

“TAYLOR REFORZADO: APLICACIÓN DE CONCEPTOS DE GESTION Y LAS  
HERRAMIENTAS DE ESTUDIO DE METODOS DE TRABAJO PARA MEJORAR  
LA PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DE JARABE DE LA EMPRESA  
IDM”

Mauricio Valencia

Fabián Quijano Galvis

UNIVERSIDAD ICESI

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN INGENIERIA INDUSTRIAL

CALI

2012

TESIS CASO DE ESTUDIO: “TAYLOR REFORZADO: APLICACIÓN DE  
CONCEPTOS DE GESTION Y LAS HERRAMIENTAS DE ESTUDIO DE  
METODOS DE TRABAJO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL  
DEPARTAMENTO DE JARABE DE LA EMPRESA IDM”

ESTUDIANTES: Mauricio Valencia

Fabián Quijano Galvis

TESIS DE GRADO

DIRECTOR: M. Sc. Juan Carlos Garzón

UNIVERSIDAD ICESI

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN INGENIERIA INDUSTRIAL

CALI

2012

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.3 RELEVANCIA.....	6
1.3.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	9
1.3.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	10
1.4 JUSTIFICACION ACADÉMICA.....	11
2. ENFOQUE GENERAL.....	14
2.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA A TRATAR.....	14
2.2 MARCO PARA ESTUDIO.....	17
2.2.1 REVISION DE LITERATURA.....	19
2.2.2 ANTECEDENTES DEL MODELO.....	23
2.3 MODELO.....	23
2.4 PROPOSICIONES.....	28
2.5 IMPLICACIONES.....	29
2.6 CONCEPTOS, VARIABLES E HIPÓTESIS.....	29
2.6.1 CONCEPTOS.....	29
2.6.2 VARIABLES.....	30
2.6.3 HIPÓTESIS.....	30
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1 DISEÑO Y METODO.....	31
3.2 UNIDAD DE ANALISIS.....	32
3.3 OBTENCION DE DATOS.....	35
3.3.1 CAPTACION DE LA INFORMACION PRELIMINAR.....	35
3.3.2 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	39
3.3.3 ESCOGENCIA DE LOS DOS PROBLEMAS MÁS RELEVANTES PARA LA ORGANIZACIÓN.....	40
3.3.4 INICIO DEL PROCESO DE MEJORAMIENTO DE LOS DOS PROBLEMAS OBJETO DE ESTUDIO ESCOGIDOS.....	42
3.3.5 TOMA DE DATOS DE PROCESO 1. CAMBIO DE REFERENCIA.....	44
3.3.5.1 DIAGRAMA DE CAMBIO DE REFERENCIA.....	47
3.3.5.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO CAMBIO DE REFERENCIA.....	48

3.3.5.3 SMED (Single Minute Exchange of Dies / Cambios de herramental en minutos de un solo digito).....	48
3.3.5.4 REVISIÓN DE NORMALIDAD Y DE DATOS ATIPICOS EN LOS DATOS INICIALES.....	52
3.3.5.5 REVISIÓN DE NORMALIDAD Y DE DATOS ATIPICOS EN LOS DATOS FINALES.....	67
3.3.6 TOMA DE DATOS DE PROCESO 2. CAPACIDAD DE EMPAQUE EN TAMBORES.....	78
3.3.6.1 ANALISIS DE NORMALIDAD Y DATOS ATIPICOS EMPAQUE DE TAMBORES.....	80
3.3.6.2 DIAGRAMAS DE PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES.....	83
3.3.6.3 THERBLIG'S.....	83
3.3.6.4 REVISIÓN DE NORMALIDAD Y DE DATOS ATIPICOS EN LOS DATOS FINALES.....	95
3.4 FACTIBILIDAD.....	100
4.1.1 CONCLUSION GENERAL.....	101
4.1.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	101
4.2 LIMITACIONES.....	104
4.3 FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION.....	104
5. DIVULGACION.....	105
6. PLANEACION.....	106
7. INFORMACION ADICIONAL. FOTO DE LOS ENCARGADOS DEL PROYECTO EN IDM.....	107
8. BIBLIOGRAFIA.....	108

## 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia la producción de maíz ha decaído debido a los altos costos de producción que no permiten competir con las importaciones de granos desde países que pueden producirlo a costos menores. Los consumidores masivos se ven en la necesidad de importarlo dejando de lado las materias primas locales. Desde esta perspectiva es que IDM llegó al mercado nacional, aprovechando su amplia experiencia en este tipo de productos. IDM es una Compañía Multinacional con operación en 22 países en el mundo. Su negocio es la producción y comercialización de ingredientes y materias primas derivados de la molienda de maíz y sinérgicos para la aplicación industrial y productos alimenticios. Como toda empresa con ánimo de lucro, buscar mejorar la eficiencia en todos sus procesos con el fin de incrementar su margen de utilidad, mantener la rentabilidad del negocio y lograr el crecimiento del valor económico de la empresa. No obstante, para poder conseguir estos resultados es necesario realizar una serie de actividades de mejoramiento al interior de la empresa y de sus procesos con el propósito de mejorar los resultados de la empresa, haciendo de esta una empresa mas productiva y, ojalá, mas competitiva. Aprovechando el vínculo de unos de los miembros de esta tesis de grado con IDM, y su conocimiento específico del proceso de fabricación de jarabe, se determinó que era posible la aplicación de los conocimientos adquiridos en la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi en el Mejoramiento en la productividad del departamento de Jarabe de la empresa. Para lograr dicho resultado, este caso de grado cuyo objetivo es mejorar algunos procesos productivos por medio del desarrollo de una metodología específica, pasó por:

1. La identificación de los problemas a resolver.
2. La metodología y herramientas a utilizar en ellos.
3. La aplicación del método de mejora seleccionado.
4. El Análisis de la información del departamento.
5. Las conclusiones y recomendaciones

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Rediseñar el sistema de trabajo de los procesos objeto de estudio para disminuir los desperdicios y los tiempos perdidos, optimizar los costos de producción, mejorar la calidad y por tanto mejorar la productividad de la empresa, aplicando conceptos de Lean Manufacturing y los métodos y herramientas para estudio de tiempos y movimientos aprendidas durante la Maestría en Ingeniería Industrial.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y seleccionar los procesos productivos del departamento de Jarabe que pueden ser mejorados en la empresa IDM.
2. Identificar y cuantificar las variables a mejorar en los procesos productivos seleccionados.
3. Documentar los procesos productivos seleccionados e implementar mejoras aplicando herramientas de Lean Manufacturing y métodos y herramientas para estudio de tiempos y movimientos.
4. Realizar las propuestas de mejoramiento y las recomendaciones para IDM para mejorar la productividad de acuerdo a las metas propuestas por IDM.

## 1.3 RELEVANCIA

El entorno económico es cada vez más exigente y cambiante, por lo que las empresas deben aplicar las últimas tendencias y herramientas del mundo de la producción para crear ventajas competitivas y diferenciadoras que posicionen sus empresas como líderes del mercado, altamente rentables y pioneras en la adaptación a la demanda de los clientes. La competitividad es un resultado tangible de la productividad y la eficiencia en los procesos que lleva a cabo toda empresa. La respuesta no está en que cada uno lo haga lo mejor que sepa,

primero es necesario que las personas conozcan lo que deben hacer (Deming, 1982).<sup>1</sup>

Los planes estratégicos definen las etapas de las acciones a través de las cuales la compañía tratará de lograr sus metas estratégicas. La idea es convertir en realidad por medio del plan estratégico las metas organizacionales (Daft, R.L. y Marcic, D. ,2006).<sup>2</sup> Es por esto que las áreas de producción tienen cada vez mayor importancia en los planes estratégicos de las empresas. Es fundamental lograr el mejoramiento con un enfoque de ingeniería, apoyada en la utilización intensiva de las tecnologías de información, el mejoramiento de los productos y procesos productivos de la empresa, así como la optimización de la planificación y la gestión de la producción, tal como lo desarrolla y explica este proyecto de grado.

El gran aporte de esta Tesis es que es un caso práctico aplicado y desarrollado de forma técnica bajo los conceptos de Lean Manufacturing y los métodos y herramientas para estudio de tiempos y movimientos, en donde se evidencia las mejoras que obtuvo la organización y que se puede desarrollar en cualquier empresa o proceso para mejorar los resultados de eficiencia y productividad, situación que consideramos de gran valor no solo para la empresa objeto de estudio, sino para los grupos interesados en poner en práctica proyectos como este: otras empresas, universidades, estudiosos del tema, entre otros.

No basta con aprender teorías sobre mejoramiento o gestión de procesos, es necesario poner en práctica dichas teorías y verificar su aplicación real en cualquier contexto productivo. Esta Tesis demostró que la teoría debe y puede ser objeto de aplicación para que los resultados aporten al crecimiento de la sociedad. Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación técnica de los conceptos científicos ofrece resultados, que como en esta caso, están por encima de los

---

<sup>1</sup> Deming, E. (1982), "Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis", (5ta Ed. Pp. 1 prefacio). Cambridge: Editado por Cambridge University Press.

<sup>2</sup> Daft, R.L. y Marcic, D. (2006) "Introducción a la administración", (4ta Ed., pp. 151). Nueva York: Editorial Thomson.

esperados. El desarrollo empírico y experimental de un mejoramiento no garantiza la consecución de los objetivos.

Toda la teoría utilizada se apalanca en el discurso científico, el cual implica dos tipos de habilidades (Geisler, 1994; Trimble, 1985)<sup>3</sup>, el dominio del contenido (conceptos científicos) y el proceso retórico (organización, presentación y expresión del contenido). Uno de los grandes retos de este caso de grado fue lograr que el conjunto de teorías desarrolladas durante la Maestría en Ingeniería Industrial, transmitidas en muchos casos en un contexto teórico y quizás a veces imaginario se desarrollaran en un caso real, donde quedó de manifiesto su verdadera aplicación, su verdadero aporte y se observaran todas las variables que pueden afectar la aplicación de dichas teorías. El concepto científico debe quedar respaldado con el proceso teórico (López y Toner, 2000).<sup>4</sup>

García (2001) afirma que hay que tener en cuenta que un aspecto coyuntural para el desarrollo de un caso empresarial es el resultado económico del proyecto. La investigación inicial debe arrojar datos económicos interesantes al momento de valorar la mejora a desarrollar, resultados que avalen el desarrollo del caso y que generen en el equipo de trabajo así como en los beneficiarios del proyecto una expectativa positiva respecto a los logros que se puede llegar a conseguir. Todo trabajo tendiente a disminuir el costo de producción y a eliminar actividades que no agreguen valor a una empresa deben ser tenidas en cuenta para que la empresa logre su objetivo básico financiero: el crecimiento de su valor económico como empresa (García, 2001).<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Geisler, C. (1991). Toward a sociocognitive model of literacy: Constructing mental models in a philosophical conversation. En C. Bazerman & J.Paradis (Eds.), *Textual dynamics in the professions: Historical and contemporary studies of writing in professional communities*. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 171-190

<sup>4</sup> C. López y S. Toner (2000) "De la teoría a la aplicación: recursos lingüísticos para la valoración y la contextualización del conocimiento en las disciplinas científicas". En F. Luttkhuizen (ed.) *Actes del III Congrés Internacional sobre Llengües per a Finalitats Específiques*. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona, pp. 219-223.

<sup>5</sup> García, O. (2001) *Administración financiera. Fundamentos y aplicaciones*. (3 Ed. pp. 5 -8), Cali, Editorial Mc Graw Hill.



En estos tiempos de búsqueda de oportunidades y eficiencias, la Gestión de los Procesos que plantea el proyecto es un área muy fértil para obtener un excelente rendimiento en términos de ahorros operativos. Todos estos conceptos no son nuevos, pero siguen siendo válidos y actuales, sin importar el tipo de empresa o proceso que se esté estudiando y con una vigencia que solo el desarrollo del conocimiento en épocas futuras podrá poner en duda.

Los logros y mejoras resultantes de este estudio hacen que este pueda ser tomado como ejemplo para estudios sobre mejoramiento de procesos productivos. El evidente uso de herramientas técnicas en el mejoramiento puede ser desarrollado de forma análoga en procesos similares.

### 1.3.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El contexto global, nos muestra cambios notables y determinantes para la economía de nuestro país, lo cual exige mayores niveles de productividad. Desde esta perspectiva, las empresas deben velar porque la eficiencia de los procesos productivos sea cada vez mayor. Posiblemente el mejoramiento de la eficiencia no signifique una mejora para el cliente en términos de disminución del precio, pero puede significar para la empresa un rango mayor de posibilidades en las cuales pueda seguir siendo competitivo. La Competitividad es la capacidad de una organización pública o privada, de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico (Kim y Vicente, 2009).<sup>6</sup>

Una empresa es competitiva cuando puede producir productos y servicios de calidad superior, a costos inferiores que sus competidores nacionales e internacionales, maximizando el “valor” de la empresa (Vicente y Kim, 2009).<sup>7</sup> El

---

<sup>6</sup> Kim, J.P. y Vicente, M.A. (2009, diciembre). Competitividad empresarial. Conferencia presentada para la empresa BDO en Buenos Aires, Argentina, página 1.

<sup>7</sup> Kim, J.P. y Vicente, M.A. (2009, diciembre). Competitividad empresarial. Conferencia presentada para la empresa BDO en Buenos Aires, Argentina, página 6.

sacarle el mayor provecho posible a los recursos y talentos de los que dispone la organización es uno de los pilares de esta tesis (Quijano y Valencia, 2012).<sup>8</sup>

### 1.3.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Vale la pena anotar que los mayores beneficiarios de este estudio son:

1. La empresa, debido a que ella es el primer afectado positivamente con las mejoras que desarrolle este caso de estudio.
2. Los trabajadores del departamento de jarabe, los cuales logran cumplir con los resultados esperados por la empresa con un nivel de exigencia menor al que actualmente se tiene, teniendo más tiempo para desarrollar e implementar nuevas mejoras y proyectos como este en pro de su propio bienestar y el de la compañía.
3. Los accionistas y propietarios de IDM, quienes verán cumplir el objetivo básico financiero en la medida que la empresa desarrolle estudios como este y los aplique.
4. Los clientes de la empresa, quienes recibirán un producto fabricado con mejores niveles de calidad.
5. La sociedad en general, la cual podrá seguir contando con una empresa que genera empleo directa e indirectamente y que contribuye con el crecimiento de la región al pagar cumplidamente sus impuestos.

---

<sup>8</sup> Los autores

#### 1.4 JUSTIFICACION ACADÉMICA

Los autores y las teorías en el tema de mejoramiento de procesos productivos han sido muchas. Para citar algunos autores que fueron examinados durante el desarrollo de esta Maestría en Ingeniería Industrial, tenemos a Deming, Ishikawa, Mizuno, Crosby, Abell, Sullivan y Harrington entre otros. Todos ellos muy nombrados en las universidades y centros educativos cada vez que se toca este tema. Durante el desarrollo mismo de la Maestría, el tema de mejoramiento continuo nos llevó a hablar de Lean Manufacturing, que es una filosofía que tiene por objetivo la eliminación del desperdicio, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, Kanban, Kaizen, Heijunka, Jidoka, etc.) (Quijano, 2011)<sup>9</sup>, que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del lean manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del desperdicio, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios. Este amplio panorama, no evidencia su importancia en cuanto a la cantidad de investigaciones y trabajos académicos o en empresas. Al investigar sobre este tipo de trabajos académicos, encontramos que a pesar de ser la productividad y el mejoramiento pilares del crecimiento de una sociedad, no son tema común en tesis y documentos de ese tipo. El primer paso dado para empezar a dar forma a esta tesis, fue la investigación de tesis y proyectos de grado relacionados con Lean Manufacturing y algunas de las herramientas utilizadas (JIT, Poka Yoke, SEMD, 5S y seis sigma). Utilizamos las bases de datos disponibles en la biblioteca de la Universidad ICESI y el boletín científico Sapiens Research ([www.sapiensresearch.org](http://www.sapiensresearch.org)) de 2011 delimitando la información entre los años 2006 a 2010. En la búsqueda de información nos encontramos con una ponencia de la universidad EAFIT en la novena conferencia de LACCEI 2011 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, realizada

---

<sup>9</sup> Quijano, F. (2011). La historia del Lean Manufacturing. Recuperado el 25 de Julio de 2012, de [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm)

en Medellín entre el tres y cinco de Agosto de 2011(Arrieta, 2011)<sup>10</sup>, documento que recoge información sobre el desarrollo académico de Lean Manufacturing y que fue de gran apoyo para nosotros.

La tabla 1 presenta el resultado de dicha investigación:

UNIVERSIDAD	ABREVIACIÓN	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE BOGOTÁ	P.U.J	2	1	0	0	0	3
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE	U.A.O	3	2	1	0	0	6
UNIVERSIDAD DE LA SABANA	U.S	4	0	1	0	1	6
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	U.A	0	0	0	0	2	2
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	U.I.S	0	1	4	1	1	7
UNIVERSIDAD DEL NORTE	U.D.N	0	0	0	0	1	1
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	U.de.A	2	1	3	2	1	9
ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA	E.I.A	0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD EAFIT	EAFIT	4	4	2	3	0	13
UNIVERSIDAD ICESI	ICESI	0	1	2	2	0	5
UNIVERSIDAD DEL VALLE	U.D.V	0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	U.T.P	0	0	1	0	0	1
UNIVERSIDAD NACIONAL	U.N	0	0	0	0	0	0
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	U.P.B	0	0	0	0	0	0

TABLA 1. TESIS DE LAS PRINCIPALES UNIVERSIDADES DEL PAÍS POR AÑO TEMA LEAN MANUFACTURING (ARRIETA, 2011).<sup>10</sup>

De acuerdo a la información de esta tabla, de las universidades objeto de estudio, el tema Lean Manufacturing es liderado por EAFIT y la Universidad de Antioquia. En nuestra región la UAO e ICESI están muy por encima de Univalle, universidad que según la información de Sapiens Research no ha tocado este tema en sus proyectos y tesis de grado. Vale la pena resaltar que puede haber diversos

<sup>10</sup> Arrieta, J.G. (2011, agosto). “Aplicación Lean Manufacturing en la industria Colombiana. Revisión de literatura en Tesis y proyectos de grado”, Universidad EAFIT, en Medellín, Colombia

proyectos relacionados con el tema, pero en los que no utilizan las palabras relacionadas con este tema.

Adicional a la información nacional aportada por Sapiens Research, buscamos los aportes realizados en nuestra universidad. Entre los proyectos y casos de grado encontrados en la base de datos de la Universidad ICESI encontramos, entre otros:

1. Hurtado, A.F. y Vizcaíno, F. (2007). Herramienta para el diagnóstico de condiciones necesarias para implementar Lean Manufacturing en las PYMES de la ciudad de Cali. Cali, Universidad ICESI.
2. Pérez, A. y Pardo J.D. (2009). El plan de planta: cumplirle al cliente es sobrevivir al mercado. Cali, Universidad ICESI.
3. Barón D.I. (2012). Diseño del sistema de desarrollo de producto para blusas en tejido plano en una empresa de Cali siguiendo la metodología Lean. Cali, Universidad ICESI.
4. Quintana, P. (2008). Propuesta para la implementación de un sistema de producción, basado en técnicas de lean Manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la sección de confección de colchones en una empresa productora de espuma. Cali, Universidad ICESI.
5. Benavidez, M.P. (2008). Mejoramiento de la calidad de GM Colmotores a partir del costeo de calidad y las herramientas de Lean Manufacturing. Cali, Universidad ICESI.
6. Poveda, N.V. (2009). Diseño de un modelo de mejoramiento para el proceso de alistamiento de línea y limpieza en el área de producción de la empresa laboratorios servicios farmacéuticos de calidad S.F.C. Ltda., mediante aplicación de las herramientas de lean manufacturing. Cali, Universidad ICESI.

## 2. ENFOQUE GENERAL

### 2.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA A TRATAR

El problema tratado en esta Tesis es la falta de eficiencia y productividad en dos de los procesos desarrollados por el departamento de Jarabe de la empresa IDM: La cantidad de Toneladas a empacar por día en los tambores (durante el documento hablaremos de Capacidad en empaque de tambores) y el tiempo usado en los cambios de referencia. Los datos entregados por la empresa son: Capacidad en empaque de tambores, 24 toneladas de las 25 toneladas esperadas, lo que equivale al 95,83% de la meta esperada por la empresa y en Cambios de referencia se están utilizando 6 horas de las 5,5 horas esperadas. Esto equivale a 8,33% de tiempo a reducir. Vale la pena anotar que el Jarabe 1330 utiliza alrededor del 98% de la disponibilidad de la planta de la empresa. Debido a algunas necesidades expresas de los clientes, se realizan pequeños cambios en las cantidades de materias primas, para lo cuál es necesario hacer higiene y desinfección en los equipos, proceso que denominamos cambio de referencia en este estudio y que se realiza nueve veces por mes en promedio.

La existencia y el crecimiento de esta empresa dependen de que el cliente siga siendo de la empresa, siga comprándole a ella. Para esto, la empresa debe ser productiva, eficiente y competitiva, debe mejorar los resultados de estas tres variables. La productividad y la eficiencia deben permitir a la empresa pelear por el mercado, y ser tan competitiva como las empresas que actualmente hay y como las que pueden llegar al mercado de los jarabes de Maíz. Esta tesis centró su trabajo en el mejoramiento de la productividad de los dos procesos arriba mencionados.

La industrialización del maíz es una de las actividades agroindustriales que genera mayor valor agregado, puesto que permite obtener gran número de productos que se consumen en forma directa o son insumos de otras industrias. La industrialización de maíz comprende dos procesos tecnológicamente diferentes: la

molienda húmeda y la molienda seca. Cada uno de ellos permite obtener distintos productos. Entre ellos los edulcorantes o jarabes, que son el producto objeto de esta tesis.

IDM tiene dentro de sus ventajas competitivas el hecho de que toda la producción que ella genera ya tiene quién la compre. La calidad del producto terminado, la falta de competencia local, la ubicación de sus plantas, entre otras ha hecho que la empresa crezca. Hasta ahora la competitividad y la innovación no han sido objeto de estudio, pero, el probable ingreso de competidores como resultado de situaciones como el tratado de libre comercio con Estados Unidos, hace que la empresa deba como mínimo redefinir y mejorar los procesos que desarrolla, procesos que de acuerdo a la información estadística de la misma empresa (información guardada celosamente por ella), están por debajo de los esperados al compararse con la tecnología que se tiene y muy por debajo al compararse con los datos que entregan empresas Americanas, las cuales el mismo estado subsidia (Instituto Mexicano para la productividad, 2011)<sup>11</sup>. Para el año 2005, este mismo estudio realizado por el Instituto Mexicano para la productividad muestra que Estados Unidos produjo trescientos millones de toneladas de Maíz, y su más cercano competidor fue China con ciento veintiocho mil toneladas de Maíz, mientras que en Colombia según el informe de Comfecampo (ver [http://www.grupochochlavi.org/blog/documentos/documentos\\_de\\_avance/CREA-ME%201%20INFORME%2019%20MAYO\[1\].pdf](http://www.grupochochlavi.org/blog/documentos/documentos_de_avance/CREA-ME%201%20INFORME%2019%20MAYO[1].pdf)) se produjo un millón de toneladas de Maíz. La gran producción de ese país se debe a la enorme productividad por hectárea, la cual a su vez, es producto de la excelente tecnología de producción que utilizan así como de las espléndidas condiciones para el cultivo del grano. Por ello, los rendimientos que se obtienen en el campo de ese país son extraordinariamente buenos y están creciendo, y ahora que pueden llegar sin restricciones arancelarias, la competencia puede causar

---

<sup>11</sup> Situación de la competitividad de México 2006.  
<Http://digitales.itam.mx/Diplomados/analisisyestrategia/Material/CompetitivIMCO.pdf>, pp. 525.

estragos en el mercado local y en IDM (Instituto Mexicano para la productividad, 2011).<sup>12</sup>

Ya a nivel interno, sólo al comparar la productividad de la planta de jarabe con la información suministrada por el proveedor de maquinaria y tecnología de la empresa encontramos que los resultados estaban muy por debajo del mínimo esperado. Por tal motivo, esta Tesis buscó identificar los procesos a mejorar y gestionar procesos de mejoramiento en dos de estos procesos, eliminando los desperdicios vistos desde la perspectiva del estudio de tiempos y movimientos, contemplando los conceptos de valor agregado y valor no agregado en actividades, recursos y demás aspectos dentro del proceso para así dar lugar a un mejoramiento de la productividad de la empresa, de acuerdo a los lineamientos de la alta gerencia. Estos procesos y sus respectivos procedimientos, realizados por parte del personal mismo del departamento de Jarabe, así como todas las actividades inmersas dentro del proceso productivo de la misma, deben considerarse dentro de las cuatro actividades básicas del proceso administrativo. El planeamiento, la organización, la ejecución, el control de todo el proceso productivo y el uso de los recursos del departamento de Jarabe son susceptibles de mejorar. El primer paso dado por este proyecto fue la definición de las oportunidades de mejora sobre las cuales trabajar.

La tabla siguiente ilustra dichas oportunidades:

No.	OPORTUNIDADES DE MEJORA	UNIDADES	GOAL	REAL	DIFERENCIA
1	Consumo de bisulfito de sodio	kg(matpri) / ton (profin)	7,00	9,20	2,20
2	Capacidad de empaque en tambores	Ton / Turno	25,00	24,00	1,00
3	Perdidas por capacidad	Horas	0,00	0,70	0,70
4	Procedimientos de L&D	Horas	4,00	5,10	1,10
5	Cambios de referencia	Horas	5,50	6,00	0,50

TABLA 2. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA. Fuente: Los Autores.

<sup>12</sup> 9 Situación de la competitividad de México 2006.

[Http://digitales.itam.mx/Diplomados/analisyestrategia/Material/CompetitivIMCO.pdf](http://digitales.itam.mx/Diplomados/analisyestrategia/Material/CompetitivIMCO.pdf), pp. 525.



Otro componente esperado del problema radicaba en la resistencia al cambio. Gran parte de las labores desarrolladas por el grupo operativo de la planta de jarabe son mecánicas y rutinarias y, aunque esperábamos resistencia por parte del personal operativo, por el contrario encontramos un ambiente propicio para trabajar y realizar los cambios necesarios.

## 2.2 MARCO PARA ESTUDIO

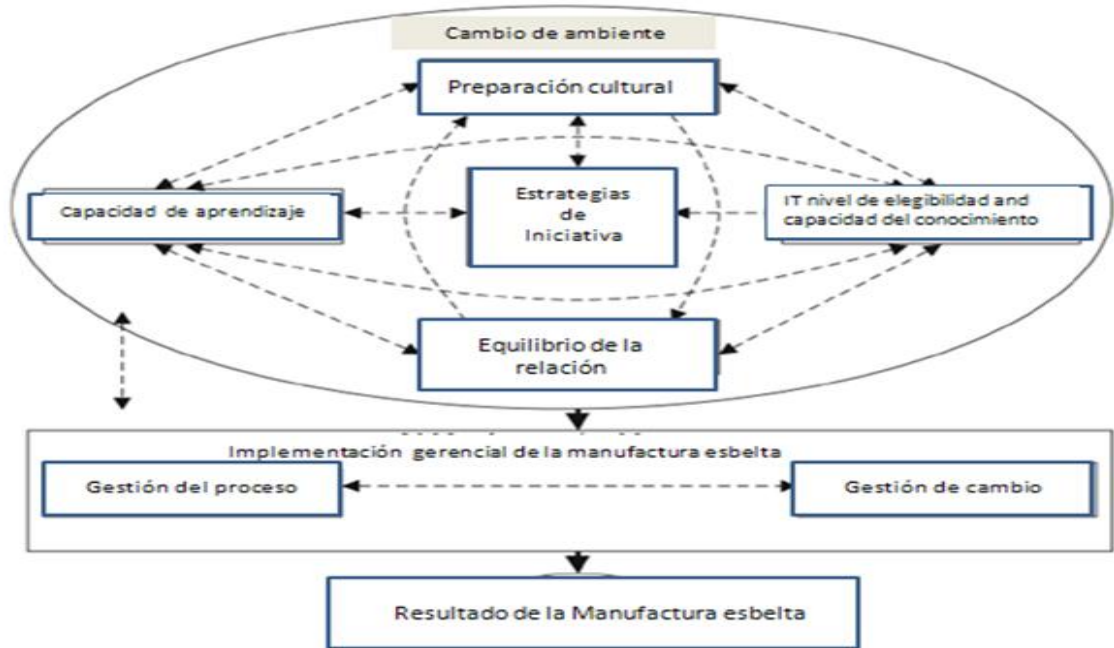
Esta Tesis está enmarcada en el contexto de la Ingeniería Industrial, ya que tratamos el tema del mejoramiento de un proceso empresarial. Dentro de ese contexto, se desarrolló por medio de la teoría del Lean Manufacturing.

Los estudios iniciales de Lean Manufacturing se originaron en Japón, (aunque este nombre fue adoptado en la década de los 90), en el sistema de producción desarrollado por Taiichi Ohno en los años 50, conocido como Toyota Production System (TPS). Womack y Jones (1990), la superioridad de este sistema de producción quedó demostrada cuando, en los años 70, durante la crisis del petróleo, la compañía Toyota se recuperó de una forma más rápida y menos dolorosa que el resto de sus competidores de la industria del automóvil.

