

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN LA CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LIBERACIÓN
DE MATERIAL DEL LABORATORIO DE
INSPECCIÓN DE MATERIA PRIMA, DE UNA
EMPRESA DEL SECTOR DE MANUFACTURA DE
DISPOSITIVOS MÉDICOS, APLICANDO
CONCEPTOS DE MANUFACTURA ESBELTA.

Sustentante
Zico Alfredo Arrieta Pérez

Tutor
Ing. George Dany Ramírez Vargas

Noviembre, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: PROBLEMA DEL PROYECTO	19
1.1 PROBLEMA DEL PROYECTO	20
1.1.1 Introducción al tema del proyecto	20
1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa.....	21
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.2.1 La idea del problema.....	26
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	28
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	29
1.4.1 Objetivo general.....	29
1.4.2 Objetivos específicos	29
1.5 ALCANCES, EXCLUSIONES Y LIMITACIONES	30
1.5.1 Alcances.....	30
1.5.2 Limitaciones.....	31
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	33
2.1 Marco conceptual relativo al aspecto de la carrera, el cual sirva de fundamento al proyecto que se pretende desarrollar	34
2.1.1 La calidad y su inicio	34
2.1.2 Definición de la calidad.....	37
2.1.3 Joseph M. Juran (1904-2008).....	38

2.1.4	W. Edwards Deming (1900-1993)	41
2.1.5	Armand V. Feigenbaum (1922-)	44
2.1.6	Philip B. Crosby (1926-2001).....	46
2.1.7	Kaouro Ishikawa (1915-1989).....	47
2.2	Marco de la gestión de proyectos	50
2.2.1	Seis Sigma y su inicio	50
2.2.2	Mejora de procesos utilizando la metodología DMAIC.....	55
2.3	Marco conceptual referente al impacto de un proyecto	68
2.4	Antecedentes de teorías o proyectos: resultados de experiencias anteriores, similitudes o diferencias.....	75
2.4.1	Antecedentes de teorías o proyectos	76
2.4.2	Resultados de experiencias anteriores	85
2.4.3	Similitudes o diferencias	88
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		93
3.1	Tipo de investigación.....	94
3.2	Metodología para la medición y respaldo cuantitativo del proyecto	95
3.2.1	Determinar la metodología para la recolección de los datos del proceso 95	
3.2.2	Antecedentes históricos del proceso	95
3.2.3	Realización de estudio de tiempos	96

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o implementación de un nuevo proceso, producto o servicio	97
3.4 Metodología para la implementación del proyecto	101
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento del proyecto	102
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	104
4.1 Proceso de liberación de materia prima	105
4.2 Diagnóstico del proceso	114
4.3 Estudio de tiempo para la definición de la muestra preliminar por tipo de material.....	119
4.4 Conclusiones	137
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	139
5.1 Diseño de planta, propuesta de mejora	140
5.2 Análisis y propuesta de búsqueda de material.....	149
5.3 Implementación del plan piloto para aumentar la capacidad de materiales liberados	151
5.3.1 Resultados obtenidos antes de implementar las mejoras con el plan piloto	154
5.3.2 Resultados obtenidos después de implementar las mejoras con el plan piloto	158
5.4 Análisis económico	166

5.5	Aseguramiento, control y seguimiento del proyecto	170
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		171
6.1	Conclusiones	172
6.2	Recomendaciones	174
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		175
APÉNDICE 1. FORMULARIO DE OBSERVACIONES DE MUESTRA PRELIMINAR		179
APÉNDICE 2. FORMULARIO DE OBSERVACIONES DE MUESTRA PARA EL TIEMPO ESTÁNDAR.....		184
APÉNDICE 3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE RESIDUOS DE LOS TIPOS DE MATERIALES		191
APÉNDICE 4. DISEÑO Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN Y LOCALIZACIONES DEL LABORATORIO DE INSPECCIÓN DE MATERIA.....		195
APÉNDICE 5. FOTOS DE LOS MATERIALES EN EL ÁREA DE RECIBO.....		198
ANEXO 1. FORMULARIO DE OBSERVACIONES DE LAS MUESTRAS PRELIMINARES Y EL TIEMPO ESTÁNDAR VERIFICADO Y REVISADO		201
ANEXO 2. PROFORMA DE SERVICIOS		208
 ÍNDICE DE FIGURAS		
Figura 1: Fundadores de la compañía Boston <i>Scientific</i>		21
Figura 2: Sedes Y Recintos de la empresa Boston <i>Scientific</i> , Costa Rica.		23

Figura 3: Los tres procesos universales de la gestión para la calidad.	40
Figura 4: Ciclo de Deming.....	43
Figura 5: Diagrama de Ishikawa.	49
Figura 6: Estructura directiva y técnica de Seis Sigma	53
Figura 7: Las cinco etapas en la realización de un proyecto con Seis Sigma.	54
Figura 8: Diagrama de Pareto.....	70
Figura 9: Hoja de verificación.....	71
Figura 10: Diagrama PEPSU.	72
Figura 11: Comparación de la distribución de planta para el año 2011.....	89
Figura 12: Distribución de planta antes de la mejora para el año 2014.	90
Figura 13: Distribución de planta después de la mejora para el año 2014.....	91
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso del laboratorio de inspección de materia prima.	106
Figura 15. Tendencia de lotes liberados por mes de enero 2016 a Junio 2017.	109
Figura 16. Porcentaje de Horas Extras realizadas.....	110
Figura 17. Tendencia de cantidad de material en espera de inspección.....	111
Figura 18. Diagrama SIPOC del proceso de inspección de materia prima.	113
Figura 19. Diagrama de localización y distribución de planta actual del laboratorio de inspección de materia prima.	116
Figura 20. Cantidad de números de partes que se inspeccionan en el laboratorio de inspección de materia prima.	120
Figura 21. Histograma tiempo de búsqueda material de empaque.....	126
Figura 22. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de empaque...	127

Figura 23. Diagrama de recorrido del proceso actual de la liberación de la materia prima.	131
Figura 24. Diagrama de Causa y Efecto del laboratorio de inspección de materia prima.	132
Figura 25. Diagrama de Pareto del laboratorio de inspección de materia prima.....	135
Figura 26. Diseño de localización y distribución de planta actual del laboratorio de inspección de materia prima.	146
Figura 27. Diseño de localización y distribución de planta propuesta del laboratorio de inspección de materia prima.	146
Figura 28. Tendencia del costo de inventario pendiente de inspección por semana, antes del plan piloto.	155
Figura 29. Porcentaje de horas extras utilizadas antes del plan piloto.....	157
Figura 30. Tendencia de la materia prima en espera de inspección diariamente....	159
Figura 31. Tendencia del costo de inventario pendiente de inspección por semana, después del plan piloto.....	161
Figura 32. Material en espera de inspección 2016 - 2017.	162
Figura 33. Porcentaje de horas extras utilizadas después del plan piloto.	164
Figura 34. Tendencia de lotes liberados por mes de enero 2016 a agosto 2017 después del plan piloto.....	165
Figura 35. Tasa Interna de Retorno del proyecto.	169
Figura 36. Histograma tiempo de búsqueda material de metales.	192
Figura 37. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de metales.	192
Figura 38. Histograma tiempo de búsqueda material de plástico.	193

Figura 39. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de plástico.....	193
Figura 40. Histograma tiempo de búsqueda material de químicos.	194
Figura 41. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de químicos. ...	194
Figura 42. Diseño actual de distribución y localizaciones del laboratorio de inspección de materia prima.	196
Figura 43. Propuesta de diseño de distribución y localizaciones del laboratorio de inspección de materia prima.	197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dos dimensiones de la calidad.	37
Tabla 2. Relaciones de tiempo observado, calificación y tiempo normal.	60
Tabla 3: Ecuaciones del modelo de Bassan.....	80
Tabla 4: Resultados finales del modelo.....	81
Tabla 5: Resultado de logros para el año 2014.....	91
Tabla 6. Costo total de horas extras por turnos laborales.	111
Tabla 7. Valor de utilización de las Holguras.....	122
Tabla 8. Resultados para la definición del TE del material de empaque.	123
Tabla 9. Matriz de análisis de desperdicio para el laboratorio de inspección de materia prima.	129
Tabla 10. Análisis de recorrido y conversión de metros a minutos.....	142
Tabla 11. Resultados obtenidos antes de la propuesta del nuevo diseño de localización.....	143

Tabla 12. Resultados proyectados después de la propuesta del nuevo diseño de localización.....	144
Tabla 13. Ahorro de distancia recorrida y tiempo de liberación del laboratorio de inspección de materia prima.	144
Tabla 14. Ahorro Total de distancia recorrida y tiempo de liberación del laboratorio de inspección de materia prima	147
Tabla 15. Propuesta de aumento de capacidad con él TE de cada tipo de material.	150
Tabla 16. Costo de inventario pendiente de inspección por semana, antes del plan piloto.....	154
Tabla 17. Horas extras utilizadas antes del plan piloto.	156
Tabla 18. Costo total de horas extras utilizadas antes del plan piloto.	156
Tabla 19. Costo de inventario pendiente de inspección por semana, después del plan piloto.....	160
Tabla 20. Horas extras utilizadas después del plan piloto.....	163
Tabla 21. Costo total de horas extras utilizadas después del plan piloto.	163
Tabla 22. Costo de las inversiones realizadas durante el proyecto.....	167
Tabla 23. Análisis económico Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.....	168
Tabla 24. Definición del tamaño de muestra para los materiales de empaque.	180
Tabla 25. Definición del tamaño de muestra para los materiales metales.....	181
Tabla 26. Definición del tamaño de muestra para los materiales plásticos.	182
Tabla 27. Definición del tamaño de muestra para los materiales químicos.	183
Tabla 28. Resultados para la definición del TE del material de metales.	185

Tabla 29. Resultados para la definición del TE del material plástico..... 187

Tabla 30. Resultados para la definición del TE del material químico. 189

ÍNDICE DE ECUACIÓN

Ecuación 1. Cálculo de la muestra..... 59

Ecuación 2. Cálculo del Tiempo Normal. 60

Ecuación 3. Cálculo del Tiempo Estándar..... 61

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. Fotos antes de la auditoría 152

Ilustración 2. Fotos después de la auditoria..... 153

Ilustración 3. Fotos del material en el área de bodega. 199

Ilustración 4. Fotos del material en el área de bodega. 200

DECLARACION JURADA.

DECLARACIÓN JURADA

Yo Zico Alfredo Arrieta Perez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 117000684725, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Aumento de la capacidad de liberación de material del laboratorio de inspección de materia prima, de una empresa del sector de manufactura de dispositivos médicos, aplicando conceptos de manufactura esbelta, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 07 días del mes de Octubre del año dos mil diecisiete.

ZICO ARRIETA.

Firma del estudiante

Cédula: 117000684725

CARTAS DE APROBACION DEL TUTOR Y CONTRAPARTE

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 06 de Octubre de 2017

Carrera De Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Zico Alfredo Arrieta Perez, cédula de identidad número 117000684725, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado Aumento de la capacidad de liberación de materia prima del laboratorio de inspección de material entrante, de una empresa del sector de manufactura de dispositivos médicos, aplicando conceptos de manufactura esbelta, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.


En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	19%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		90%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,


George Dany Ramirez Vargas
1-1458-0986

CARTA DE APROBACIÓN DE LECTOR

31 de octubre de 2017

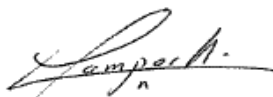
Señores
Universidad Hispanoamericana
Presente

Estimados señores:

Hago constar que he procedido a la lectura de la tesis para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Industrial: "Aumento de la capacidad de liberación de material del laboratorio de inspección de materia prima, de una empresa del sector de manufactura de dispositivos médicos, aplicando conceptos de manufactura esbelta", del estudiante Zico Alfredo Arrieta Pérez, cédula 117000684725.

Luego de revisar la tesis presentada me permito aprobar la misma para continuar con los otros pasos del proceso.

Atentamente,



Ing. Lubín Campos Ureña

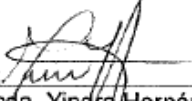
Céd.: 1-499-389

Carné CFIA: II-3108

CARTA DE APROBACIÓN DE FILÓLOGO

Universidad Hispanoamericana
Licenciatura en la Carrera de Ingeniería Industrial
Profesor tutor: Ing. George Dany Ramírez Vargas

Yo, Yindra Hernández Loría, cédula: 2 0543 0653 he revisado la tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, titulada: "Aumento de la capacidad de liberación de material del Laboratorio de Inspección de materia prima, de una empresa del sector de manufactura de dispositivos médicos. Aplicando conceptos de manufactura esbelta." del sustentante Zico Alfredo Arrieta Pérez. Doy fe que he corregido ortografía, construcción de oraciones y párrafos, además de relación entre los mismos.



Licda. Yindra Hernández Loría
Cédula: 205430653
Código: 25256

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por que sin él, este sueño no fuese posible, es la fuente de todo lo que hago. A mi esposa hermosa Karina Aragón Valenzuela y mis dos hijas maravillosas Angie Michelle Arrieta Aragón y Ashley Nicole Arrieta Aragón, por la paciencia y el apoyo que me brindaron en este proceso y enseñarme que el amor lo es todo en la vida. A mis padres Alfredo Ernesto Arrieta Fuentes y Nuris Pérez Echeverría, porque son la fuente de mi motivación e inspiración y enseñarme buenos principios y valores para afrontar los caminos de la vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco y doy gracias a Dios por su bendición y enseñarme lo maravilloso que es su infinito amor.

A mi esposa Karina Aragón Valenzuela y mis hijas Angie Michelle Arrieta Aragón y Ashley Nicole Arrieta Aragón, porque son los pilares importantes de mi vida y son mi fuente de motivación para que día a día el camino a seguir sea más fácil, por apoyarme y estar siempre a mi lado en este largo camino hasta la culminación de mi carrera universitaria.

A todos mis compañeros de clases durante este largo camino de cinco años, quienes compartieron sus esfuerzos y conocimientos por una meta común, por el trabajo en equipo y largas horas de estudio.

ABREVIATURAS

- PDCA: son un acrónimo de Plan, Do, Check, Act (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).
- CTC: Control Total de Calidad.
- DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (*Improve*) y Controlar.
- TO: Tiempo Observado.
- TN: Tiempo Normal.
- TE: Tiempo Estándar.
- SIPOC (PEPSU): *Suppliers, inputs, process, outputs and customers* (proveedor, entrada, proceso, salida y cliente).
- SLP: *Systematic layout planning* (Metodología de la planeación sistemática de la distribución en planta).
- C o C: Certificados de Compras.
- C o A: Certificados de Análisis.
- TIR: Tasa interna de retorno.
- VAN: Valor actual neto.

RESUMEN

El proyecto de investigación se realizó en el laboratorio de inspección de materia prima en la empresa Boston *Scientific*, Heredia, entre los meses de enero y agosto del 2017, en el aumento de la capacidad de más de 1,200 lotes liberados, sin la realización de horas extras, por medio de propuestas e implementación de mejoras en los procesos de inspección de materia prima y alcanzar disminución de inventario en material en espera de inspección y la reducción de los costos del mismo.

En la investigación, el trabajo en equipo de todos los colaboradores del área del laboratorio de inspección de materia entrante es muy importante para la finalidad del mismo, por los procedimientos a seguir durante todo el proceso y para el alcance de los objetivos propuestos en este proyecto.

