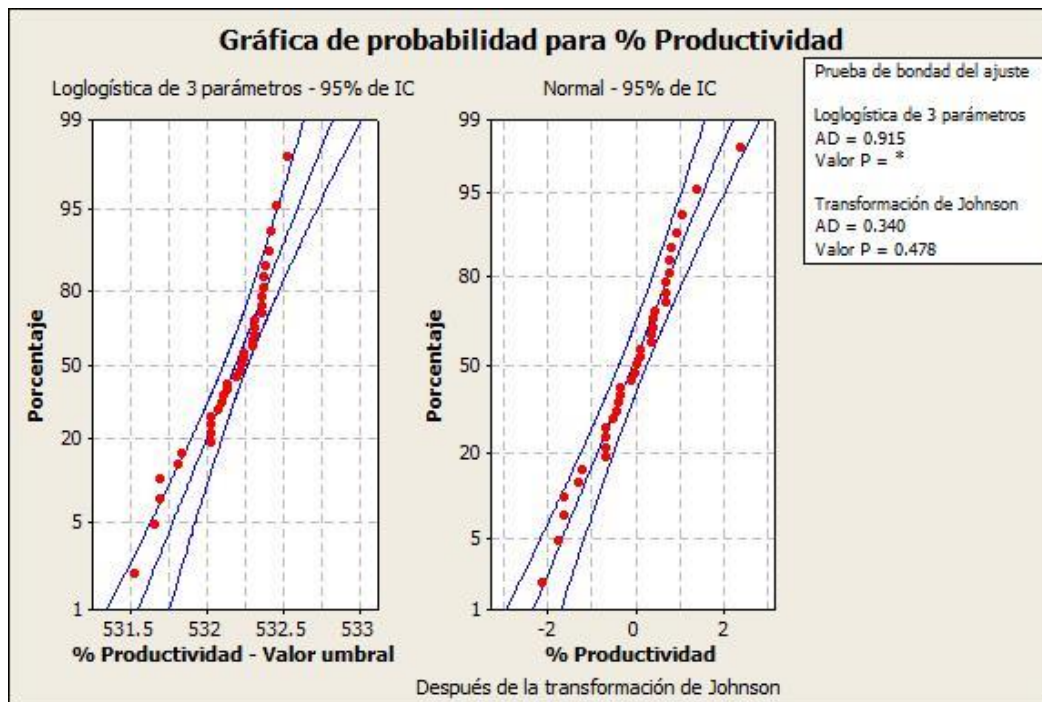


Ilustración 17. Gráfico de bondad y ajuste para datos de % de aprobación de materias primas en el proceso mejorado.

De acuerdo a estos resultados se selecciona la transformación de e Webull de 3 parámetros, que tiene valor p superior a 0,05.

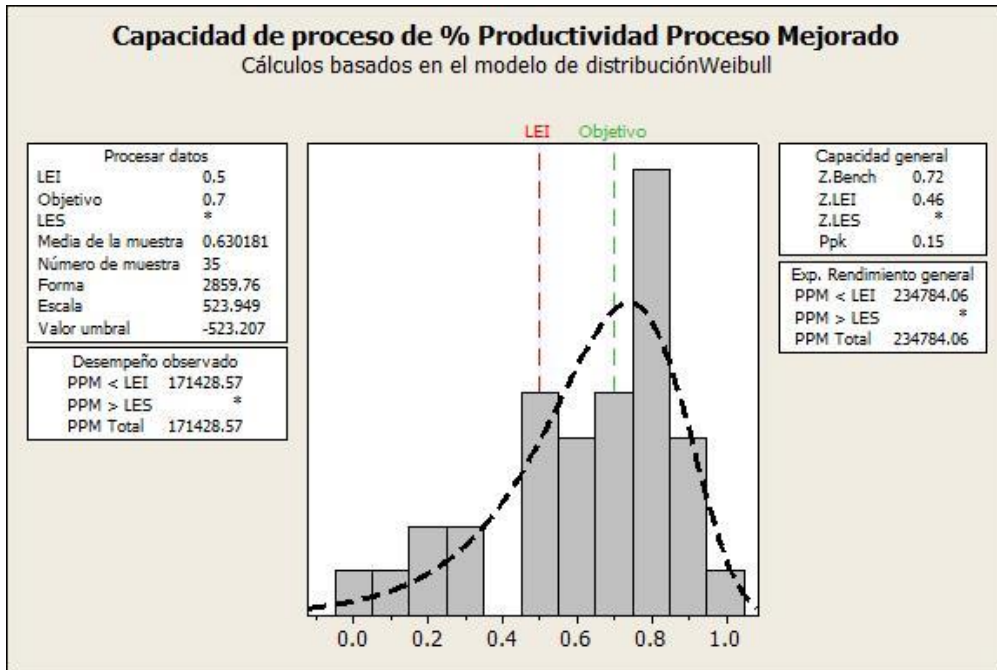


Ilustración 18. Gráfico de capacidad del % de productividad proceso de aprobación materias primas mejorado.