En la década de los 80, empresas japonesas, americanas y europeas ya conocían este sistema de producción y comenzaban a aplicarlo. Pero no fue sino hasta cuando Womack y Jones (1990), documentaron el Sistema de producción Toyota en su libro "The Machine that changed the world", sistema que titularon "Lean Manufacturing".

Para apoyarnos en el desarrollo de la investigación, y por medio de la base de datos de la universidad encontramos gran cantidad de documentos científicos sobre el tema Lean Manufacturing. En todos ellos se resalta la importancia de lograr maximizar la productividad en todos los procesos. En el anexo 1 de este documento están los papers utilizados en el proceso de investigación.

El marco teórico para la implementación de la manufactura esbelta se resume en la siguiente gráfica:



GRAFICA 1. MARCO TEÓRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA. (Motwani, 2003)<sup>13</sup>

Las dos herramientas teóricas utilizadas en esta tesis fueron SMED y THERBLIG´S. En el numeral 3.3.5.3 se explica como se utilizó SMED y en el numeral 3.3.6.2 se explica como se usó los THERBLIG´S, en donde se desarrolla el objetivo específico cuatro (4) de esta tesis.

Queremos resaltar el aporte realizado por el M Sc. Juan Carlos Garzón, quién durante el desarrollo de la asignatura Diseño de Sistemas de Trabajo y Organizaciones y las asesorías a esta tesis, nos colaboró con sus conocimientos y disposición, facilitándonos una amplia bibliografía, con libros y papers científicos que fueron tomados como referencia para el desarrollo de esta Tesis.

<sup>13</sup> Motwani, J. (2003). A business process change framework for examining lean manufacturing: a case Study". Michigan: Industrial Management & Data Systems, pp. 339 - 346

## 2.2.1 REVISION DE LITERATURA.

### EL ORIGEN DE LEAN MANUFACTURING

Es necesario informar que este numeral fue tomado casi en su totalidad de la página de internet [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm)

De acuerdo a la recopilación hecha en la página de internet [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm) Lean es una palabra inglesa que se puede traducir como "sin grasa, escaso, esbelto", pero aplicada a un sistema productivo significa "ágil, flexible", es decir, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. Este término lo había utilizado por primera vez un miembro del MIT, John Krafcik, tratando de explicar que la "producción ajustada" es lean porque utiliza menos recursos en comparación con la producción en masa. Un sistema lean trata de eliminar el desperdicio y lo que no añade valor y por ello el término lean fue rápidamente aceptado. No obstante, los creadores del concepto Lean Manufacturing fueron James P. Womack y Daniel T. Jones, del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Los investigadores analizaron la evolución de los sistemas de gestión de producción, en particular, lo que sucedió durante los últimos 50 años del siglo veinte en la industria automotriz mundial. Ellos pudieron definir los principios en que se han basado las empresas automotrices exitosas, estos conceptos los difundieron para ayudar a aplicarlos en empresas manufactureras y/o de servicios de cualquier tipo, tanto de Estado Unidos como del resto del mundo, a partir de la publicación de sus libros " The Machine That Changed The World "(1990) y "Lean Thinking" (1996).

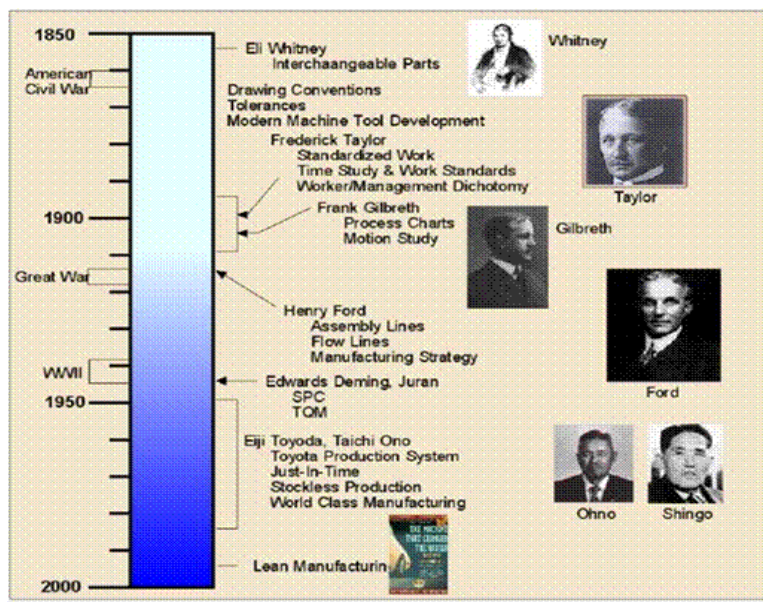
A pesar de que el concepto Lean Manufacturing es relativamente nuevo, su metodología no es especialmente nueva ya que se deriva del "Toyota Production System", el cual a su vez, tiene sus orígenes en los postulados de Eli Whitney, Henry Ford, Frederick W. Taylor y otros estudiosos. A continuación relatamos algunos aportes hechos por ellos, extractados del libro "La historia del Lean

Manufacturing”, recuperado el 25 de Julio de 2012 y tomado de la página [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm):

1. Eli Whitney es famoso por ser el inventor de la ginebra de algodón, pero sin embargo, la ginebra es un logro menor en comparación con su perfección en la fabricación de piezas intercambiables para mosquetes en 1799. Después de Whitney pasaron 100 años durante los cuales se desarrollaron sistemas de dibujos de ingeniería, modernas máquinas herramientas y procesos de gran escala como el proceso Bessemer para fabricar acero. A fines de 1890 a partir de los principios de Ingeniería Industrial desarrollados por Frederick W. Taylor se comenzaron a aplicar las ciencias exactas a la gestión de producción, pero esta metodología, no consideraba el comportamiento humano.
2. Los Gilbreth hicieron también su aporte a Lean Manufacturing: Frank Gilbreth, desarrolló los mapas de proceso, estos centran su atención en todos los elementos de trabajo, incluidos los elementos que no aportan valor, los cuales normalmente se ocultan. Lillian Gilbreth estudió como la motivación de los trabajadores y su actitud afectaba los resultados de un proceso.
3. A partir de 1910 Henry Ford y su mano derecha Charles E. Sorensen, crean la primera estrategia global de fabricación. Tomaron todos los elementos de un sistema de fabricación: las personas, las máquinas, las herramientas y los productos; dispusieron de ellos en un sistema continuo, para la fabricación del modelo T de automóviles. Ya se observa que la producción en masa es un objetivo de los procesos productivos, y el punto de partida de la producción ajustada o esbelta es la producción en masa. Es conocida la crisis del modelo de producción en masa, que encontró en el Fordismo y el Taylorismo su máxima expresión, pero dejó de ser viable, porque no solo significa la producción de objetos en grandes cantidades, sino todo un sistema de tecnologías, de mercados, economías de escala y reglas rígidas que colisionan con la idea de flexibilidad que se impone en la actualidad.

Sin duda, el logro histórico del taylorismo fue acabar con el control que el obrero ejercía sobre el cómo hacer el trabajo y los tiempos de producción. En su lugar se instaló la ley y la norma patronal, por la vía de la administración científica del trabajo. En la lógica del modelo de Taylor, la división del trabajo en cada fábrica, departamento o sección persigue su objetivo específico sin molestarse en buscar prioritariamente la optimización del conjunto de la producción, que es, sin embargo, el único enfoque inteligible por parte del cliente o del consumidor. Crecen así los lotes de producción, se acumulan los stocks y el ciclo de producción se alarga. Estos fenómenos amplificadores son la causa de que, en una fábrica Taylorista, el plazo de producción de, por ejemplo, el cuadro de una bicicleta pueda llegar a ser de semanas, mientras que la suma de las operaciones de mecanización, soldadura y pintura no llega a una hora (Osorio, 2010).<sup>14</sup>

La siguiente grafica ilustra la secuencia histórica del Lean Manufacturing:



GRAFICA 2. SECUENCIA HISTORICA DEL LEAN MANUFACTURING.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Osorio, J.C., (2010). Material de estudio Diseño de sistemas de trabajo y organizaciones. Cali, Universidad ICESI. 245 pp.

<sup>15</sup> Quijano, F. (2011). La historia del Lean Manufacturing. Recuperado el 25 de Julio de 2012, de [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm)

Actualmente existe un manifiesto interés por el conocimiento de las herramientas lean por la importancia de los estudios relacionados con la Dirección de Operaciones (Vértice, 2007), porque<sup>16</sup>:

- Reducen los inventarios y el despilfarro mediante técnicas de JIT.
- Reducen el tiempo y costo de cambiar la producción de un producto a otro.
- Reducen las necesidades de espacio y minimizan la distancia que deben recorrer las partes fabricadas.
- Eliminan todas las actividades sin valor añadido: transporte de materiales, inspecciones, inventarios y reparaciones.
- Desarrollan una relación estratégica con sus proveedores.
- Diseñan métodos de trabajo que facilitan a sus empleados la construcción permanente de partes perfectas.
- Trasladan la responsabilidad al nivel más bajo posible, reduciendo el número de clases de trabajo.

Los logros de Toyota a nivel mundial, las investigaciones y documentos acerca del TPS y la publicidad positiva que estas metodologías y filosofías de trabajo han generado una innumerable cantidad de documentos relacionados. En el anexo 1 de este documento, están algunos papers sobre el tema, los cuales fueron utilizados y referenciados en el desarrollo del presente documento. Entre los papers mas utilizados por nosotros, tenemos: A business Process change framework for examining lean manufacturing: a case study, de Jaideep Motwani; Applying LM to purchasing processes, de Adán Valle y The Toyota way in services: the case of Lean Product Development de Jeffrey Liker.

---

<sup>16</sup> Equipo Vértice. (2007). Dirección de operaciones. Málaga: Editorial Vértice. Pp. 80

## 2.2.2 ANTECEDENTES DEL MODELO

## 2.3 MODELO

### TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los tipos de investigación se dividen según su composición: Según el objeto de estudio, según la extensión del estudio, según las variables, según el nivel de medición y análisis de la información, según las técnicas de obtención de datos y según su ubicación temporal (Zorrilla, 2007).<sup>17</sup>

Al revisar las características de cada uno de los tipos de investigación, encontramos que el estudio que queríamos realizar se enmarcaba según el objeto de estudio. Este tipo de investigación a su vez se divide en Investigación básica, Investigación aplicada, Investigación Analítica e Investigación de campo. El estudio de los conceptos expresados por Zorrilla, A. en su libro “Introducción a la metodología de la investigación”<sup>14</sup> nos permitió definir nuestro estudio como Investigación Aplicada, ya que utilizamos los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad.

Esta investigación es científicamente válida al estar sustentada en información verificable (la información inicial fue entregada por la empresa –ver página 38- y los resultados obtenidos con la investigación –ver página 78-). Para ello, fue imprescindible realizar un proceso de recolección de datos en forma planificada y teniendo claros objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a recolectar. Las unidades estadísticas son variables cuantitativas, y para cada uno de los procesos escogidos fueron:

- a. CAMBIOS DE REFERENCIA: tiempo de duración de cada una de las actividades que componen el proceso de cambio de referencia.
- b. EMPAQUE DE TAMBORES: Cantidad de tambores empacados por día.

---

<sup>17</sup> Zorrilla, A. (2007). Introducción a la metodología de la investigación. (1era ed., pp. 8-12). México: Editorial Océano [reimpresión 2007].

Las fuentes de información utilizadas fueron secundarias y primarias. Para definir el estado antes del proyecto se utilizaron fuentes secundarias con observación indirecta (Datos suministrados por el sistema de información de IDM). Para el desarrollo del mejoramiento se utilizaron fuentes primarias con observación directa (el equipo de trabajo tomó los datos).

La siguiente tabla define como se planeó la recolección de la información, tanto primaria como secundaria:

FUENTE	ENFOQUE DE INVESTIGACION	METODO DE CONTACTO	PLAN DE MUESTREO	INSTRUMENTO DE INVESTIGACION
Secundaria	Observación indirecta	Personal	Estadística recopilada por la empresa	Anuario estadístico
Primaria	Observación directa	Personal	Tamaño de la muestra	Cuestionario

TABLA 3. PLANEACION DE RECOLECCION DE LA INFORMACION PRIMARIA Y SECUNDARIA.

FUENTE: LOS AUTORES

Las fuentes secundarias fueron analizadas bajo las cuatro premisas básicas: Pertinencia, no obsolescencia, fidedigna y confiabilidad. No obstante esta información es ingresada al sistema de información por los mismos trabajadores, y debido a la gran cantidad de información que ingresa, es difícil filtrarla y determinar si alguien está omitiendo o falseando información.

De acuerdo a la naturaleza el estudio está enmarcado dentro de la modalidad de un proyecto factible, debido a que está orientado a proporcionar soluciones o respuestas a problemas planteados en una determinada realidad. Su carácter es eminentemente económico y categorizado en el sector de Producción de bienes.

Esta Tesis es una investigación que estudia un fenómeno productivo dentro de su contexto real. A partir del estudio, la observación y recogida de datos, se



establecieron hipótesis o teorías que fueron aplicadas en el piso de producción de la empresa IDM. Por lo anterior hemos definido esta Tesis como un caso de estudio.

Los métodos de recolección de datos utilizados fueron varios:

1. Entrevista personal. Face to face. Muy importante al momento de identificar las actividades que no agregaban valor y las posibles mejoras.
2. Observación directa. Recolección de la información por parte del equipo. Utilizada en la toma de tiempos después de definida las opciones de mejora.
3. Experimentación. Se manipularon las condiciones de trabajo, de forma tal que se lograra tomar los datos para compararlos con los datos tomados con las fuentes secundarias.

## DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se realizó con la combinación de la investigación de campo y la investigación documental, la primera nos acercó a la realidad del proceso productivo, llevándonos al lugar mismo donde se observa el problema, para la recolección de la información necesaria para el estudio, y la segunda fortaleció el desarrollo del tema, ya que del análisis de textos y referencias obtuvimos información primordial que permitió el acercamiento al problema objeto de estudio, para profundizar en el conocimiento de la problemática, con la que se dio lugar al planteamiento de hipótesis de soluciones, las cuales se aplicaron para posteriormente analizar los resultados obtenidos y establecer conclusiones relevantes por parte del equipo del proyecto.

Esta investigación se considera una investigación de campo, ya que los datos fueron recabados con distintas técnicas e instrumentos en la propia empresa donde se desarrolló la investigación. Las técnicas y herramientas utilizadas son detalladas en el numeral tres (3) de este documento.

## NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Se considera la investigación de carácter descriptivo ya que los datos obtenidos en las distintas situaciones planteadas en la investigación, son descritos e interpretados según la realidad planteada en la organización.

Para desarrollar esta Tesis, utilizamos el modelo que a continuación ilustramos:

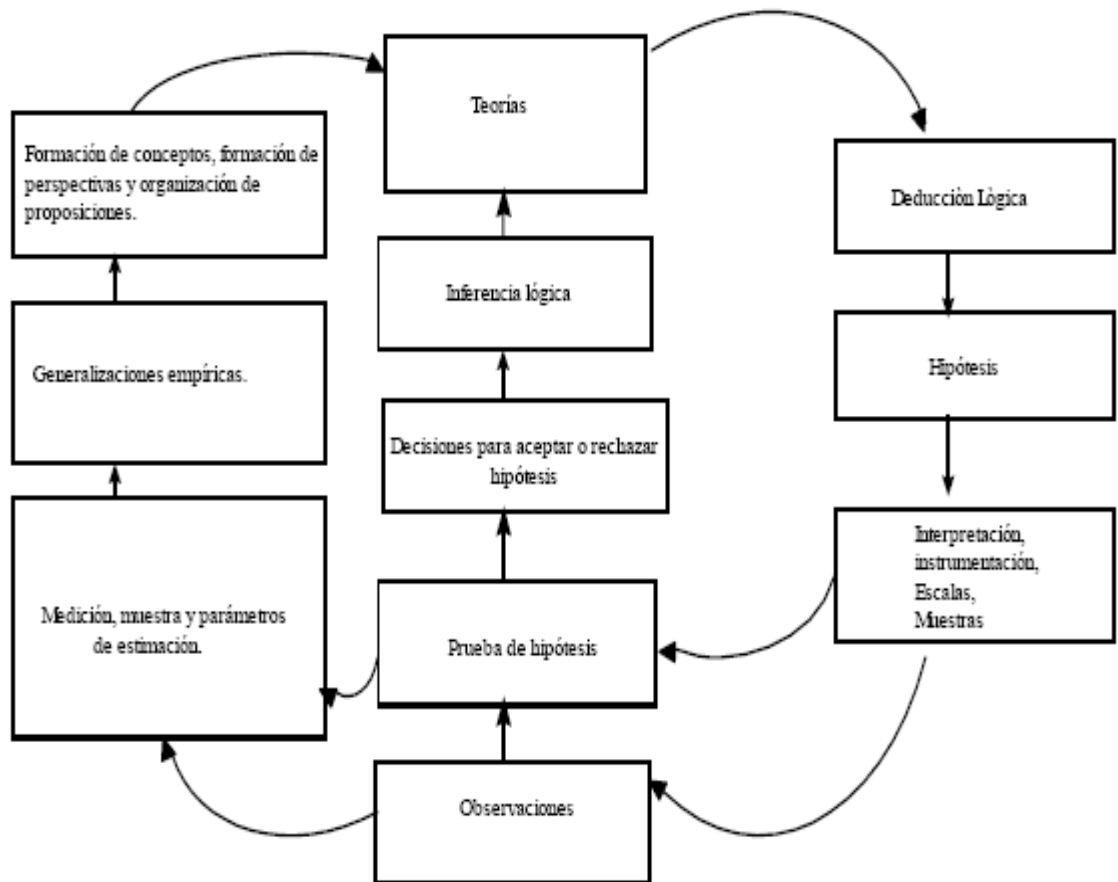


DIAGRAMA 1. MODELO UTILIZADO EN LA TESIS. MODELO DE WALLACE (Baker, 1997)..<sup>18</sup>

El flujo de proceso que se obtuvo con este modelo fue el siguiente:

<sup>18</sup> Baker, T.L. (1997) Doing Social Research. (2da Ed., pp. 54). USA, Editorial McGraw Hill.

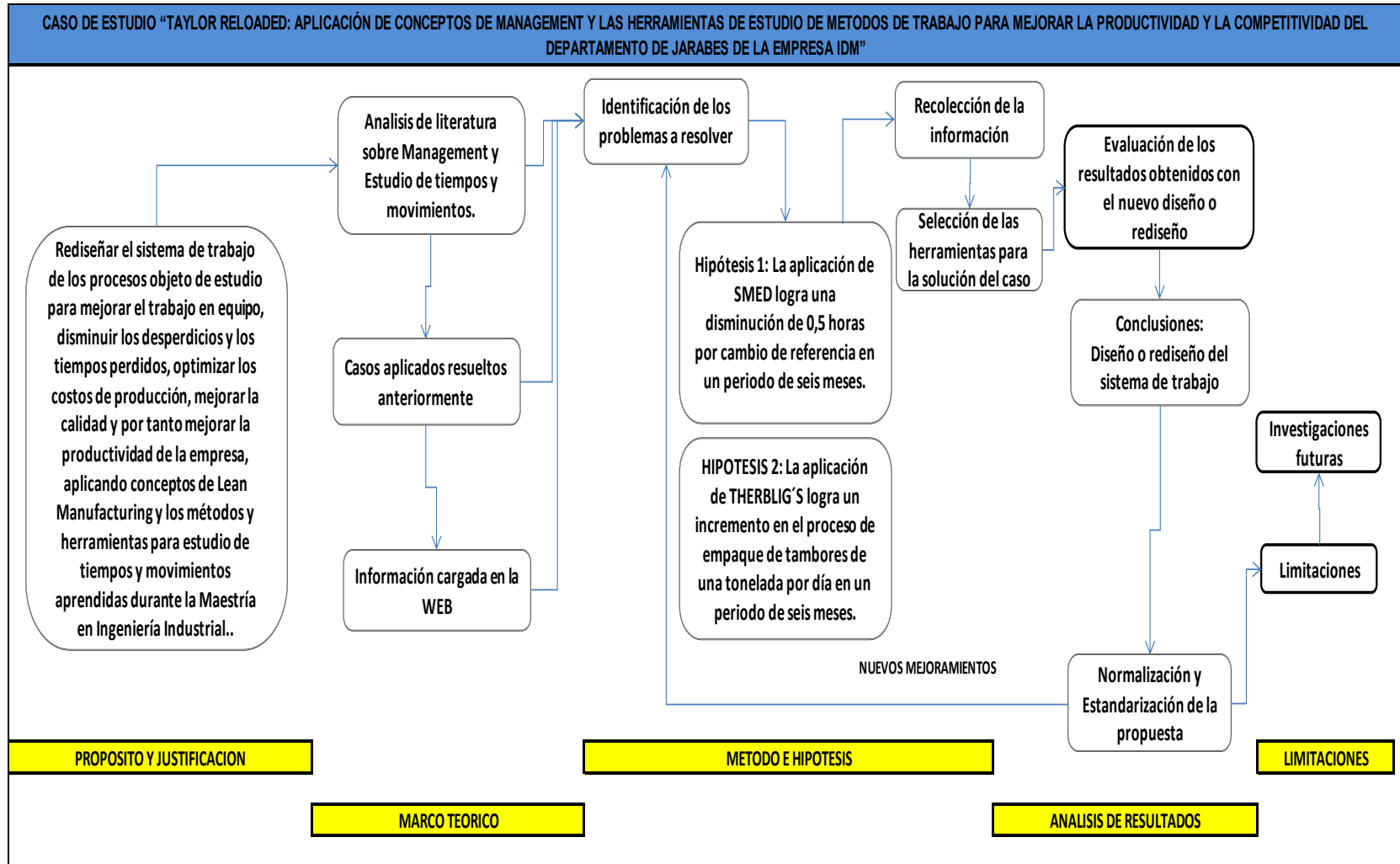


DIAGRAMA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO TESIS IDM. FUENTE: LOS AUTORES.

## 2.4 PROPOSICIONES

Algunos puntos claves y coincidentes en Lean Manufacturing son la disminución de los desperdicios y la observación en el proceso de mejoramiento de la productividad (Vértice, 2007)<sup>19</sup>. La disminución de los desperdicios y la observación en el proceso de mejoramiento de la productividad son dos pilares en los que se basa este trabajo. Adicional a esto, el equipo de trabajo considera que el involucramiento del personal en el mejoramiento de los procesos y la observación detallada de ellos son fundamentales en el logro de los objetivos planteados.

Se han identificado 7 tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura, los cuales son: Sobreproducción, Espera, Transporte innecesario, Procesamiento incorrecto, Inventarios, Movimiento innecesario, y Defectos o reprocesos (Cuatrecasas, 2010)<sup>20</sup>. El objetivo principal es minimizar el desperdicio. MUDA (palabra japonesa cuyo significado es desperdicio), es todo aquello que no agrega valor y por lo que el cliente no está dispuesto a pagar (Villaseñor, 2007)<sup>21</sup>. La eliminación de estos desperdicios significa para IDM la consecución de mayores unidades producidas con la misma o menor cantidad de materias primas, insumos o suministros.

De acuerdo a la información hasta aquí suministrada, las propuestas fundamentales de este documento son:

1. El incremento de la productividad se puede lograr a partir del involucramiento del personal en el mejoramiento de los procesos.
2. La identificación de oportunidades para el incremento de la productividad se puede lograr a partir de la observación detallada de los procesos.

---

<sup>19</sup> Equipo Vértice. (2007). Dirección de operaciones. Málaga: Editorial Vértice. Pp. 14

<sup>20</sup> Cuatrecasas, L. (2010). Lean Management: La gestión competitiva por excelencia. (3ra. Ed., pp. 109). Barcelona: Bresca Editorial.

<sup>21</sup> Villaseñor, A. (2007). Manual de Lean Manufacturing (1era Ed., pp. 20). México: Editorial Limusa.

3. El incremento de la productividad se puede lograr a partir de la disminución de los desperdicios de los procesos estudiados.

## 2.5 IMPLICACIONES

Las implicaciones más importantes de esta Tesis son de carácter económico y laboral. Económico porque al mejorar la productividad de los procesos, el empresario recibe una mayor utilidad. Al estar posicionados los productos, la utilidad de la empresa se transforma en rentabilidad y en el crecimiento de su valor como empresa. Para la parte Laboral, la eliminación de actividades que no agregan valor significa para el trabajador una mejor utilización de su tiempo de trabajo y una redistribución de su carga laboral. Hasta el momento de entrega de los resultados a IDM, no se estableció un premio o mejora para los trabajadores que participaron en este proyecto.

## 2.6 CONCEPTOS, VARIABLES E HIPÓTESIS

### 2.6.1 CONCEPTOS

MUDA: Se define como cualquier gasto que no ayuda a producir valor. Hay ocho clases de MUDA: sobreproducción, desperdicio, transporte, procesamiento, inventario, movimiento, repeticiones, y utilización deficiente del personal (Meyers y Stephens, 2002).<sup>22</sup>

LEAN MANUFACTURING: Es un sistema que ayuda a reducir los costos mientras mejora el desempeño y la calidad de los productos generados. Lean

---

<sup>22</sup> Meyers, F.E. y Stephens, M.P. (2002). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. (3ra Ed., pp. 4). USA, Editorial McGraw Hill.

manufacturing is a system that helps to reduce costs while improving performance and output quality (Dudbridge, 2011)<sup>23</sup>.

EFICIENCIA: Se considera que una organización es eficiente cuando cumple los objetivos esperados utilizando el menor número de recursos (Diez, 2007).<sup>24</sup>

PRODUCTIVIDAD: Es el cociente resultante entre la producción obtenida y el coste que hayan producido los factores que en ella han invertido (Alfaro y Alfaro, 1999).<sup>25</sup>

COMPETITIVIDAD: Es la integración de la competencia como referencia necesaria para medir la propia eficiencia. Una empresa solamente sabrá si es competitiva si analiza cual es la posición del competidor y a partir de esa referencia evalúa sus propias prestaciones (Del Val y García).<sup>26</sup>

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS: Aplicación de los principios de la economía de movimientos utilizados para diseñar estaciones de trabajo cómodas para el cuerpo humano y eficiente en su operación (Meyers, 1993).<sup>27</sup>

## 2.6.2 VARIABLES

La productividad de cada proceso y la eficiencia de ellos son las dos variables que se trabajaron en esta tesis de grado.

## 2.6.3 HIPÓTESIS

La hipótesis que maneja el equipo de trabajo es:

---

<sup>23</sup> Dudbridge, M. (2011). Handbook of Lean Manufacturing in the food industry. (1ra. Ed., pp.125) USA, Editorial Wiley-Blackwell.

<sup>24</sup> Diez, F.A. (2007). Análisis de eficiencia de los departamentos universitarios. (1ra. Ed., pp.1) Madrid, Editorial Dikynson.

<sup>25</sup> Alfaro, F. y Alfaro, M. (1999). Diagnósticos de productividad por multimomentos. (1ra. Ed., pp.25) Barcelona, Editorial Marcombo.

<sup>26</sup> Del Val, M. y García, S. (1993). Cultura corporativa y competitividad de la empresa española. (1ra. Ed., pp.3) Barcelona, Editorial Díaz de Santos.

<sup>27</sup> Meyers, F.E. (1993). Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. (2da. Ed., pp.3) USA, Editorial Pearson.

HIPOTESIS 1: La aplicación de SMED logra una disminución en el cambio de referencia en un periodo de seis meses.

HIPOTESIS 2: La aplicación de THERBLIG´S logra un incremento en el proceso de empaque de tambores por día en un periodo de seis meses.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 DISEÑO Y METODO

La empresa IDM está enmarcada en un modelo de competencia en el que su permanencia, desarrollo y crecimiento como empresa dependen de la productividad de sus procesos, la cual se refleja en la competitividad de la empresa en el mercado. Aunque la empresa no nos entregó información respecto al tema competitividad, el proceso de crecimiento sostenido de IDM muestra que aunque en términos de productividad hay opciones de mejora, en términos de competitividad el mantenimiento y crecimiento de las ventas muestra que empresa está a la vanguardia.

De acuerdo con el objetivo general y los objetivos específicos de este caso de estudio, el proyecto consiste en:

- a) Identificar y seleccionar los procesos productivos a trabajar.
- b) Iniciar el proceso de documentación de los procesos escogidos.
- c) Investigar las causas que generan que la productividad del departamento de jarabe es inferior a la esperada para los procesos objeto de estudio.
- d) Establecer que herramientas de estudio (movimientos – tiempo) serán usadas para solución de los dos problemas escogidos.
- e) De acuerdo a las hipótesis planteadas, analizar que información debe ser recolectada para obtener las mejoras esperadas.

- f) Desarrollar las propuestas operativas para la solución de los problemas, requerimientos o necesidades que el departamento de jarabe de la empresa IDM, respecto a la productividad de los procesos productivos objeto de estudio.
- g) Analizar las limitaciones encontradas y sugerir que tipo de investigaciones futuras se pueden desarrollar.