La importancia de este estudio es conocer la realidad actual del proceso y con los resultados encontrados, definir las oportunidades de mejoras que hay en el área de investigación. También, con el aumento de capacidad en los materiales liberados por mes, se disminuirán los costos de tiempos extras y material en inventario para el departamento de calidad y poder invertir en más mejoras en la empresa. Todo el estudio se realizará mediante la aplicación de herramientas ingenieriles, estudio de tiempos, manufactura esbelta y la metodología DMAIC. Con el análisis de los resultados obtenidos se logrará el aumento de la capacidad buscada y se definirán propuestas de mejora continua para el seguimiento de los procesos mejorados.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1.1 Introducción al tema del proyecto

El siguiente proyecto de tesis de grado de Licenciatura, se basa en el diseño e implementación de una distribución y localizaciones del laboratorio de inspección de materia prima de una empresa del sector de manufactura de dispositivos médicos, aplicando conceptos de manufactura esbelta, para el mejoramiento de calidad del área de estudio.

Asimismo, se hace uso de los procesos de investigación cuantitativos, cualitativos basados en los tiempos y movimientos de las operaciones, el poco espacio entre las áreas de trabajo para la liberación de las materias primas a utilizar. Se requiere mejorar la distribución de las estaciones de trabajo para mantener unos flujos constantes y fáciles, que no genere pérdidas de tiempos para las liberaciones de las materias primas a inspeccionar.

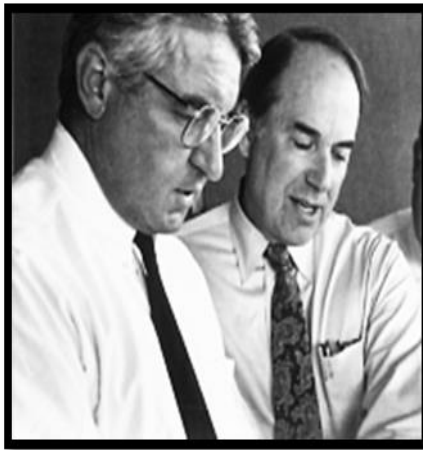
Con la ayuda de los conceptos de manufactura esbelta, que se han incluido para la realización de este proyecto, teniendo un enfoque teórico y práctico para la conclusión del mismo, se obtendrá una propuesta para la redistribución del laboratorio de inspección de materia prima, con esto se quiere lograr la reducción de tiempos muertos y el aumento de productividad de las liberaciones de los componentes de inspección y poder dar un mejor servicio a las partes interesadas, que dependen de las liberaciones de las materias primas. Con los lineamientos de la metodología DMAIC se pretenderá

dar propuestas significativas a lo largo de la investigación, junto con la metodología que con lleve la manufactura esbelta.

1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa

Reseña Histórica

Figura 1: Fundadores de la compañía *Boston Scientific*.



Fuente: Boston Scientific Corporation, 2017

La historia de *Boston Scientific* comenzó a finales de 1960, cuando el Co-fundador John Abele adquirió una participación en Medi-Tech, Inc., una compañía de investigación y desarrollo centrada en el desarrollo de alternativas a la cirugía tradicional. Los primeros productos de Medi-tech, una familia de catéteres dirigibles, se introdujeron en 1969 y utilizados en algunos de los primeros procedimientos menos invasivos, las versiones de estos catéteres dirigibles se utilizan hoy en día.

En 1979, Abele y Pete Nicholas se asociaron para comprar Medi-tech y juntos formaron Boston *Scientific Corporation*. Aportaron más de 24,000 empleos y una red global de centros de fabricación, distribución y tecnología. Boston *Scientific* se mantiene fiel a su misión original. Es una empresa comprometida con la búsqueda de nuevas maneras de ser mejor cada día (Boston Scientific Corporation, 2017). Para los pacientes, sus familias y seres queridos por medio de soluciones médicas pioneras que ayudan a los médicos a mejorar la vida de los pacientes mediante la entrega de tecnologías médicas innovadoras que lideran el mundo en calidad, fiabilidad y eficacia.

Generalidades de la empresa

En el mercado costarricense, la empresa se dedica exclusivamente a operaciones de importación y comercialización de material, para ello cuenta con un centro de distribución localizado en el Condominio Industrial Condopark, ubicado en Guachipelín de Escazú. Las instalaciones cuentan con un área aproximada de 1000m² que albergan la bodega principal de almacenamiento, oficinas administrativas, patio de maniobras y descargas.

La empresa manufacturera y de venta de productos médicos Boston Scientific abrió una nueva planta en Costa Rica, ubicada en Global Park Heredia. Con la apertura, la compañía contrató, durante el primer año, a 250 profesionales pertenecientes a áreas de ingeniería, producción, calidad y desarrollo de procesos, que se sumaron a los 350 trabajadores que ya formaban parte de la empresa. Boston *Scientific* es la única

compañía de dispositivos médicos que cuenta con dos plantas de manufactura en el país (Boston Scientific Corporation, 2017).

La primera, que inició operaciones en 2004 ubicada en la Zona Franca Global Park, en la Aurora de Heredia y en junio del 2009 abrió la segunda planta que se encuentra ubicada en la Zona Franca Propark, en el Coyo de Alajuela y brinda empleo a 2.800 personas. De acuerdo con la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE), el sector de dispositivos médicos o Ciencias de la vida representa la tercera fuerza exportadora a nivel nacional, debido a los \$1,169 millones en ventas al exterior que registró durante el 2010 (Boston Scientific Corporation, 2017). Boston *Scientific* es una empresa que cuenta con varias locaciones a nivel mundial. En las siguientes figuras se aprecian las dos plantas ubicadas en Costa Rica:

Figura 2: Sedes Y Recintos de la empresa Boston *Scientific*, Costa Rica.



Fuente: Boston *Scientific* Corporation, 2017

En Costa Rica los productos que se manufacturan son del área de Endoscopia (Gastro Intestinal, *Biopsy*, *Fórceps*, *Polypectomy*, *Snares*), Urología y Cardiología. Los

productos manufacturados ayudan a tratar diferentes condiciones médicas (Boston Scientific Corporation, 2017). En Boston *Scientific*, Costa Rica se manufacturan los siguientes productos:

Productos:

- Neuro - modulación.
- Vascular.
- Periférico.
- Endoscopia.
- Urología.
- Electrofisiología.
- Cardiovascular.
- Manejo del ritmo cardiaco

Misión

Manufacturar y desarrollar dispositivos médicos menos invasivos con calidad de clase mundial, entregados a tiempo en el menor costo (Boston Scientific Corporation, 2017).

Visión

Ser el mejor proveedor de dispositivos médicos en el mundo (Boston Scientific Corporation, 2017).

Los objetivos de Boston *Scientific*, Heredia

A continuación se menciona los objetivos de Boston *Scientific*, Costa Rica (Boston Scientific Corporation, 2017).

- Continuar el crecimiento para dar más oportunidades de empleo y mejorar la calidad de vida de muchas personas alrededor del mundo.
- Ser la mejor opción para laborar del país.
- Ser la mejor planta manufacturera de Boston *Scientific* en el mundo.
- Tener la mejor gente, que se distinga por su excelencia.

Política de Calidad

Yo mejoro la Calidad del cuidado del paciente y de todo Boston *Scientific* (Boston Scientific Corporation, 2017).

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 La idea del problema

Actualmente, el proceso de inspección de materia prima es de gran importancia para la empresa *Boston Scientific*, ya que esto depende de la manufactura de los productos en la planta. La meta de liberaciones de materia prima establecida por la organización es de 1,200 lotes liberados al mes, generando un 20% en aumento de horas extras para el alcance de la meta de lotes liberados.

Lo anterior presenta un problema para el proceso de inspección de material, ya que el laboratorio de inspección de materia prima debe de dar un servicio a tiempo a los clientes internos. El tiempo establecido por la empresa *Boston Scientific*, Heredia es que el material en espera de inspección sea de uno a siete días, manteniendo la métrica en verde.

Es necesario disminuir los tiempos de espera de los materiales, ya que conforme con la necesidad del mercado; va aumentando la demanda de las inspecciones. Durante el último trimestre del año 2016, la cantidad de material en espera de inspección ha aumentado considerablemente de 150 lotes en espera de inspección a 431 lotes, dando un 47% de material en espera de inspección de uno a siete días, un 33% de materia prima sin ser inspeccionado de ocho a 15 días y 20% de materiales con más de 16 días en espera de inspección en el área de bodega, obteniendo un 20% de liberaciones de materiales de prioridad para el mes de enero del 2017, generado por

el departamento de planeación y compras, y solo el 21% de materiales liberados a tiempo y un 59% de liberaciones de inspecciones reducidas normalmente son revisión de documentación.

Por lo tanto, la situación actual del laboratorio de inspección de materia prima se debe a la poca capacidad de liberaciones de materiales en espera con más de ocho días, esto representa un problema para el aumento de capacidad de la métrica de liberaciones de materia prima.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Se toma la determinación de hacer la investigación en el laboratorio de inspección de materia prima y se tiene como visión primordial establecer un tiempo estándar de inspección, reduciendo los costos de inventarios de material en espera de liberación en la planta. Al inicio del proyecto el costo del inventario es de \$2.287.251,71 y la inversión de los costos de horas extras al inicio de la investigación son de \$3.008 promedio por mes.

En la actualidad, existe la problemática de los flujos en el proceso de inspección de materia prima y la necesidad de una estandarización de las estaciones de trabajo, por consiguiente, no se tiene un adecuado flujo de proceso del laboratorio. Se requiere una herramienta necesaria para la implementación de una redistribución del laboratorio, para minimizar los tiempos de transporte de los materiales a inspeccionar y mantener un adecuado espacio dentro del laboratorio de inspección de materia prima.

Como parte de la justificación del estudio se puntualizan desperdicios significativos que demuestran y dificultan el cumplimiento de las métricas propuestas por el laboratorio.

Asimismo, se determinan detalles importantes que se representan como críticos para la calidad, entre ellos: métrica de liberación de lotes de materia prima al mes 1,200 lotes, métrica de lotes pendientes de inspección de materia prima al mes 431 lotes en promedio, métrica de lotes pendientes de liberación de materia prima al mes mayor a 16 días, 85 lotes y métrica de horas extras al mes de 20% de horas (Boston Scientific Corporation, 2017).

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta que permita aumentar la capacidad de liberar 1,200 lotes al mes, sin la necesidad de realizar horas extras en el laboratorio de inspección de material entrante de Boston *Scientific*, Heredia, aplicando conceptos de manufactura esbelta, por medio del mejoramiento de los factores que afectan la productividad y eficiencia.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio de tiempos que permita determinar el tiempo estándar de las operaciones de inspección y los elementos que agregan y no agregan valor en el proceso.
- Determinar las principales causas que llevan a la pérdida del tiempo de inspección en el área donde se realizará el estudio para llevar a cabo las liberaciones de la materia prima en el tiempo óptimo.
- Analizar el proceso actual del control en el manejo de las entradas y salidas de materia prima, a fin de identificar y establecer las principales causas de exceso de movimientos y transporte de los componentes.
- Implementar un plan de mejora continua en las estaciones de trabajo.

1.5 ALCANCES, EXCLUSIONES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

La investigación se realizará en la empresa Boston *Scientific*, Heredia, ubicada en la Zona Franca Global Park, en la Aurora de Heredia, en el laboratorio de inspección de materia prima durante el periodo 2017.

Se busca con la investigación identificar las herramientas necesarias para aumentar la capacidad de las liberaciones de materia prima, y así establecer los lineamientos necesarios para realizar el diseño de las distribuciones de las estaciones de trabajo y administrar los equipos de medición en los procesos posibles. Esto aplica a todos los equipos y herramientas utilizados para la Inspección de la materia prima en el laboratorio. El proyecto incluye, pero no está limitado a:

1. Equipo y espacio del área del laboratorio de inspección de materia prima de Boston *Scientific*, Heredia.
2. Herramientas, equipo de inspección para la materia prima.
3. Cualquier equipo que haya pasado la calificación del proceso (validado) o aquel equipo que esté manufacturando productos o componentes para uso humano.
4. Herramientas manuales que no son sometidas a ningún proceso de instalación (alicates, cuchillas, entre otros) no están cubiertas dentro del alcance de este Proyecto.

Los entregables del proyecto serán:

- Se propondrá un plan de capacidad que aumente más de 1,200 lotes liberados de materia prima, y que reduzca el material en espera de inspección en el área de bodega.
- Se realizará un diagrama de distribución del laboratorio de inspección de materia prima visualizando las estaciones de trabajo y los equipos de mediciones de una manera adecuada para el transporte de los materiales a inspeccionar.
- Los materiales en espera de inspección se reducirán con el fin de aumentar la capacidad de las liberaciones de materia prima, de esta manera se liberará espacio físico en el área de bodega y, por consiguiente, se evita el aumento del tiempo de espera mayor a ocho días.
- El proyecto concluirá en el momento que los entregables escritos sean entregados en el tiempo propuesto por la Universidad Hispanoamericana.

1.5.2 Limitaciones

- a. De información:** La principal limitación es la accesibilidad a la información para fines académicos, ya que por políticas de confidencialidad de la empresa, no pueden dar mucha retroalimentación para la investigación a realizar. Por asuntos

de competencia en el mercado, el acceso a la información (precios y costos) es considerado como confidencial por parte de la empresa.

- b. De tiempo:** Para la investigación, se tiene una limitante de tiempo propuesto por la universidad, el cual no se debe de pasar del permitido.

- c. De recurso financiero:** Cualquier propuesta de mejora que requiere inversión económica, que esté sujeta a la aprobación del gerente del laboratorio de inspección de materia prima.

- d. De aprobación:** Implementación de los cambios en la distribución de los espacios de las estaciones de trabajo y equipos de utilización de inspección de material entrante que debe ser aprobado por la administración del laboratorio de inspección de materia prima.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual relativo al aspecto de la carrera, el cual sirva de fundamento al proyecto que se pretende desarrollar

En este apartado se hará referencia a los conceptos teóricos que ayudarán a la implementación de la investigación por realizar, para comprender cada etapa que se desea desarrollar con la ayuda de las herramientas de calidad en busca de la mejora a proponer.

2.1.1 La calidad y su inicio

Desde los inicios de la era, los antepasados ya tenían la idea de la importancia de la calidad en todo lo que hacían, las búsquedas de las materias primas, las inspecciones, los análisis, las decisiones que se tomaban para el bien común, todo se relacionaba con la mejora continua. La llegada del siglo XX dio origen a los diversos nombres de las formas de cómo se manifiesta la calidad, como hoy en día se conocen:

Control de calidad, planificación de calidad, mejora continua de calidad, prevención de defectos, control estadístico de procesos, ingeniería de confiabilidad, análisis de costo de calidad, cero defectos, control de calidad total, certificación de proveedores, círculos de calidad, aseguramiento de la calidad, despliegue de funciones de la calidad, métodos de Taguchi, *benchmarking* competitivo, *Six Sigma*. (Gryna, Chua, & DeFeo, 2007, p. 9). Estos nombres se refieren a la importancia de la calidad en todos los ámbitos de las investigaciones de la mejora continua,

conlleva una satisfacción propia y en conjunto del alcance de los objetivos propuestos.

Después de la Segunda Guerra Mundial, nacieron dos líderes que dieron origen al nacimiento de los conceptos necesarios para hacer más estructural la calidad en las organizaciones. El primero fue la revolución japonesa de la calidad, se tenía la convicción de que todos los productos manufacturados por los japoneses eran de muy baja calidad, esto llevó a la desconfianza de los consumidores alrededor del mundo. Debido a estas investigaciones, los japoneses decidieron realizar diversas estrategias para que sus productos pudieran venderse sin ninguna dificultad y realizarlos de una mejor calidad (....) (Gryna *et al*, (2007), p. 9.