Tabla 8. Nivel Sigma y DPMO para proceso inicial, esperado y alcanzado con las mejoras.

	Sigma Level	DPMO
Capacidad Inicial	-0,45	671871,80
Capacidad Potencial	1,86	31746,43
Capacidad Proceso Mejorado	0,72	234784,06
Movimiento Total	1.17	437087,7

Con el fin de asegurar un mantenimiento y seguir mejorando los resultados obtenidos, se genera un plan de control, el cual indica las actividades a seguir en caso de que alguno de las acciones implementadas se salga del valor esperado.

Ver Anexo 3. Plan de Control.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES

La realización de este proyecto, permitió adquirir un conocimiento claro de cómo funciona el proceso de aprobación de materias prima en la empresa objeto del estudio, se identificaron las principales fortalezas y oportunidades del mismo.

Dentro de las fortalezas identificadas esta, que se cuenta con el recurso necesario para lograr tener un nivel diario de aprobación aceptable, las personas que realizan el proceso tienen la habilidad y conocimientos necesarios para el desarrollo del cargo.

La principal oportunidad identificada, fue que el proceso de aprobación materias primas trabajaba como una isla aparte del proceso de logística materias primas, por lo cual, no había una sincronía entre estos dos procesos para hacer que fluyeran con el suministro de materias primas a las líneas de producción. Otra oportunidad identificada fue que el personal que desarrolla el proceso de aprobación no tenía conocimiento de sus niveles de servicio con el cliente interno, no tenía un conocimiento claro del desempeño de su proceso, por lo cual no tenían nada que mejorar, con la implementación del indicador, cada día tienen una meta que alcanzar.

Se identificó que se tenían días donde se sobrecargaba el proceso con materiales y otros en los cuales llegaba muy poca cantidad de materiales, en esta parte, se vio la importancia de que logística materias primas y calidad materias primas trabajen de la mano, pues no se puede pensar cada proceso por separado, porque logística programa materiales para ser usados en proceso, pero si no está coordinado con calidad materias primas, estos materiales no van a poder ser usados, por no estar liberados, entonces se deben realizar las programaciones teniendo en cuenta la capacidad del proceso de calidad materias primas.

Al tener un conocimiento de cómo funciona todo el proceso de aprobación materias primas y unas métricas que indicaban el comportamiento de este, se definió un indicador de productividad para el proceso, lo que permitió dar mayor sensibilidad a los responsables acerca del desempeño de su labor, influenciándolos a mejorar cada día teniendo una meta que alcanzar.

Al lograr conocer los tiempos requeridos para la liberación de cada uno de los materiales, se pudo establecer un listado de materiales que por su complejidad no se deben recibir el mismo día, lo que hace que se disminuya el tiempo de espera de los proveedores, para esto también se estableció un número máximo de recepciones diarias con el fin de asegurar un cumplimiento con el 100% de las aprobaciones y que los proveedores no pasen más del tiempo necesario en la compañía.

El principal logro de este proyecto fue tener una mejora en el proceso de aprobación de materias primas, con la utilización de *Six Sigma*, metodología que asegura tener un orden sin dejar nada al azar, cada etapa está concebida con un objetivo y hasta no lograrse, no se puede pasar a la siguiente fase, lo cual permite realizar una adecuada identificación, análisis y mejora del problema, adicionalmente para asegurar que las mejoras se mantengan en el tiempo, la última etapa obliga a generar un plan de contingencia, para asegurar que las mejoras implementadas se mantengan.

Con la implementación de la estrategia derivada del proyecto, se logró mejorar el proceso de aprobación de materias primas, que pasó de tener una media de 40% de productividad a un 63% de productividad, de un nivel sigma de - 0,45 a 0,72 y un DPMO de 671871,80 a 234784,06.