### 3.2 UNIDAD DE ANALISIS

#### EL PROCESO DEL DEPARTAMENTO DE JARABE IDM

El sitio donde se lleva a cabo el desarrollo de la tesis de grado es el departamento de Jarabe de la empresa IDM, en un trabajo conjunto entre los desarrolladores del caso (Ingenieros Mauricio Valencia y Fabián Quijano) y cuatro personas pertenecientes al departamento (Albeiro Mostacilla, Carlos Alberto Delgado, Henry Rojas y Walter Dávila) con la tutoría del M Sc. Juan Carlos Garzón. El desarrollo del caso de estudio inició la primera semana del mes de Octubre del año 2010 y terminó la última semana del mes de Diciembre del año 2011.

El Departamento de Jarabe cuenta con Plantas Industriales diseñadas para la fabricación de jarabes de maíz a partir del almidón de maíz obtenido del proceso de molienda húmeda. (La gráfica 7 numeral 3.3.5.2 muestra el diagrama del proceso de cambio de referencia)

Los jarabes de maíz se fabrican mediante la conversión de almidón en carbohidratos solubles a través de una vía acida o enzimática, se debe lograr un punto de gelatinización mediante la adición de calor para hinchar y romper los gránulos de almidón en cadenas cortas llamadas dextrinas solubles, este compuesto soluble es lo que llamamos un jarabe de maíz, el cual debe recibir todo un proceso de refinación para convertirse en un producto final.



La refinación de los jarabes de maíz se realiza a través de procesos unitarios de clarificación por filtración, decoloración por adsorción o absorción y evaporación. Todos estos procesos están acompañados de suministros y de materias primas para lograr un proceso estable y controlado de refinación. Adicionalmente se debe contar con personal entrenado y calificado en la operación de los equipos instalados en planta para la manufactura de este producto.

Los jarabes industriales son una gran familia con múltiples especificaciones para variadas aplicaciones y en diferentes presentaciones, se puede distribuir a granel para grandes consumidores o en tambores por presentaciones de 300 kilogramos, 290 kilogramos, 90 kilogramos y 50 kilogramos para medianos o pequeños consumidores.

El proceso descrito genera múltiples oportunidades de mejora en las actividades del día a día, los procesos industriales siempre están disponibles a la mejora y a la oportunidad de lograr ahorros económicos durante la manufactura.

La gran variedad de actividades, la complejidad de algunos de las operaciones unitarias, el descontrol o falta de estandarización en la operación brindan diariamente oportunidades de mejora, podemos tener ahorros energéticos como son los consumos de energía eléctrica usada para la totalidad de motores de la planta y el vapor de agua generado en las calderas y usado en los procesos de conversión del almidón y la evaporación final del jarabe. Algunos consumos de materias primas por encima del estándar como pueden ser el ácido clorhídrico utilizado en la conversión, el bisulfito de sodio utilizado en el ajuste de sulfitos del producto final, los auxiliares de filtración utilizados en el proceso de clarificación y sucesivamente la totalidad de materias primas.

La habilidad, las competencias del personal operativo y su destreza para programar y ejecutar las actividades también generan una gran oportunidad de tener ahorros. El solo hecho de garantizar la capacidad de planta, de realizar cambios de referencia con el mínimo traumatismo y en el menor tiempo

cumpliendo con todos los procedimientos de buenas prácticas de manufactura que requiere un proceso que produce productos de consumo humano.

También al final del proceso, durante el proceso de cargue de producto a granel o el empaque en diferentes presentaciones encontramos oportunidades de hacer las cosas diferente y generar ahorros, siempre tenemos la oportunidad de mejorar nuestros procesos.

## DELIMITACIÓN Y ALCANCE

El tiempo que se dedicó al proyecto fue de un año. Básicamente fue un trabajo que involucró la participación directa de los integrantes del equipo de trabajo con trabajadores y procesos y actividades de producción de la empresa. Además de las investigaciones y análisis teóricos, se hizo un reconocimiento del departamento de Jarabe, con el fin de lograr un mejor resultado a partir del conocimiento real de la situación del piso de producción.

El estudio inició en el desarrollo de la materia Diseño de Sistemas de trabajo y Organizaciones, en donde por espacio de cuatro meses se inició el estudio de la problemática productiva del departamento de Jarabe de IDM. Posteriormente se dedicó durante tres meses a la planeación y elaboración de informes necesarios para estructurar el anteproyecto y marco lógico, para así proyectar el desarrollo final del proyecto en los cinco meses siguientes.

La siguiente tabla ilustra los resultados esperados y las actividades planeadas necesarias para conseguir dichos resultados.

RESULTADOS	ACTIVIDADES	
R1	A 1.1	Identificar los problemas en el piso de producción (GEMBA / GENBUTSU).
	A 1.2	Identificar cinco problemas de acuerdo con los siete desperdicios ( WASTE MUDA)
	A 1.3	Definición de las herramientas para estudio de tiempos y movimientos a utilizar en el desarrollo y solución del caso de estudio.
R2	A2.1	Investigación de los indicadores de resultados, las metas de la empresa y el costo de oportunidad que se busca obtener.
	A2.2	Evaluación del costo de oportunidad cuantitativa para las cinco problemas identificados.
	A2.3	Evaluación cualitativa de los cinco problemas identificados y selección de los dos problemas a mejorar.
R3	A3.1	Uso de la herramienta CHECK LIST para definir cada uno de los problemas escogidos.
	A3.2	Planteamiento de la Hipótesis de estimación del nivel de mejoramiento.
	A3.3	Proyección de la mejora a obtener de acuerdo a los datos tomados y a la Hipótesis planteada.
R4	A4.1	Construcción del Blueprint, informando sobre las herramientas de estudio de tiempos y movimientos.
R5	A5.1	Realización de los experimentos a partir del análisis de la información y de acuerdo al diseño o rediseño indicado por el equipo de trabajo.
	A5.2	Evaluación de los resultados obtenidos. Verificación de la mejora.
	A5.3	Normalización y estandarización de la mejora construida a partir del desarrollo del proyecto.
R6	A6.1	Entrega final del Caso de Grado

TABLA 4. ACTIVIDADES Y RESULTADOS DEL PROYECTO. FUENTE: LOS AUTORES

### 3.3 OBTENCION DE DATOS

Para resolver los problemas planteados en este estudio, se estructuró el proceso de obtención de datos de la siguiente manera:

#### 3.3.1 CAPTACION DE LA INFORMACION PRELIMINAR

Aquí se desarrolla el objetivo específico número uno (1) del proyecto. Se realizó por medio de una lluvia de ideas No estructurada. La escogencia de los procesos se realizó por medio de la herramienta Multivotación.

De acuerdo a la información arriba descrita, nos vimos en la necesidad de reunir varios equipos interdisciplinarios para generar un número amplio de ideas que nos ilustraran las posibles actividades o procesos a ser mejorados. Esta lluvia de ideas no estructurada permitió también involucrar a diferentes grupos de trabajo en el proceso de mejoramiento que esta Tesis desarrolló.

Para cumplir con este propósito, se organizó una sesión con equipos de producción, calidad, mantenimiento y logística de distribución. Este proceso

interactivo permitió no solo generar ideas y establecer puntos concordantes respecto a los problemas de la empresa, sino también involucrar a los diferentes equipos en procesos que aunque en algunas ocasiones no afecten directamente la gestión de cada departamento, afectan los resultados de la compañía.

El facilitador de esta sesión fue el Ingeniero Mauricio Valencia y el tiempo de desarrollo fue treinta (30) minutos. Se realizó una lluvia de ideas No Estructurada. Las ideas resultantes fueron votadas por el personal participante, se utilizó la Herramienta Multivotación. Algunas ideas presentadas por el grupo fueron debatidas y mejoradas para lograr definir de una mejor manera los problemas que los participantes intentaban describir. Una ventaja que tuvimos en el desarrollo de esta sesión fue que la empresa retroalimenta mensualmente a los trabajadores sobre los diferentes problemas de cada departamento, facilitando a los participantes información necesaria para el desarrollo efectivo de la sesión.

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos:

<b>PROBLEMA DEFINIDO POR LOS PARTICIPANTES</b>	<b>1er voto</b>	<b>2do voto</b>
CONSUMO EXCESIVO DE BISULFITO	7	6
AUSENCIA DE PERSONAL	3	1
FALTA DE ELEMENTOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	8	3
FALTA DE HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO	2	ELIMINADA
FALTA DE CAPACIDAD DE EMPAQUE EN LOS TAMBORES	5	10
PERDIDAS POR CAPACIDAD	4	9
INEFICIENCIA EN LOS PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCION	9	11
INEFICIENCIA EN LOS CAMBIOS DE REFERENCIA	8	9
FALLAS EN LOS EQUIPOS DE CONVERSION	3	1
ESCASEZ DE MATERIAS PRIMAS	1	ELIMINADA
	50	50

<b>ELIMINADAS</b>	<b>ESCOGIDAS</b>
-------------------	------------------

TABLA 5. RESULTADOS USO MULTIVOTACION.

FUENTE: LOS AUTORES

Los procesos escogidos fueron:

#### 1. CONSUMO DE BISULFITO

Proceso de adición de bisulfito de Sodio al producto para garantizar la especificación de partes por millón de sulfitos en el producto final. Para este material como para otros se tiene un estándar de consumo en kilogramos de materia prima respecto a las toneladas de producto final fabricado el cual se incrementa por malas prácticas de operación.

#### 2. FALTA DE CAPACIDAD DE EMPAQUE TAMBORES

Se cuenta con una estación de empaque de producto en tambores con el objetivo de atender distribuidoras que a su vez entregan producto a los pequeños consumidores, la estación cuenta una estructura definida para empacar determinada cantidad de producto por cada turno de trabajo, cantidad que no se está cumpliendo por ciertas anomalías y falta de facilidades.

#### 3. PERDIDAS POR CAPACIDAD

La planta cuenta con equipos diseñados para garantizar una producción diaria determinada de acuerdo a la referencia de producto que se esté fabricando, las revisiones de eficiencia de planta identificaron una pérdida de capacidad fuera de normal, no había fallas de equipos, no había fallas de operación y no se identificó ninguna situación anormal, había una falla que estaba generando ineficiencias y no permitía correr a su máxima capacidad los equipo.

#### 4. INEFICIENCIA PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCION

Los procesos de fabricación de jarabe incluyen rutinas de lavado y desinfección de equipos, tuberías y tanques con el objetivo de garantizar la inocuidad de los productos, cumpliendo con las especificaciones microbiológicas de nuestros clientes. Estas actividades generan la necesidad de programar paradas de planta con el objetivo de garantizar la mejor rutina de lavado. Algunas ineficiencias y falta

de ayudas han generado un incremento en los tiempos de parada afectando la capacidad de respuesta de la planta.

## 5. INEFICIENCIA EN LOS CAMBIOS DE REFERENCIA

Es el proceso mediante el cual la planta de jarabe realiza de manera programada las actividades necesarias para garantizar el cambio de producto, fabricación de un jarabe con especificaciones diferentes sin generar producto no conforme. El conocimiento del proceso y la estandarización de actividades permitieron definir un tiempo adecuado para cada cambio de referencia, con el paso del tiempo, con la iniciativa de algunas personas de la operación se logró determinar que los tiempos no se estaban cumpliendo y que se tenía la gran oportunidad de disminuirlos.

Habiendo determinado los procesos y actividades susceptibles de mejora, se procedió a definir cuáles eran las siete pérdidas implícitas en dichas oportunidades de mejora.

En la tabla siguiente se ilustran las oportunidades de mejora (GEMBA / GENBUTSU) y su relación con las siete pérdidas a partir del análisis que se hizo con los equipos multidisciplinarios.

No.	OPORTUNIDADES DE MEJORA	SIETE PERDIDAS
1	Consumo de bisulfito de sodio	Inventario
2	Capacidad de empaque en tambores	Espera / Transporte
3	Perdidas por capacidad	Movimiento / Procesamiento
4	Procedimientos de L&D	Espera / Transporte
5	Cambios de referencia	Movimiento / Procesamiento / Espera

TABLA 6. OPORTUNIDADES DE MEJORA (GEMBA/GENBUTSU) Y SU RELACIÓN CON LAS SIETE PÉRDIDAS. FUENTE: LOS AUTORES

La identificación de las siete pérdidas y su desarrollo con los equipos de trabajo persigue dos fines esenciales: la identificación de las pérdidas para su eliminación o disminución y la capacitación del equipo de trabajo. Vale la pena mencionar que este trabajo ha sido desarrollado con personal operativo de los diferentes departamentos arriba mencionados.

### 3.3.2 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.

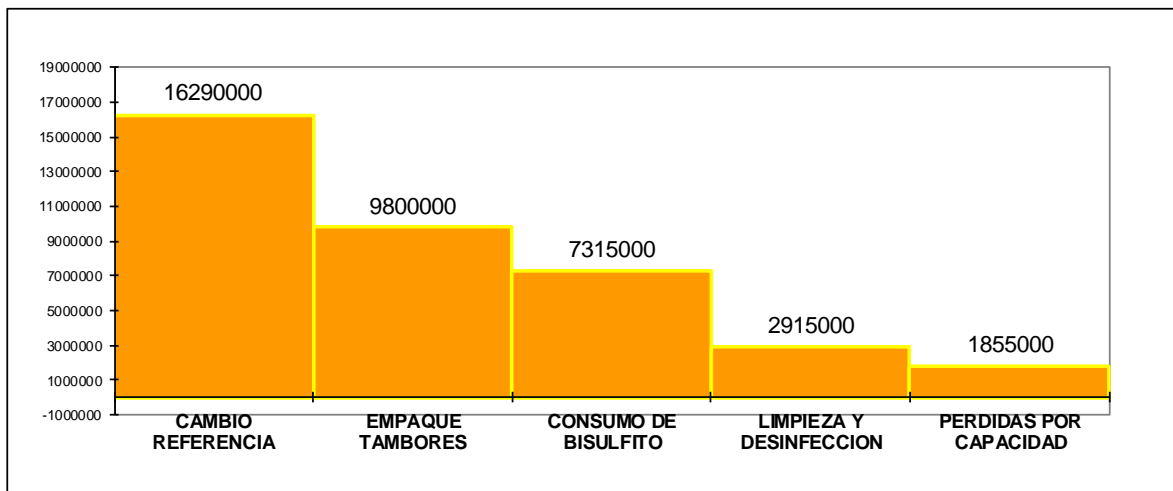
Se investigó el valor perdido por la empresa en cada uno de los datos preliminares (se tomaron datos entregados por la empresa) y los beneficios que la empresa podía llegar a tener con las mejoras a implementar. La tabla siete (7) de la página siguiente ilustra el costo beneficio a obtener.

Teniendo correctamente identificadas las oportunidades de mejora, procedimos a realizar el análisis costo beneficio para determinar el impacto financiero de cada una de ellas. Para determinar con exactitud este impacto, se utilizó el estándar o meta de la empresa (ver Tabla 7, columna GOAL) y se comparó con los resultados de la empresa (resultados cargados en el sistema de información). Se determinó que la diferencia entre la meta y el resultado es el resultado inicial de mejora para cada uno de los procesos definidos. Consideramos que un segundo proyecto puede ser el mejoramiento de la meta misma, replicando este mismo proyecto y añadiendo nuevas herramientas y procesos de mejoramiento.

No.	OPORTUNIDADES DE MEJORA	UNIDADES	GOAL	REAL	DIFERENCIA	COSTO POR UDD DE MEDIDA	TON / MES	OPORTUNIDAD (\$)
1	Consumo de bisulfito de sodio	kg(matpri) / ton (profin)	7,00	9,20	2,20	950	3500	7.315.000
2	Capacidad de empaque en tambores	Ton / Tumo	25,00	24,00	1,00	490.000	NA	9.800.000
3	Pérdidas por capacidad	Horas	0,00	0,70	0,70	2.650.000	NA	1.855.000
4	Procedimientos de L&D	Horas	4,00	5,10	1,10	2.650.000	NA	2.915.000
5	Cambios de referencia	Horas	5,50	6,00	0,50	3.620.000	NA	16.290.000

TABLA 7. ANALISIS COSTO BENEFICIO PARA LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA IDENTIFICADAS. FUENTE: LOS AUTORES

Para facilitar la comprensión de la información entregada en la tabla 6, se realizó la gráfica de costo de oportunidad de cada mejora identificada:



No.	DESCRIPCIÓN	COSTO OPORTUNIDAD
1	Consumo de bisulfito de sodio	7315000
2	Capacidad de empaque en tambores	9800000
3	Perdidas por capacidad	1855000
4	Procedimientos de L&D	2915000
5	Cambios referencia	16290000

GRAFICA 3. COSTO DE OPORTUNIDAD CUANTITATIVA PARA LAS DIFERENTES IDEAS DE MEJORAMIENTO.

FUENTE: LOS AUTORES

### 3.3.3 ESCOGENCIA DE LOS DOS PROBLEMAS MÁS RELEVANTES PARA LA ORGANIZACIÓN.

Para escoger los dos problemas mas relevantes se escogió la herramienta de mejoramiento de problemas llamada Cuadrícula de Selección. La cuadrícula de selección es una herramienta que nos ayuda a escoger entre una serie de procesos y problemas, cuál debe ser el orden para su resolución. Vale la pena



aclarar que en algunos casos, algunos problemas o procesos se pueden resolver de forma rápida y con bajos costos asociados, por lo cual aunque la cuadrícula de selección indique que estos no son los primeros de la lista, deben ser los primeros en desarrollarse y resolverse.

Para el desarrollo de esta herramienta, el grupo de trabajo se reunió y determinó los diferentes valores a asignar para cada una de las variables definidas para realizar la medición. Los problemas contenidos en el informe intentan ilustrar los diferentes campos que a nivel transversal pueden ser afectados en el desarrollo de un proceso empresarial.

CUADRICULA DE SELECCIÓN / ESCOGENCIA DEL PROBLEMA

Oportunidades Problemas	Impacto en los clientes Externos e Internos	Impacto Financiero	Capacidad de efectuar cambios	Soporte de la Gerencia	Nivel de compromiso del equipo	Tiempo disponible para trabajar en el problema	Impacto en el ciclo de tiempo	Impacto en los defectos	Recursos requeridos	Facilidad de implementación	
Consumo de bisulfito de sodio	1	7	3	7	5	3	3	3	3	5	40
Capacidad de empaque en tambores	7	7	7	7	5	5	3	1	5	5	52
Perdidas por capacidad	7	5	1	7	5	3	3	1	1	3	36
Procedimientos de L&D	3	5	3	7	5	3	3	3	5	7	44
Cambios de referencia	7	5	7	7	5	7	3	1	5	7	54

Impacto Bajo	1
Impacto Medio	3
Impacto Alto	5
Impacto Muy Alto	7

TABLA 8. CUADRICULA DE SELECCIÓN. PRIORIZACION CUANTITATIVA. FUENTE:

LOS AUTORES

Como resultado del desarrollo de la cuadrícula de selección, el desarrollo de este proyecto y el respectivo mejoramiento de procesos se van a realizar sobre los siguientes problemas, de acuerdo al objetivo específico número dos (2):

1. Capacidad de empaque en los tambores
2. Cambios de referencia

### 3.3.4 INICIO DEL PROCESO DE MEJORAMIENTO DE LOS DOS PROBLEMAS OBJETO DE ESTUDIO ESCOGIDOS

Una vez que ya hemos definido los dos procesos a mejorar, iniciamos el proceso de mejoramiento. Utilizamos la herramienta CHECKLIST PARA DEFINICION DE PROBLEMAS. La definición de un problema es considerada universalmente como el paso inicial de cualquier actividad para solucionar problemas o mejorar continuamente. Si un problema puede definirse claramente y con suficientes detalles, las causas y soluciones empiezan a ser evidentes. Con esta herramienta pretendemos iniciar el proceso de mejoramiento. Aquí se inicia el desarrollo del Objetivo específico tres (3).

El proceso anterior permitió al equipo de trabajo determinar sobre cuáles mejoramientos focalizar el trabajo. El uso de esta herramienta busca determinar las causas de los dos problemas a trabajar.

Como resultado del uso de la herramienta tenemos:

No.	PREGUNTAS A FORMULAR	CAMBIOS REFERENCIA	EMPAQUE TAMBORES
1	Quien se afecta ?	Se ve afectada la capacidad de respuesta de la planta	Se afectan las entregas a clientes / Incumplimientos
2	Cual es el problema especifico ?	Ineficiencia en los cambios de referencia. (Goal 5,5 horas Vs Real 6,0 horas)	Capacidad subutilizada (Goal 25 ton/turno Vs Real 24 ton/turno)
3	Cuando ocurre ?	En cambios a referencias especiales	Continuamente
4	Donde ocurre ?	Planta de fabricación de jarabe de maíz	Área empaque tambores
5	Con que frecuencia ocurre ?	Semanal	Diario
6	Cual es la magnitud del impacto ?	Se tiene un costo de oportunidad de \$ 16.290.000 / mes	Se tiene un costo de oportunidad de \$ 9.800.000 / mes.

TABLA 9. CHECK LIST PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA. HERRAMIENTA UTILIZADA EN LOS DOS PROBLEMAS DEFINIDOS PARA MEJORAR. FUENTE: LOS AUTORES

Una vez definido claramente los dos problemas, es necesario estimar el nivel de mejoramiento al que se pretende llegar con el desarrollo del proyecto caso de estudio. Se solicita a la empresa IDM que nos facilite la información referente a los

resultados esperados y obtenidos a la fecha. La estadística muestra la siguiente información:

No.	OPORTUNIDADES DE MEJORA	UNIDADES	GOAL	REAL	DIFERENCIA
1	Capacidad de empaque en tambores	Ton / Turno	25,00	24,00	1,00
2	Cambios de referencia	Horas	5,50	6,00	0,50

TABLA 10. RESULTADOS ESTADISTICOS Y REALES DE LOS DOS PROCESOS ESCOGIDOS.

FUENTE: LOS AUTORES

De acuerdo a la información detallada en la tabla 9, se observa que estos dos procesos tienen resultados por debajo de la meta establecida por la organización. La Hipótesis de mejoramiento planteada por el grupo de trabajo, es decir, el nivel de mejoramiento para los dos problemas escogidos será:

## HIPÓTESIS

CAMBIOS REFERENCIA	EMPAQUE TAMBORES
La aplicación de SMED logra una disminución en el cambio de referencia en un periodo de seis meses.	La aplicación de THERBLIG'S logra un incremento en el proceso de empaque de tambores en un periodo de seis meses.
<b>Goal / 6.0 Horas</b>	<b>Goal / 25 ton día</b>
<b>Target / 5.5 Horas</b>	<b>Target / 25,5 ton día</b>

TABLA 11. HIPÓTESIS, NIVEL DE MEJORAMIENTO ESPERADO CON EL PROYECTO CASO DE GRADO. FUENTE: LOS AUTORES

### 3.3.5 TOMA DE DATOS DE PROCESO 1. CAMBIO DE REFERENCIA

#### TAMAÑO DE LA MUESTRA

Inicialmente tomamos 10 Ciclos completos:

ACTIVIDADES	1		2		3		4		5		6		7		8	
DESCRIPCIÓN	CONVERSIÓN		NEUTRALIZACIÓN		CLARIFICACIÓN		DECOLORACIÓN		PULIDO		EVAPORACIÓN		TQ SHIFT		TQ EMPAQUE	
CICLOS	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A
1	38	38	21	59	50	109	98	207	32	239	43	282	46	328	33	361
2	37	36	20	56	52	108	99	207	30	237	39	276	45	321	37	358
3	39	39	19	58	49	107	101	208	32	240	39	279	47	326	34	360
4	37	40	21	61	49	110	100	210	29	239	39	278	47	325	34	359
5	39	41	21	62	49	111	99	210	30	240	40	280	45	325	35	360
6	40	40	19	59	51	110	100	210	30	240	39	279	46	325	34	359
7	41	41	20	61	50	111	98	209	31	240	41	281	47	328	32	360
8	38	38	20	58	52	110	101	211	30	241	40	281	45	326	32	358
9	39	39	18	57	51	108	98	206	30	236	42	278	46	324	35	359
10	39	39	20	59	49	108	99	207	31	238	40	278	46	324	34	358

TABLA 12. DATOS INICIALES CAMBIO DE REFERENCIA. FUENTE: LOS AUTORES

Con la anterior información y la fórmula:  $E = \frac{z\left(\frac{\alpha}{2}\right)(\sigma)}{\sqrt{n}}$

Donde E es el error máximo,  $z\left(\frac{\alpha}{2}\right)$  es el coeficiente de confianza, n es el tamaño de muestra y  $\sigma$  es la desviación estándar, calculamos el tamaño de la muestra n:

$$n = \frac{\left[ z\left(\frac{\alpha}{2}\right)(\sigma) \right]^2}{E^2}$$

$$z\left(\frac{\alpha}{2}\right) = z(0,0025) = 1.96$$

$$\sigma = 1,03$$

$$E = 0,5$$

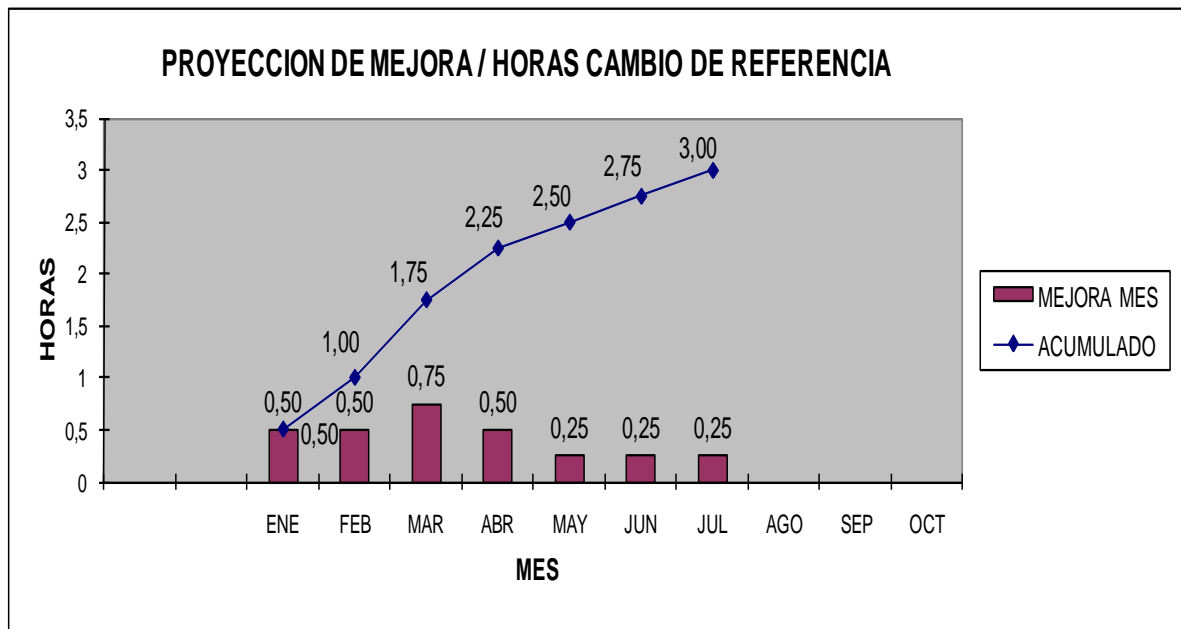
De estos datos tenemos que:  $n = (1,96 * 1,03)^2 / 0,5^2$

$$n = 16,4 \text{ datos} = 16 \text{ datos}$$

En el numeral 3.3.5.3 se muestran los datos tomados de estos 16 ciclos.

### MEJORA ESPERADA

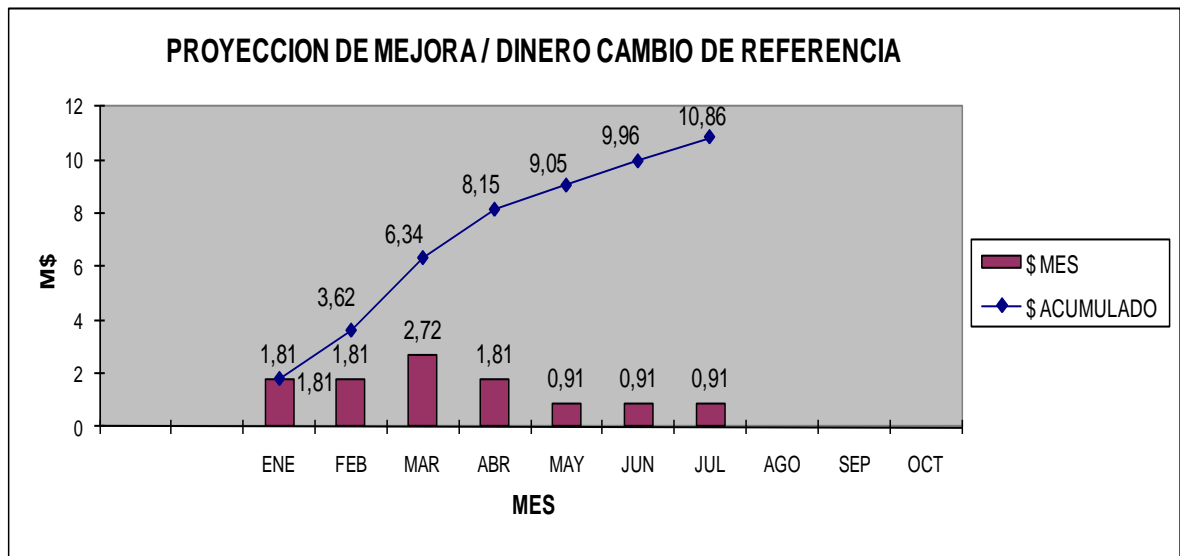
El gráfico siguiente ilustra la proyección de mejora esperada para el primer semestre del año 2012, periodo en el que los resultados del proyecto estarán ya implementados en la empresa.