Las estrategias que siguieron los japoneses fueron basadas en el enfoque de total de la organización desde los niveles más altos hasta los más bajos de las empresas:

- La alta gerencia se hizo líder de las revoluciones.
- Toda la organización era capacitada con temas de calidad, sin importar el título profesional.
- El enfoque de la calidad se llevaba al mejoramiento continuo de los procesos de las organizaciones.

El segundo líder del enfoque de la calidad fue, abarcar el mercado de las ventas de los productos, la importancia de mantener el conocimiento de lo que se lleva al mercado, generando una costumbre de preocupación por el entorno que se tiene en las organizaciones, tanto externas como internas. El éxito de las empresas japonesas ha sido de mayor utilidad para la ayuda del crecimiento de otras empresas alrededor del mundo.

Durante el siglo XX creció un conocimiento muy importante de cómo implementar la calidad en las organizaciones para ser exitoso, comenzando desde la alta gerencia y bajar por todo la estructura de la organización. De forma significativa (...) Gryna *et al.* (2007) afirman que: “Para lograr la calidad superior. Muchos individuos contribuyeron a este conocimiento, y cinco apellidos merecen mención particular: Juran, Deming, Feigenbaum, Crosby e Ishikawa” (p. 10), los apellidos mencionados fueron los padres de la calidad y por el esfuerzo en la mejora continua, la calidad es una forma de vida esencial en las organizaciones.

Esta metodología ha ayudado a mejorar los procesos de manufactura y de salud, el servicio al cliente, los procesos donde surgen las mediciones de los análisis a investigar y los controles de la estandarización de la mejora continua, primero comienza desde la alta gerencia e involucra a toda la estructura de la organización.

2.1.2 Definición de la calidad

Existen diferentes definiciones que la palabra calidad nos detalla, como es la satisfacción que tenemos hacia algo y el buen servicio al cliente, la palabra calidad abarca aspectos significativos como lo es y el hacer algo de la mejor manera posible y hacerlo bien desde la primera vez.

Por su parte, Gutiérrez (2014, p. 18) (citado por Juran, 1990) manifiesta que:

“Calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así, la calidad consiste en ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente”. El cliente es lo más importante para las organizaciones, de ahí se basa la mejora continua, que se llegue a realizar un mejor servicio con una buena satisfacción del mismo, generando estrategias basadas en los enfoques de servicios de calidad y en busca de una mejor productividad de la empresa.

Tabla 1: Dos dimensiones de la calidad.

Industrias manufactureras	Industrias de servicios
Características	
Desempeño	Exactitud
Confiabilidad	Puntualidad
Durabilidad	Totalidad
Facilidad de uso	Amabilidad y cortesía
Capacidad de servicio	Anticipación a las necesidades de los clientes
Estética	Conocimiento del servidor
Disponibilidad de opciones y expansibilidad	Apariencia de las instalaciones y del personal
Reputación	Reputación
Ausencia de deficiencias	
Producto libre de defectos y errores en la entrega, durante el uso y el servicio	Servicio libre de errores durante las transacciones de servicio originales y futuras
Todos los procesos libres de líneas de retoques, redundancia y otros gastos	Todos los procesos libres de líneas de retoques, redundancia y otros gastos

Fuente: Gryna, Chua, y DeFeo, 2007

Se puede identificar en la tabla 1, las características y la ausencia de deficiencias de la calidad. En la investigación del significado de calidad se nos muestra lo importante que es el cliente en todo el ciclo de la cadena de la mejora continua, por ende, cada organización tiene la tarea de identificar los puntos más críticos de sus clientes. En la tabla 1 se observa que los dos enfoques en conjunto, generan mayores beneficios, tanto al cliente como a la organización.

2.1.3 Joseph M. Juran (1904-2008)

Juran nació en 1904 en la ciudad de Braila, graduado en Ingeniería Eléctrica. En 1928 tenía presente la idea de la calidad e inició su carrera escribiendo un folleto que se llama: "Métodos estadísticos aplicados a los problemas de manufactura", también se caracterizó por la contribución en la investigación enfatizada en el principio de Pareto, enseñó a entender a los gerentes de Japón sobre la calidad y todo lo encierra en sí para hacer una mejor organización (Gutiérrez, 2010).

También participó en programas de gestión de la calidad y por su trayectoria del trabajo y la dedicación en investigaciones de la calidad. Enfatizó la necesidad de las relaciones con los clientes, ya que estos son el porqué las organizaciones deben mejorar día a día, uno de los aportes más importantes es sus investigaciones de la calidad fue la trilogía de la calidad, este enfoque consiste en los procesos de gestión de planificación, control y mejora. (...) (Gryna et al, (2007). La trilogía ha ayudado a

entender la importancia de la calidad en los procesos y las relaciones que tienen entre sí, el planear, el controlar y la mejora, llevando al éxito a las organizaciones.

Este ciclo se realiza cada vez que se busca la calidad en los procesos, luego que se identifica otro nuevo problema en los trabajos, se comienza nuevamente el ciclo y así sucesivamente con toda la organización, en busca de una mejora continua, para generar un buen servicio a los clientes.

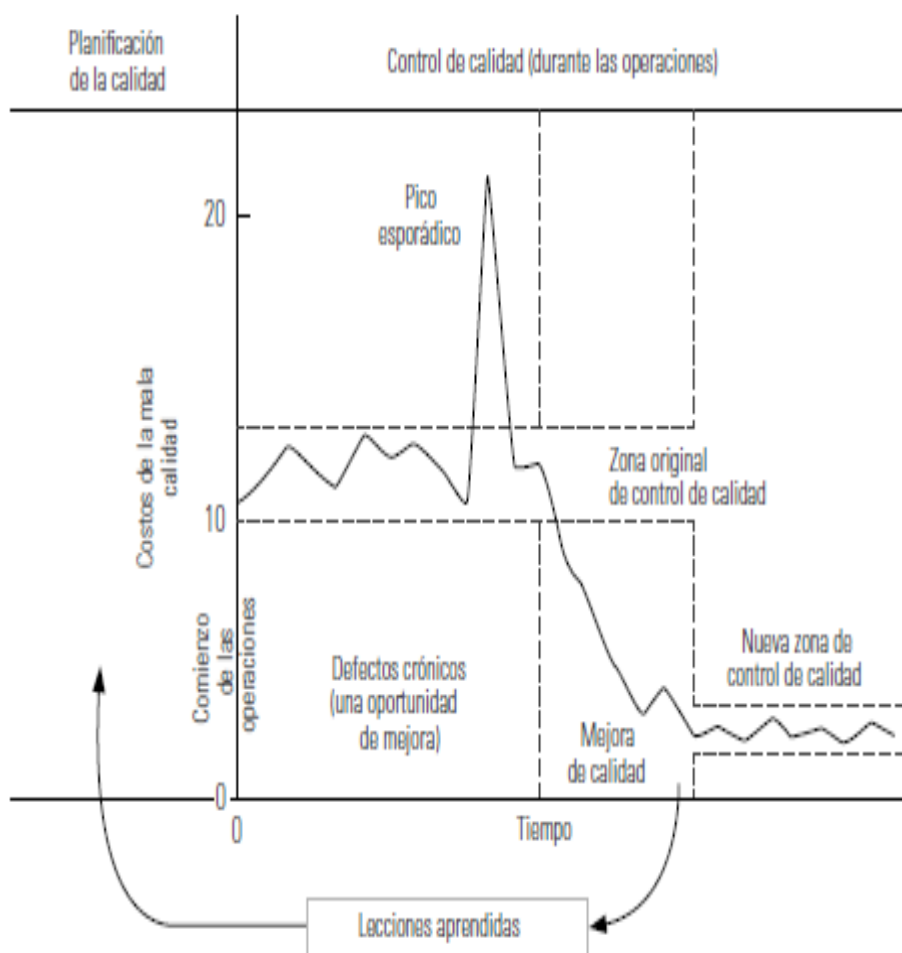
En la figura No.3, se analiza, que cada vez que existe un pico esporádico, se tiene un aprendizaje, y automáticamente los costos de la mala calidad son mínimos, hay una mejora continua en los procesos y las lecciones aprendidas que ayudan a no generar errores en las zonas de control de calidad. Cantú (2006) manifiesta que:

El enfoque de Juran sobre la administración de calidad se basa en lo que él llamó la **trilogía de Juran**, que divide el proceso de administración de calidad en tres etapas: planeación de calidad, control de calidad y mejora de la calidad.
(p. 32)

La investigación que realizó Juran sobre los procesos de mejora en la calidad se puede generar en cualquier organización, teniendo en cuenta las tres etapas de la trilogía, determinando los controles necesarios para la elaboración de la mejora en cada proceso específico del proyecto, realizando cada paso del método en un ambiente

de trabajo en equipo incorporando a toda la organización y las partes interesadas en el alcance de los resultados.

Figura 3: Los tres procesos universales de la gestión para la calidad.



Fuente: Gutiérrez, 2010

Juran establece parte importante a los clientes, por sus preferencias y necesidades que tiene cada uno y enfatiza las relaciones directas con los mismos, esto genera confianza y amistades más estrechas, también la importancia de las altas gerencias,

dando buenos ejemplos a toda la organización, pues comienzan a mejorar ellos y de esta manera pasan esa cultura a los demás departamentos.

2.1.4 W. Edwards Deming (1900-1993)

Deming, nació el 14 de octubre de 1900, fue estadístico e impulsor de la gestión de la calidad y el desarrollador al crecimiento de Japón en la aplicación de la mejora continua. Él se enfocó en la variabilidad de los análisis, en cuanto es sean más variables los datos y con menos variabilidad, los procesos tendrán mejor calidad y los productos serán mucho mejor manufacturados, las ideas de este padre de la calidad se encierran en 14 principios y siete enfermedades de la gerencia hacia la organización. Hoy en día, es conocido como el máximo conocedor de las gestiones de la calidad, decía que a mayor calidad y menores los costos, eso es igual a mayor productividad en las organizaciones (Gutiérrez, 2010, p. 32).

Asimismo, aportó el ciclo de calidad PDCA, y también la creación de 14 principios que tiene que tener la alta gerencia en las organizaciones y características para la realización de un proyecto en busca de la mejora continua (Deming, 1989, p. 20).

Como lo es:

- El descubrimiento de las mejoras en los productos, como en los servicios.
- La reducción de incertidumbre y la variabilidad de los procesos.
- La propuesta del ciclo, para evitar variaciones en los procesos.

- La alta gerencia tiene toda la responsabilidad de la calidad en las organizaciones.
- A mayor calidad, es mayor la productividad que se consigue.

14 Principios para la gestión de Deming

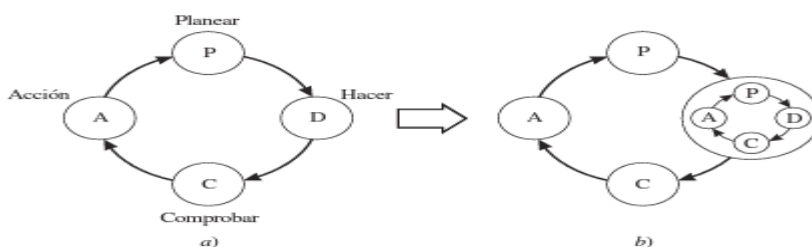
- 1 Crear una visión y toda la organización comprometerse con ella, para el mejoramiento de los productos y los servicios.
- 2 Adaptarse a los nuevos cambios de la filosofía de calidad.
- 3 Dejar de depender de las producciones en masa, para lograr una buena calidad.
- 4 Reducir los costes totales, estableciendo confianza y lealtad con los proveedores.
- 5 Buscar constantemente la mejora continua de los procesos.
- 6 Motivar la capacitación constante.
- 7 Instruir el liderazgo desde las altas gerencias.
- 8 Eliminar los temores en los procesos y generar confianza en la organización.
- 9 Enfocar todo el equipo de trabajo a hacia los objetivos alcanzables de la empresa.
- 10 Eliminar lemas que tenga enfoque con la calidad y la meta de producción.
- 11 Eliminar los objetivos no alcanzables para los trabajadores.
- 12 Quitar las barreras que impiden el buen trabajo de los empleados, la participación es una motivación que hace sobre salir al colaborador.
- 13 Promover a la investigación y el crecimiento de todo el personal.

14 Dar seguimiento a todo lo que se hace, para lograr los cambios propuestos.

Con estos principios impuesto por Deming, la empresa puede llegar a la mejora continua y ser más competitiva en el mercado dando un seguimiento constante al ciclo PDCA para hacer los procesos más productivos y beneficiosos en toda la organización. No solo implemento estas estrategias, también menciona las siete enfermedades mortales de la gerencia que lleva a una mala competitividad de la organización (Cantú, 2006).

- 1 Falta de visión para los propósitos de la organización.
- 2 Enfatizarse en lo beneficios a corto plazo.
- 3 Evaluación de desempeño al personal, para la calificación de habilidades y destrezas.
- 4 El cambio de gerentes hacia otras compañías.
- 5 La alta gerencia solo se basa en datos numéricos para el alcance de las metas.
- 6 Mucho ausentismo y accidentes laborales generan altos costos a las empresas.
- 7 Altos costos en las responsabilidades de las garantías.

Figura 4: Ciclo de Deming.



Fuente: Gryna, et al. 2007

En este proceso del ciclo Deming se fijan estándares para conseguir una solución e implementar una mejora. También, es importante destacar que planificación es realizar un plan con ayuda de las herramientas estadísticas, el hacer es la aplicación del plan propuesto en la primera fase, luego es comprobar si la soluciones propuestas son efectivas y la acción, como última fase del ciclo, es tomar en consideración las pruebas de los resultados obtenidos y comprobarlos antes de poner en marcha la mejora, si los resultados son viables se comienza el ciclo para una nueva búsqueda de mejora continua.

Deming implantó la importancia de seguir interrelacionando los negocios de la compañía para llegar a mejor la calidad de satisfacción de los clientes, construyendo cuatro etapas para alcanzar la calidad esperada. Planear, Hacer, Verificar y Actuar, basándose en una serie de actividades para alcanzar la mejora continua. La base del proceso es el involucramiento del mejoramiento y poder alcanzar el ciclo efectivo durante cada etapa de estandarización de los procesos y controlando las operaciones en donde el ciclo va avanzando (Imai, 2001, p. 96). La mejora continua involucra a todos los de la compañía, sin importar el título o puesto que desempeñen, retándose unos a otros para las nuevas ideas de la mejora siguiente.

2.1.5 Armand V. Feigenbaum (1922-)

Nació en Nueva York, el 6 de abril de 1922, fue empresario y experto en lo conceptos de control de calidad, el cual editó un libro con el mismo nombre: “Control Total de

Calidad”, en este libro están fundamentados las estrategias y controles para la mejora continua que hoy en día se conocen, fue uno de los pioneros del movimiento de la calidad y productividad. Entre sus principales aportes fue el enfoque sistémico de la calidad, que integra todas las partes de la gestión de la mejora continua (Gutiérrez, 2010, p. 50).

Feigenbaum enfocó la calidad al sector empresarial, ya que desde la alta gerencia se crea una buena cultura de los principios y actividades del cambio total, siguió los lineamientos de un buen servicio al cliente y la idea de involucrar a todas las partes interesadas en los productos y servicio. Tarí (s.f.) concluye que:

En el desarrollo de la calidad, las empresas pueden seguir las teorías de los líderes de la calidad (Deming, Juran, Crosby, Feigenbaum, Ishikawa y Taguchi) o basarse en modelos estandarizados como son las normas internacionales ISO 9000 o los modelos de calidad. (p. 49)

Las organizaciones se basan en las filosofías de los padres de la calidad, y de esta manera se obtiene buenos resultados por los antecedentes que hay hoy en día, además, con la implementación de las ISO se ha ayudado a la mejora continua de las organizaciones, generando estándares altos para la competitividad en los mercados y el seguimiento a los controles de calidad (Tarí, s.f.).