El proyecto, pueden ser replicado para las demás operaciones de la compañía.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, Jorge., Obagi, Juan. (2008). Fundamentos de inferencias estadísticas. Colombia. Pontificia Universidad Javeriana.
- Ballou, Ronal. (2004). Logística. Administración de la cadena de Suministro. México: Pearson Educación.
- Bersbanch Consulting. (2009). The Roadmap to a succesfulsix Sigma project. En: <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/six-sigma-tools/the-roadmap-to-a-successful-six-sigma-project/>. Consultado, Diciembre de 2012.
- Beyfogle, Forrest. (2003). Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical Methods. Texas: John Wiley and Sons, INC.
- Brue, Greg., (2003). Seis Sigma para directivos. Madrid. McGraw Hill.
- Deming, Edwards. (1989).Calidad, productividad y competitividad la salida de la crisis. España: Ediciones Díaz de Santo, S.A.
- Desai, T., Shrivastava. (2008). R. *Six Sigma- a new direction to quality and productivity management. World congress on engineering and computer science, USA.*
- Escalante, Edgardo, Seis – Sigma Metodología y técnicas, México, Editorial Limusa, S.A.de C.V.
- Espinel, Alexander y Espinel, Rodrigo.(2009). Tecnología de la información y comunicación en gestión de almacenes. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Evans, James y Lindsay, William. (2008). Administración y control de la calidad. Mexico D.F: Cengage Learning Editores S.A.
- García, Manuel et al. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. En: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6_n1/pdf/mejora.pdf. Consultado, Diciembre de 2012.
- Gómez, Fermín., Vilar, José Francisco., Tejeros, Miguel. (s.f). 6 σ Seis Sigma, España. Fundación Confemetal.
- Gómez, R., Medina, P. Correa, A.(30 de noviembre de 2012) El seis sigma en la cadena de suministro. *Entre ciencia e Ingeniería*. 6(12), 36-42.
- Gutiérrez, Humberto., de La Vara Román. (2013). Control estadístico de la calidad y seis sigma. México. McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. De C.V.
- Henderson, Robin. (2008). Six Sigma Quality improvement with Minitab. England. John E Wiley & Sons Ltda.
- Jiménez, José y García, Salvador.(2002). Marco conceptual de la cadena de suministros. Un nuevo enfoque logístico. México: Instituto Mexicano de Transporte, secretaria de comunicaciones y transporte.
- Manivannan, Subramaniam. (2007). Introducción a Seis Sigma. En:

- http://mexico.pma.org/magazine/aug07/pdf/seis_sigma.pdf. Consultado, diciembre de 2012.
- Mantilla, O., Sanchez, J. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma estudios gerenciales. Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. 28 (124), 23-43.
- Mccarty, Tom., Daniels, Lorraine., et al. (2005). The six sigma black belt handbook. New Yor.McGraw Hill.
- Miranda, Francisco et al. (2007). Introducción a la gestión de la calidad. Madrid: Delta, Publicaciones Universitarias.
- Monczka, Robert., Trent, Robert., Handfield, Robert (2005). Purchasing and Supply Chain Management. MasonThomson.
- Morato, J. (2009), Reducción de gasto energético eléctrico usando seis sigma, *Producción más limpia*, 4 (2),90-102.
- Ocampo, Jared y Pavón, Aldo. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. Hondras: Universidad Tecnológica Centroamericana.
- Prieto, Mariano. (2010). Seis Sigma un antídoto para la crisis. Madrid: Asociación española para la calidad.
- Pyzdek, T. Una revolución en marcha, *Gestión*, (2), 3-9.
- Pulido, Humberto y de la Vara, Román, Control estadístico de la calidad y seis sigma, México, Mc Graw Hill/Interamericana editores, S. A. de C.V.
- Rajadell, M. Sánchez, J.(2010). Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad, Madrid: Ediciones Díaz de Santos
- Sagastegui, Raul. (2008). Trabajo Convencion (Six Sigma). Perú: Universidad San Martin de Porres.
- Shankar, Rama. (2009).Process improvement using six sigma a DMAIC guide. United States of America: American Society for Quality.
- Soret, Ignacio. (2006). Logística y Marketing para la distribución comercial. Madrid: ESIC Editorial.
- Taylor, Gerald, Lean six sigma service excellence: a guide to green belt certification and bottom line improvement, U.S.A., The performance management group LLC
- Tolamatl, J., Galardo, D.,Varela, A. y Flores, E. Aplicación de seis sigma en una microempresa del ramo automotriz, *Conciencia Tecnológica*, 42, 11-18.
- Varo, Jaime (1994), Gestión estratégica de la calidad en los servicios sanitarios, España, Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Walton, Mary. (2004). El método Deming en la práctica. Colombia: Editorial Norma.

Yepes,V.,Pellicer,E. (s.f). Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción, España, Universidad Politécnica de Valencia