GRAFICA 4. PROYECCION DE MEJORA HORAS EN LOS CAMBIOS DE REFERENCIA.

FUENTE: LOS AUTORES

Un resultado de la disminución en el tiempo utilizado para los cambios de referencia es la mejora económica, debido a que hay una optimización en el uso del tiempo. Hay un mejor uso del recurso, generando por tanto una mayor disposición de tiempo a trabajar en actividades productivas. Se evidencia el incremento en el tiempo disponible para producir jarabe:



GRAFICA 5. PROYECCION DE MEJORA ECONOMICA CAMBIOS DE REFERENCIA (en millones de pesos). FUENTE: LOS AUTORES

Las herramientas escogidas para estudiar y mejorar el problema de los cambios de referencia en este proyecto caso de estudio son:

### 3.3.5.1 DIAGRAMA DE CAMBIO DE REFERENCIA

De acuerdo a las actividades desarrolladas para el cambio de referencia, se elabora el respectivo diagrama de flujo:

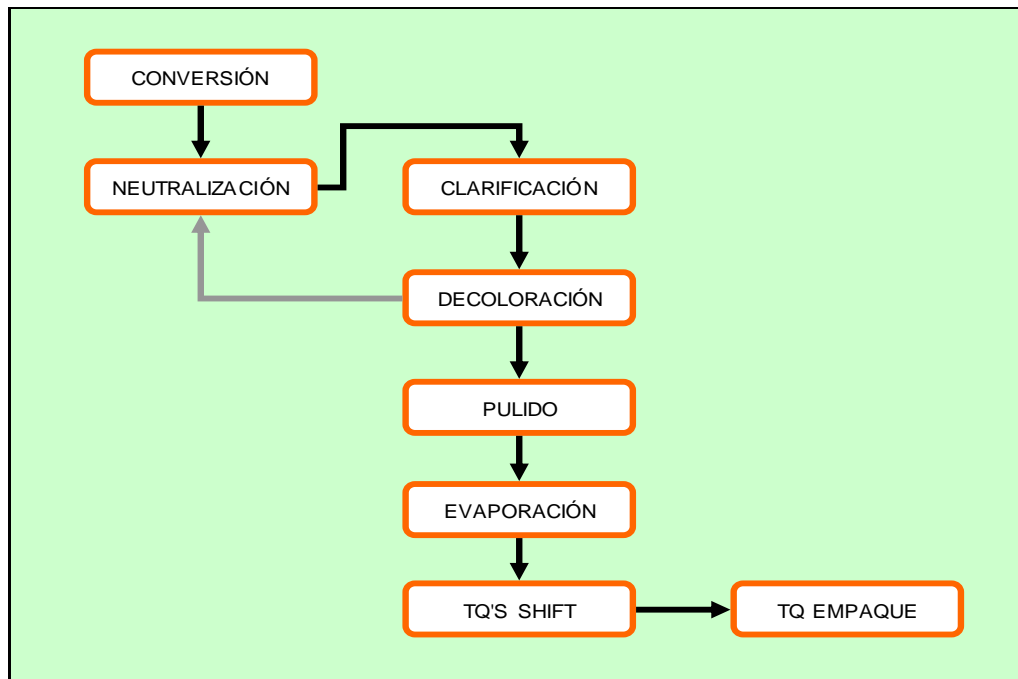


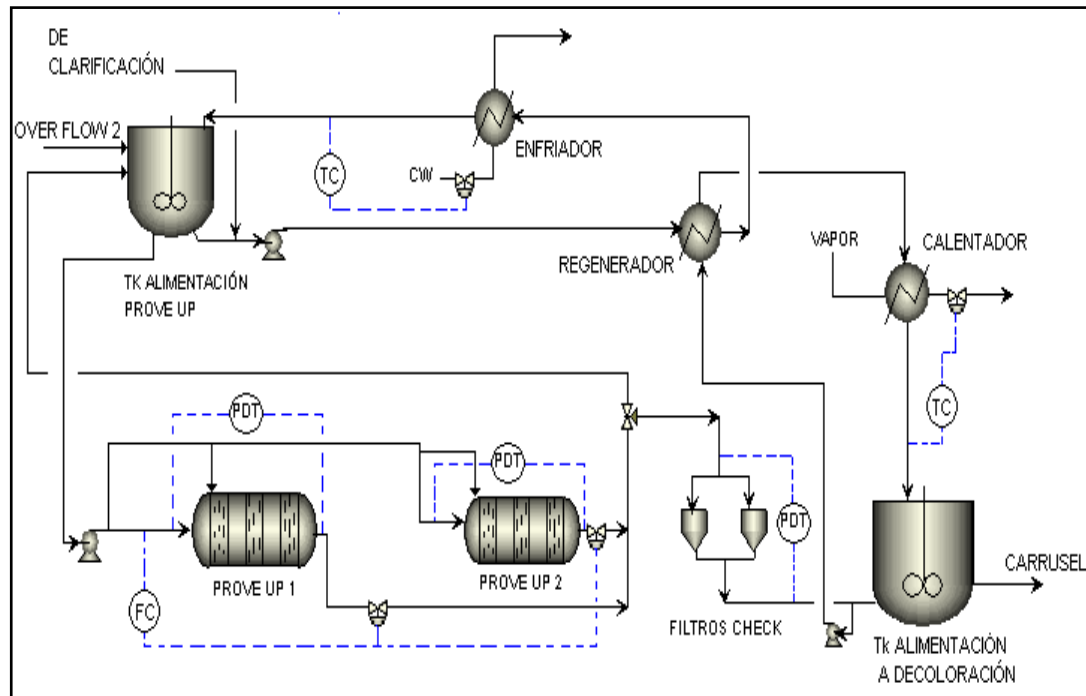
DIAGRAMA 3. DIAGRAMA DEL PROCESO DE CAMBIO DE REFERENCIA

FUENTE: LOS AUTORES

Todo el proceso de cambio de referencia es controlado turno a turno por dos técnicos, un técnico de Panel y uno de campo. El técnico de Panel maneja y monitorea el sistema por medio de un panel de control de información, una pantalla que informa sobre todas las variaciones del proceso. Cuando hay alguna diferencia entre el estándar de medición de alguna variable y el resultado que arroja el panel, el técnico de panel informa al técnico de campo. El técnico de campo se encarga de revisar las posibles causas de la diferencia de valores obtenidos. El proceso va en doble vía, ya que en algunas ocasiones el técnico de campo encuentra problemas en el proceso que aún no aparecen en el monitor del técnico de panel. El diagrama de proceso para el cambio de referencia muestra un proceso básico de producción de jarabe para almacenamiento. El único elemento de proceso adicional es el llamado tanque Shift, que es donde se almacena el producto antes de ser aprobado. Es aquí donde se reprocesa el producto en caso de presentar una variable de control por fuera del estándar.

### 3.3.5.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO CAMBIO DE REFERENCIA

La siguiente gráfica ilustra el proceso que se desarrolla actualmente en la empresa:



GRAFICA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CAMBIO DE REFERENCIA.

FUENTE: LOS AUTORES

El objetivo de este diagrama en el proceso de mejoramiento es que él nos permite conocer más a fondo los movimientos de la mezcla a través del proceso. También permitió visualizar al equipo de trabajo que cambios eran posibles antes de utilizar SMED.

### 3.3.5.3 SMED (Single Minute Exchange of Dies / Cambios de herramental en minutos de un solo dígito) (Shingo, 1985)<sup>28</sup>

Es un concepto que introduce la idea de que todo cambio a realizar en una máquina productiva o el inicio de un proceso debe durar menos de diez minutos.

<sup>28</sup> Shingo S. (1985). A revolution in manufacturing: The SMED System (1era Ed. Pp. 14). Tokyo: Japan Management Association.



Para el mejoramiento de los cambios de referencia, se utilizó las siete etapas de SMED (Shingo, 1985)<sup>29</sup>, las cuales referenciamos a continuación:

1. Establezca el tiempo actual de cambio de referencia.
2. Identifique todas las tareas que actualmente se realizan.
3. Identifique y elimine las tareas que pueden ser eliminadas.
4. Clasifique entre tareas internas y externas.
5. Convierta en externas todas las tareas internas que sea posible.
6. Optimice las tareas internas.
7. Establezca el nuevo tiempo de cambio de referencia.

Esta metodología fue implementada teniendo en cuenta las ocho reglas para los cambios de referencia (Garzón, 2010)<sup>30</sup>, esto con el fin de lograr el mejor resultado para el proyecto y la empresa:

1. Inicie con 5S.
2. Convierta lo Externo en Interno y/o lo Interno en Externo.
3. Permanezca en la maquina o proceso todo el tiempo.
4. Use conectores rápidos. (no a los tornillos)
5. Trabaje con posiciones y estándares. ( No a los Ajustes)
6. Posicione y fije. ( No a los Ajustes Finos)
7. Estandarice las tareas.
8. Termine con 5S.

Como se puede apreciar, algunas de las ocho reglas para los cambios de referencia son utilizadas en SMED. Esta situación facilitó el desarrollo de las actividades y mejoró los resultados obtenidos.

---

<sup>29</sup> Shingo S. (1985). A revolution in manufacturing: The SMED System (1era Ed. Pp. 17). Tokyo: Japan Management Association.

<sup>30</sup> Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

De Acuerdo a SMED, el primer paso que se desarrolló para el mejoramiento del proceso de Cambio de Referencia fue el establecer la situación actual. La siguiente tabla resume los datos obtenidos por medio del cronometraje:

Estudio De Tiempos																	
Descripción de la actividad	Cambio de referencia - fabricación jarabe 1330																
Nombre del empleado	Henry Rojas TECNICO PANEL																
Experiencia en la actividad	5 años																
Área:	Planta Refinería 2																
ACTIVIDADES	1		2		3		4		5		6		7		8		
DESCRIPCIÓN	CONVERSIÓN		NEUTRALIZACIÓN		CLARIFICACIÓN		DECOLORACIÓN		PULIDO		EVAPORACIÓN		TQ SHIFT		TQ EMPAQUE		
CICLOS	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	
1	38	38	21	59	50	109	98	207	32	239	39	278	44	322	35	357	
2	37	37	20	57	52	109	99	208	30	238	38	276	47	323	36	359	
3	39	39	19	58	49	107	101	208	32	240	40	280	45	325	34	359	
4	37	37	21	58	49	107	100	207	29	236	39	275	46	321	35	356	
5	39	39	21	60	49	109	99	208	30	238	38	276	45	321	35	356	
6	40	40	19	59	51	110	100	210	30	240	39	279	46	325	36	361	
7	41	41	20	61	50	111	98	209	31	240	40	280	47	327	35	362	
8	38	38	20	58	52	110	101	211	30	241	41	282	45	327	33	360	
9	39	39	18	57	51	108	98	206	30	236	39	275	48	323	36	359	
10	39	39	20	59	49	108	99	207	31	238	38	276	46	322	34	356	
11	38	38	17	55	50	105	99	204	30	234	38	272	45	317	34	351	
12	40	40	20	60	49	109	100	209	31	240	39	279	47	326	35	361	
13	39	39	22	61	51	112	101	213	30	243	40	283	45	328	36	364	
14	39	39	17	56	48	104	100	204	32	236	37	273	47	320	37	357	
15	40	40	19	59	47	106	99	205	29	234	39	273	46	319	37	356	
16	38	38	20	58	49	107	97	204	28	232	41	273	47	320	36	356	
Tiempo total	621		314		796		1589		485		625		736		564		358,125
No. Ciclos	16		16		16		16		16		16		16		16		FROM MEDIO TOTAL
Tiempo promedio	38,813		19,625		49,75		99,3		30,3125		39,0625		46,0		35,250		
Desviación std	1,108678		1,408309		1,390444		1,195478		1,138347		1,12361		1,095445		1,125		0,127683
Rango de datos	4		2		3		3		3		0		0		3		DEV STD TOTAL
Rango de datos %	3%		7%		3%		1%		4%		3%		2%		3%		
% valoración	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		
Tiempo normal	38,81		19,63		49,75		99,31		30,31		39,06		46,00		35,25		
Tiempo normal por unidad	NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		
Tolerancia Elemental (%)	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		
Tiempo Total Estándar	358,13		Minutos														

Elaborado por

MAURICIO VALENCIA

Aprobado por:

FABIAN QUJANO

TABLA 13. ESTADO INICIAL TIEMPO DE CAMBIO DE REFERENCIA. FUENTE: LOS AUTORES

Para elaborar esta tabla se trabajó con dieciséis ciclos de proceso de acuerdo al tamaño de la muestra encontrado en el numeral 3.3.5 página 44.

Utilizamos de la teoría de Análisis Exploratorio de Datos la preparación de los datos, el estudio de normalidad y el estudio de datos atípico, con el fin de analizar los datos previa al uso de las técnicas estadísticas. Buscamos detectar fallos en el diseño y la recogida de los datos, la identificación de casos atípicos y la comprobación de los supuestos.

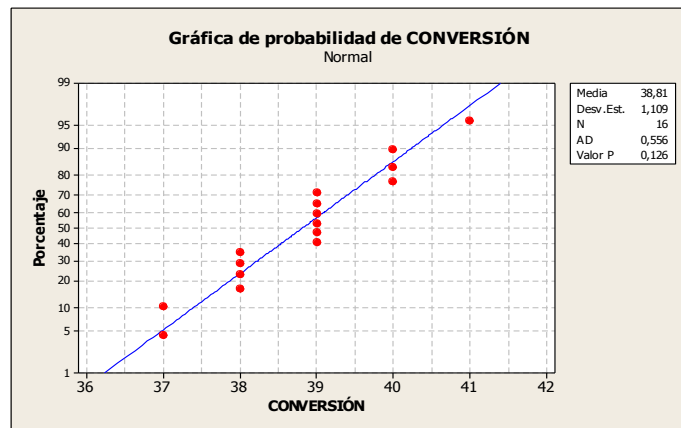
Los datos fueron organizados según formatos desarrollados por el Instituto de Administración Científica de las empresas.

En los siguientes párrafos vamos a revisar Normalidad en cada uno de los procesos que componen el cambio de referencia. La prueba de normalidad se hace para los datos finales. Buscamos demostrar normalidad en los procesos, para poder utilizar la prueba F para determinar si las varianzas son iguales ( $H_0$ ). La prueba de datos atípicos se hace para garantizar que no haya datos que distorsionen el estudio.

### 3.3.5.4 REVISIÓN DE NORMALIDAD Y DE DATOS ATÍPICOS EN LOS DATOS INICIALES

#### 1. PROCESO CONVERSIÓN

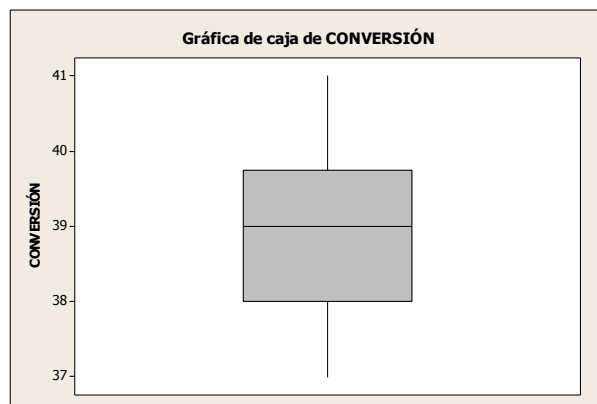
#### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 7. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CONVERSIÓN

El valor p encontrado 0,126 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

#### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

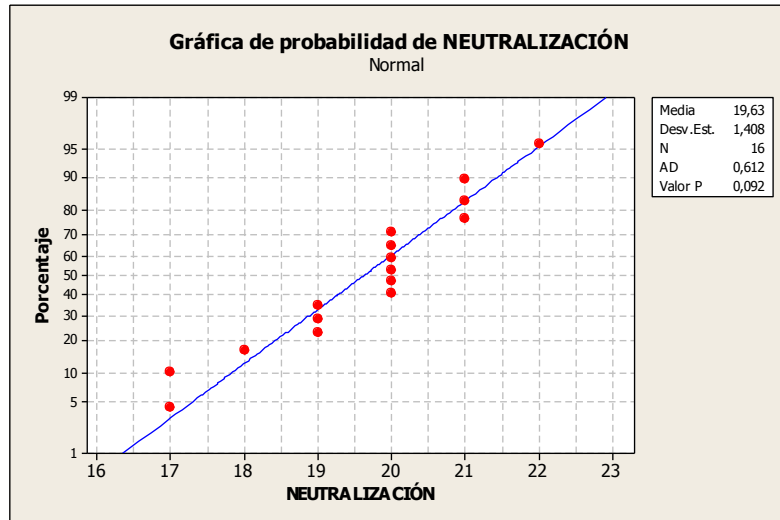


GRAFICA 8. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO CONVERSIÓN

El gráfico de caja y bigotes para el proceso de Conversión no muestra datos atípicos.

## 2. PROCESO NEUTRALIZACION

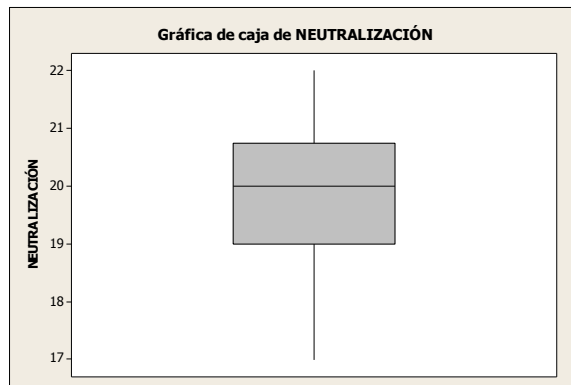
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 9. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO NEUTRALIZACIÓN

El valor p encontrado 0,092 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

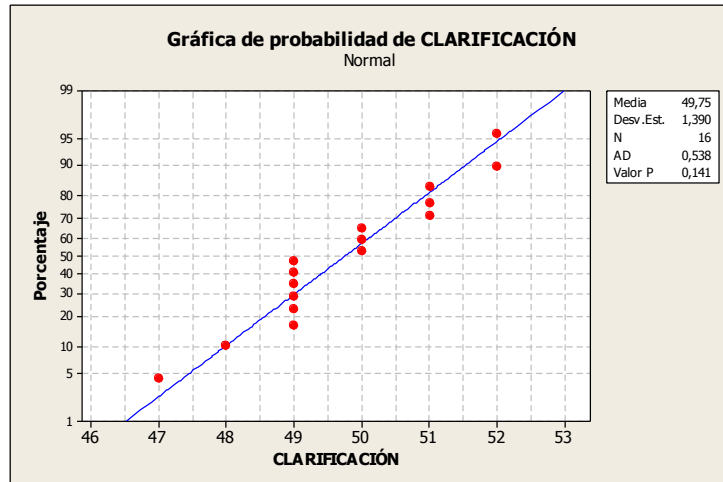


GRAFICA 10. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO NEUTRALIZACIÓN.

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Neutralización.

### 3. PROCESO CLARIFICACIÓN

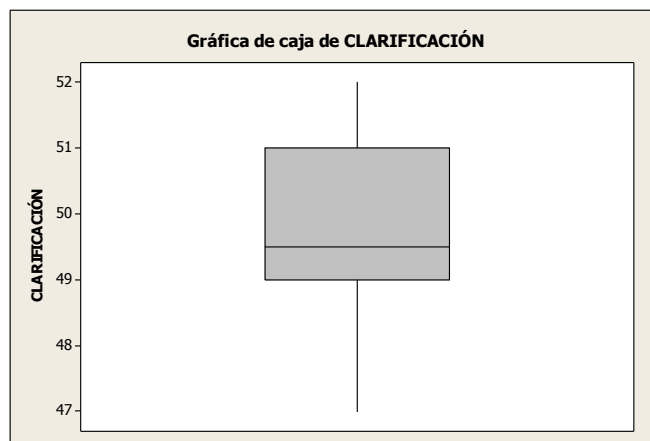
#### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 11. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CLARIFICACIÓN

El valor p encontrado 0,141 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

#### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

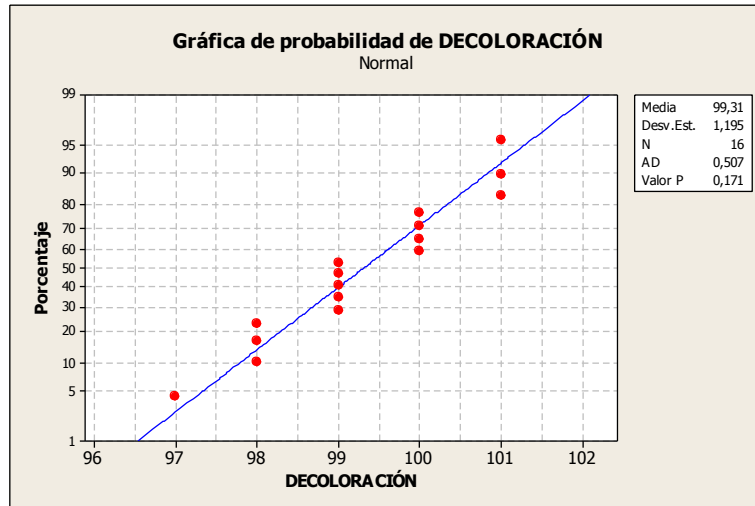


GRAFICA 12. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO CLARIFICACIÓN.

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Clarificación.

#### 4. PROCESO DECOLORACION

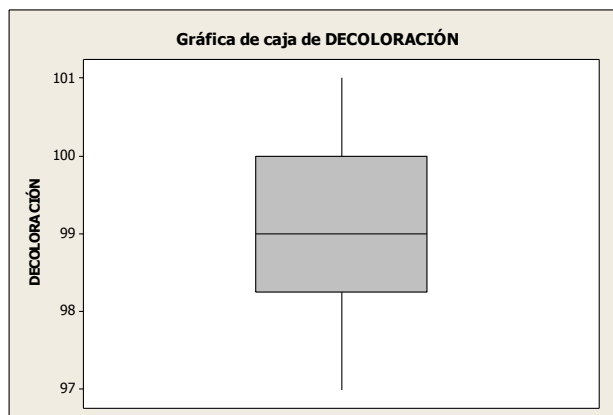
##### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 13. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO DECOLORACIÓN

El valor p encontrado 0,171 es mayor que 0,005. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

##### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

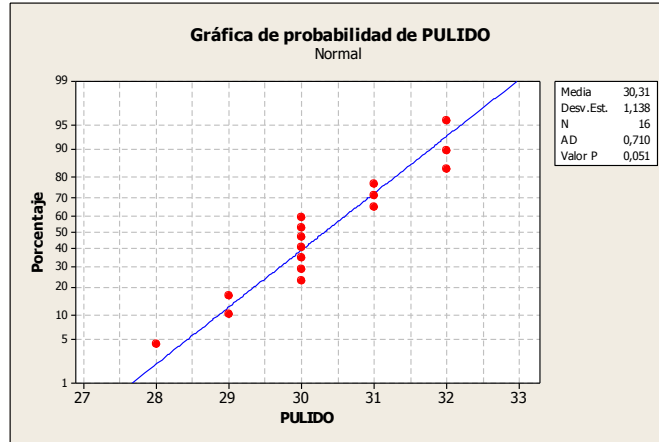


GRAFICA 14. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO DECOLORACIÓN

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Decoloración.

## 5. PROCESO PULIDO

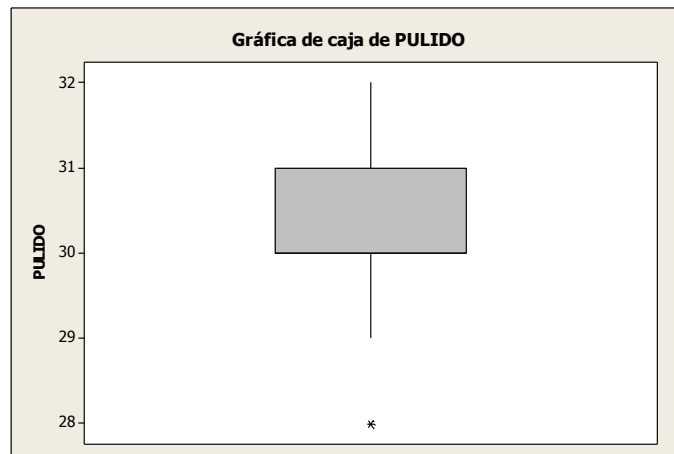
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 15. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO PULIDO

El valor p encontrado 0,051 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS



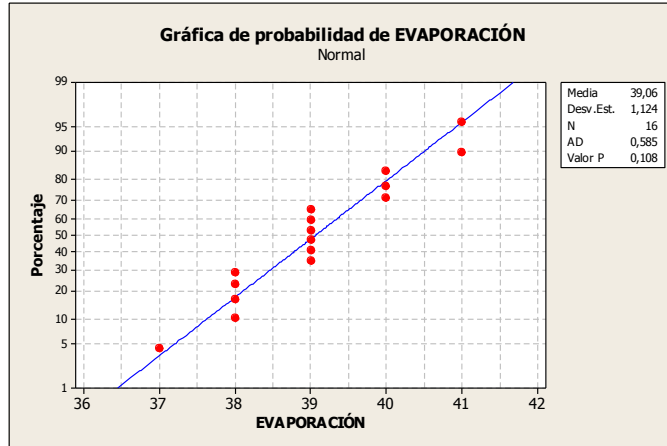
GRAFICA 16. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO PULIDO

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Pulido.



## 6. PROCESO EVAPORACION

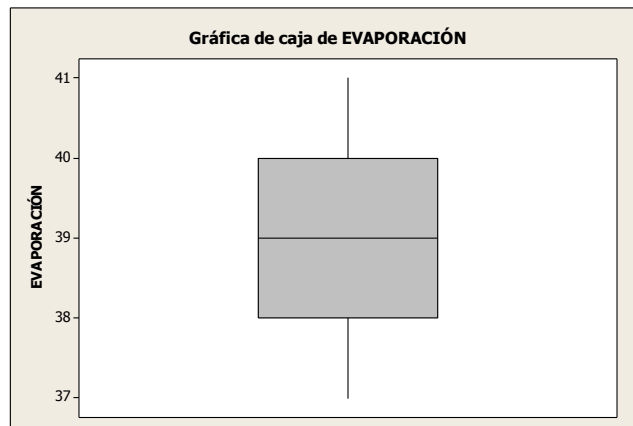
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 17. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO EVAPORACIÓN

El valor p encontrado 0,108 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

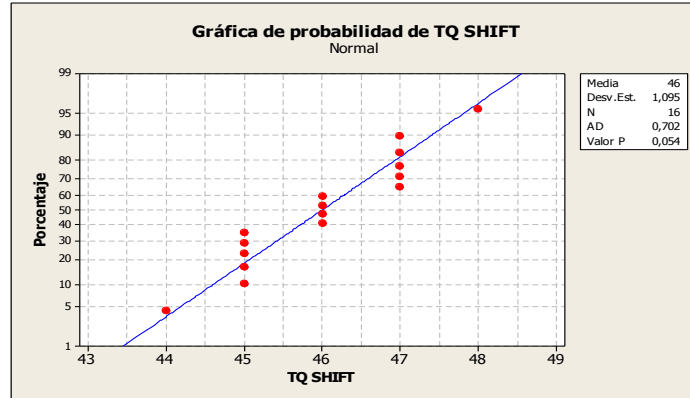


GRAFICA 18. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO EVAPORACIÓN

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Evaporación.

## 7. PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN TANQUE SHIFT

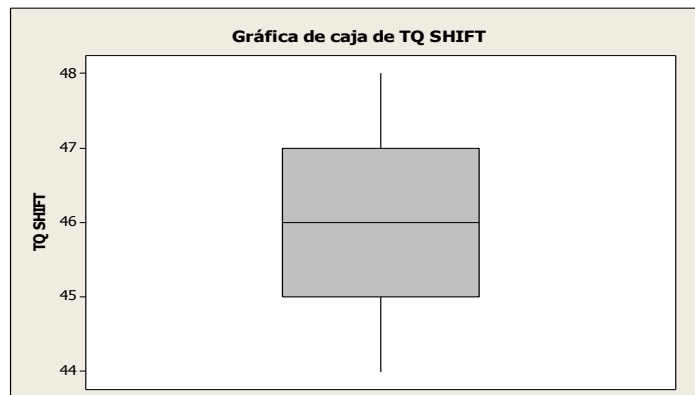
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 19. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE SHIFT

El valor p encontrado 0,054 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

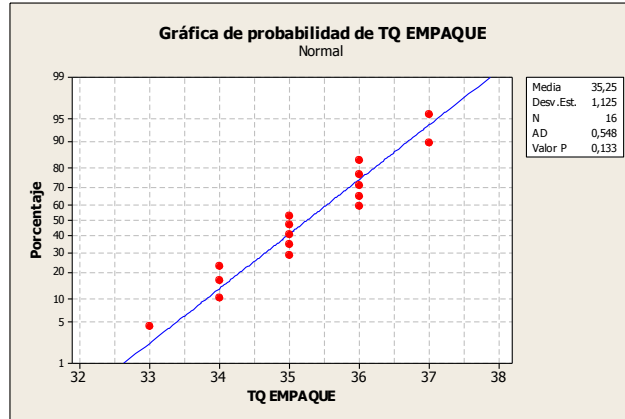


GRAFICA 20. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE SHIFT

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Almacenamiento en el tanque Shift.