2.1.6 Philip B. Crosby (1926-2001)

Nació en Wheeling, Virginia, Estados Unidos, en 1926. Se dedicó al enfoque de la calidad y a la teoría de cero defecto, teniendo en cuenta el compromiso del trabajador hacia la organización, la calidad en la fuente que se refiere hacer bien el trabajo desde la primera vez, esa teoría ayuda a minimizar los costos de inspecciones de los productos y aumenta la productividad; realizando estándares para las distribuciones y prevenciones de la calidad, basándose en cero defectos en las áreas de trabajo (Gutiérrez, 2014).

La metodología de Crosby se basa en la importancia de los clientes en las empresa, y la necesidad de implementar estrategias para conseguir una buena calidad, por eso la teoría de cero defectos es fundamental para el alcance de la mejora continua, hacer bien las cosas desde la primera vez (Summers, 2006).

Hernández y Vizán, 2013 refieren que cuando se manufactura unidades con cero defectos, se mantiene una calidad constante en los procesos y las unidades pasan más rápido a las siguientes estaciones, minimizando el desperdicio en tiempo de inspección de los productos, con este sistema los trabajadores son uno solo junto a las máquinas y ambos controlan el producto en un mismo lugar y cada colaborador garantiza la tarea que está desempeñando.

Por consiguiente, implementar estrategias para asegurar la calidad debe de ser un hábito constante en las organizaciones, buscando las reducciones de los desperdicios, eso ayudara al aumento de los costos de manufactura de la producción; esto se logra haciendo que las personas hagan las cosas bien, con calidad, compromiso con lo que hacen día a día, desde la alta dirección hasta abarcar toda la estructura de la organización, generando una cultura y concienciación de la mejora continua con calidad.

La participación de la dirección y la actitud que ellos tengan hacia la organización, es un ejemplo a seguir por todos los colaboradores. Desde la administración de los programas de calidad hasta dando capacitaciones y aprendizaje a todo el personal indistintamente del cargo que tenga, todos tienen que estar comprometidos con un mismo objetivo. Por último es importante el reconocimiento a aquellos que han tenido la participación en los cambios hacia la mejora continua, generando un anillo de calidad.

2.1.7 Kaouro Ishikawa (1915-1989)

Nació en Japón en 1915. Desempeño un trabajo duro en las empresas de Japón para la adaptación importante de la calidad, aportó los círculos de calidades que consisten en personas promotoras de buscar la mejora de un proceso específico. Otro aporte de Ishikawa fue el desarrollo del diagrama de causa-efecto o el diagrama de Ishikawa, es una herramienta sistemática para documentar y analizar de una manera más visual las

variaciones de calidad y producción e investigar la relación que hay entre ellas (Gutiérrez, 2010, p. 48).

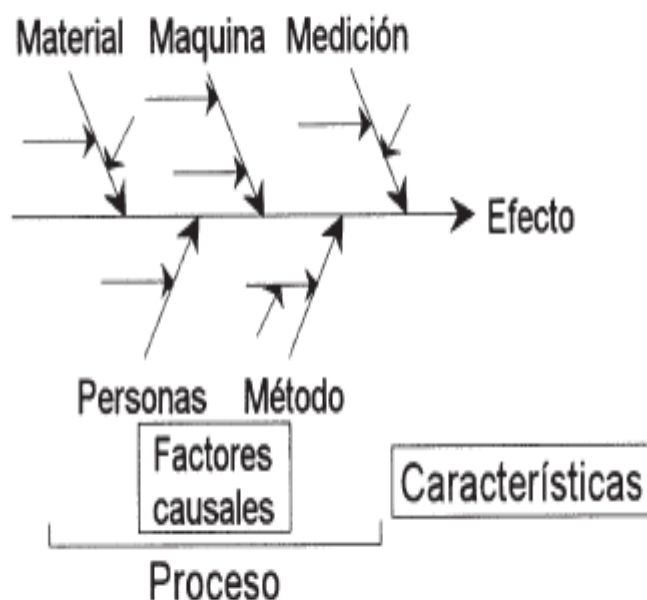
También dio el aporte del control total de calidad (CTC), una nueva filosofía para la calidad y la mejora continua. El camino fácil a la mejora ha sido la práctica del control total de la calidad. Cuando se habla de la calidad siempre se orienta al producto y es la principal razón del CTC en busca de una mejora, cuando una organización busca la calidad de los productos con su personal, esta es capaz de manufacturar productos con alta calidad (Cantú, 2006, p. 35).

Construir una buena calidad en las personas se orientan siempre a la mejora continua y, cuando se trata de solución de problemas, siempre se tiene presente la mejor herramienta para la solución del mismo, estandarizar los resultados para evitar recurrencias y controlando las mejoras para el alcanzar el mejoramiento, teniendo en cuenta que el ciclo debe de ser constante en todo momento.

Para que el control total de la calidad se haga efectivo y eficiente, se debe de incluir a todos los de la organización, comenzando desde la alta gerencia, involucrando todos los departamentos al seguimiento de esta metodología, considerando los dos términos control de calidad en toda la compañía (CCTC) o control total de calidad (CTC) (Imai, 2001).

El CTC ayuda mucho a las organizaciones, ya que es un método estadístico y sistemático para llegar al mejoramiento, siempre buscando los análisis y resultados de lo que se quiere conseguir y que se basa en el enfoque para apoyar una forma de pensamiento que esté orientada al proceso (Imai, 2001, p. 76).

Figura 5: Diagrama de Ishikawa.



Fuente: Tarí, s.f.

El diagrama causa-efecto, diagrama de pescado o conocido también como diagrama de Ishikawa, es una técnica propuesta por el doctor Ishikawa, el cual permite al investigador conocer las diferentes causas del problema y determinar los efectos que pueden influir en las observaciones de un proceso para encontrar otras sub causas para ir llenando el diagrama, este diagrama ayuda de una manera más visual.

2.2 Marco de la gestión de proyectos

Para la identificación de las causas del problema de la investigación, se tiene que tener en cuenta que hay varias herramientas que ayudarán a la solución del mismo. En el siguiente apartado conoceremos el inicio y las metodologías a seguir para una mejora continua con el uso de la filosofía Seis Sigma.

2.2.1 Seis Sigma y su inicio

Seis Sigma es una filosofía que nació en los años ochenta, como una estrategia en busca de la mejora continua y la aplicación de calidad en las organizaciones, fue implementado por la empresa Motorola por el ingeniero Mikel Harry, promoviendo las metas estables y alcanzables, y las variaciones que se podían obtener con los resultados analizados de los procesos de la Motorola, investigando como la medida confiable, la desviación estándar de los datos y representada por el símbolo " σ ". Esta filosofía para Motorola fue el punto exacto para el alcance de su mejora y la obtención de los buenos resultados en su producción y en los mercados entrantes de sus productos. (Herrera y Fontalvo, 2000, p. 2).

Esta metodología ayuda de una manera efectiva el mejoramiento de la eficiencia y eficacia de la calidad en las empresas, para dar un buen servicio al cliente y la satisfacción del mismo, mejora las utilidades de la organización con una buena reducción de desperdicios en los procesos.

Seis Sigma se basa en el principio de buscar la perfección de los procesos y la realización de la mejora continua con ayuda de herramientas esenciales para implementar la estandarización de las áreas de trabajo. Es muy importante, para alcanzar los objetivos de esta filosofía, tener una buena comunicación con los clientes y consumidores de los productos, por lo tanto, la alta gerencia debe implementar buenas estrategias para agregarle valor a las metas establecidas para hacer más competitiva la empresa.

“Quizás el estímulo más importante para la perfección es la transparencia, ya que en la manufactura esbelta todo mundo (subcontratistas, proveedores, ensambladores, distribuidores, clientes y empleados) pueden ver todo, y así es fácil encontrar mejores formas para crear valor” Gutiérrez y de la Vara, (2013, p. 424). Es de mucha importancia la transparencia que tengan las empresas con sus clientes y/o proveedores, pues esto hará más confiables a ambas partes y mejorará la comunicación, ya que esta será más efectiva.

Seis Sigma se utiliza para la reducción de la variabilidad de los procesos y busca la mejora de las métricas de las operaciones en la organización y las reducciones de los desperdicios que se generan en los procesos. La meta que tiene el Seis Sigma es que los procesos consigan hacer la manufactura de los productos con calidad y que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades de error, esta idea tiene que tener el compromiso principalmente de la alta gerencia, para generar una cultura de

calidad en todos los procesos de la organización. El inicio de la aplicación de esta filosofía surgió en tres grandes empresas que dan como antecedentes los buenos resultados que ha tenido la búsqueda de la mejora continua con Seis Sigma junto a características importantes para la aplicación de este principio (Gutiérrez y de la Vara, 2013).

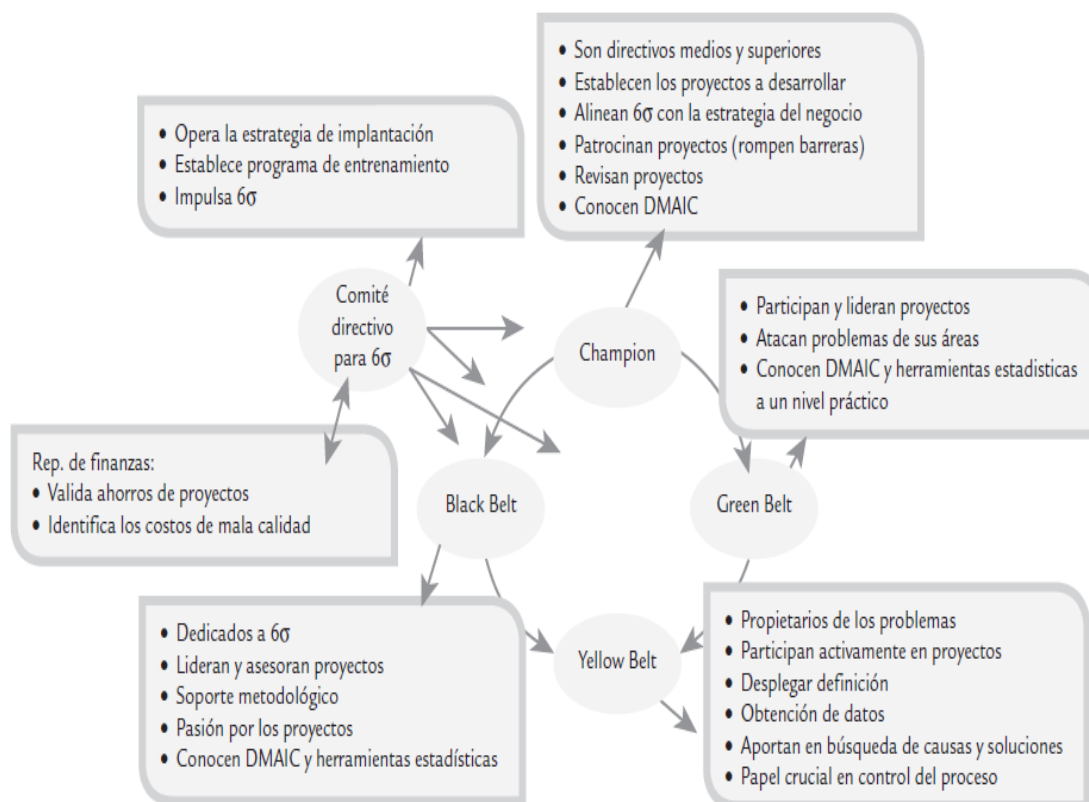
1. Motorola logró aproximadamente 1,000 millones de dólares en ahorros durante tres años, y el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1988.
2. Allied Signal ahorró más de 2,000 millones de dólares entre 1994 y 1999.
3. GE alcanzó más de 2,570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997-1999).

La cultura de la calidad ha venido a realizar una parte importante de la vida de las personas dentro y fuera de las organizaciones y con el enfoque del Seis Sigma se ha asegurado la búsqueda de la mejora continua con base en las siguientes características:

1. El liderazgo comprometido desde la alta gerencia bajando por toda la estructura de la organización.
2. Apoyar a los directivos que tengan compromiso con el negocio, delegando en cada departamento de la organización líderes, con responsabilidades y roles específicos para el alcance de los objetivos y las metas comunes de toda la

empresa. En la figura No.6 se muestra la estructura de la directiva y los roles que cada parte interesada realiza, para el seguimiento del proyecto.

Figura 6: Estructura directiva y técnica de Seis Sigma

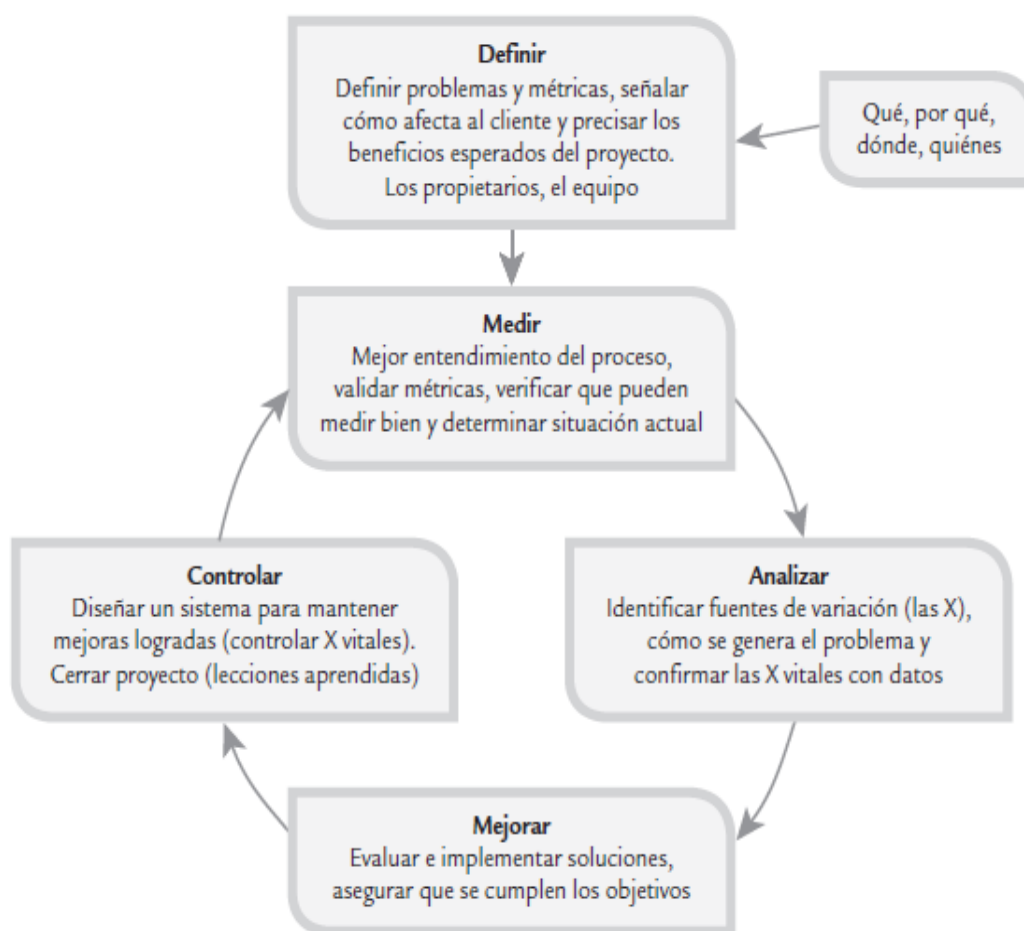


Fuente: Gutiérrez y de la Vara, 2013

3. Generar capacitaciones en todos los temas en relación a la calidad y el mejoramiento continuo.
4. Darle la acreditación correspondiente a todos los que cumplen con la experiencia y el conocimiento obtenido con la filosofía.
5. Los procesos tienen que tener el cumplimiento con el servicio al cliente, ya que ellos son base fundamental para el alcance de la calidad en todo lo que se hace.