## 8. PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN TANQUE DE EMPAQUE

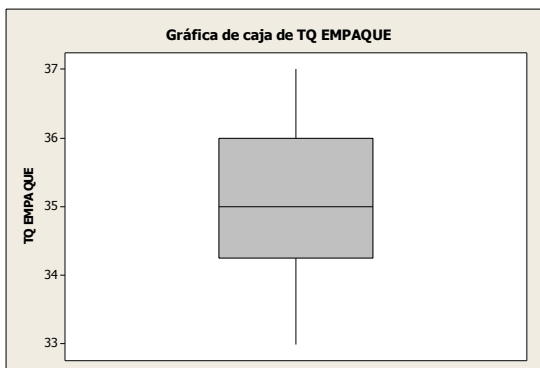
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 21. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE

El valor p encontrado 0,133 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS



GRAFICA 22. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de almacenamiento en el tanque de empaque.

Con la anterior información, se logró establecer que los datos iniciales presentan Normalidad y no hay datos atípicos en la muestra.

Uno de los resultados esperados de este proyecto es la disminución del rango de datos, de forma tal que las variaciones estadísticas que presente el proceso después de la mejora sean menores a las encontradas al principio del proceso.

Para lograr el mejoramiento de este proceso, se procedió a poner el segundo paso de SMED: Identificar todas las tareas que se realizaban al inicio del proyecto:

Identifique todas las tareas que actualmente se realizan		
No	TÉCNICO PANEL	TÉCNICO CAMPO
1	Realice el vaciado completo del equipo	
2		Ubique herramienta (Apertura - Cierre)
3		Abra el man hole lateral
4		Abra el man hole superior
5		Realice visualización interna
6		Ubique manguera para lavado
7		Conecte la manguera
8		Realice el enjuague del equipo
9		Ubique herramienta (Apertura - Cierre)
10		Cierre el man hole lateral
11		Informe al panel de control - Aplicar CIP
12	Llene el tanque con agua limpia	
13	Apertura de vapor para calentamiento	
14	Informe al Tec. Campo - Iniciar CIP	
15	Prender bomba sistema CIP - 3 minutos	
16		Verificación en campo
17		Informe al panel de control - Aplicar CIP
18	Apagar bomba sistema CIP	
19	Realice cambio de válvulas	
20	Prender bomba sistema RINSE - 3 minutos	
21		Verificación en campo
22		Informe al panel de control - Aplicar CIP
23	Apagar bomba sistema RINSE	
24		Cierre el man hole superior

TABLA 14. TAREAS REALIZADAS PARA EL CAMBIO DE REFERENCIA AL INICIO DEL ESTUDIO. FUENTE: LOS AUTORES

Este listado nos permitió revisar en conjunto con los miembros del equipo del proyecto, listar las tareas que podían ser eliminadas, que es el paso tres de SMED. El criterio fue la observación del proceso y la participación del personal que desarrolla el proceso.

Estas tareas están resaltadas con color gris en la tabla siguiente:

Identifique y elimine las tareas que pueden ser eliminadas.		
No	TÉCNICO PANEL	TÉCNICO CAMPO
1	Realice el vaciado completo del equipo	
2		Ubique herramienta (Apertura - Cierre)
3		Abra el man hole lateral
4		Abra el man hole superior
5		Realice visualización interna
6		Ubique manguera para lavado
7		Conecte la manguera
8		Realice el enjuague del equipo
9		Ubique herramienta (Apertura - Cierre)
10		Cierre el man hole lateral
11		Informe al panel de control - Aplicar CIP
12	Llene el tanque con agua limpia	
13	Apertura de vapor para calentamiento	
14	Informe al Tec. Campo - Iniciar CIP	
15	Prender bomba sistema CIP - 3 minutos	
16		Verificación en campo
17		Informe al panel de control - Aplicar CIP
18	Apagar bomba sistema CIP	
19	Realice cambio de válvulas	
20	Prender bomba sistema RINSE - 3 minutos	
21		Verificación en campo
22		Informe al panel de control - Aplicar CIP
23	Apagar bomba sistema RINSE	
24		Cierre el man hole superior

TABLA 15. TAREAS QUE PUEDEN SER ELIMINADAS PARA EL CAMBIO DE REFERENCIA.

FUENTE: LOS AUTORES

Este estudio permitió eliminar cuatro tareas que ejecutaba el técnico de campo. Estas tareas fueron automatizadas y pasaron a ser ejecutadas por el software de control de proceso. Se evitó el tener que ir a buscar herramientas para abrir y cerrar el Man Hole lateral.

El cuarto paso de SMED indica que es necesario clasificar entre tareas internas y tareas externas. Vale la pena recalcar que aunque la metodología indica que es mejor convertir en tareas externas la mayor cantidad de tareas internas, en ocasiones el proceso funciona mejor si se realiza viceversa. Para determinar la

óptima decisión, se revisó cada una de las tareas. Para facilidad del lector, a continuación definimos que es una tarea interna y que es una tarea externa:

Tarea Interna: Tienen que ejecutarse cuando la máquina está parada.

Tarea Externas: Pueden ejecutarse mientras la máquina está operando.

El proceso objeto de estudio tiene como característica que todas las tareas desarrolladas eran internas. Dicha situación significa que las posibilidades de lograr una mejora son altas:

Clasifique entre tareas internas y externas				
No	TÉCNICO PANEL	I/E	TÉCNICO CAMPO	I/E
1	Realice el vaciado completo del equipo	I		
2			Abra el man hole superior	I
3			Realice visualización interna	I
4			Ubique manguera para lavado	I
5			Conecte la manguera	I
6			Realice el enjuague del equipo	I
7			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
8	Llene el tanque con agua limpia	I		
9	Apertura de vapor para calentamiento	I		
10	Informe al Tec. Campo - Iniciar CIP	I		
11	Prender bomba sistema CIP - 3 minutos	I		
12			Verificación en campo	I
13			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
14	Apagar bomba sistema CIP	I		
15	Realice cambio de válvulas	I		
16	Prender bomba sistema RINSE - 3 minutos	I		
17			Verificación en campo	I
18			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
19	Apagar bomba sistema RINSE	I		
20			Cierre el man hole superior	I

TABLA 16. IDENTIFICACION DE LAS TAREAS EN INTERNAS Y EXTERNAS. FUENTE: LOS AUTORES

El quinto paso de SMED es convertir en externas la mayor cantidad de tareas internas. Esto con el propósito de disminuir el tiempo total de proceso y lograr así el esperado mejoramiento en el proceso:

**Convierta en externas todas las tareas internas que sea posible**

No	TÉCNICO PANEL	I/E	TÉCNICO CAMPO	I/E
1	Realice el vaciado completo del equipo	I		
2			Abra el man hole superior	E
3			Realice visualización interna	E
4			Ubique manguera para lavado	E
5			Conecte la manguera	E
6			Realice el enjuague del equipo	I
7			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
8	Llene el tanque con agua limpia	E		
9	Apertura de vapor para calentamiento	E		
10	Informe al Tec. Campo - Iniciar CIP	I		
11	Prender bomba sistema CIP - 3 minutos	I		
12			Verificación en campo	I
13			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
14	Apagar bomba sistema CIP	I		
15	Realice cambio de válvulas	I		
16	Prender bomba sistema RINSE - 3 minutos	I		
17			Verificación en campo	I
18			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
19	Apagar bomba sistema RINSE	I		
20			Cierre el man hole superior	I

TABLA 17. CONVIERTA EN EXTERNAS LA MAYOR CANTIDAD DE TAREAS INTERNAS

FUENTE: LOS AUTORES

En total se lograron convertir para el técnico de Panel dos tareas internas en externas, y para el técnico de campo cuatro tareas internas en externas. Para el proceso de mejoramiento esto significa que el tiempo utilizado en estas seis tareas va a ser reducido. No es necesario detener el proceso para realizar estas tareas. En la toma final de datos debemos evidenciar el mejoramiento. Este mejoramiento se ilustra en la tabla 20. Dentro del proceso de mejoramiento, este es un logro obtenido por el equipo de trabajo, ya que se logra evidenciar la disminución del tiempo de proceso. Esta mejora significa para la empresa una disminución en los

costos de producción al optimizar el uso del talento humano de la empresa, un mejoramiento de la productividad al generar mayor cantidad de producto terminado en tiempos de ciclo menores a los hasta ahora obtenidos y un fortalecimiento a nivel competitivo.

Paso seis de SMED: Optimice las tareas internas.

Cuando se ha logrado que el proceso no se detenga para desarrollar algunas tareas, es necesario desarrollar las tareas internas en el menor tiempo posible:

Optimice las tareas internas				
No	TÉCNICO PANEL	I/E	TÉCNICO CAMPO	I/E
1	Realice el vaciado completo del equipo	I		
2			Abra el man hole superior	E
3			Realice visualización interna	E
4			Ubique manguera para lavado	E
5			Conecte la manguera	E
6			Realice el enjuague del equipo	I
7			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
8	Llene el tanque con agua limpia	E		
9	Apertura de vapor para calentamiento	E		
10	Informe al Tec. Campo - Iniciar CIP	I		
11	Prender bomba sistema CIP - 3 minutos	I		
12			Verificación en campo	I
13			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
14	Apagar bomba sistema CIP	I		
15	Realice cambio de válvulas	I		
16	Prender bomba sistema RINSE - 3 minutos	I		
17			Verificación en campo	I
18			Informe al panel de control - Aplicar CIP	I
19	Apagar bomba sistema RINSE	I		
20			Cierre el man hole superior	I

TABLA 18. OPTIMIZACIÓN DE TAREAS INTERNAS. FUENTE: LOS AUTORES

Al iniciar el diagnóstico del proceso de cambio de referencia, encontramos que el prender y apagar la bomba del sistema CIP, el cambio de válvulas y el encender y apagar la bomba del sistema RINSE eran tareas que el técnico de panel realizaba por medio del panel de control. El tiempo entre encendido y apagado de las



bombas era de tres minutos, al cabo de los cuales el operario realizaba por medio del sistema el proceso. En algunas ocasiones el técnico de panel se olvidaba de prender las bombas, o de apagarlas, o dejaba encendida la bomba por tiempos diferentes a los tres minutos establecidos por el proceso. La solución para optimizar estas tareas se hizo por medio del software de control. Después de identificar las situaciones problema, se solicitó a la empresa soporte que se modificara el programa de forma tal que el mismo sistema se encargara de ejecutar estas tareas en los tiempos programados y de acuerdo a algoritmos de flujo de producto previamente establecidos. De esta manera, los sensores de flujo activan automáticamente el sistema y prenden las bombas por tres minutos, evitando reprocesos posteriores ocasionados por mayor o menor tiempo de trabajo de las bombas. El cambio de válvulas también se automatizó, de acuerdo a las mediciones hechas por el mismo sistema.

Al terminar esta parte del estudio, se procedió a tomar nuevamente los datos para verificar si los logros esperados se tradujeron en mayor productividad, incremento de la eficiencia y mejoramiento de la relación costo beneficio del proceso.

Vale la pena resaltar que la hipótesis era llegar a la meta de productividad esperada por la empresa. En el lapso de seis meses se logró un ahorro en tiempo de más de tres horas (3,6 horas). Los resultados alcanzados con este proyecto demostraron una mejora muy superior a la esperada, ya que se logró una disminución de 37,63 minutos en el proceso de cambio de referencia. Solo con realizar los diez cambios de referencia promedio mensual por estos seis meses la disminución del proceso será de tres coma seis (3,76) horas. El objetivo planteado se ha conseguido y superado ampliamente. Esperábamos un ahorro de aproximadamente tres (3) minutos en cada cambio de referencia para completar las tres (3) horas semestrales de mejora y logramos 37,63 minutos.

## TOMA DE DATOS DESPUES DE LAS MEJORAS IMPLEMENTADAS

Se decidió tomar una muestra igual a la tomada en el estudio preliminar. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

<b>Estudio De Tiempos</b>																		
Descripción de la actividad	Cambio de referencia - fabricación jarabe 1330																	
Nombre del empleado	Walter Davila / Henry Rojas																	
Experiencia en la actividad	7.5 años / 5 años																	
Área:	Planta Refinería 2																	
ACTIVIDADES	1		2		3		4		5		6		7		8			
DESCRIPCIÓN	CONVERSIÓN		NEUTRALIZACIÓN		CLARIFICACIÓN		DECOLORACIÓN		PULIDO		EVAPORACIÓN		TQ'S SHFT		TQ EMPAQUE			
CICLOS	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A		
1	35	35	20	55	40	95	90	185	30	215	38	253	40	293	30	323		
2	36	36	18	54	42	96	88	184	30	214	40	254	39	293	30	323		
3	35	35	20	55	41	96	89	185	29	214	38	252	37	289	29	318		
4	37	37	20	57	41	98	87	185	28	213	37	250	39	289	31	320		
5	37	37	19	56	43	99	89	188	30	218	39	257	40	297	30	327		
6	37	37	19	56	43	99	88	187	28	215	37	252	38	290	29	319		
7	38	38	21	59	41	100	89	189	28	217	37	254	39	293	31	324		
8	36	36	19	55	43	98	87	185	29	214	37	251	37	288	29	317		
9	37	37	20	57	42	99	90	189	30	219	39	258	39	297	30	327		
10	36	36	20	56	41	97	87	184	29	213	38	251	38	289	29	318		
11	38	38	18	56	39	95	88	183	30	213	37	250	37	287	28	315		
12	34	34	16	50	43	93	87	180	31	211	40	251	39	290	31	321		
13	35	35	17	52	40	92	86	178	27	205	41	246	38	284	28	312		
14	36	36	17	53	41	94	87	181	29	210	38	248	41	289	28	317		
15	35	35	21	56	42	98	88	186	28	214	40	254	40	294	31	325		
16	36	36	20	56	41	97	89	186	29	215	39	254	38	292	30	322		
Tiempo total minutos	578		305		663		1409		465		615		619		474		320,5	
No. Ciclos	16		16		16		16		16		16		16		16		PROMEDIO TOTAL	
Tiempo promedio	36,1		19,1		41,4		88,1		29,1		38,4		38,7		29,6			
Desviación std	1,1		1,5		1,2		1,2		1,1		1,3		1,2		1,1		0,134431	
Rango de datos	3		3		2		2		2		3		1		1		DESV STD TOTAL	
Rango de datos %	8%		19%		5%		2%		7%		8%		3%		3%			
% valoración	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%			
Tiempo normal	36,13		19,06		41,44		88,06		29,06		38,44		38,69		29,63			
Tiempo normal por unidad	NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA		NO APLICA			
Tolerancia Elemental (%)	0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%		0%			
Tiempo Total	320,50		Minutos															
Tiempo Total Estándar	321		Minutos															
Elaborado por	MAURICIO VALENCIA				Aprobado por:				FABIAN QUIJANO									

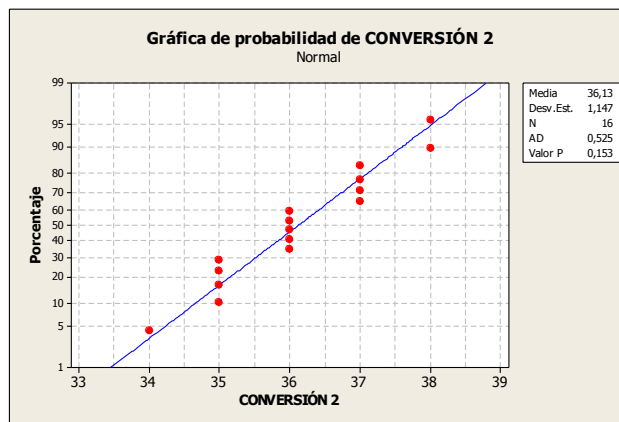
TABLA 19. TOMA DE DATOS DESPUÉS DE LA MEJORA. FUENTE: LOS AUTORES

Por medio de la herramienta estadística MINITAB, procedimos verificar si estadísticamente hay mejoramiento.

### 3.3.5.5 REVISIÓN DE NORMALIDAD Y DE DATOS ATÍPICOS EN LOS DATOS FINALES

#### 1. PROCESO CONVERSIÓN

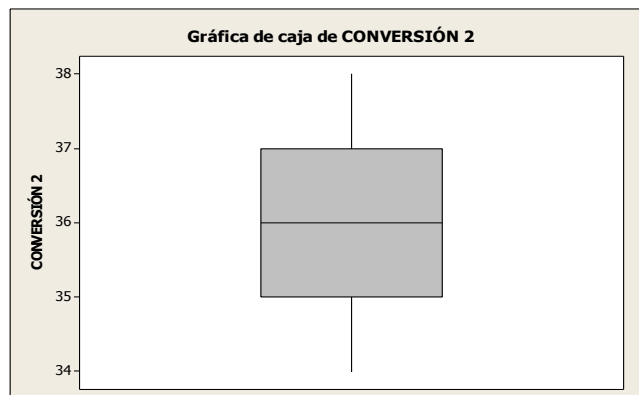
#### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 23. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CONVERSIÓN

El valor p encontrado 0,153 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

#### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

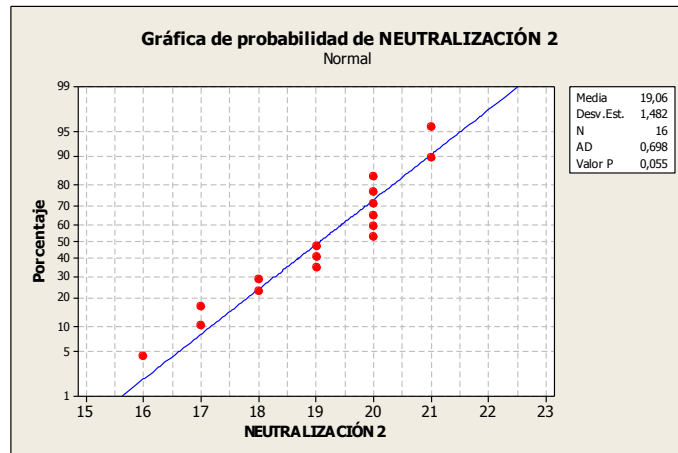


## GRAFICA 24. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO CONVERSIÓN

El gráfico de caja y bigotes para el proceso de Conversión no muestra datos atípicos.

### 2. PROCESO NEUTRALIZACION

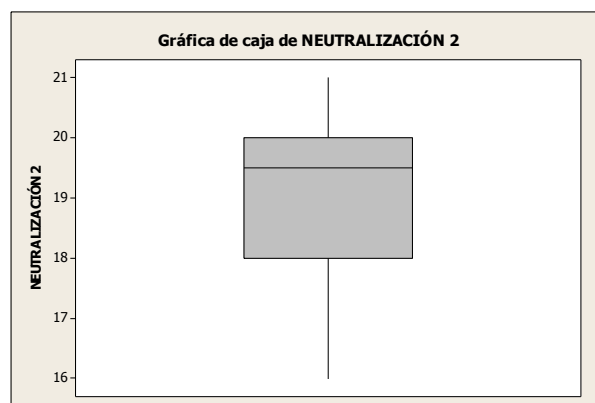
#### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



## GRAFICA 25. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO NEUTRALIZACIÓN

El valor p encontrado 0,055 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

#### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

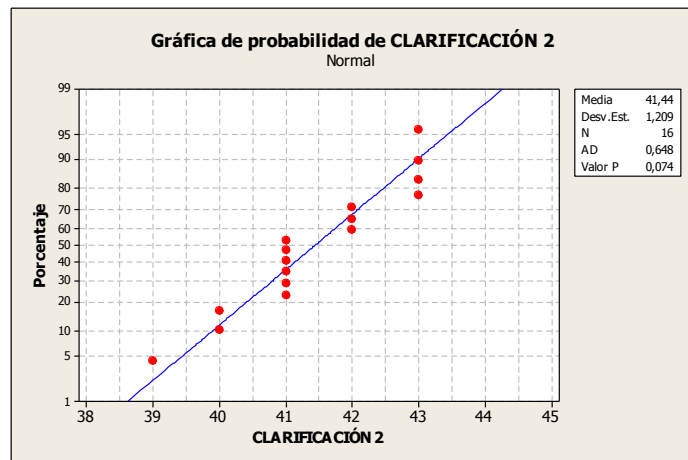


## GRAFICA 26. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO NEUTRALIZACIÓN

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Neutralización.

### 3. PROCESO CLARIFICACIÓN

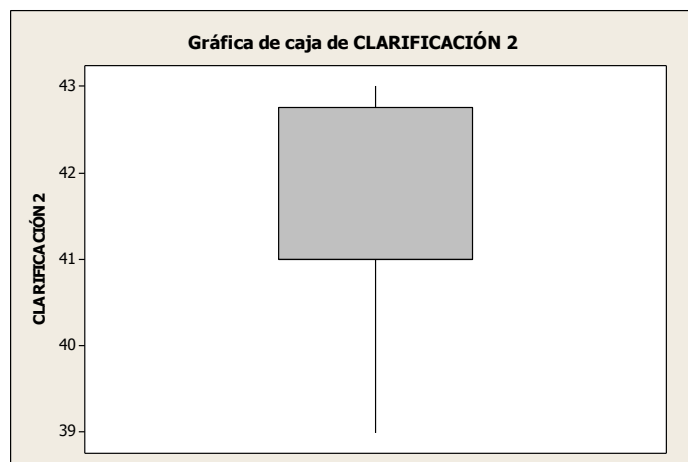
#### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 27. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CLARIFICACIÓN

El valor p encontrado 0,074 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

#### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

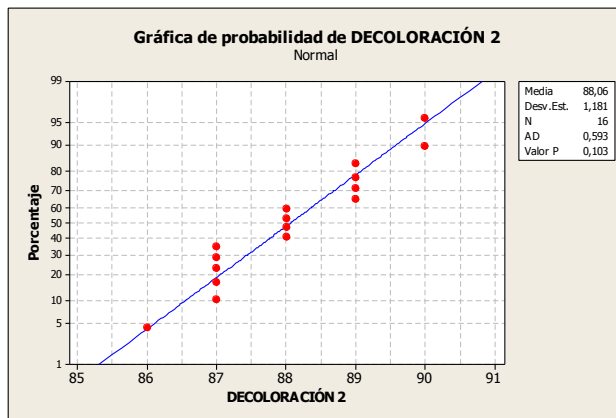


GRAFICA 28. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO CLARIFICACIÓN

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Clarificación.

#### 4. PROCESO DECOLORACION

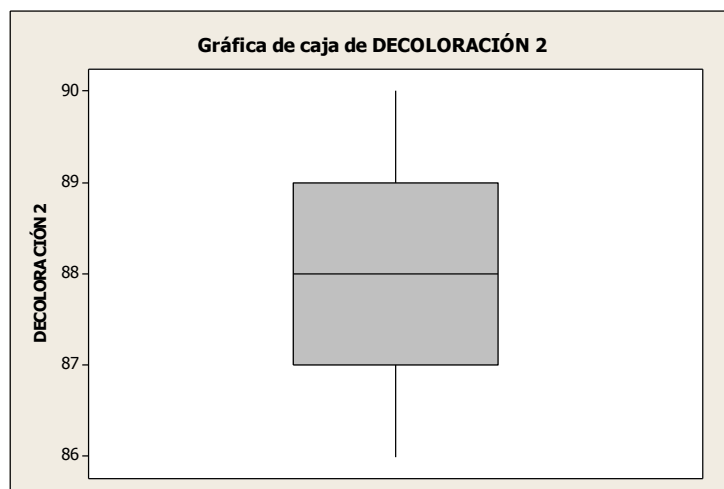
#### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 29. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO DECOLORACIÓN

El valor p encontrado 0,103 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

#### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

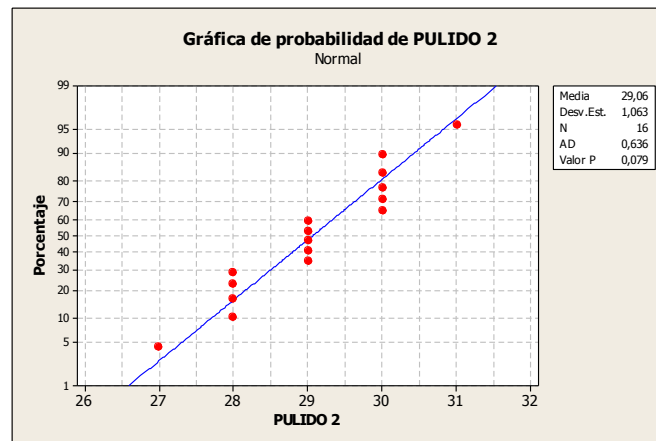


GRAFICA 30. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO DECOLORACIÓN

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Decoloración.

## 5. PROCESO PULIDO

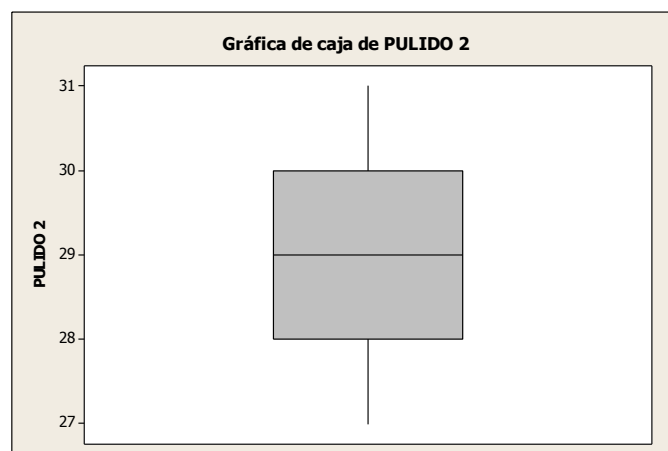
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 31. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO PULIDO

El valor p encontrado 0,079 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

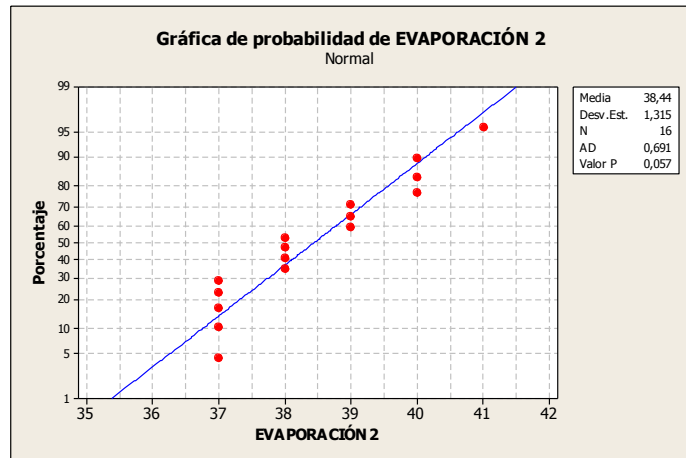


GRAFICA 32. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO PULIDO

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Pulido.

## 6. PROCESO EVAPORACION

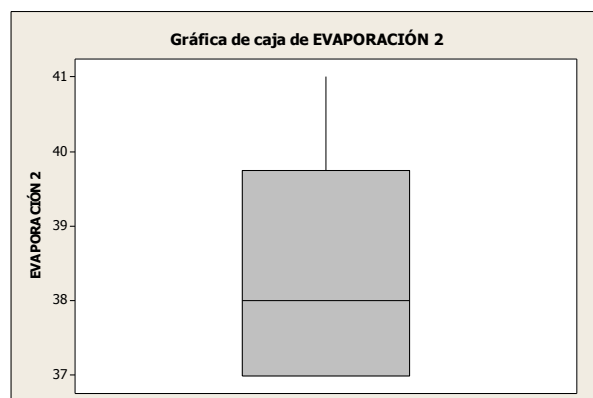
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 33. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO EVAPORACIÓN

El valor p encontrado 0,057 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS



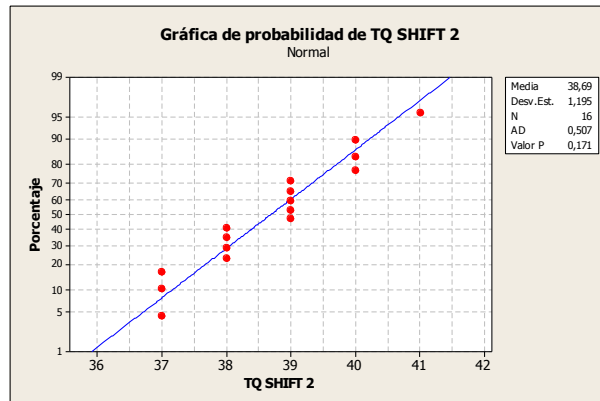
GRAFICA 34. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO EVAPORACIÓN



El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Evaporación.