6. Los registros de datos es muy importante para las informaciones de las investigaciones, es necesario registrar toda la información para un buen análisis.
7. El sostenimiento de una metodología para el desarrollo de la investigación y el alcance de los objetivos propuestos por la organización, como lo es la metodología DMAIC que se enfoca en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, en la figura No.7 se detallan las etapas de este ciclo de investigación.

Figura 7: Las cinco etapas en la realización de un proyecto con Seis Sigma.



Fuente: Gutiérrez y de la Vara, 2013

2.2.2 Mejora de procesos utilizando la metodología DMAIC

La calidad con el uso de DMAIC disminuye la variabilidad de los procesos, eliminando los re trabajos y los desperdicios que existen en las operaciones de manufactura, esta metodología optimiza la administración de calidad, minimizando los tiempos de ciclos de los procesos en diferentes áreas. Otro aporte importante es la mejora de la eficacia en el incremento de las capacidades de las áreas de trabajo, disminuyendo los trabajos en procesos. Es importante mencionar el buen servicio al cliente que se genera, ya que se reducen los reclamos y se obtiene una comunicación estrecha para el beneficio de ambas partes, lo anterior es el porqué se debe usar esta metodología en las organizaciones.

2.2.2.1 Definir

En esta etapa se enfoca la definición y el comienzo de la investigación del proyecto por realizar, en el cual se tiene que puntualizar los objetivos para buscar las soluciones al problema o los problemas existentes en los procesos, se debe hacer un marco del proyecto donde estarán propuestas todas las personas interesadas en el beneficio del mismo, tanto el alcance como las limitaciones.

Durante esta fase se asignan los roles específicos para cada parte interesada, pues todos deben estar claros y trabajando en una misma dirección, con una buena comunicación de lo que se quiere hacer y lograr. Hay que tener la estimación de los

tiempos a utilizar para la investigación del proyecto, por consiguiente, las partes interesadas tienen que estar de acuerdo en el cumplimiento de los objetivos propuestos para la obtención de los resultados. Es importante que el proyecto cuente con el apoyo de los gerentes de la empresa, para darle seguimiento, ya que debe de ser medible y alcanzable.

En esta fase se puede utilizar las siguientes herramientas para una mejor definición del proyecto: Lluvia de ideas o tormenta de ideas como también se menciona, es una técnica que se trabaja en forma grupal generando ideas al azar de la situación actual del proceso, los involucrados piensan rápido de las causas que están generando el problema y que se pueden enlazar con la situación a investigar. (Gutiérrez y de la Vara, 2013, p. 159)

El diagrama de Pareto, es una herramienta que ayuda de una forma visual a organizar los datos en barras para el análisis de las diferentes variables que pueden ser más importantes en el proyecto. (Herrera y Fontalvo, 2000, p. 35).

Otra herramienta importante es el diagrama de flujo que se utiliza para la identificación de las tareas que se realizan en el proceso, indicando información de tiempos y las características de las mismas, también se utiliza la estadística descriptiva que es una herramienta donde se pueden realizar gráficos matemáticos, tablas de datos para calcular parámetros del proyecto y facilitar los resultados de la investigación (Summers, 2006, p. 216).

Hay que considerar el enfoque que se quiere tener de la investigación y delimitarlo de una manera correcta, para direccionar el proyecto a los objetivos planteados y así alcanzar los resultados esperados.

2.2.2.2 Medir

En esta segunda fase es donde se obtiene la mayor información del análisis actual, pues se evidencia el sistema adecuado para la medición de los resultados, determinando todos los beneficios que se tendrán en los procesos a mejorar. Se busca un análisis que sea claro en la representación de los resultados obtenidos en la investigación.

Una buena fase de medición tiene que ser importante y significativa para la empresa, además debe de ser medible con objetivos alcanzables, de manera que se permita el buen análisis de los datos que se encontraron durante la investigación del proceso a mejorar, tener presente que esos datos que se buscan tienen que ser fáciles para su recolección e interpretación de los mismos, para una buena reproducción de conclusiones y recomendaciones robustas del proceso en investigación.

Una de las herramientas importantes en esta etapa es el mapa de procesos, donde gráficamente se representa todo el proceso que se quiere evaluar y analizar, dependiendo el tipo de proceso que se busca realizar y que esté relacionado con la

empresa, identificando las partes involucradas en el proyecto y las líneas operativas del mismo. En esta fase hay que incluir todos los procesos que generen algún tipo de problemática para la búsqueda de la mejora (Camisón, Cruz y González, 2006, p. 681).

El estudio de tiempo es una herramienta fundamental para el análisis de la medición, donde se aplican diferentes técnicas para la toma del mejor tiempo a buscar en un proceso determinado, donde al repetir varias veces la técnica, se puede encontrar mayor exactitud del valor nominal, fijando un dato estándar en el área de trabajo por analizar y con la ayuda de un cronómetro que es una técnica establecida por Frederick W. Taylor, alrededor de 1880. Se pueden tomar los datos, determinando fatiga del colaborador, antecedentes de las operaciones, movimientos indefinidos, se obtiene una mejor información para dar a conocer las conclusiones correspondientes de la mejora por realizar (Meyers, 2000, p. 38).

W. Niebel y Freivalds (2009) refieren que los colaboradores son los recursos más importantes del estudio de tiempos, dándoles una calificación de desempeño estándar por la experiencia que tiene al realizar los trabajos a un ritmo ni lento, ni rápido y que ese ritmo sea constante durante toda la jornada laboral, seguidamente se le da una calificación donde C es el desempeño del operario que se representa en porcentaje, dando una calificación de 100% si la velocidad es normal, 110% si la velocidad es mayor y un 90% si la velocidad es menor.

Para el cálculo de estudio de tiempos, las investigaciones solo usan muestras pequeñas ($n < 30$), utilizando una distribución t con un error máximo aceptable de 5%, por lo tanto, el nivel de confianza será de 95%, esto con el fin de obtener el tamaño de la muestra (p. 342-343). Para la aplicación de la fórmula, para obtener la muestra preliminar se utilizará el cálculo de la muestra:

Ecuación 1. Cálculo de la muestra.

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

Fuente: Niebel y Freivalds, 2009

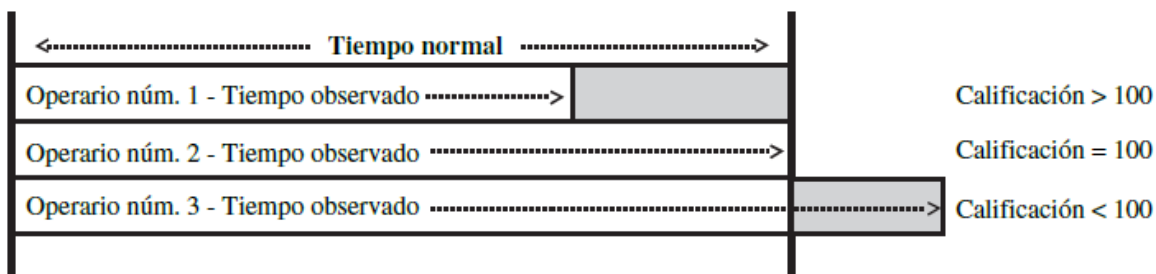
Dónde:

- x : Es la media de la muestra preliminar.
- s : Es la desviación estándar de la muestra preliminar.
- k : Es el porcentaje del error del promedio aceptable (5%).
- t : Es la distribución “*t-student*” para el nivel de significancia y los datos del muestreo preliminar (los valores de t se pueden observar en la tabla A3-3 del apéndice No.3 del libro de los autores W. Niebel y Freivalds (2009).

El siguiente cálculo se obtiene del principio básico de ajustar el desempeño mediante el tiempo observado (TO), para cada elemento a investigar ejecutado durante el estudio del tiempo al tiempo normal (TN), el cual requiere de un colaborador calificado y experimentado para la realización del estudio del proceso para realizar el trabajo, dándole un valor de calificación, donde la escala de la calificación de velocidad

va desde intervalos de 50 a 150, como se observa en la tabla 2 (Niebel y Freivalds, 2009, p. 343-362):

Tabla 2. Relaciones de tiempo observado, calificación y tiempo normal.



Fuente: Niebel y Freivalds, 2009

Ecuación 2. Cálculo del Tiempo Normal.

$$TN = TO \times C/100$$

Fuente: Niebel y Freivalds, 2009

El siguiente cálculo se basa en la adición de suplementos u holguras, donde el tiempo que se requiere, para un colaborador que es experimentado en las labores que desempeña, trabajando a un promedio estándar con un mínimo de esfuerzo se conoce como tiempo estándar (TE) de la operación. Por consiguiente, el suplemento u holgura es una fracción del tiempo normal de la operación, donde las holguras constantes, como lo son las necesidades personales, que son básicamente para mantener el bienestar general de los trabajadores, por ejemplo ir a tomar agua e ir al baño, se les da una holgura de un 5%.

También para holgura de la fatiga básica, tomando en cuenta la energía que se consume para realizar las tareas laborales, se considera necesario un 4% y para las holguras especiales, como las demoras inevitables, en esta clase de demoras se aplica a los elementos de esfuerzo e incluye interrupciones de los procesos (Niebel y Freivalds, 2009, p. 367-378).

Ecuación 3. Cálculo del Tiempo Estándar.

$$TE = TN + TN \times \text{holgura} = TN \times (1 + \text{holgura})$$

Fuente: Niebel y Freivalds, 2009

2.2.2.3 Análisis

El objetivo de esta fase es el análisis correspondiente de los datos obtenidos durante la investigación, el proceso y la confirmación de las causas del problema. Gutiérrez (2010) afirma que:

Por ello, se define el proceso a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; se establecen con mayor detalle las métricas (las Y's) con las que se evaluará el éxito del proyecto, y se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las Y's puedan medirse en forma consistente. Además, con el sistema de medición validado se mide la situación actual (o línea base) para clarificar el punto de arranque del proyecto respecto a las Y's. (p. 291).

Una de las principales herramientas que se utilizan en esta etapa es el análisis de mapeo de la cadena de valor, que representa gráficamente todas las tareas de los procesos que generan valor, es una herramienta del sistema Toyota, Taiichi Ohno (ingeniero de Toyota) quien desarrollo este sistema de producción habitualmente en las industrias automóbiles y hoy en día se conoce como de Producción de Toyota. Este consiste en la eliminación de despilfarro que son las actividades que no generan valor a los procesos, por cuanto más valor añadido hay, mayor eficiencia operativa se obtiene.

Taiichi Ohno, padre del sistema de producción de Toyota, definió siete tipos de desperdicio y descubrió dos tipos de variables, las que añaden valor y los procesos que no añaden valor en los sistemas operativos. Estas operaciones que no añaden valor se pueden clasificar como ocho despilfarros en los procesos, generando pérdidas operativas y se clasifican como (Galán, s.f, p. 25).

1. Transportes innecesarios.
2. Inventarios.
3. Movimientos innecesarios.
4. Esperas.
5. Sobre Producción.
6. Exceso de procesos.
7. Defectos.

8. Talento desperdiciado (Consiste en no utilizar a las personas preparadas y con alto potencial en alguna función donde se encuentre mucho despilfarro durante el proceso).

Para analizar las muestras obtenidas durante la corrida de la toma de tiempos en el proceso a investigar, es de gran ayuda la utilización de un software estadístico, que son varios sistemas computacionales especializados en estadística que interpretan los análisis de una forma gráfica donde visualmente su definición es más fácil y eficiente para la toma de decisiones, para este estudio de tiempo se utilizará el sistema Minitab 17 con una gran variedad de técnicas estadísticas para el análisis de los datos obtenidos durante la investigación del proyecto.

Con el objetivo de la comprobación del estudio de tiempos, si el proceso tiene un comportamiento normal, es necesario utilizar la prueba de normalidad donde el procedimiento gráfico nos ayudará a verificar visualmente el cumplimiento del supuesto de normalidad (Gutiérrez y de la Vara, 2008, p. 83).

Sampieri, Fernández, y del Pilar (2010) refieren que la normalidad en las muestras grandes de $n \geq 100$ o más, no obedecen a la normalidad de la distribución de una población, la misma tiende a ser normal en la estadística inferencial, lo anterior es basado en el teorema del límite central de las muestras con una población con más elementos a analizar. (p. 189).

Cuando están identificadas las causas que producen los problemas en el proceso, se tiene que analizar detalladamente cada etapa en busca de una solución viable, utilizando la mejor herramienta posible para la identificación de la solución y poder dar conclusiones efectivas basadas en los fundamentos de los análisis.

Para el análisis del proyecto se utilizarán los cálculos financieros del Valor Actual Neto (VAN) y la interpretación de valor de una Tasa de Rendimiento (TIR). (Blank & Tarquin, 2012) refieren que estas dos herramientas financieras permiten evaluar la rentabilidad de la inversión de un proyecto, con la tasa de descuento proyectada, es la tasa de rendimiento mínima que el proyecto espera ganar en los periodos siguientes, cuando la inversión tiene un valor actual neto negativo o menor que cero, el proyecto no es rentable, pero cuando el valor actual neto es mayor o igual a cero; el proyecto es viable con la tasa de descuento asignada, además, el proyecto generará ganancias adicionales. (p. 172).

2.2.2.4 Mejoras

Para esta fase del DMAIC es importante la implementación de estrategia para el mejoramiento del proceso de investigación y que perdure en el tiempo, estableciendo lo que se quiere lograr y alcanzar durante el proyecto. Una vez teniendo identificadas las causas relacionadas al problema en las fases anteriores, se pone en práctica las soluciones analizadas para buscar la mejora del proceso. Esta fase junta a las otras es de suma importancia, ya que se puede ir desarrollando en los procesos precisos

identificados, con el fin de realizar las pruebas y evaluar las soluciones más convenientes para el proceso. El investigador se puede apoyar en algunas de las siguientes herramientas:

La lluvia de ideas, como se pudo observar en la fase de Definir, es importante en esta fase, ya que toda idea cuenta con la inclusión de todas las partes de interés en el proyecto y motivando a las personas a decir lo que piensan de las propuestas (Gutiérrez y de la Vara, 2013, p. 159).

Una de las herramientas más sencillas de utilizar en las organizaciones establecidas por el Seis Sigma son las 5's, es un principio japonés que dio muchos resultados excelentes en las empresas de Toyota, donde todos las 5's juntas llevan a una organización limpia y estandarizada, en el cual se pueden detectar rápidamente los desperdicios que están generando costos en los procesos. Las 5's son:

1. *Seiri* (Organización): Identificar y separar los materiales innecesarios de las áreas de trabajo.
2. *Seiton* (Orden): Ubicación e identificación de una manera fácil y rápida de obtener los materiales que se utilizan para las tareas diaria,
3. *Seiso* (Limpieza): Identificar las áreas sucias y eliminar las causas que esto provoca, para que siempre el área de trabajo permanezca limpia.

4. *Seiketsu* (Estandarización): Estandarizar las estaciones de trabajo de una manera sencilla, implementando ayudas visuales, con tarjetas de colores, para que se puede identificar de las demás estaciones.
5. *Shitsuke* (Disciplina, Mantenimiento): Establecer normas y darle seguimiento a las mismas, para buscar la disciplina y generar una cultura de calidad.