## 7. PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN TANQUE SHIFT

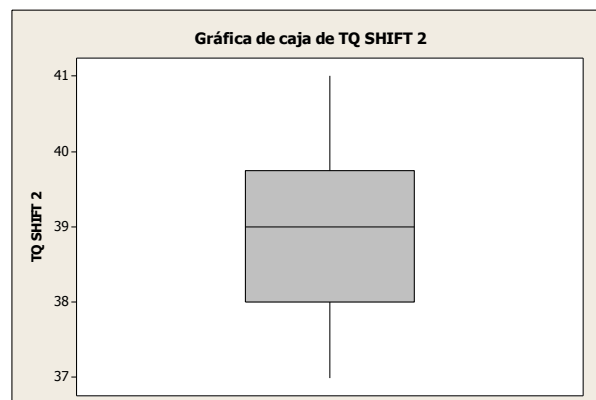
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 35. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE SHIFT

El valor p encontrado 0,171 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

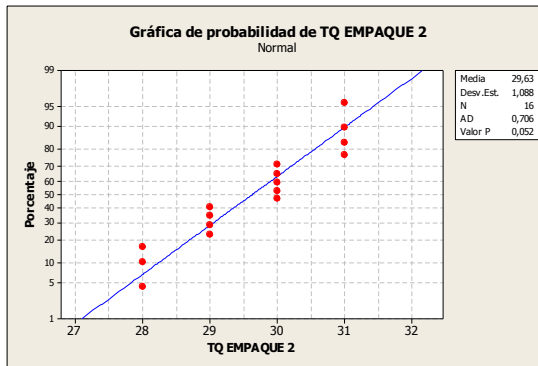


GRAFICA 36. GRÁFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE SHIFT

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de Almacenamiento en el tanque Shift.

## 8. PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN TANQUE DE EMPAQUE

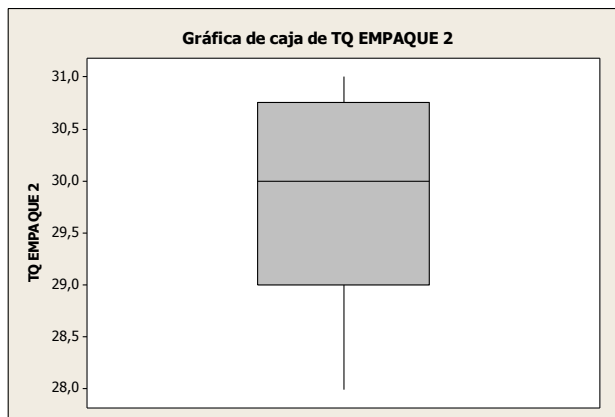
### ANÁLISIS DE NORMALIDAD (UTILIZANDO MINITAB 15)



GRAFICA 37. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE

El valor p encontrado 0,052 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de Conversión presenta Normalidad.

### ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS



GRAFICA 38. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de almacenamiento en el tanque de empaque.

De los anteriores análisis realizados por medio de la herramienta MINITAB 15, podemos concluir que los datos tomados en las dos mediciones presentan Normalidad y no hay datos atípicos. Teniendo esta información, procedemos a realizar la prueba de varianzas.

Definimos que:

$H_0$ = Las varianzas son iguales

$H_1$ = Las varianzas son diferentes

### **Prueba T e IC de dos muestras para los totales de cada medición: T TTL 1. T TTL 2**

T de dos muestras para T TTL 1 vs. T TTL 2

				Media del Error Estándar
	N	Media	Desv.Est.	
T TTL 1	16	358,13	3,14	0,78
T TTL 2	16	320,50	4,27	1,1

Diferencia =  $\mu$  (T TTL 1) -  $\mu$  (T TTL 2)

Estimado de la diferencia: 37,63

IC de 95% para la diferencia: (34,91. 40,34)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 28,38 Valor P = 0,000 GL = 27

Como el valor p es menor que 0,05 entonces rechazo  $H_0$ . Por tanto las varianzas son diferentes.

Como ya habíamos encontrado que las dos series de datos son normales, utilizamos la prueba F para realizar la prueba de las Hipótesis.

$H_0$ = Las medias son iguales

$H_1$ = Las medias son diferentes

### **Prueba T e IC de dos muestras: T TTL 1. T TTL 2**

T de dos muestras para T TTL 1 vs. T TTL 2

	N	Media	Desv.Est.	Media del Error Estándar
T TTL 1	16	358,13	3,14	0,78
T TTL 2	16	320,50	4,27	1,1

Diferencia =  $\mu$  (T TTL 1) -  $\mu$  (T TTL 2)

Estimado de la diferencia: 37,63

IC de 95% para la diferencia: (34,92. 40,33)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 28,38 Valor P = 0,000 GL = 30

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 3,7494

Como el valor p es menor que 0,05 entonces rechazo Ho. Por tanto las medias son diferentes. Al revisar el estimado de la diferencia y el valor p, encontramos que hay diferencia significativa entre las medias, se rechaza la Hipótesis Ho. Las medias son diferentes, con lo cuál se comprueba que si hay evidencia estadística del mejoramiento. El informe de MINITAB muestra que la diferencia de medias es 28,38

El ahorro promedio obtenido en el ciclo de proceso para el cambio de referencia es de 0,6 horas, que equivale a un ahorro de \$2.259.483 por cada cambio de referencia que haga la empresa.

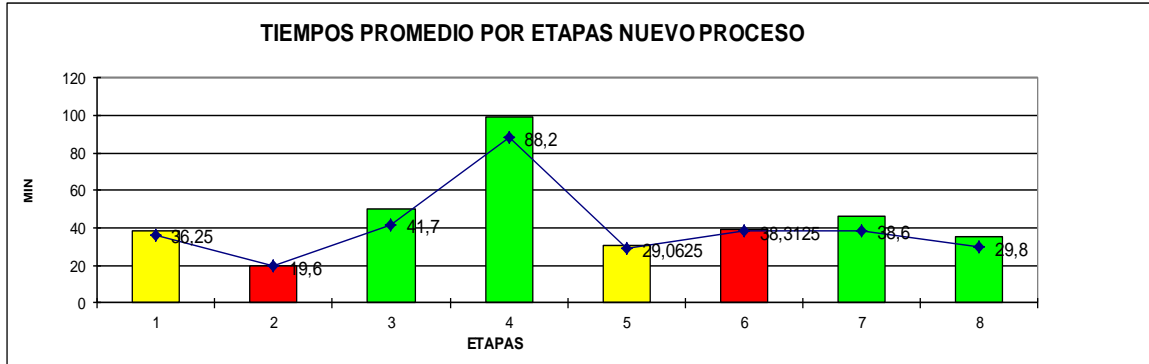
	TIEMPOS PROMEDIO								
	CONV	NEUT	CLARIF	DECOL	PUL	EVAP	TQ S	TQ E	
ANTES	38,813	19,6	49,75	99,313	30,313	39,063	46	35,3	358,13
DESPUES	36,125	19,1	41,4	88,1	29,063	38,438	38,7	29,8	320,68
MEJORAMIENTO	2,7	0,6	8,3	11,3	1,3	0,6	7,3	5,5	37,45
% MEJORAM	6,9%	2,9%	16,7%	11,3%	4,1%	1,6%	15,9%	15,5%	
TOTAL AHORRO POR CADA CAMB REF	\$ 2.259.483								

TABLA 20. ANTES Y DESPUÉS POR CADA ETAPA DEL PROCESO.

FUENTE: LOS AUTORES

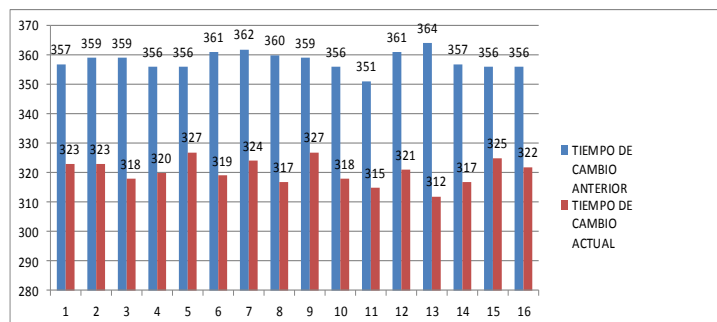
La tabla 20 muestra como en cinco de las ocho etapas del proceso se obtuvo mejoras superiores al 5%. Solo las etapas de Neutralización, Pulido y Evaporación tuvieron mínimos mejoramientos. Las etapas de Neutralización, Pulido y Evaporación no tuvieron mejoras significativas (2,9%, 4,1% y 1,6%

respectivamente). Al revisar los promedios se encontró que en total se logró un mejoramiento de 37,45 minutos en el proceso.



GRAFICA 39. COMPARATIVO TIEMPO PROMEDIO POR ETAPAS PROCESO ANTERIOR (BARRAS) VS PROCESO ACTUAL (LINEA). FUENTE: LOS AUTORES

Esta gráfica permite apreciar el mejoramiento en cada una de las etapas del proceso de cambio de referencia. Al revisar la hipótesis planteada para el cambio de referencia versus los resultados obtenidos, encontramos que el mejoramiento superó la hipótesis planteada. El dato inicial era de 6,0 horas para cambio de referencia. La hipótesis planteada era con un target de 5,5 horas y el resultado obtenido ha sido de 5,345 horas por ciclo de proceso. Una mejora de 0,655 horas respecto a las 0,50 planteadas en la hipótesis. Consideramos que volver a desarrollar este mismo ejercicio sobre el proceso puede arrojar mejores resultados.



GRAFICA 40. COMPARATIVO ANTES Y DESPUES DE LAS MEJORAS. FUENTE: LOS AUTORES

MEJORAMIENTO									
	CONV	NEUT	CLARIF	DECOL	PUL	EVAP	TQS	TQE	TOTAL
Tiempo (min)	2,7	0,6	8,3	11,3	1,3	0,6	7,3	5,6	0,6
\$/min	\$ 162.146	\$ 33.938	\$ 501.521	\$ 678.750	\$ 75.417	\$ 37.708	\$ 441.188	\$ 339.375	\$ 2.270.042
TOTAL AHORRO POR CADA CAMB REF	\$ 2.270.042								

TABLA 22. AHORRO FINAL OBTENIDO POR CADA CAMBIO DE REFERENCIA.

FUENTE: LOS AUTORES

La disminución del tiempo utilizado en el cambio de referencia significa un mayor tiempo de producción de Jarabe. Entre mas Jarabe produzca IDM, mas producto se vende.

### 3.3.6 TOMA DE DATOS DE PROCESO 2. CAPACIDAD DE EMPAQUE EN TAMBORES.

Las herramientas escogidas para mejorar y dar solución al problema de los cambios de referencia en este proyecto caso de estudio son el diagrama de flujo del proceso, los Therblig's y el proceso de cronometrado de las actividades que conforman este proceso. El proceso tiene seis etapas: Alistamiento, Empaque (TIEMPO 1 de 8:20 a 11:00, TIEMPO 2 de 11:40 a 13:40 y TIEMPO 3 de 14:00 a 15:10), descanso, almuerzo, reporte de resultados y aseo del área.

Inicialmente tomamos 10 Ciclos completos:

DATOS INICIALES										
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
TIEMPO 1	41	38	40	39	39	40	39	39	39	40
TIEMPO 2	25	26	27	26	27	25	26	27	25	25
TIEMPO 3	16	18	17	18	17	17	18	18	17	18
TOTAL	82	82	84	83	83	82	83	84	81	83
									PROM	82,7
									DESVEST	0,949

TABLA 22. DATOS INICIALES CAPACIDAD DE EMPAQUE EN TAMBORES. FUENTE: LOS AUTORES

Con la anterior información y la fórmula:  $E = \frac{z\left(\frac{\alpha}{2}\right)(\sigma)}{\sqrt{n}}$

Donde E es el error máximo,  $z\left(\frac{\alpha}{2}\right)$  es el coeficiente de confianza, n es el tamaño de muestra y  $\sigma$  es la desviación estándar, calculamos el tamaño de la muestra n:

$$n = \frac{\left[z\left(\frac{\alpha}{2}\right)(\sigma)\right]^2}{E^2}$$

$$z\left(\frac{\alpha}{2}\right) = z(0,0025) = 1,96$$

$$\sigma = 0,949$$

$$E = 0,5$$

De estos datos tenemos que:  $n = (1,96 * 0,949)^2 / 0,5^2$

$$n = 13,83 \text{ datos} = 14 \text{ datos}$$

La siguiente tabla muestra los 14 ciclos tomados:

DATOS INICIALES														
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14
TIEMPO 1 EMP	41	38	40	39	39	40	39	39	39	39	40	38	41	40
TIEMPO 2 EMP	25	26	27	26	27	25	26	27	25	26	23	27	27	25
TIEMPO 3 EMP	18	18	16	18	18	18	18	18	17	18	19	20	17	17
TOTAL	84	82	83	83	84	83	83	84	81	83	82	85	85	82

PROMEDIO	DESV. EST	VELOC
39	9,83	3,5507
26	6,50	4,6409
18	4,49	3,9200
83	1,17	3,9691

Kg. Por turno

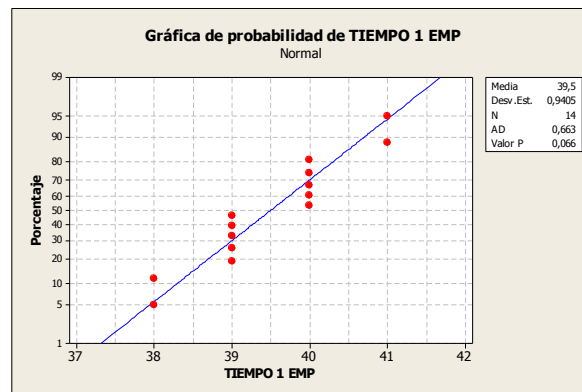
24111

TABLA 23. DATOS INICIALES CAPACIDAD DE EMPAQUE EN TAMBORES. FUENTE: LOS AUTORES

### 3.3.6.1 ANALISIS DE NORMALIDAD Y DATOS ATÍPICOS EMPAQUE DE TAMBORES

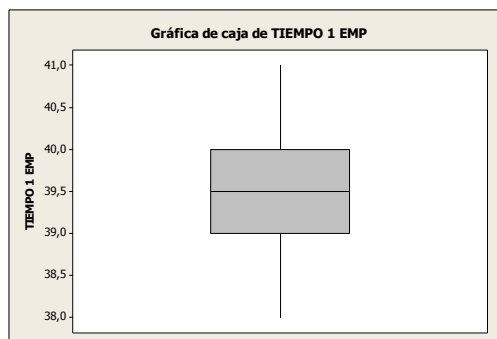
Se realiza por medio de la herramienta MINITAB 15 la prueba de normalidad y el análisis de datos atípicos para los tres periodos diarios en los que se realiza el empaque del producto (datos iniciales):

#### EMPAQUE DE PRODUCTO DE 8:20 A 11:00 AM



GRAFICA 41. ANALISIS DE NORMALIDAD ETAPA 1 PROCESO DE EMPAQUE.

El valor  $p$  encontrado 0,066 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de empaque en la etapa 1 (de 8:20 a 11:00 a.m.) presenta Normalidad.

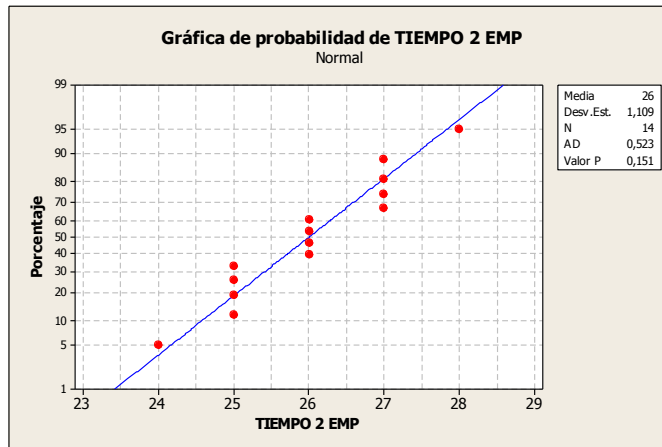


GRAFICA 42. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 1

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de empaque durante la etapa 1.

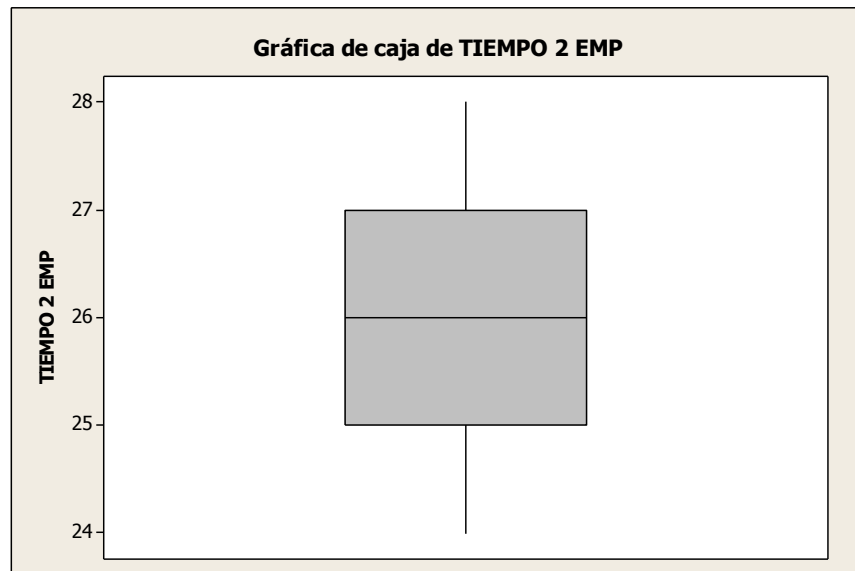


## EMPAQUE DE PRODUCTO DE 11:40 A 1:40 PM



GRAFICA 43. ANALISIS DE NORMALIDAD ETAPA 2 PROCESO DE EMPAQUE.

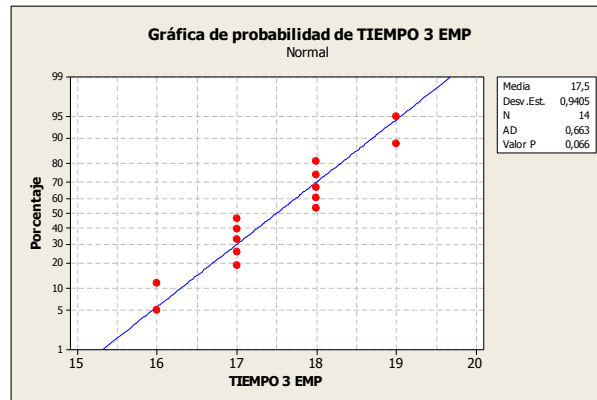
El valor p encontrado 0,151 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de empaque en la etapa 2 (de 11:40 a.m. a 1:40 p.m.) presenta Normalidad.



GRAFICA 44. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 2

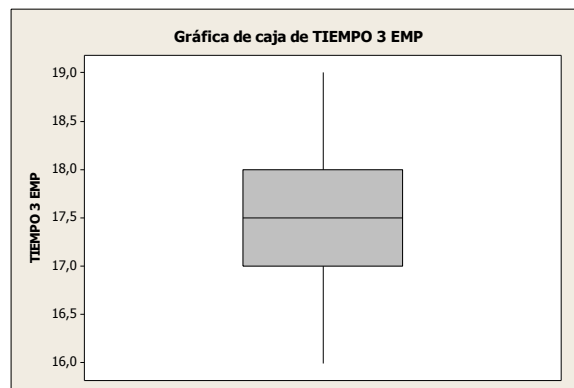
El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de empaque durante la etapa 2.

## EMPAQUE DE PRODUCTO DE 2:00 PM A 3:10 PM



GRAFICA 45. ANALISIS DE NORMALIDAD ETAPA 3 PROCESO DE EMPAQUE.

El valor p encontrado 0,066 es mayor que 0,05 (Minitab muestra cuando es menor el valor p). Esto indica que el proceso de empaque en la etapa 3 (de 2:00 a 3:10 P.m.) presenta Normalidad.



GRAFICA 46. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 3

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de empaque durante la etapa 3.

A partir del siguiente numeral se hace el estudio para el mejoramiento del proceso:

### 3.3.6.2 DIAGRAMAS DE PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES

El empaque del jarabe en los tambores es un proceso semiautomático en el que participan dos operarios, los cuales, en términos generales se encargan de alistar los tambores y la maquinaria utilizada en el proceso, colocar la manguera de llenado en la boca de los tambores, realizar los controles respectivos de higiene, desinfección, revisión del estado general del tambor, empaque y almacenamiento, garantizando el peso neto y bruto.

Este diagrama nos permite visualizar las actividades principales del proceso de empaque de los tambores:



GRAFICA 47. DIAGRAMA DEL PROCESO DE EMPAQUE DE JARABE

FUENTE: LOS AUTORES

### 3.3.6.3 THERBLIG´S

El estudio de movimientos es el análisis detallado de los movimientos del cuerpo empleados al hacer un trabajo. El propósito del estudio es eliminar o reducir los movimientos no efectivos, y facilitar y acelerar los efectivos. Frank y Lilian Gilbreth, pioneros en el estudio de movimientos, concluyeron que todo trabajo, productivo o no, se realiza usando una combinación de 17 movimientos básicos que llamaron

therblig`s<sup>31</sup>. El uso de los Therblig´s nos permite mejorar la operación, simplificar o eliminar movimientos y lograr una secuencia más favorable que signifique para los trabajadores y para la empresa una mayor eficiencia.

El grupo de trabajo se reunió para revisar que Therblig´s servían y cuáles no para este proceso. Después de estudiar las herramientas y el proceso mismo con los operarios, se escogieron los Therblig´s a utilizar.

La siguiente tabla muestra cuales Therblig´s son efectivos y cuales no para este proceso:

THERBLIG'S			
EFECTIVOS		NO EFECTIVOS	
1	Alcanzar	9	Buscar
2	Mover	10	Seleccionar
3	Tomar	11	Posicionar
4	Soltar	12	Inspeccionar
5	Preposicionar	13	Planear
6	Usar	14	Retraso inevitable
7	Ensamblar	15	Retraso evitable
8	Desensamblar	16	Descansar
		17	Sostener

TABLA 24. THERBLIG´S EFECTIVOS Y NO EFECTIVOS (Garzón, 2010).<sup>32</sup>

Antes de iniciar el proceso, se hizo la valoración del desempeño de trabajo. Como se trabaja con empleados promedio, la calificación es de 0,0%. El criterio para definir el nivel de desempeño fue la observación.

#### Valoración del desempeño de Trabajo

No. Elemento	1
<b>Descripción de Elementos</b>	
<b>Estándar</b>	<b>100%</b>
Habilidad	0,00%
Esfuerzo	0%
Condiciones	0,00%
Consistencia	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>0,00%</b>

TABLA 25. VALORACION DEL DESEMPEÑO DEL TRABAJO (Garzón, 2010).<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Meyers, F.E. (2000). Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. (1ra. Ed., pp.13) USA, Editorial Pearson.

<sup>32</sup> Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

El análisis de tiempos variables arrojó que las condiciones de trabajo son buenas para los trabajadores:

INSTITUTO DE ADMON CIENTIFICA DE LAS EMPRESAS			
Suplementos Variables			
		Hombres	Mujeres
1	<b>Trabajo de pie</b>	2%	4%
2	<b>Postura Anormal</b>		
	Ligeramente incómoda	0%	1%
	Incómoda (inclinado)	2%	3%
	Muy incómoda (agachado, estirado)	7%	7%
3	<b>Uso de Fuerza o energía muscular (peso levantado por kilogramo)</b>		
	2,5	0%	1%
	5	1%	2%
	7,5	2%	3%
	10	3%	4%
	12,5	4%	6%
	15	5%	8%
	17,5	7%	10%
	20	9%	13%
	22,5	11%	16%
	25	13%	20 (máx)
	30	17%	-
	33,5	22%	-
4	<b>Iluminación</b>		
	ligeramente por debajo	0%	0%
	Bastante por debajo	2%	2%
	Absolutamente insuficiente	5%	5%
5	<b>condiciones Atmosfericas (kata milicalorias/cm2/seg)</b>		
	16	0%	
	14	0%	
	12	0%	
	10	3%	
	8	10%	
	6	21%	
	5	31%	
	4	45%	
	3	64%	
	2	100%	
6	<b>Concentración Intensa</b>		
	Trabajo de cierta precisión	0%	0%
	Trabajo de precisión o fatigoso	2%	2%
	Trabajo muy fatigoso	5%	5%
7	<b>Ruido</b>		
	Continuo	0%	0%
	intermitente y fuerte	2%	2%
	Muy fuerte	5%	5%
8	<b>Tensión mental</b>		
	Proceso complejo	1%	1%
	proceso con atención dividida en muchos elementos	4%	4%
	Proceso muy complejo	8%	8%
9	<b>Monotonía</b>		
	Trabajo algo monótono	0%	0%
	Trabajo bastante monótono	1%	1%
	Trabajo muy monótono	4%	4%
10	<b>Tedio</b>		
	Trabajo algo aburrido	0%	0%
	Trabajo medianamente aburrido	2%	1%
	Trabajo muy aburrido	5%	2%

NO APLICA

TABLA 26. ANALISIS DE SUPLEMENTOS VARIABLES (Garzón, 2010).<sup>34</sup>

Después de haber definido los Therblig's a utilizar, se procedió a realizar el cronometraje de las actividades ejecutadas por los operarios de empaque. Para

<sup>33</sup> Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

<sup>34</sup> Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

este cronometraje se tomaron diez corridas, para las cuáles se encontró un proceso en el que los operarios de sus ocho horas de jornada laboral utilizan alrededor de 2,5 horas en actividades que no agregan valor. Los datos que a continuación presentamos son de tiempos predeterminados:

HORA		MIN	ACTIVIDAD
INICIO	FIN		
8:00	8:20	20	Solicitud de materiales
8:20	8:40	20	Programación de actividades
8:20	11:00	140	Empaque de producto
11:00	11:40	40	Almuerzo
11:40	13:40	120	Empaque de producto
13:40	14:00	20	Descanso
14:00	15:10	70	Empaque de producto
15:10	15:30	20	Reporte de producción
15:30	16:00	30	Aseo del área
		480	
Agregando valor		330	68.75%
Otras actividades		150	

TABLA 27. CRONOMETRAJE DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE EMPAQUE DE TAMBORES. FUENTE: LOS AUTORES

Para este proceso solo el 68,75% del tiempo utilizado significa agregar valor, el 31,25% restante es un tiempo de proceso que debe ser reprogramado de forma tal que deje de ser un costo para la empresa y pase a ser un tiempo de empaque de producto, que es el proceso final que si genera valor para la compañía. Este tiempo es ocasionado por las tres paradas diarias que se hacen para descanso y alimentación.

La estadística que tomamos muestra que en promedio por turno de ocho horas se empacan 83 tambores de Jarabe. Cada tambor tiene un peso esperado de 290 Kg. Esto significa que cada turno empaca alrededor de 24 toneladas de jarabe, con un tiempo promedio de 3,97 minutos por tambor. La desviación estándar de

este proceso, según nuestros datos de la muestra es de 0,94 Tambores por turno de 8 horas. (Se trabaja un solo turno al día).

Este proceso se desarrolla en tres fases: Antes del almuerzo (que va de 11:00 a.m. a 11:40 a.m.), antes del descanso (que va de 1:40 p.m. a 2:00 p.m.) y antes de la terminación de la jornada laboral (que termina a las 4:00 p.m.). Se tomaron datos de 16 días o ciclos laborados):

	<b>UNIDADES</b>	82,79	
	<b>Kg x tambor</b>	290	
	<b>Kg / Turno</b>	24008	
	<b>Minutos x tambor</b>	3,99	
	<b>ESTANDAR</b>	<b>REAL</b>	<b>MIN / TAMBOR</b>
<b>TIEMPO 1 EMP</b>	35	39,50	3,54
<b>TIEMPO 2 EMP</b>	30	25,79	4,65
<b>TIEMPO 3 EMP</b>	18	17,50	4,00

TABLA 28. RESULTADOS DEL PROCESO. FUENTE: LOS AUTORES

En la primera etapa del proceso se logra en promedio una velocidad de empaque de 3,59 minutos por tambor, en la segunda etapa 4,44 minutos por tambor y en la tercera etapa 4,12 minutos por tambor. El rango de unidades producidas está entre 81 y 85 tambores por turno. Las condiciones de proceso se mantienen. La posible variación es por cansancio del personal, según lo expresan los mismos operarios.