Las primeras fases que son la organización, orden y limpieza son de principios operativos, la cuarta fase que es la estandarización de las tareas y estaciones de trabajo nos colabora en mantener las tres fases anteriores y la quinta fase es la disciplina que nos ayuda a crear un ambiente agradable para el trabajo, generando una cultura de calidad en toda la organización (Galán, s.f, p. 30).

2.2.2.5 Controlar

En la metodología DMAIC en la etapa de controlar se estudian propuestas con la ayuda de las herramientas necesarias para mantener los controles establecidos en el tiempo. En esta fase se pueden utilizar las herramientas más comunes interpretadas por el Seis Sigma:

Las hojas de chequeo están direccionadas a los procesos de calidad, ya que a partir de los datos se puede tomar decisiones importantes para generar los controles necesarios para la mejora establecida, los datos conseguidos tienen que ser fácil de interpretar y de recolectar (González, 1994).

Otra herramienta importante es la prueba de errores o el *poka-yoke* que consiste en diseñar técnicas que sirvan para que equivocarse no sea una opción, la razón es que no exista una manera o forma de que la persona pueda tener un error a la hora de realizar una tarea específica (Matías & Idoipe, 2013, p. 57).

Una de las herramientas importantes en la calidad es el ciclo Deming, implementado por W. Edwards Deming, es un ciclo de mejora continua donde hay actividades en conjunto, en donde una depende de la otra, generando un ciclo. Se basa en una forma sistemática para la realización de la mejora, una vez alcanzado los objetivos, se comienza el ciclo nuevamente para buscar una nueva mejora en el proceso, como se muestra en la figura No.4. Este ciclo hace que la investigación se realice de una forma más ordenada y segura (James y William, 2008, p. 514).

Este aporte es parte importante para el mejoramiento continuo en las organización, pues nos representa de forma sencilla los pasos a seguir para el alcance de los objetivos. Es importante mencionar las siete herramientas de la administración de la calidad y planificación que ayudan al control de la mejora en el tiempo:

1. Diagramas de Causa – Efecto.
2. Planillas de inspección.
3. Gráficos de control.

4. Diagramas de flujo.
5. Histogramas.
6. Gráficos de Pareto.
7. Diagramas de dispersión.

Estas herramientas son aportadas para la solución de los problemas en los procesos y son una base estratégica para la solución del mismo, son aplicadas de formas distintas, varían de acuerdo a las expectativas que el investigador desea alcanzar. Los datos obtenidos deben tener bases solidadas para una conclusión robusta de los análisis, deben de ser fáciles de interpretar por cualquier persona en la organización con el fin de saber las respuestas planteadas (Tarí, s.f., p. 174).

2.3 Marco conceptual referente al impacto de un proyecto

El diseño de la propuesta de la realización de una nueva distribución en el laboratorio de inspección de materia prima, para la planta de Heredia, ayudará a la mejora de la métrica de liberación de lotes de materia prima al mes 1,200 lotes, métrica de lotes pendientes de inspección de materia prima al mes 350 lotes en promedio, métrica de lotes pendientes de liberación de materia prima al mes mayor a 16 días 50 lotes y métrica de horas extras al mes 20% de horas, esto para seguir siendo un departamento competitivo dentro de la compañía y cumplir con la demanda establecida de producción

para el alcance de los requerimientos del mercado (Boston Scientific Corporation, 2017).

El diseño de instalaciones de planta es uno de los procesos más importantes para la productividad y eficiencia de las organizaciones, siendo uno de los retos más gratificantes para los ingenieros industriales, por sus fuertes estudios y la aplicación correcta de las herramientas que el Seis Sigma puede brindar, el presente proyecto se basará en la distribución de planta. Al respecto, Stephens y Meyers (2006) manifiestan que: “La *distribución* es el arreglo físico de máquinas y equipos para la producción, estaciones de trabajo, personal, ubicación de materiales de todo tipo y en toda etapa de elaboración, y el equipo de manejo de materiales”. (p. 2)

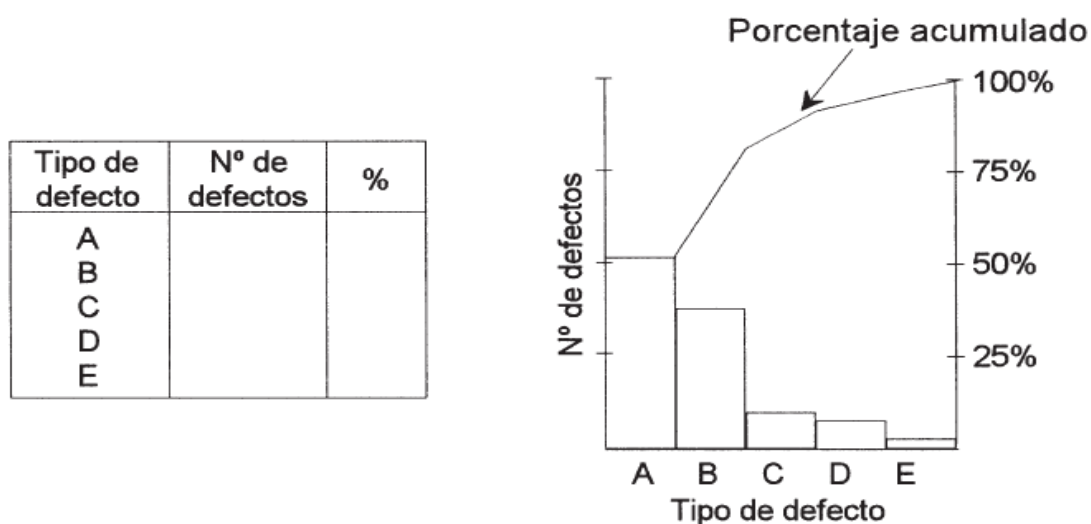
Por ende, es muy importante la distribución de planta en las organizaciones, teniendo los espacios adecuados para las ubicaciones de las estaciones de los equipos y materiales a utilizar para la manufactura de los productos en las empresas.

Con el resultado de la investigación, el laboratorio de inspección de materia prima puede demostrar los conocimientos adquiridos de manufactura esbelta y la eficiencia de esta metodología para el mejoramiento continuo en las áreas de enfoque del proyecto por realizar, aplicando herramientas de la metodología DMAIC para el mejoramiento del proceso, como son:

Diagrama de Pareto: Es un gráfico de barra donde nos ayuda a visualizar más rápido un problema del proceso y las causas principales que lo conllevan. Se basa en alcanzar una mejora con un mínimo esfuerzo obtenido. También se le llama el principio de Pareto que radica en la ley de 20-80, donde el 20% de los defectos son generados en gran cantidad por el restante 80% de ellos, entonces se puede analizar que las causas que generan el problema, no todas son de mayor importancia. El diagrama de Pareto se utiliza para la determinación en sí de cuál es la causa más relevante del problema, para investigar la causa de los errores y sirve para la recolección de información, que ayudará a tener conclusiones robustas del análisis (Gutiérrez, 2014).

Esta herramienta es de gran utilidad en los proyectos de mejora, ya que ayuda a una visión más amplia de las causas más importantes que están generando las disminuciones de las métricas u objetivos de la investigación.

Figura 8: Diagrama de Pareto.



Fuente: Tarí, s.f.

Para el análisis del gráfico, se utilizan dos ejes, donde se interpretan los tipos de defectos a investigar en relación con las frecuencias del mismo, donde en el 20% se generan la mayor parte los defectos.

Hoja de revisión o evaluación: En esta herramienta se muestran las tareas específicas de cada proceso a evaluar durante un tiempo determinado, se usa como archivos de datos obtenidos de la verificación de la tarea que se está realizando, se reportan defectos y se tiene conclusiones de los mismos. Esta herramienta se puede hacer en tablas clasificando varias tareas al mismo tiempo o en diagrama, interpretando variedades de suposiciones, el investigador elige la forma más fácil de darle uso a la herramienta para su investigación (González, 1994, p. 116).

Con la implementación de esta herramienta dentro la metodología DMAIC, se obtendría una revisión y evaluación de cada fase del proceso de mejora continua para el laboratorio de inspección de materia prima.

Figura 9: Hoja de verificación.

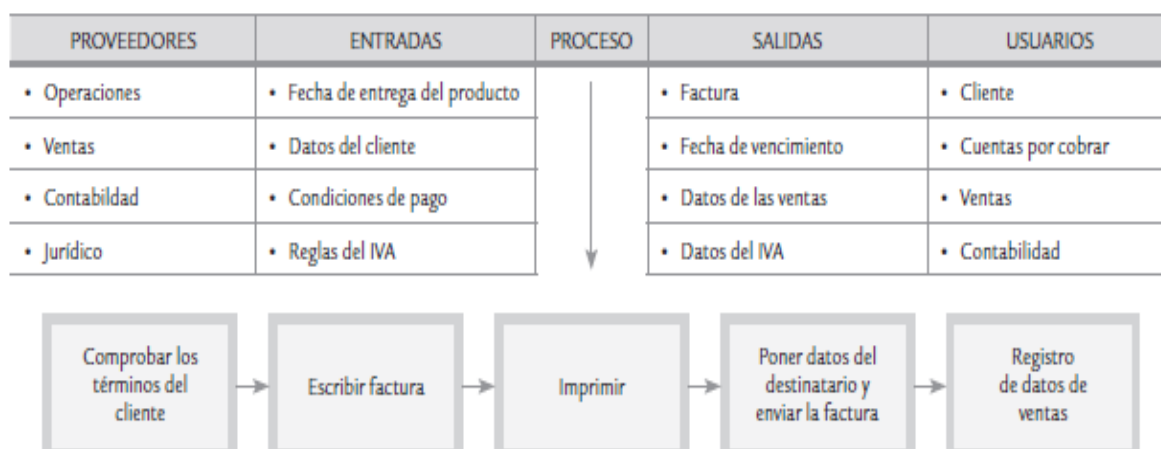
Producto _____		Fábrica _____		Especificaciones _____							
Sección _____		Grupo _____		Fecha _____							
Frecuencia total		3	7	13	20	24	20	8	4	2	0
Frecuencia	25										
	20										
	15										
	10										
	5										
Dimensiones	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	
		Especificación Inferior				Especificación superior					

Fuente: González, 1994

Es importante en los procesos tener información clara de las causas de los problemas a atacar, para una toma de decisiones basada en datos. Con la información recolectada de forma objetiva, se plantean las rutas siguientes para buscar las soluciones más rápidas que nos llevan las hojas de registro.

Diagrama de PEPSU (SIPOC, por sus siglas en inglés): Este diagrama tiene su principal característica de analizar el proceso de investigación y su entorno, tanto externo como interno de la compañía e identificar dentro del ciclo de la mejora continua a los proveedores (P), las entradas de los productos o información, tanto de manufactura como de servicio (E), el proceso y la transformación del mismo (P), las salidas de los productos o de información al mercado (S) y los usuarios o clientes que son los más importantes, proporcionando las entradas de los productos o información en la cadena de abastecimiento (U). Para las siglas en inglés su significado sería SIPOC (*suppliers, inputs, process, outputs and customers*) (Gutiérrez, 2010, p. 159).

Figura 10: Diagrama PEPSU.



Fuente: Gutiérrez y de la Vara, 2013

La herramienta Sipoc utilizada en los procesos genera mucha información importante para la recolección de datos a identificar dentro del proceso, antes que otro inicie y la identificación de elementos aislados que puedan existir en todo el proceso de la cadena de abastecimiento. Seis Sigma implementa mucho esta herramienta, ya que en ella se puede tener un control más directo del negocio y sus mejoras por realizar como un todo, con una perspectiva amplia de toda la compañía.

Estas mediciones que maneja el Sipoc son de control, en las fases del proceso, tanto en las entradas de procesos anteriores, como en los procesos actuales, hasta las salidas de los productos o información. Los datos obtenidos por la herramienta, se pueden usar para la mejora continua de un proceso siguiente, y llevar a cabo una cultura de calidad en gestión de la metodología de la manufactura esbelta.

El sistema *Pull* (Tirar): Esta herramienta es basada en el control de la sobre producción de inventario en los procesos, solo se produce lo que los clientes necesitan, realizándolo con un flujo continuo en las líneas de producción, haciendo pequeños lotes que ayudan al control de la sobre producción innecesaria. Cada proceso produce lo que el siguiente requiere, ajustándose solo a lo que la demanda de los clientes necesita. Esta herramienta le pide al proceso anterior lo que verdaderamente necesita para realizar su producción, así sucesivamente todos los procesos hasta llegar al inicio de la línea, lo contrario del sistema *push*, que es empujar produciendo sin control, generando la sobre producción y el aumento de re procesos y desperdicios del mismo, así las estrategias de procesos esbeltos ayudan al justo a tiempo de las unidades

producidas, minimizando los desperdicios y aumentando la mejora continua de las organizaciones (Rajadell y Sánchez, 2010).

Las herramientas de la administración de la calidad generan hoy en día un impacto positivo en la organización ya que todas están relacionadas en la búsqueda de la mejora continua en los procesos tanto productivos como de servicios. Los procedimientos de la gestión de calidad corresponde a un número mínimo de desperdicios en los procesos y la reducción de los costes de manufactura, siendo la función del control de calidad estandarizar las tareas y el aumento de la productividad y la eficiencia (Rajadell y Sánchez, 2010).

Entonces, el control de calidad y las herramientas implementadas en las investigaciones de los proyectos de mejora, son la base del éxito de las organizaciones, donde una empresa con calidad es mayor competitivamente dentro de los mercados laborales. El enfoque de la metodología de mejora continua se basa en la participación de todo el personal de la organización, no tienen que ser experto en la materia, sino que tienen que tener el compromiso hacia la misma, comenzando desde las altas gerencias y alcanzando a todos los departamentos de la empresa.

Rajadell y Sánchez (2010) afirman que: “Mediante el sistema *Pull*, se analiza con detalle la cadena de valor del producto, de tal forma que todo aquello que no añade valor al producto se elimina” (p. 205). La cadena de valor es importante para la fase de la mejora, ya que hay que garantizar la calidad de los productos y eliminar todo los

desperdicios que se pueden generar en el proceso de los mismos, creando una buena satisfacción a los clientes.

Por consiguiente, el impacto que puede tener la investigación en el laboratorio de inspección de materia prima a un tiempo a futuro, en implementar la propuesta de un nuevo diseño de localizaciones y estandarización de áreas de trabajo, será positivo para la compañía, generando el alcance de las métricas establecidas por el laboratorio y el aumento de la productividad en las liberaciones de inspección de la materia prima, mejorando la satisfacción de las partes interesadas.

2.4 Antecedentes de teorías o proyectos: resultados de experiencias anteriores, similitudes o diferencias

Al día de hoy, existen diversas empresas, tanto nacionales como internacionales, que han implementado el sistema de mejora continua, alcanzando éxitos en sus niveles de producción y en la estandarización de las áreas de trabajo en toda la organización. De esta manera, los antecedentes encontrados ayudarán a darle un peso bastante grande a la teoría y práctica que se requiere usar, para la realización de la mejora continua y el re diseño de localizaciones para el laboratorio de inspección de materia prima de la planta de Boston *Scientific*, Heredia.

Por lo tanto, la investigación llevará al análisis de la utilización de una mejor herramienta para el alcance de las métricas y la productividad requerida. En el

laboratorio de inspección se trabaja con tiempos establecidos para las liberaciones de inspección del material y es importante los recorridos y traslados que realizan los colaboradores a la hora de buscar un espacio libre para la inspección de los productos.

Con los antecedentes anteriores que se tiene registrados, se tomarán como información primordial para la propuesta de la investigación y generar un impacto positivo, tanto económico como productivo para la organización, este es el objetivo más importante de la realización de este proyecto, basándose en los principios de calidad y en la utilización de las herramientas más adecuadas para la obtención de la información necesaria para la conclusión de la investigación. La metodología DMAIC ayudará a la estructura de la investigación para un mejor entendimiento de la información que se obtenga.

2.4.1 Antecedentes de teorías o proyectos

En este apartado se mencionarán algunos antecedentes teóricos de artículos científicos, en relación con la metodología a utilizar en la investigación por realizar para la implementación de la mejora continua con la metodología de manufactura esbelta en el departamento de inspección de materia prima en la planta de Boston Scientific, Heredia. Se referencian artículos científicos para tener una base sólida de la investigación.

Artículo Científico. Radicación y distribución de planta (*layout*) como gestión empresarial

En el siguiente artículo se estudió la administración de una buena distribución de planta con la metodología de manufactura esbelta, el autor del artículo promueve la utilización de herramientas fáciles de interpretación de datos y la búsqueda de los mismos, refiere a una buena distribución de planta cuando la ubicación de las áreas y el diseño del terreno no existan restricciones que impidan una buena utilización de los recursos (Sortino, 2001).

La distribución de planta más eficiente es aquella en que los recorridos son de menor tiempo y exista un mejor método de la ubicación de equipos, proponiendo un buen desarrollo ergonómico para los colaboradores, para una comodidad en las estaciones de trabajo y una satisfacción al final de cada jornada laboral. Sortino (2001) manifiesta que:

El equipo de trabajo que realice la distribución de planta deberá acostumbrarse desde el primer día a escuchar opiniones, inclusive de personas, que aparentemente por sus funciones no tienen vinculación con la misma y tendrá además directivas claras de la política general de la empresa (p. 132).

Todos los miembros del área de trabajo tienen que estar anuentes al cambio que se realizará, ya que las personas no involucradas pueden tener una mejor visión de lo que

se busca en la nueva distribución del área de trabajo. Este artículo nos muestra la importancia de una buena distribución y los conocimientos que hay que tener para el mejoramiento de la misma.

Artículo Científico. Diseño de un modelo de almacenamiento y distribución de Equipos y materiales en la bodega de saexploration – sucursal Colombia

La empresa de *saexploration* se ve en la necesidad de la implementación de una nueva distribución de planta en sus instalaciones para mejorar las operaciones logísticas de la organización. En esta investigación se determinó la principal causa del problema como la pérdida de los tiempos en la cadena de abastecimiento, generando altos costos de almacenamientos, ya que no contaban con un procedimiento para la organización y distribución de mercancías (González, 2015). Aplicaron la metodología de manufactura esbelta para la búsqueda de una nueva herramienta que les ayudará a detectar las causas que estaban generando un problema, haciendo nuevas estrategias para una mejor solución y la obtención de ventajas competitivas en el mercado.

De acuerdo con los hallazgos localizados en la investigación, se pudo dar una solución clara y encontrar el mejor modelo para la implementación de la nueva distribución de planta y poder mitigar el impacto que estaban teniendo en la organización. Con la ayuda del involucramiento de todas las partes interesadas, lograron alcanzar el éxito de la investigación, motivando al personal en la búsqueda de buenas capacitaciones para la estandarización del modelo que se utilizó.

En esta organización se implementó un modelo de simplicidad con un sistema en U para la clasificación de materiales de acuerdo con la importancia de cada uno, designando áreas específicas y realizando la estandarización de las tareas de los colaboradores en las diferentes áreas de la distribución y la logística de la mercadería (González, 2015).

Artículo Científico. Reestructuración del *layout* de la zona de *picking* en una bodega industrial

El cumplimiento de órdenes es el proceso de mayor volumen en las operaciones de almacenes de distribución de mercancías, por esta razón los profesionales de los sistemas de almacenamientos consideran que el cumplimiento de las órdenes de distribución de mercancías es de gran importancia para la productividad dentro de estas organizaciones. En este artículo se muestran algunos componentes básicos para una mejor distribución de planta en el cumplimiento de las órdenes de materias primas (Arango, Zapata, y Pemberthy, 2010).

Para la optimización de un buen diseño de distribución es necesario tener en consideración las siguientes características dentro de la investigación que se vaya a realizar en cualquier organización:

- a. Minimizar el tiempo de operación.

- b. Minimizar los gastos de tiempo en la realización de una orden.
- c. Maximizar el uso del espacio.
- d. Maximizar el uso de los equipos.
- e. Maximizar el uso de la mano de obra.
- f. Maximizar la accesibilidad a todos los artículos.

Los costos en los procesos del cumplimiento de las órdenes es el principal objetivo para consolidar la mejora que se quiere implementar, ya que el tiempo y recorrido en generar los listados de órdenes son alrededor de un 60% de los costos en realizar esta tarea, por lo cual se ven en la necesidad de buscar espacios y localizaciones mejor distribuidas para minimizar los costos que se generan, con la aplicación del modelo de Bassan obtuvieron los siguientes resultados que les ayudaron para la mejora de las distribuciones de las órdenes (...) (Arango et al, (2010).

Tabla 3: Ecuaciones del modelo de Bassan.

Factor	Distribución (a)	Distribución (b)	Real	% de ahorro distribución (a)	% de ahorro distribución (b)
m* (items)	40	48	44	10%	8%
n* (estantes)	6,0	5,0	5	20%	0%
u (m)	37	45	47	21%	5%
v (m)	36	31	33	10%	4%
Área (m ²)	1342	1401	1537	13%	9%

Fuente: Arango, Zapata, y Pemberthy, 2010

Tabla 4: Resultados finales del modelo.

Distribución	Actual	Óptima (a)
Tiempo del pedido en el sistema (seg.)	120.6	107.4

Fuente: Arango, Zapata, y Pemberthy, 2010

En las tablas No.3 y 4 se puede evidenciar la mejora que obtuvieron en la utilización de las herramientas de manufactura esbelta, donde lograron disminuir los tiempos óptimos de 120.6 segundos a un tiempo mejorado de 107.4 segundos, es decir, el mayor ahorro de tiempos lo pudieron realizar con una buena distribución de planta de sus instalaciones y no solo disminuyeron los costos de los espacios físicos, sino también el servicio al cliente en las respuestas más rápidas en el cumplimiento de las órdenes de mercancías.

Artículo Científico. El enfoque de sistemas para la aplicación de la manufactura esbelta.

En el siguiente artículo científico se podrá entender mejor los conceptos utilizando la metodología de manufactura esbelta en las organizaciones, dando una solución factible o entendible de los problemas encontrados en los procesos, los criterios se basan de acuerdo con los pensamientos esbeltos de los investigadores, para estos contextos se expresan los análisis obtenidos de una forma clara comprobando la simplicidad de los sistemas de manufactura esbelta. Juárez, Rojas, Medina, y Pérez (2011) manifiestan que:

La aplicación del enfoque de sistemas a la producción tiene una evolución desde la administración científica, con criterios del máximo aprovechamiento, a la producción en masa, pretendidamente llevada por la eficiencia de las operaciones de la cadena, de ahí a la automatización y la informatización por las facilidades de procesamiento y almacenamiento de volúmenes de datos, y algunas alternativas, como la producción justo a tiempo y la teoría de las restricciones. (p. 36)

Hay que cambiar los paradigmas que se tienen de los procesos productivos y las líneas de producción. La evolución de los sistemas esbeltos ha venido a maximizar los procesos en lotes de producción en mayores cantidades, esto genera eficiencia en las líneas, con la utilización de los sistemas de jalar la producción.

Como conclusiones de la baja competitividad internacional y altos índices de costos que venía presentando una empresa mexicana y con la información obtenida en la ejecución de los sistemas de manufactura, los investigadores obtuvieron datos para comprender lo ocurrido, por lo que queda demostrado que la utilización de estos modelos formularon simples soluciones a la problemática, teniendo en cuenta los pensamientos esbeltos para la implementación de nuevos modelos en la organización (...). (Juárez et al, (2011).

Artículo Científico. Manufactura esbelta (*lean manufacturing*). Principales herramientas

En este artículo se referencia las herramientas más importantes en el uso de la manufactura esbelta y como las mismas han generado gran historia a lo largo del tiempo. El científico busca que las personas al leer esta investigación obtengan conocimientos de las herramientas aplicables en busca de una mejora continua y que se trabajen en las reducciones de desperdicios que no agregan valor a los procesos. González (2007) afirma que:

Es común escuchar a muchas personas en el ámbito empresarial que al hablar de lean, piensan que puede ser la solución a todos sus problemas, que es la moda que los llevará de la mano a competir con los grandes en este mundo globalizado, pero nunca se detienen a pensar si es la mejor herramienta. (p. 85)

A la hora de la investigación de un proyecto las partes interesadas tienen el pensamiento que una herramienta basta para la solución del o los problemas que puede tener el proceso, pero tiene que tener presente que la manufactura esbelta busca el cero desperdicio dentro de los sistemas de producción o servicio y esto se consigue con la utilización de las herramientas adecuadas para la mejora que se quiere alcanzar en la organización. Algunas características para implementar en un plan de mejora continua, según el autor de este artículo científico son:

1. La importancia de la participación de gerencia para el logro de un buen plan de manufactura esbelta.
2. Formar participación de todos los del área a mejorar para realizar una lluvia de ideas y conseguir las causas del problema.
3. Comunicación del plan y la visión de la manufactura esbelta a toda la empresa.
4. Buscar líderes para el proceso *lean*.
5. Capacitar a los líderes en las herramientas de manufactura esbelta.
6. Realizar pruebas pilotos del proyecto.
7. Evaluar los análisis y corregir los errores encontrados.
8. Controlar el mejoramiento, dando seguimiento y estandarizando las tareas de los procesos.
9. Buscar otra herramienta para comprobar que los datos que se obtuvieron son viables y entendibles para la organización e implementar el modelo óptimo para la solución del problema.

En conclusión, *Lean Manufacturig* no debe ser tratada como una herramienta para buscar las soluciones a los problemas que puedan tener los procesos, hay que poseer un pensamiento esbelto y estar claro que el principal recurso para que esta metodología se lleve a cabo, es la participación de todo el personal de la organización (González, 2007).

2.4.2 Resultados de experiencias anteriores

En este apartado se podrá hacer referencia a tesis de experiencias anteriores que obtuvieron buenos resultados en sus áreas por mejorar con la metodología de manufactura esbelta. Se tendrá una perspectiva más amplia para la utilización de las herramientas que se usarán para la investigación en curso, en el laboratorio de inspección de materia prima de la empresa Boston *Scientific*, Costa Rica en la planta de manufactura de Heredia.

Tesis de la aplicación de la manufactura *lean* a un proceso de troquelado

La siguiente tesis se realizó con base en la metodología Seis Sigma y manufactura esbelta en un proceso de producción de piezas troqueladas en una empresa mexicana dedicada a la producción de llantas de equipos caseros. La problemática de esta investigación es la calidad de los errores obtenidos en las líneas de producción, generando desperdicios de materia prima y elevando los costos de producción (Chávez y Méndez, 2014).

La empresa mexicana obtuvo, luego del análisis de la investigación y con la ayuda de las herramientas de la metodología de manufactura esbelta, una reducción en los errores de calidad de los procesos que estaban afectando los rendimientos de las líneas de producción. Antes de la utilización de las herramientas de Seis Sigma, el proceso de troquelado tenía un rendimiento de 69.15% y los defectos por millón de

oportunidades eran aproximadamente de 308.537, lo cual generaba que la calidad se encontrara en niveles muy bajos en los procesos.

De esta manera, con la implementación de las herramientas Seis Sigma aumentaron los rendimientos a un 99.98%, esto logró minimizar los defectos por millón de oportunidades en 233 defectos por millón, lo que se da un buen resultado en la disminución de los costos y los desperdicios, aumentando la calidad de los productos (Chávez y Méndez, 2014, p. 142).

Esta investigación confirma los buenos resultados que se tienen a la hora de la utilización de la metodología de manufactura esbelta, en busca de la mejora continua, haciendo que los procesos tengan cero defectos.

Tesis de propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil

En la siguiente tesis se realizó una propuesta para la implementación de una nueva distribución de planta para la empresa *Nexxos Studio*, utilizando las herramientas de manufactura esbelta, con el fin de obtener la mejor solución a la propuesta planteada. Los investigadores vieron oportunidades de mejora para las instalaciones de dicho estudio por medio de una redistribución de planta (Barón y Zapata, 2012). Por consiguiente, se encontraron mejoras en los recorridos en los departamentos de corte y confección, como también en los almacenes de materiales; tanto de materia prima como en producto terminado.

No obstante, para las mejoras encontradas en la empresa *Nexxos Studio* se utilizaron herramientas de la metodología Seis Sigma, tales como: Método SLP (*systematic layout planning*), análisis de búsqueda y selección, algoritmos y software en el diseño de la distribución de planta para una solución más rápida y factible para la organización. Se detectaron oportunidades, trabajando con todo el equipo de interés en cada proceso, para entender mejor las causas y atacar los problemas más directamente.

Tesis de implementación de manufactura esbelta en la línea de producción de la empresa Sedemi s.c.c

En la empresa Sedemi S.C.C., se decide utilizar la metodología manufactura esbelta para la optimización de los tiempos en los procesos del área de abastecimiento de producción, dando buenos resultados con la utilización de las herramientas de Seis Sigma.

De esta manera, tuvieron una mejoría en los tiempos de la fabricación de sus productos, pasando de 430 a 370 minutos, lo cual disminuyó las actividades externas de 247 a 135 minutos, con lo que la producción aumentó en un 29.45%, produciendo 2.63 toneladas más por día (Carpio, 2012). Hay que destacar la importancia de la calidad en los productos y en todo lo que se hace para mantener la mejora continua.

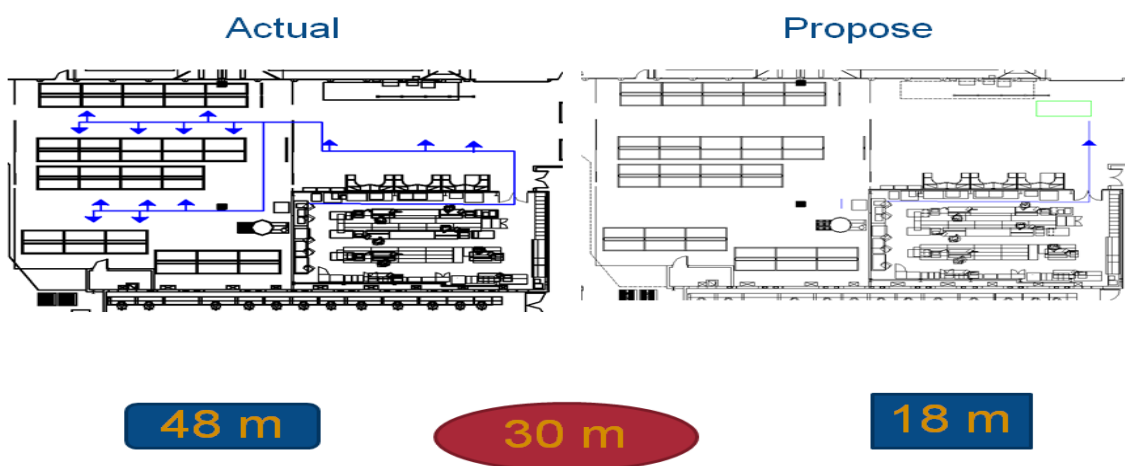
Es importante mencionar que para la optimación de los tiempos de los procesos, los investigadores utilizaron herramientas como son: las 5´s, estudio de actividades y toma de tiempos en los procesos de producción, *Kamban* y la filosofía justo a tiempo, realizaron una nueva distribución de planta y generaron celdas en U para el aumento de la producción y disminución en los tiempo de los recorridos.