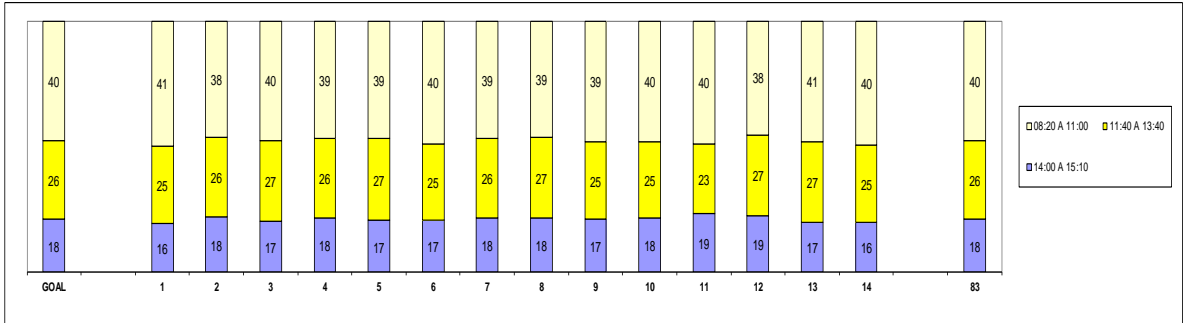
Los 14 datos obtenidos se presentan a continuación:

	<b>PROMEDIO</b>	<b>DESV. EST</b>	<b>VELOC</b>
<b>TIEMPO 1 EMP</b>	40	0,94	3,5443
<b>TIEMPO 2 EMP</b>	26	1,19	4,6537
<b>TIEMPO 3 EMP</b>	18	0,94	4,0000
<b>TOTAL</b>	83	1,19	3,9862

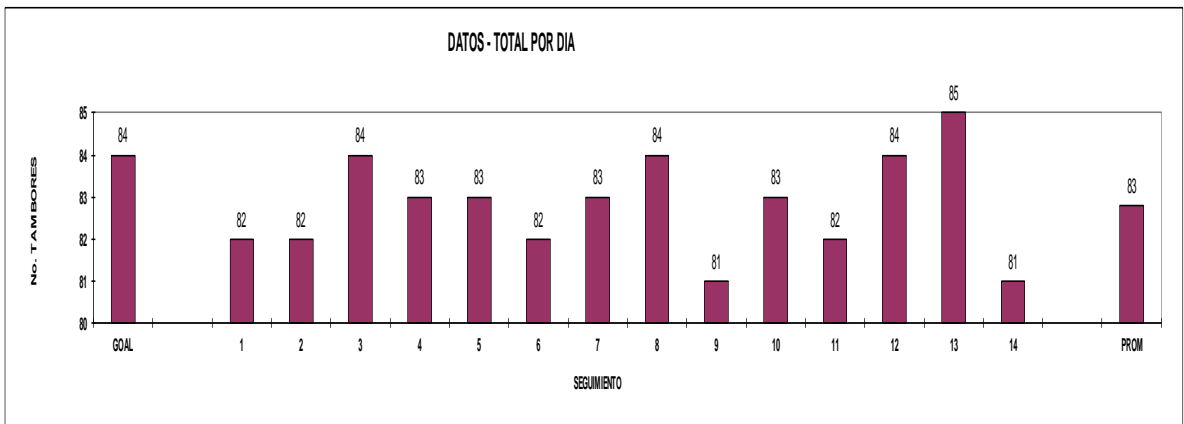
<b>Kg. Por turno</b>	<b>24008</b>
----------------------	--------------

TABLA 29. RESUMEN DATOS ANTES DE LA MEJORA. FUENTE: LOS AUTORES

Las siguientes gráficas ilustran los datos tomados por el equipo y su distribución respecto a la etapa de proceso desarrollada, así como la cantidad de unidades producidas esos mismos días:



GRAFICA 48. DATOS INICIALES EMPAQUE DE TAMBORES. FUENTE: LOS AUTORES



GRAFICA 49. UNIDADES EMPACADAS DE TAMBORES LOS DIAS ESTUDIADOS, DATO INICIAL. FUENTE: LOS AUTORES

Los datos tomados muestran que el proceso tiene diferencias significativas, razón por la cual el equipo de trabajo desarrolla el diagrama de flujo de proceso para dar claridad sobre donde están las fallas:




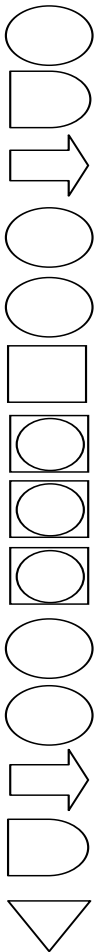
<b>X</b>	IDM	DIAGRAMA DE PROCESOS																					
	METODO ACTUAL	<input type="checkbox"/> METODO PROPUESTO																					
	FECHA	sep-11																					
	DESCRIPCION PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES																						
<b>RESUMEN</b>																							
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">ACTUAL</th> <th style="width: 15%;">PROPUESTO</th> <th style="width: 15%;">DIFERENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA																		
ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA																					
DISTANCIA RECORRIDA																							
<b>ANALISIS</b>		DIAGRAMA DE FLUJO ADJUNTO (IMPORTANTE)																					
PORQUE CUANDO	QUE QUIEN																						
DONDE	COMO																						
ESTUDIADO POR: Mauricio Valencia y Fabián Quijano																							
	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Tomar herramienta _ Dasajustar aro de la tapa</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Tambores acumulados</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Desplazar tambor _ Sistema rodillos</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Retirar aro</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Retirar tapa</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Revisión interna del tambor</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Tomar bolsa plástica _ ubicarla en el tambor</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Ubicar tambor sobre la bascula _ Llenar con producto</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Cerrar bolsa plástica _ ajustar con suncho</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Ubicar tapa _ ubicar aro</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Tomar herramienta _ Ajustar aro de la tapa</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Desplazar tambores sobre la estiba</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Garantizar 4 tambores por estiba</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Estiba con 4 tambores es almacenada</div>																						

DIAGRAMA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES.

FUENTE: LOS AUTORES

Teniendo el diagrama, el equipo de trabajo procedió a utilizar los Therblig's. Se generó la siguiente tabla de convenciones con el fin de determinar en qué parte del proceso se tenía Therblig's no efectivos, los cuáles debían ser eliminados o rediseñados en el proceso para lograr que se genere valor. Vale la pena volver a resaltar que se busca eliminar los Therblig's no efectivos e incrementar las Therblig's efectivos.

THERBLIG'S					
EFECTIVOS		SIMBOLO	NO EFECTIVOS		SIMBOLO
1	Alcanzar	A	9	Buscar	B
2	Mover	M	10	Seleccionar	SL
3	Tomar	T	11	Posicionar	P
4	Soltar	S	12	Inspeccionar	I
5	Preposicionar	PP	13	Planear	PL
6	Usar	U	14	Retraso inevitable	RI
7	Ensamblar	E	15	Retraso evitable	RE
8	Desensamblar	DE	16	Descansar	D
			17	Sostener	SS

TABLA 30. CONVENCIONES PARA LOS THERBLIG'S. FUENTE: LOS AUTORES

El estudio del diagrama y el uso de las convenciones arriba descritas trajeron como resultado un nuevo diagrama de flujo en el que ya se visualiza más claramente que parte del proceso debe ser atacado.

La búsqueda de las tapas y los aros, la acumulación de tambores, el posicionamiento de los tambores, el retirar la tapa, el inspeccionar los tambores durante el proceso y el volver a ubicar la tapa se definieron como Therblig's No efectivos para el proceso:



















IDM		DIAGRAMA DE PROCESOS	
<input checked="" type="checkbox"/>	METODO ACTUAL	<input type="checkbox"/>	METODO PROPUESTO
FECHA		sep-11	
DESCRIPCION PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES			
RESUMEN		ACTUAL	PROPUESTO
	OPERACIONES		
	TRANSPORTE		
	INSPECCIONES		
	RETRASOS		
	ALMACENAMIENTOS		
DISTANCIA RECORRIDA			
ANALISIS		DIAGRAMA DE FLUJO	
PORQUE	CUANDO	ADJUNTO	
QUE	QUIEN	(IMPORTANTE)	
DONDE	COMO		
ESTUDIADO POR: Mauricio Valencia y Fabián Quijano			
	Tomar herramienta _ Dasajustar aro de la tapa	B_T_M	
	Tambores acumulados	RE	
	Desplazar tambor _ Sistema rodillos	T_P	
	Retirar aro	T_SS	
	Retirar tapa	T_SS	
	Revisión interna del tambor	T_I	
	Tomar bolsa plástica _ ubicarla en el tambor	A_T_I	
	Ubicar tambor sobre la bascula _ Llenar con	T_M_I	
	Cerrar bolsa plástica _ ajustar con suncho	T_E_I	
	Ubicar tapa _ ubicar aro	P	
	Tomar herramienta _ Ajustar aro de la tapa	B_T_M	
	Desplazar tambores sobre la estiba	M	
	Garantizar 4 tambores por estiba	RI	
	Estiba con 4 tambores es almacenada		

DIAGRAMA 5. THERBLIG´S IDENTIFICADOS EN EL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES. FUENTE: LOS AUTORES

Habiendo identificado todos los Therblig´s del proceso, el equipo de trabajo estudia y define los procesos que deben ser eliminados, mejorados, modificados y simplificados:

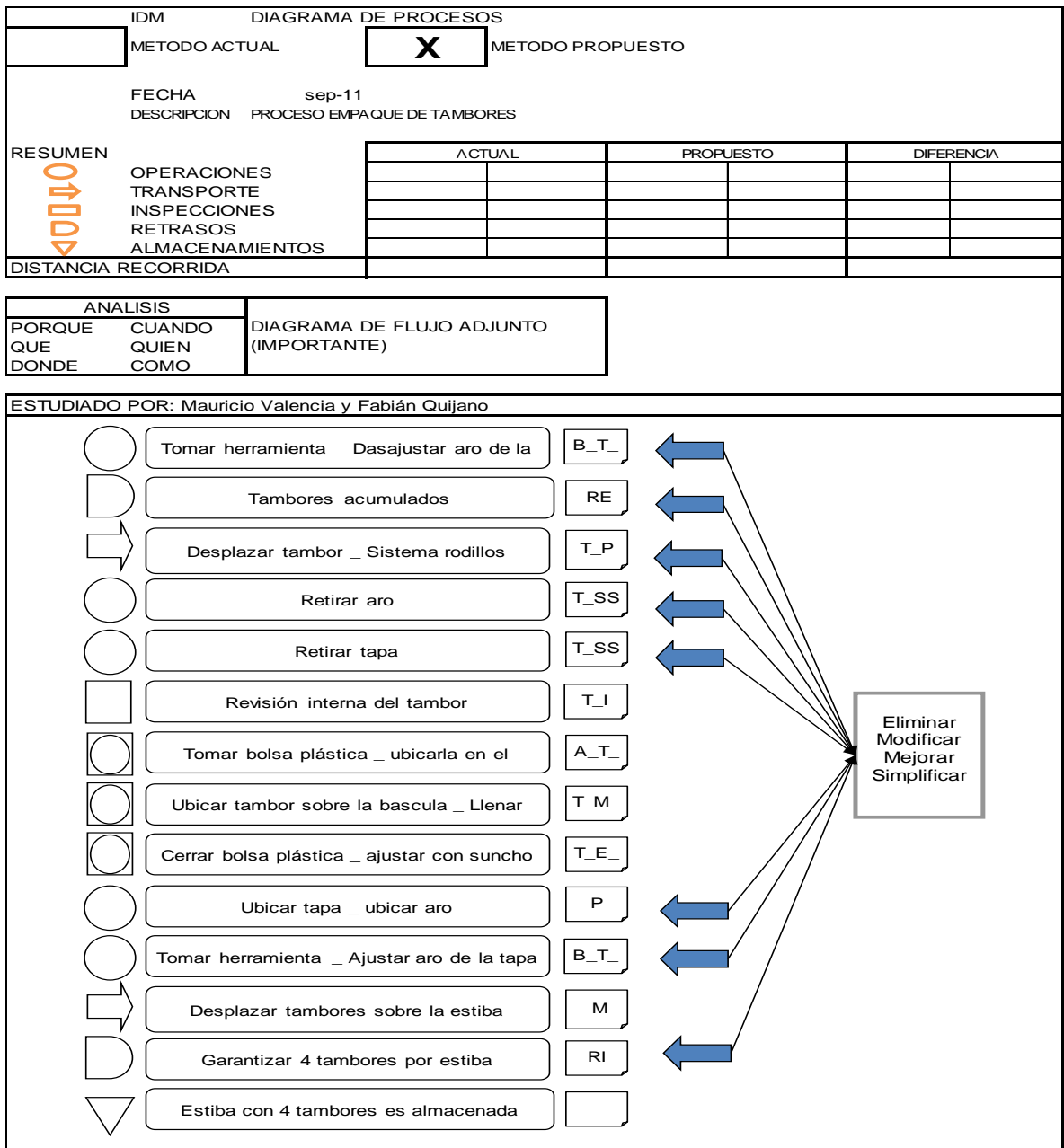


DIAGRAMA 6. ACTIVIDADES A REDISEÑAR EN EL PROCESO DE EMPAQUE DE TAMBORES.

FUENTE: LOS AUTORES

Para el rediseño de estas actividades, se hicieron los siguientes ajustes:

1. Se cambió el sistema de tapa y aro separados por un sistema conjunto. La tapa y el aro pasaron a ser un solo componente. El departamento de

mantenimiento se encargó de soldar estos componentes. Costo aproximado entregado por el departamento de mantenimiento \$2.345.500.

2. La herramienta para ajustar o desajustar la nueva tapa aro, se adquirió de acuerdo al nuevo componente. Pasó de ser una herramienta fija a ser una herramienta retráctil. Esto mejora la velocidad de la operación. El costo de la nueva herramienta fue de \$235.000.
3. Se instaló un nuevo sistema de rodillos para mejorar el desplazamiento de estos y para eliminar el desplazamiento de los operarios. El costo de los rodillos y su instalación fue de \$1.345.000. Se contrató externo.

La siguiente gráfica ilustra los cambios:

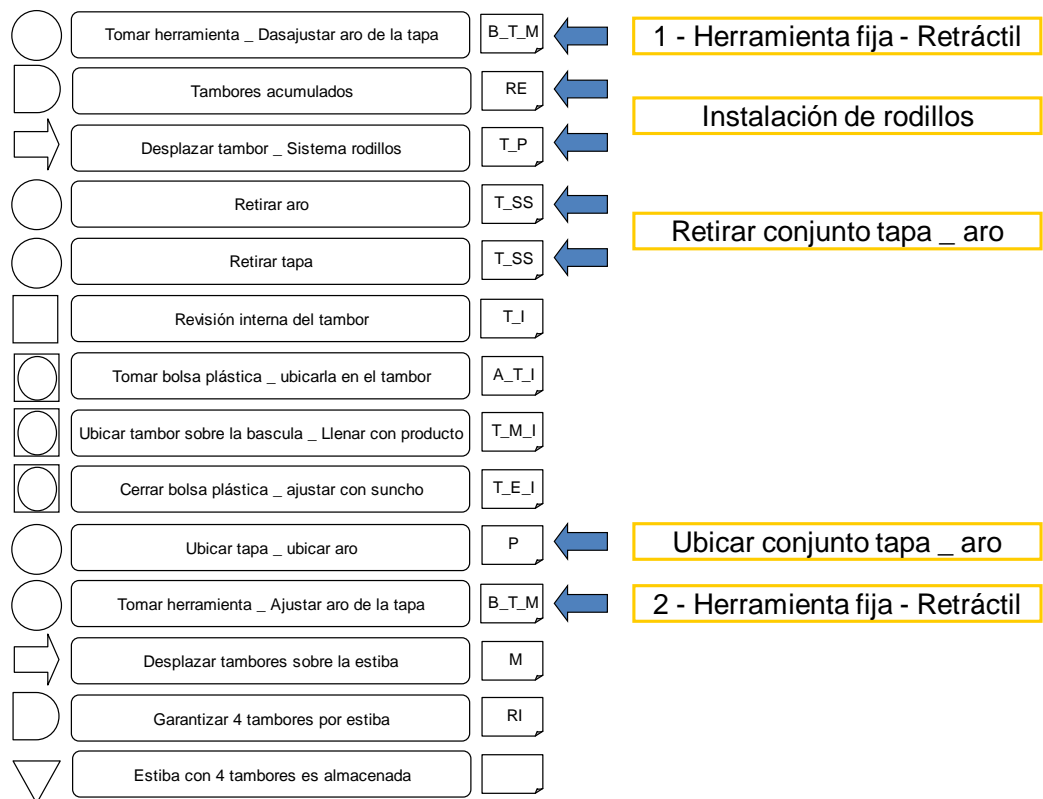


DIAGRAMA 7. AJUSTES AL PROCESO DE EMPAQUE DE TAMBORES.

FUENTE: LOS AUTORES

Después de desarrollado el proceso de mejora, se procedió a tomar nuevamente los datos, para poder evidenciar si la mejora impactó o no en el proceso:

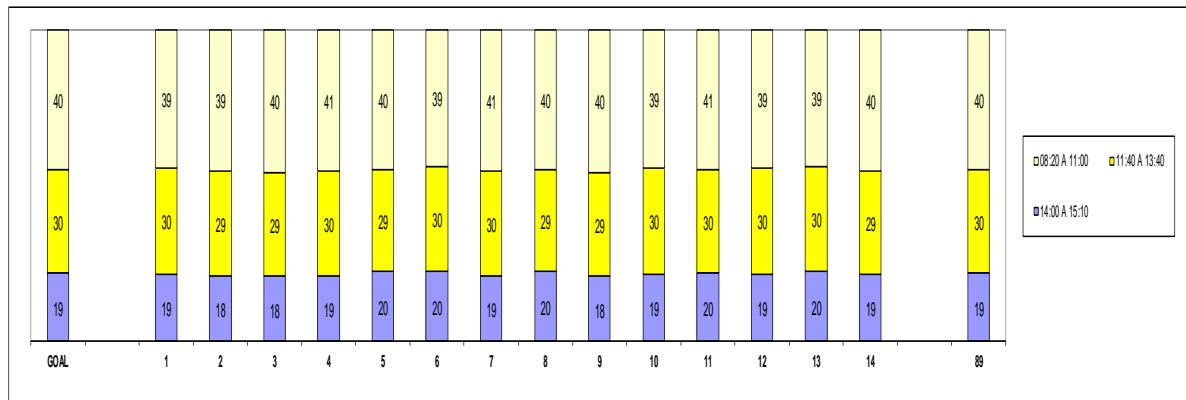
DATOS FINALES														
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14
TIEMPO 1 EMP	39	39	40	41	40	39	41	40	40	39	41	39	39	40
TIEMPO 2 EMP	30	29	29	30	29	30	30	29	29	30	30	30	30	29
TIEMPO 3 EMP	19	18	18	19	20	20	19	20	18	19	20	19	20	19
TOTAL	88	86	87	90	89	89	90	89	87	88	91	88	89	88

PROMEDIO	DESV. EST	VELOC
39,79	9,83	3,52
29,57	6,50	4,06
19,14	4,49	3,66
88,50	1,34	3,73

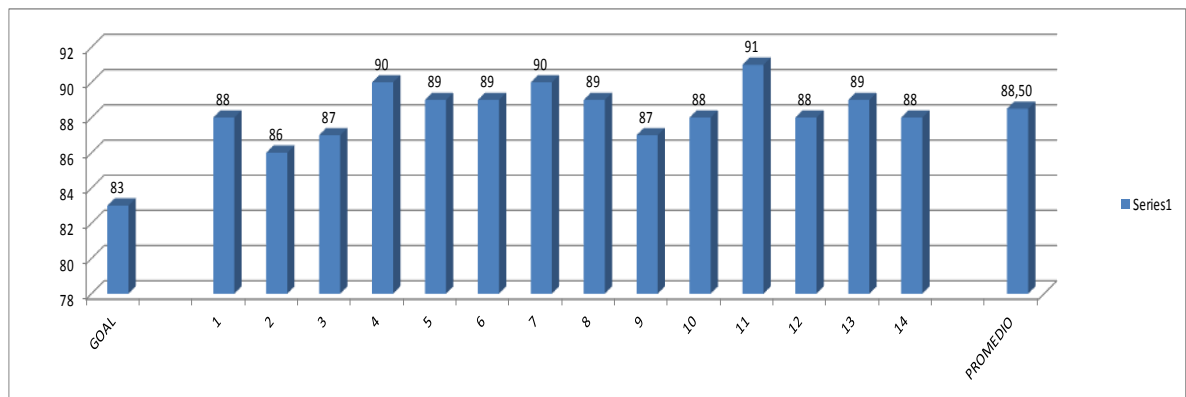
Kg. Por turno	25665
---------------	-------

TABLA 31. DATOS OBTENIDOS DESPUES DE LOS CAMBIOS. FUENTE: LOS AUTORES

La siguiente gráfica ilustra los resultados obtenidos etapa a etapa:



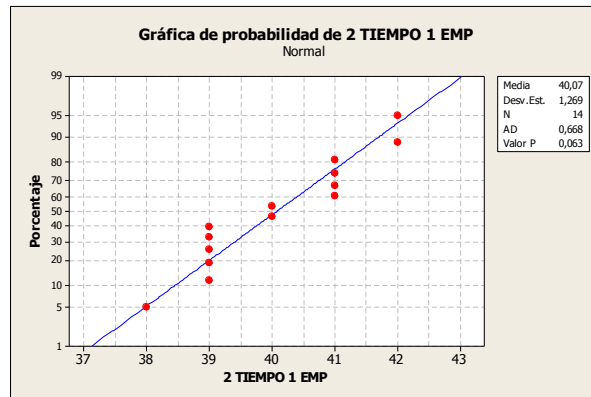
GRAFICA 50. DATOS ETAPA POR ETAPA DESPUES DE LA MEJORA. FUENTE: LOS AUTORES



GRAFICA 51. DATOS DIARIOS DESPUES DE LA MEJORA. FUENTE: LOS AUTORES

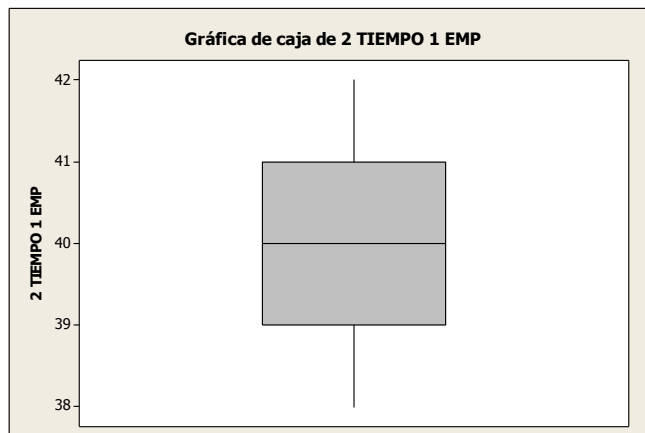
### 3.3.6.4 REVISIÓN DE NORMALIDAD Y DE DATOS ATÍPICOS EN LOS DATOS FINALES

Se procedió a realizar el análisis para las tres etapas diarias de empaque. Etapa de empaque 1. 8:20 AM a 11:00 AM:



GRAFICA 52. ANÁLISIS DE NORMALIDAD ETAPA DE EMPAQUE 1 MEJORADA

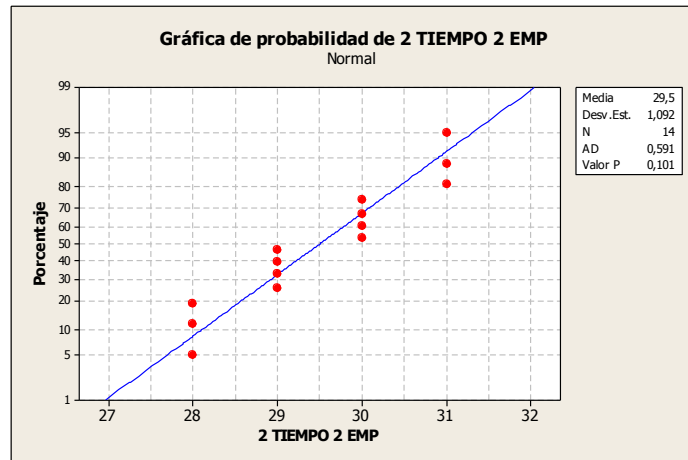
El valor p encontrado 0,063 es mayor que 0,05. Esto indica que el proceso de empaque en la etapa 1 (de 8:20 a 11:00 a.m.) presenta Normalidad.



GRAFICA 53. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 1 MEJORADA

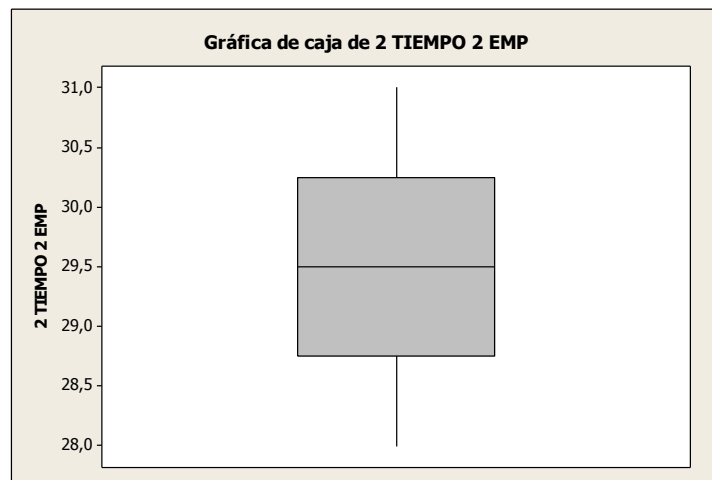
El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de empaque durante la etapa 1.

Etapa 2. 11:40 AM a 1:40 PM:



GRAFICA 54. ANÁLISIS DE NORMALIDAD ETAPA DE EMPAQUE 2 MEJORADA

El valor p encontrado 0,101 es igual que 0,05. Esto indica que el proceso de empaque en la etapa 1 (de 11:40 a.m. a 1:40 p.m.) presenta Normalidad.

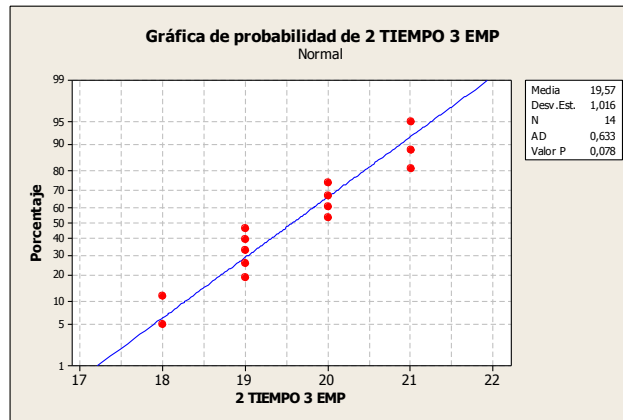


GRAFICA 55. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 2 MEJORADA

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de empaque durante la etapa 2.

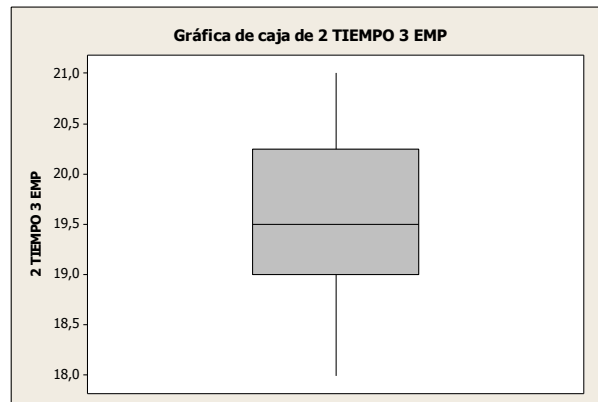


Etapa 3. 2:00 PM a 3:10 PM.



GRAFICA 56. ANÁLISIS DE NORMALIDAD ETAPA DE EMPAQUE 3 MEJORADA

El valor p encontrado 0,078 es igual que 0,05. Esto indica que el proceso de empaque en la etapa 1 (de 2:00 a 3:10 p.m.) presenta Normalidad.



GRAFICA 57. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 3 MEJORADA

El gráfico de cajas y bigotes muestra que no hay datos atípicos en el proceso de empaque durante la etapa 3.

De los anteriores análisis realizados por medio de la herramienta MINITAB 15, podemos concluir que los datos tomados en las dos mediciones presentan

Normalidad. Teniendo esta información, procedemos a realizar la prueba de varianzas.

Definimos que:

$H_0$  = Las varianzas son iguales

$H_1$  = Las varianzas son diferentes

### Prueba T e IC de dos muestras: TTL 1. TTL 2

T de dos muestras para TTL 1 vs. TTL 2

				Media del Error
	N	Media	Desv.Est.	Estándar
TTL 1	14	82,79	1,19	0,32
TTL 2	14	88,50	1,34	0,36

Diferencia =  $\mu$  (TTL 1) -  $\mu$  (TTL 2)

Estimado de la diferencia: -5,714

IC de 95% para la diferencia: (-6,702. -4,727)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -11,92 Valor P = 0,000 GL =

25

Como el valor p es menor que 0,05 entonces rechazo  $H_0$ . Por tanto las varianzas son diferentes.

Como ya habíamos encontrado que las dos series de datos son normales, utilizamos la prueba F para realizar la prueba de las Hipótesis.

$H_0$  = Las medias son iguales

$H_1$  = Las medias son diferentes

### Prueba T e IC de dos muestras: TTL 1. TTL 2

T de dos muestras para TTL 1 vs. TTL 2

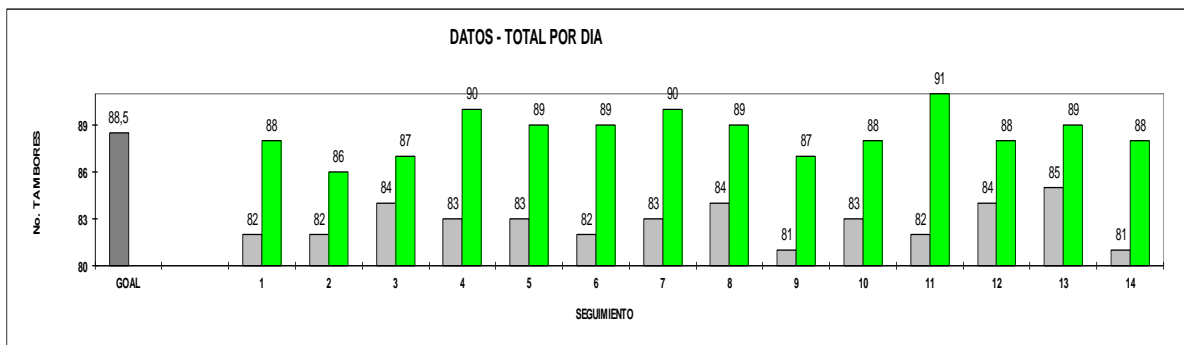
				Media del Error
	N	Media	Desv.Est.	Estándar
TTL 1	14	82,79	1,19	0,32
TTL 2	14	88,50	1,34	0,36

Diferencia =  $\mu$  (TTL 1) -  $\mu$  (TTL 2)

Estimado de la diferencia: -5,714  
 IC de 95% para la diferencia: (-6,700. -4,729)  
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -11,92 Valor P = 0,000 GL = 26  
 Ambos utilizan Desv.Est. Agrupada = 1,2688

Como el valor p es menor que 0,05, entonces rechazo Ho. Por tanto las medias son diferentes. Al revisar el estimado de la diferencia y el valor p, encontramos que hay diferencia significativa entre las medias, se rechaza la Hipótesis Ho. Las medias son diferentes, con lo cuál se comprueba que si hay evidencia estadística del mejoramiento en el proceso de empaque de tambores.

A continuación vamos a ilustrar la mejora:



GRAFICA 58. COMPARATIVO ANTES Y DESPUÉS DE LA MEJORA. FUENTE: LOS AUTORES

Con los cambios realizados al proceso se logró una mejora promedio de casi seis tambores por turno (5,71 Tambores). Antes de la mejora se empacaban en promedio casi 83 tambores diarios (82,8) con una desviación de 1,19 y se pasó a 89 tambores con una desviación estándar de 1,34. En kilogramos empacados se pasó de 24008 Kg a 25665 Kg. Estos datos demuestran que hubo una mejora de la productividad equivalente al 6,46%.

A precios del primero de enero de 2012, estos cinco tambores significan un ingreso de \$17.445.714,29. La información referente al margen de contribución unitaria que entrega cada tambor no fue suministrada por la empresa.

### 3.4 FACTIBILIDAD

Una de las grandes satisfacciones que dejó esta Tesis es que se desarrolló para un departamento de la empresa, y que ante los buenos resultados arrojados, la empresa decidió aplicar la metodología en otros departamentos.

A nivel externo, el Ingeniero Quijano ha utilizado esta metodología en capacitaciones orientadas en empresas como Sena, Familia del Pacífico, Kimberly Clark, entre otras, y como profesor en el desarrollo de la asignatura Gerencia de Procesos de la Universidad del Valle.

Esta metodología es aplicable a cualquier proceso productivo debido a su coherencia y a la validez de los conceptos por ella utilizados. Como se leerá mas adelante en las conclusiones, el diablo está en los detalles, y en los detalles las pequeñas mejoras que son en realidad grandes oportunidades.

## 4.1 CONCLUSIONES

### 4.1.1 CONCLUSION GENERAL

1. La aplicación de las herramientas de calidad y las herramientas de mejoramiento de problemas nos permitió identificar y seleccionar procesos productivos cuyo mejoramiento impactó significativamente la productividad de la empresa. Rediseñamos el sistema de trabajo de los dos procesos escogidos como objeto de estudio y cumplimos con las metas trazadas en el proyecto. Para el proceso de empaque de tambores se pasó de 24 a 25,7 toneladas empacadas por día. Para el tiempo utilizado en realizar los cambios de referencia se pasó de seis (6) a cinco, cuatro (5,4) horas.

### 4.1.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

1. Existen diversas metodologías y herramientas de ingeniería diseñadas para identificar procesos susceptibles de mejoramiento. Nuestro proyecto por medio de las herramientas aprendidas en el curso de “Diseño de Sistemas de trabajo y organizaciones” logró dicha identificación de forma técnica. Para lograr este resultado fue necesario contar con el apoyo de la gerencia y de los trabajadores.
2. La identificación de las variables y su cuantificación fue el resultado del uso de diversas herramientas (Lluvia de ideas, Evaluación cuantitativa, etc.). El correcto uso de estas herramientas permitió los mejoramientos obtenidos. La dificultad de este proceso radicó en la elección correcta de las variables a estudiar y mejorar.
3. Por medio de esta tesis logramos un incremento de la productividad para el proceso de cambio de referencia de 0,6 horas por cambio de referencia y para el empaque de tambores del 6,06% diario (1.559 Kg/Día). Estas 0,6 horas “ahorradas” en el cambio de referencia significa una producción de aproximadamente 1928 Kg mas empacados cada vez que se hace un cambio de referencia.

4. La documentación de los procesos permitió un mayor conocimiento de los aciertos y las fallas que se pueden tener. La eliminación de tareas que no agregaban valor (como la apertura y cierre del man hole lateral y la instalación de rodillos para mover los tambores) fue posible por el análisis de la documentación y tuvo como resultado mejoras evidentes para el proceso y la productividad de estos.
5. De la teoría al piso de producción: El uso de la teoría en proyectos aplicados. Durante el pregrado, la especialización y la maestría que los dos estudiantes cursamos, vimos y aprendimos sobre muchas teorías. Este trabajo fue la aplicación de toda esa teoría y su resultado el mejoramiento de dos procesos críticos para la empresa. Se demuestra el beneficio de las herramientas aprendidas en la maestría. Se demostró el mejoramiento de la productividad de los dos procesos trabajados, pasando para el proceso de cambio de referencia de 6 horas a 5,4 horas, y para el proceso de empaque de tambores, pasamos de 24.143 Kg diarios a 25.701 Kg Diarios.
6. Gestión del conocimiento: El conocimiento exacto de las variables de un proceso por arte del operario “dueño” del proceso hizo que se encontraran oportunidades donde no se esperaba. El aporte del personal operativo fue uno de los aportes más importantes en pro del cumplimiento del objetivo de esta tesis.
7. Kaizen: El abrir el panorama, el escuchar nuevas ideas, nuevos conceptos, facilitó el proceso del cambio. Evitó que las situaciones del día a día se convirtieran en “paisaje” y se transformara en una mejorara continua día tras día. Su uso en el proyecto y la concientización del personal que trabajó con nosotros en el proyecto significó encontrar detalles y oportunidades de mejora que utilizamos en pro del cumplimiento de las metas de la tesis.
8. “El diablo esta en los detalles”: Se evidenciaron mejoras en el corto plazo, pequeñas mejoras con grandes oportunidades, pequeñas mejoras que multiplicadas por el número de personas involucradas en ellas producen un gran efecto. La tabla siguiente ilustra los resultados obtenidos:

RESULTADOS OBTENIDOS					
PROCESO	DATO REAL	META EMPRESA	TARGET TESIS	RESULTADO OBTENIDO	MEJORA
TONELADAS EMPACADAS AL DIA	24,0	25	25,5	25,7	1,7
TIEMPO EN CAMBIOS DE REFERENCIA	6,0	5,5	5,5	5,3	-0,62

TABLA 32. RESULTADOS OBTENIDOS. FUENTE: LOS AUTORES

9. Lo importante de tener y aplicar un método: Se desarrolla la metodología de aplicación del trabajo (Herramientas, antes, después, beneficio) con gran éxito.
10. Sociología del trabajo: El éxito de este proyecto radicó en que se logró hacer que los trabajadores vieran el cambio como una situación que mejora no sólo a la empresa sino a ellos mismos. Para lograr que los mismos trabajadores fueran actores y partícipes del proyecto, así como que pusieran en marcha el proyecto y sus resultados, se trabajó con ellos durante todo el proceso, teniendo como premisa que para el trabajador debía existir claridad total respecto a:
  1. Empoderamiento del trabajador sobre su proceso y sobre el proceso de mejoramiento.
  2. Razones de ganancia para el trabajador y para la empresa.
  3. Toma de sus propios datos. Que el mismo trabajador evalúe su desempeño de acuerdo a los indicadores planteados por la empresa.
  4. Escucha de sugerencias propuestas, no sólo de los miembros del equipo de trabajo sino de todos los involucrados en el proceso.
  5. Reuniones de trabajo periódicas, cortas y eficientes.
  6. Promoción de la satisfacción de los empleados. El cambio es para mejorar las condiciones de trabajo de ellos.
  7. Dejar evidencia – Lecciones de un punto. Las largas capacitaciones muchas veces no producen el efecto deseado.
  8. Convencimiento a la gerencia de su apoyo total para llevar a cabo este proyecto.

## 4.2 LIMITACIONES

Existió una serie de limitaciones que afectaron negativamente los resultados del proyecto:

1 Limitación de información: La información preliminar entregada por la empresa es resultado de la información cargada por los operarios en el sistema de información de la empresa. En muchos casos el personal encargado de suministrar dicha información, no lo hace de forma veraz sino que altera algunos datos para esconder o evitar problemas referentes a su evaluación de desempeño.

2 Limitación de tiempo: Parte esencial del proceso era la participación del grupo operativo. En ocasiones las jornadas de toma de datos y revisión del proceso se extendían mas allá de lo presupuestado, generando malestar en el equipo.

3 Limitación de recursos: Para el desarrollo del proyecto, el equipo y la empresa destinaron unos recursos representados en la mano de obra que participó en él, así como el tiempo del personal encargado de recopilar la información preliminar. Dichos recursos eran limitados y fue necesario maximizar su uso.

## 4.3 FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION

En lo que concierne a las líneas de investigación futura, durante el proceso de elaboración de este trabajo se ha considerado útil la creación de un departamento de productividad encargado de recolectar información sobre los procesos y evaluar los métodos o sistemas para su mejoramiento.

Para este proyecto se tomó solo dos de los cinco problemas más relevantes en su proceso productivo de acuerdo a los siete desperdicios. Inicialmente se esperaba que la empresa autorizara trabajar sobre los otros problemas y que también



permita replicar la metodología en otros departamentos y procesos, situación que si ocurrió.

## 5. DIVULGACION

La empresa IDM exigió que esta investigación no fuera divulgada al exterior debido a que contiene información clasificada como confidencial. El ingeniero Valencia (miembro del equipo del proyecto) ha sido invitado a presentar esta tesis en diferentes departamentos de la empresa. Ha sido para la empresa muy importante el poder extender esta metodología a otros procesos y departamentos, ya que es evidenciable las mejoras obtenidas, y para la empresa el incremento en su productividad se puede convertir en una mayor utilidad y rentabilidad.

## 6. PLANEACION

### a. FASES Y PRESUPUESTO

Esta tesis de grado se desarrolló de acuerdo al siguiente cronograma.

CRONOGRAMA DEL PROYECTO																								
Actividad / Semanas	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Definición del tema del Proyecto de Grado	■																							
Busqueda de la empresa de estudio					■																			
Descripción y formulación del problema									■															
Establecimiento de los objetivos, justificación y alcance													■											
Elaboración del Marco Teórico													■											
Aspectos Metodológicos y Administración del Proyecto																	■							
Recolección de datos																	■							
Actividad / Semanas	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Análisis de la información	■				■				■				■											
Desarrollo del documento																	■							
Actividad / Semanas	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero											
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64								
Desarrollo del documento	■				■				■															
Conclusiones													■											
Actividad / Semanas	Febrero				Marzo				Abril				Mayo											
	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80								
Correcciones y Ajustes	■				■				■															
Sustentación Proyecto													■											

TABLA 33. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

FUENTE: LOS AUTORES

El presupuesto utilizado en esta tesis se presenta en la siguiente tabla:

Actividad / Semanas	SUMINISTROS	MANO DE OBRA	TRANSPORTE
Definición del tema del Proyecto de Grado	\$ 2.000	\$ 1.000.000	\$ 250.000
Busqueda de la empresa de estudio	\$ -	\$ 50.000	\$ -
Descripción y formulación del problema	\$ 5.000	\$ 2.000.000	\$ 250.000
Establecimiento de los objetivos, justificación y alcance	\$ 5.000	\$ 2.000.000	\$ 50.000
Elaboración del Marco Teórico	\$ 2.000	\$ 1.000.000	\$ 50.000
Aspectos Metodológicos y Administración del Proyecto	\$ 1.000	\$ 2.000.000	\$ 250.000
Recolección de datos	\$ 10.000	\$ 1.000.000	\$ 250.000
Análisis de la información	\$ 2.000	\$ 5.000.000	\$ 250.000
Desarrollo del documento	\$ 5.000	\$ 4.000.000	\$ 250.000
Conclusiones	\$ 2.000	\$ 500.000	\$ 100.000
Correcciones y Ajustes	\$ 10.000	\$ 2.000.000	\$ 150.000
Sustentación Proyecto	\$ 10.000	\$ 200.000	\$ 50.000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 54.000</b>	<b>\$ 20.750.000</b>	<b>\$ 1.900.000</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 22.704.000</b>

TABLA 34. PRESUPUESTO UTILIZADO

FUENTE: LOS AUTORES

Vale la pena aclarar que los insumos hacen referencia al consumo de papel, lapiceros y elementos de oficina utilizados. La mano de obra es el tiempo utilizado por el equipo de trabajo, con un precio por hora de \$50.000. El transporte es el número de viajes realizados para trabajar conjuntamente con un precio de \$50.000.

#### 7. INFORMACION ADICIONAL. FOTOS DE LOS ENCARGADOS DEL PROYECTO Y LOS TRABAJADORES.



## 8. BIBLIOGRAFIA

### a. INDICE DE TABLAS

TABLA 1. TESIS DE LAS PRINCIPALES UNIVERSIDADES DEL PAÍS POR AÑO TEMA LEAN MANUFACTURING.....	12
TABLA 2. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	16
TABLA 3. PLANEACION DE RECOLECCION DE LA INFORMACION PRIMARIA Y SECUNDARIA.....	24
TABLA 4. ACTIVIDADES Y RESULTADOS DEL PROYECTO.....	35
TABLA 5. RESULTADOS USO MULTIVOTACION.....	36
TABLA 6. OPORTUNIDADES DE MEJORA (GEMBA/GENBUTSU) Y SU RELACIÓN CON LAS SIETE PÉRDIDAS.....	38
TABLA 7. ANALISIS COSTO BENEFICIO PARA LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA IDENTIFICADAS.....	39
TABLA 8. CUADRICULA DE SELECCIÓN. PRIORIZACION CUALITATIVA.....	41
TABLA 9. CHECK LIST PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA. HERRAMIENTA UTILIZADA EN LOS DOS PROBLEMAS DEFINIDOS PARA MEJORAR.....	42
TABLA 10. RESULTADOS ESTADISTICOS Y REALES DE LOS DOS PROCESOS ESCOGIDOS.....	43
TABLA 11. HIPÓTESIS, NIVEL DE MEJORAMIENTO ESPERADO CON EL PROYECTO CASO DE GRADO.....	43
TABLA 12. DATOS INICIALES CAMBIO DE REFERENCIA.....	44

TABLA 13. ESTADO INICIAL TIEMPO DE CAMBIO DE REFERENCIA.....	50
TABLA 14. TAREAS REALIZADAS PARA EL CAMBIO DE REFERENCIA AL INICIO DEL ESTUDIO.....	60
TABLA 15. TAREAS QUE PUEDEN SER ELIMINADAS PARA EL CAMBIO DE REFERENCIA.....	61
TABLA 16. IDENTIFICACION DE LAS TAREAS EN INTERNAS Y EXTERNAS.	62
TABLA 17. CONVIERTA EN EXTERNAS LA MAYOR CANTIDAD DE TAREAS INTERNAS.....	63
TABLA 18. OPTIMIZACIÓN DE TAREAS INTERNAS.....	64
TABLA 19. TOMA DE DATOS DESPUÉS DE LA MEJORA.....	66
TABLA 20. ANTES Y DESPUÉS POR CADA ETAPA DEL PROCESO.....	76
TABLA 21. AHORRO FINAL OBTENIDO POR CADA CAMBIO DE REFERENCIA.....	78
TABLA 22. DATOS INICIALES CAPACIDAD DE EMPAQUE EN TAMBORES....	78
TABLA 23. DATOS INICIALES CAPACIDAD DE EMPAQUE EN TAMBORES. FUENTE: LOS AUTORES.....	79
TABLA 24. THERBLIG´S EFECTIVOS Y NO EFECTIVOS.....	84
TABLA 25. VALORACION DEL DESEMPEÑO DEL TRABAJO.....	84
TABLA 26. ANALISIS DE SUPLEMENTOS VARIABLES.....	85
TABLA 27. CRONOMETRAJE DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE EMPAQUE DE TAMBORES.....	86
TABLA 28. RESULTADOS DEL PROCESO.....	87

TABLA 29. RESUMEN DATOS ANTES DE LA MEJORA.....	87
TABLA 30. CONVENCIONES PARA LOS THERBLIG´S.....	90
TABLA 31. DATOS OBTENIDOS DESPUES DE LOS CAMBIOS.....	94
TABLA 32. RESULTADOS OBTENIDOS. FUENTE: LOS AUTORES.....	103
TABLA 33. CRONOGRAMA DEL PROYECTO.....	106
TABLA 34. PRESUPUESTO UTILIZADO.....	107

#### b. INDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1.MODELO UTILIZADO EN LA TESIS.....	26
DIAGRAMA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO TESIS IDM.....	27
DIAGRAMA 3. DIAGRAMA PROCESO DE CAMBIO DE REFERENCIA.....	47
DIAGRAMA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES.....	89
DIAGRAMA 5. THERBLIG´S IDENTIFICADOS EN EL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO EMPAQUE DE TAMBORES.....	91
DIAGRAMA 6. ACTIVIDADES A REDISEÑAR EN EL PROCESO DE EMPAQUE DE TAMBORES.....	92
DIAGRAMA 7. AJUSTES AL PROCESO DE EMPAQUE DE TAMBORES.....	93

#### c. INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. MARCO TEÓRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA.....	18
GRAFICA 2. SECUENCIA HISTORICA DEL LEAN MANUFACTURING.....	21
GRAFICA 3. COSTO DE OPORTUNIDAD CUANTITATIVA PARA LAS DIFERENTES IDEAS DE MEJORAMIENTO.....	40
GRAFICA 4. PROYECCION DE MEJORA HORAS EN LOS CAMBIOS DE REFERENCIA.....	45
GRAFICA 5. PROYECCION DE MEJORA ECONOMICA CAMBIOS DE REFERENCIA (en millones de pesos).....	46
GRAFICA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CAMBIO DE REFERENCIA.....	48
GRAFICA 7. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CONVERSIÓN.....	52
GRAFICA 8. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO CONVERSIÓN.....	52
GRAFICA 9. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO NEUTRALIZACIÓN.....	53
GRAFICA 10. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO NEUTRALIZACIÓN.....	53
GRAFICA 11. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CLARIFICACIÓN.....	54
GRAFICA 12. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO CLARIFICACIÓN...	54
GRAFICA 13. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO DECOLORACIÓN.....	55
GRAFICA 14. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO DECOLORACIÓN..	55
GRAFICA 15. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO PULIDO.....	56
GRAFICA 16. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO PULIDO.....	56

GRAFICA 17. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO EVAPORACIÓN.....	57
GRAFICA 18. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO EVAPORACIÓN....	57
GRAFICA 19. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE SHIFT .....	58
GRAFICA 20. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE SHIFT.....	58
GRAFICA 21. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO...59	
GRAFICA 22. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE.....	59
GRAFICA 23. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CONVERSIÓN.....	67
GRAFICA 24. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO CONVERSIÓN.....	67
GRAFICA 25. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO NEUTRALIZACIÓN.....	68
GRAFICA 26. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO NEUTRALIZACIÓN.....	68
GRAFICA 27. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO CLARIFICACIÓN.....	69
GRAFICA 28. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO CLARIFICACIÓN..	69
GRAFICA 29. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO DECOLORACIÓN.....	70
GRAFICA 30. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO DECOLORACIÓN..	70
GRAFICA 31. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO PULIDO.....	71
GRAFICA 32. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO PULIDO.....	71
GRAFICA 33. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO EVAPORACIÓN.....	72
GRAFICA 34. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO EVAPORACIÓN....	72



GRAFICA 35. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO...	73
GRAFICA 36. GRÁFICA DE CAJA Y BIGOTES. PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE SHIFT .....	73
GRAFICA 37. ANÁLISIS DE NORMALIDAD PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE.....	74
GRAFICA 38. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE.....	74
GRAFICA 39 COMPARATIVO TIEMPO PROMEDIO POR ETAPAS PROCESO ANTERIOR (BARRAS) VS PROCESO ACTUAL (LINEA).....	77
GRAFICA 40. COMPARATIVO ANTES Y DESPUES DE LAS MEJORAS.....	77
GRAFICA 41. ANALISIS DE NORMALIDAD ETAPA 1 PROCESO DE EMPAQUE.....	80
GRAFICA 42. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 1.....	80
GRAFICA 43. ANALISIS DE NORMALIDAD ETAPA 2 PROCESO DE EMPAQUE.....	81
GRAFICA 44. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 2.....	81
GRAFICA 45. ANALISIS DE NORMALIDAD ETAPA 3 PROCESO DE EMPAQUE.....	82
GRAFICA 46. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 3.....	82
GRAFICA 47. DIAGRAMA DEL PROCESO DE EMPAQUE DE JARABE.....	83

GRAFICA 48. DATOS INICIALES EMPAQUE DE TAMBORES.....	88
GRAFICA 49. UNIDADES EMPACADAS DE TAMBORES LOS DIAS ESTUDIADOS, DATO INICIAL .....	88
GRAFICA 50. DATOS ETAPA POR ETAPA DESPUES DE LA MEJORA.....	94
GRAFICA 51. DATOS DIARIOS DESPUES DE LA MEJORA. FUENTE: LOS AUTORES.....	95
GRAFICA 52. ANÁLISIS DE NORMALIDAD ETAPA DE EMPAQUE 1 MEJORADA .....	95
GRAFICA 53. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 1 MEJORADA.....	95
GRAFICA 54. ANÁLISIS DE NORMALIDAD ETAPA DE EMPAQUE 2 MEJORADA.....	96
GRAFICA 55. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 2 MEJORADA.....	96
GRAFICA 56. ANÁLISIS DE NORMALIDAD ETAPA DE EMPAQUE 3 MEJORADA.....	97
GRAFICA 57. GRAFICA DE CAJA Y BIGOTES PROCESO ALMACENAMIENTO TANQUE DE EMPAQUE ETAPA 3 MEJORADA.....	97
GRAFICA 58. COMPARATIVO ANTES Y DESPUÉS DE LA MEJORA.....	99

#### d. INDICE DE ANEXOS

1. A business Process
2. Applying LM to purchasing processes
3. Beyond world class
4. Evolution of manufacturing
5. Exploring the role of standar costing in lean manufacturing
6. Implementing LM
7. Lean manufacturing
8. Managing lean manufacturing
9. The benefits of lean manufacturing
10. The Toyota way in services
11. Aplicación de lean manufacturing en la industria colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de grado
12. Como implantar realmente el lean management
13. Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad
14. Los beneficios de las empresas durante la implantación del lean
15. Situación de la Competitividad en México
16. Business Process Management
17. Análisis ergonómico del puesto de trabajo
18. Análisis exploratorio de datos
19. Competitividad empresarial
20. Referencias bibliográficas estilo APA

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1 Deming, E. (1982), "Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis", (5ta Ed. Pp. 1 prefacio). Cambridge: Editado por Cambridge University Press.
- 2 Daft, R.L. y Marcic, D. (2006) "Introducción a la administración", (4ta Ed., pp. 151). Nueva York: Editorial Thomson.
- 3 Geisler, C. (1991). Toward a sociocognitive model of literacy: Constructing mental models in a philosophical conversation. En C. Bazerman & J.Paradis (Eds.), Textual dynamics in the professions: Historical and contemporary studies of writing in professional communities. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 171-190
- 4 C. López y S. Toner (2000) "De la teoría a la aplicación: recursos lingüísticos para la valoración y la contextualización del conocimiento en las disciplinas científicas". En F. Luttkhuizen (ed.) Actes del III Congrés Internacional sobre Llengües per a Finalitats Específiques. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona, pp. 219-223.
- 5 García, O. (2001) Administración financiera. Fundamentos y aplicaciones. (3 Ed. pp. 5 -8), Cali, Editorial Mc Graw Hill.
- 6 Kim, J.P. y Vicente, M.A. (2009, diciembre). Competitividad empresarial. Conferencia presentada para la empresa BDO en Buenos Aires, Argentina, página 1.
- 7 Kim, J.P. y Vicente, M.A. (2009, diciembre). Competitividad empresarial. Conferencia presentada para la empresa BDO en Buenos Aires, Argentina, página 6.
- 8 Los autores

- 9 Quijano, F. (2011). La historia del Lean Manufacturing. Recuperado el 25 de Julio de 2012, de [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm)
- 10 Arrieta, J.G. (2011, agosto). “Aplicación Lean Manufacturing en la industria Colombiana. Revisión de literatura en Tesis y proyectos de grado”, Universidad EAFIT, en Medellín, Colombia
- 11 Situación de la competitividad de México 2006. <Http://digitales.itam.mx/Diplomados/analisisyestrategia/Material/CompetitivIMCO.pdf>, pp. 525.
- 12 9 Situación de la competitividad de México 2006. <Http://digitales.itam.mx/Diplomados/analisisyestrategia/Material/CompetitivIMCO.pdf>, pp. 525.
- 13 Motwani, J. (2003). A business process change framework for examining lean manufacturing: a case Study". Michigan: Industrial Management & Data Systems, pp. 339 – 346
- 14 Osorio, J.C., (2010). Material de estudio Diseño de sistemas de trabajo y organizaciones. Cali, Universidad ICESI. 245 pp.
- 15 Quijano, F. (2011). La historia del Lean Manufacturing. Recuperado el 25 de Julio de 2012, de [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm)
- 16 Quijano, F. (2011). La historia del Lean Manufacturing. Recuperado el 25 de Julio de 2012, de [http://www.strategosinc.com/lean\\_manufacturing\\_history.htm](http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm)
- Equipo Vértice. (2007). Dirección de operaciones. Málaga: Editorial Vértice. Pp. 80
- 17 Zorrilla, A. (2007). Introducción a la metodología de la investigación. (1era ed., pp. 8-12). México: Editorial Océano [reimpresión 2007].
- 18 Baker, T.L. (1997) Doing Social Research. (2da Ed., pp. 54). USA, Editorial McGraw Hill.

- 19 Equipo Vértice. (2007). Dirección de operaciones. Málaga: Editorial Vértice. Pp. 14
- 20 Cuatrecasas, L. (2010). Lean Management: La gestión competitiva por excelencia. (3ra. Ed., pp. 109). Barcelona: Bresca Editorial.
- 21 Villaseñor, A. (2007). Manual de Lean Manufacturing (1era Ed., pp. 20). México: Editorial Limusa.
- 22 Meyers, F.E. y Stephens, M.P. (2002). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. (3ra Ed., pp. 4). USA, Editorial McGraw Hill.
- 23 Dudbridge, M. (2011). Handbook of Lean Manufacturing in the food industry. (1ra. Ed., pp.125) USA, Editorial Wiley-Blackwell.
- 24 Diez, F.A. (2007). Análisis de eficiencia de los departamentos universitarios. (1ra. Ed., pp.1) Madrid, Editorial Dikynson.
- 25 Alfaro, F. y Alfaro, M. (1999). Diagnósticos de productividad por multimomentos. (1ra. Ed., pp.25) Barcelona, Editorial Marcombo.
- 26 Del Val, M. y García, S. (1993). Cultura corporativa y competitividad de la empresa española. (1ra. Ed., pp.3) Barcelona, Editorial Díaz de Santos.
- 27 Meyers, F.E. (1993). Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. (2da. Ed., pp.3) USA, Editorial Pearson.
- 28 Shingo S. (1985). A revolution in manufacturing: The SMED System (1era Ed. Pp. 14). Tokyo: Japan Management Association.
- 29 Shingo S. (1985). A revolution in manufacturing: The SMED System (1era Ed. Pp. 17). Tokyo: Japan Management Association.
- 30 Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

31 Meyers, F.E. (2000). Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. (1ra. Ed., pp.13) USA, Editorial Pearson.

Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

32 Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

33 Garzón, J.C. (2010, Marzo). Documento presentado en la Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad Icesi, Cali, Colombia.