Por ende, con la ayuda de las herramientas de la metodología manufactura esbelta, la empresa Sedemi S.C.C, alcanzó los resultados esperados, logró disminuir residuos y tiempos en el proceso de producción, realizando auditorías internas para el control y el seguimiento de la mejora de los procesos (Carpio, 2012).

2.4.3 Similitudes o diferencias

En el laboratorio de inspección de materia prima de la empresa Boston *Scientific*, Costa Rica, en la planta de Heredia, se ha venido realizando proyectos de mejoras con la utilización de la metodología DMAIC y cambios en la distribución de planta entre los años 2011 - 2015, que han generado buenos resultados para la organización y ahorros, tanto de espacio como de desperdicios, En el 2011 se creó un proceso *Lean* para el proceso de muestreo, donde se utilizaron herramientas como: El SIPOC, mapa actual del estado, análisis de Residuos, los 5 porqué, lo que llevó a implementar una nueva distribución de planta para el proceso de muestreo y la disminución de tiempo en los recorridos (Boston Scientific Corporation, 2017).

Figura 11: Comparación de la distribución de planta para el año 2011.



Fuente: Boston *Scientific Corporation*, 2017

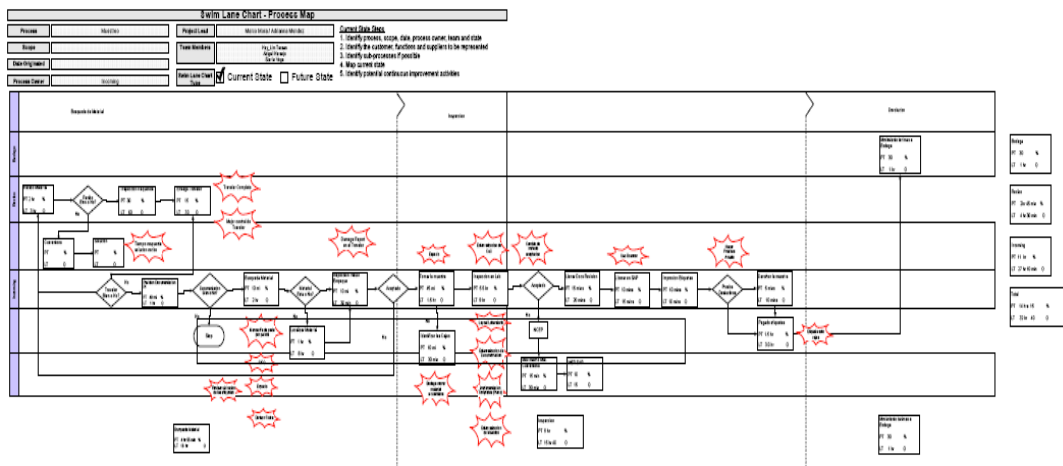
En la figura No.11 se puede observar la mejora alcanzada en los tiempos de recorrido con el nuevo diseño de localizaciones del laboratorio. Se redujo una distancia de 30 metros, haciendo el flujo de inspección más constante y minimizando los espacios entre las estaciones de trabajo. Del mismo modo, para el año 2014 se realizó en el laboratorio de inspección de materia prima la creación de un proceso *Lean* y la implementación de la nueva distribución de planta que optimizó el muestreo y las actividades de inspección, esto generó ahorros para la organización. Se tuvo como alcance todos los números de partes de los componentes para la realización de este proyecto.

Por esta razón, los investigadores del proyecto vieron las oportunidades de mejorar los procesos de entrada de la materia prima, el control de temporización de inspección,

mejorar el diseño del laboratorio y el ahorro de costes (Boston Scientific Corporation, 2017).

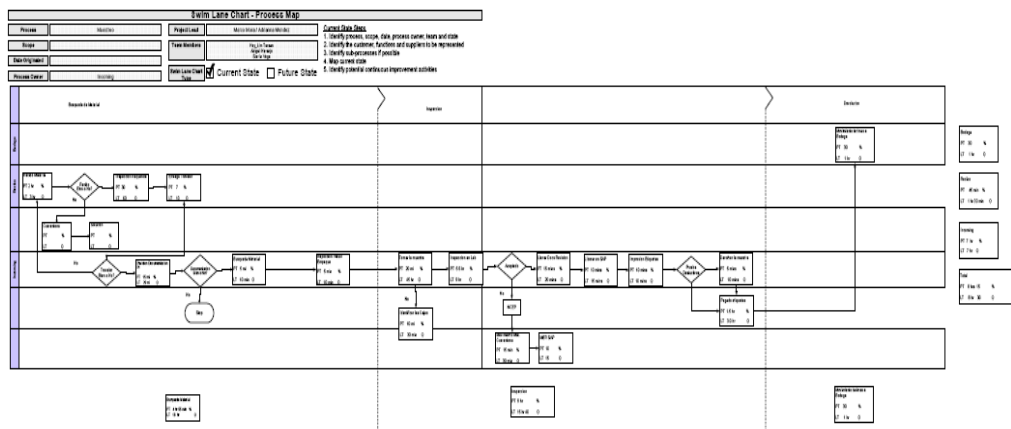
De la misma manera, con la ayuda de las herramientas de manufactura esbelta como: La lluvia de ideas, la implantación de las 5´s y los gráficos de control, el laboratorio alcanzó los objetivos propuestos de la reducción de los desperdicios que se estaban generando por la impresión de los gráficos en la máquina de sistema de visión y los desperdicios de alambres en el proceso (Boston Scientific Corporation, 2017). Entonces, con la aplicación de la metodología de manufactura esbelta el laboratorio de inspección de materia prima, logró ahorros significativos para la organización, reduciendo los desperdicios, lo que generó confianza para manufacturar nuevos productos y creó la motivación necesaria para el desarrollo de nuevas habilidades en busca de mejoras en los procesos del área de inspección y, también, una cultura de mejora continua.

Figura 12: Distribución de planta antes de la mejora para el año 2014.



Fuente: Boston Scientific Corporation, 2017

Figura 13: Distribución de planta después de la mejora para el año 2014.



Fuente: Boston Scientific Corporation, 2017

En las figuras No.12 y No.13 se observa el antes y el después de los cambios que tuvo el laboratorio con el nuevo diseño de distribución de localización, con ello se identificaron causas importantes que generaban desperdicio de tiempos en recorridos e impresiones de documentación. Se logró controlar los desechos de alambres del proceso y optimizar las impresiones de los gráficos del sistema de visión, lo cual generó grandes ahorros para el laboratorio, como se referencia en la tabla 5.

Tabla 5: Resultado de logros para el año 2014.

Mejoras	Logros
Ahorros	Impresiones Sistema de Visión \$35 K Desecho de alambre (20 %) \$11 K Total = \$44 K
Tiempo de inspección	Tiempo de inspección Antes 14 horas Propuesto 8 horas 58% de reducción (estimado)

Fuente: Boston Scientific Corporation, 2017

Por ende, con la implementación de las nuevas mejoras para el año 2014, alcanzaron entre la optimización de las impresiones de los gráficos y los desechos de alambres un total de ahorros de \$44 mil, también se redujo los tiempos de inspección por la minimización de recorridos en un 58% bajando los tiempos de 14 a tan solo 8 horas, haciendo el laboratorio más eficiente y con un mejor servicio al cliente (Boston Scientific Corporation, 2017).

En conclusión, la utilización de la metodología manufactura esbelta, el laboratorio de inspección de materia prima a lo largo del tiempo, ha venido teniendo buenos resultados, por lo cual estos antecedentes ayudan a seguir realizando mejoras en los procesos del laboratorio.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

- Finalidad (Teórica o aplicada): Aplicada.
- Dimensión temporal: Transversal.
- Marco. (Mega-macro-micro): Micro.
- Naturaleza. (Cuantitativa y/o cualitativa): Cuantitativa.
- Carácter de estudio: Descriptivo.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cuantitativo del proyecto

3.2.1 Determinar la metodología para la recolección de los datos del proceso

Como parte de la recolección de datos, se realiza un el *SIPOC* para la definiciones de las operaciones de cada uno de los procesos. Esta será una herramienta fundamental para la recolección de la información, ya que se analizará, tanto el entorno externo como interno del laboratorio de inspección de materia prima. También, ayudará a conocer algunas causas que se generan en el proceso de la inspección de los materiales (Gutiérrez, 2010, p. 159).

Cabe resaltar que el tiempo que se definirá, será aplicado para cada proceso por investigar con la recopilación de los datos en el estudio de tiempo, tanto la muestra definida como el área de estudio, de ahí que se logrará detectar las causas que no agregan valor al laboratorio de materia entrante.

3.2.2 Antecedentes históricos del proceso

La información se obtendrá con la ayuda de las métricas establecidas en el laboratorio de inspección de materia prima y los permisos necesarios para la investigación de los mismos. Cada métrica se actualiza semanalmente, lo cual ayudará a la identificación de los procesos por investigar para sus adecuadas mejoras. Los antecedentes con los que se refieren son del periodo 2016 – 2017 actualmente.

3.2.3 Realización de estudio de tiempos

En la actualidad, en el área de estudio no cuentan con un tiempo estándar definido para la búsqueda de cada tipo de material empaque, metales, plásticos y químicos, por lo tanto, se realizará un estudio de tiempo en cada tipo de material, de acuerdo con los procesos para la definición de tiempos estándares en la búsqueda de los mismos. La información del estudio recolectada será sometida a la prueba de normalidad; con el fin de tener una hipótesis acertada para cada proceso, con un valor de significancia establecido en el capítulo II de 0.05.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o implementación de un nuevo proceso, producto o servicio

En el siguiente apartado se definirá y señalará algunas de las herramientas de la manufactura esbelta que ayudarán a las mediciones de la investigación de este proyecto y a la recolección de la información importante para su debido análisis.

Por consiguiente, la metodología que se usará en el proyecto de investigación es DMAIC y con la ayuda de las herramientas del Seis Sigma se analizarán los datos obtenidos para el cumplimiento de cada fase (Gutiérrez y de la Vara, 2013, p. 403).

3.3.1 Fase D (definir)

En la fase D (definir), se definirá el área de la investigación del proyecto. Se determinarán las causas del problema y los objetivos para desarrollar el mismo, además, se tomará en cuenta las limitaciones y el alcance del proyecto, se llevará a cabo un diagrama de flujo que ayude a mostrar el proceso actual del área a investigar y con esto definir el alcance del proyecto con un análisis SIPOC para establecer los procesos de entradas y salidas de la investigación.

3.3.2 Fase M (medir)

En la fase M (medir), se propondrá la metodología para la búsqueda de la información cuantitativa y/o cualitativa, con sus respectivas variables a investigar. Esto se hará con la obtención de la información de los antecedentes y analizando el estado actual del proceso. También, con la colaboración de un diagrama de recorrido para conocer las distancias que se invierten durante el proceso de inspección y búsqueda de materia prima, se realizará un estudio de tiempos en el área de la investigación con la necesidad de encontrar las variables que ayuden a la mejora de la capacidad de liberación de materiales,

3.3.3 Fase A (análisis)

En la fase A (análisis), se identificarán las causas y los procesos que están generando desperdicios y la disminución de las métricas del laboratorio, seleccionando acciones para su debida ejecución.

Si bien es cierto, en el área de investigación existen muchos tipos de desperdicios que se generan durante el proceso, esto aumenta los costos de las inspecciones y genera largos tiempos para las liberaciones de los materiales. La investigación de estos desperdicios puede llegar a hacer una mejora competitiva dentro de la empresa y se recolectará información con de los ocho desperdicios: Transporte, inventario,

movimiento, esperas, sobre-proceso, sobre-producción, defectos y el mal uso de las competencias (...) (Boston Scientific, 2015, p. 16).

Al mismo tiempo, se realizará un gráfico de Ishikawa que ayude a visualizar los síntomas principales que están afectando el proceso del área de investigación, esta herramienta nos guiará a definir el problema principal por mejorar, junto al diagrama de Pareto que nos muestra las causas principales que hay que atacar para conseguir la mejora que se está buscando en la investigación del proyecto.

3.3.4 Fase I (mejorar)

Para la fase I (mejorar), se analizarán las propuestas. Por ende, se darán recomendaciones oportunas para establecer las estandarizaciones de las tareas con la supervisión del laboratorio de inspección y se desarrollarán futuros estados que permitan tener una mejora continua en el tiempo.

3.3.5 Fase C (control)

En la última fase C (control), se propondrá darle seguimiento a las estaciones de trabajo identificadas, a realizar cambios de cultura de calidad, mediante la propuesta de un nuevo procedimiento de tiempo de búsqueda de materia prima y se sugerirá ayudas visuales en cada proceso para su debida identificación de la inspección de los

materiales y durante la investigación se llevarán a cabo caminatas en el área de estudio que ayuden a buscar datos importantes que den más peso a la propuesta.

Cabe mencionar que el ciclo Deming estará presente a lo largo de la investigación, pues ayudará a tener un parámetro más claro de los objetivos que se quieren alcanzar y tener una mejora constante en el proceso, además, con la ayuda de los antecedentes de los proyectos de mejora que se han venido realizando en los años del 2011 al 2015 en el laboratorio de inspección de materia prima, como se referencia en el capítulo II, se tendrá información precisa para la utilización de las herramientas de la manufactura esbelta dentro del área de investigación (Boston Scientific Corporation, 2017).

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

El objetivo principal de la investigación es llevar a cabo el proyecto en el laboratorio de inspección de materia prima, y de esta manera generar un impacto positivo para la organización. Para esto se realiza un plan piloto que ayude a verificar el aumento de la productividad en las inspecciones de los materiales, incorporando a todas las partes interesadas de los procesos.

Cabe recalcar que en la metodología de la implementación, se verificarán los datos obtenidos durante el proceso de la mejora para darle seguimiento en la mejora de las métricas propuesta para este proyecto. Los datos encontrados servirán para darle continuidad al proceso y comprobar cada fase del ciclo Deming.

También, para la mantención de la mejora continua del proyecto, se propondrá las nuevas recomendaciones encontradas en el momento de la realización del proyecto que ayudarán durante el proceso de investigación para mantener la mejora en el tiempo, las mismas serán evaluadas por la supervisión del laboratorio para un mejor resultado en el alcance de las métricas evaluadas por la organización.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento del proyecto

Para el aseguramiento y control de proyecto de investigación, en el laboratorio de inspección de materia prima, existen pizarras de métricas que ayudan a medir la productividad del proceso, de esta forma se puede evaluar y dar seguimiento a la nueva propuesta del diseño de las localizaciones (...) (Boston Scientific, 2015, p. 26).

Igualmente, se dará seguimiento a las actividades relacionadas con la estandarización de las estaciones de trabajos, donde se tendrá un control previo de las estaciones y con la información recolectada usada como referencia para nuevos proyectos de mejora continua y así hacer que perdure en el tiempo la cultura de la calidad (Galán, s.f, pág. 30).

De la misma manera, se dará retroalimentación de la propuesta de mejora a las partes interesadas del proceso como lo son: El área de recibo, de transferencia de materia prima y los departamentos de compras y planeación, para que tenga nuevos conocimientos del trabajo que se estará realizando en el laboratorio de inspección de materia prima, con el fin de que entiendan la importancia de los nuevos cambios y el alcance de las nuevas metas a buscar.

Las medidas necesarias para que este proyecto no vuelva a la situación actual, es que el recurso más importante y fundamental de la organización, es decir, el

colaborador del laboratorio, tenga la participación total y el compromiso de la propuesta del proyecto, también el trabajo en conjunto y una buena comunicación con la alta gerencia del laboratorio de calidad, esto ayudará, en gran medida, al sustento del proyecto y la mejora continua en el tiempo.

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 Proceso de liberación de materia prima

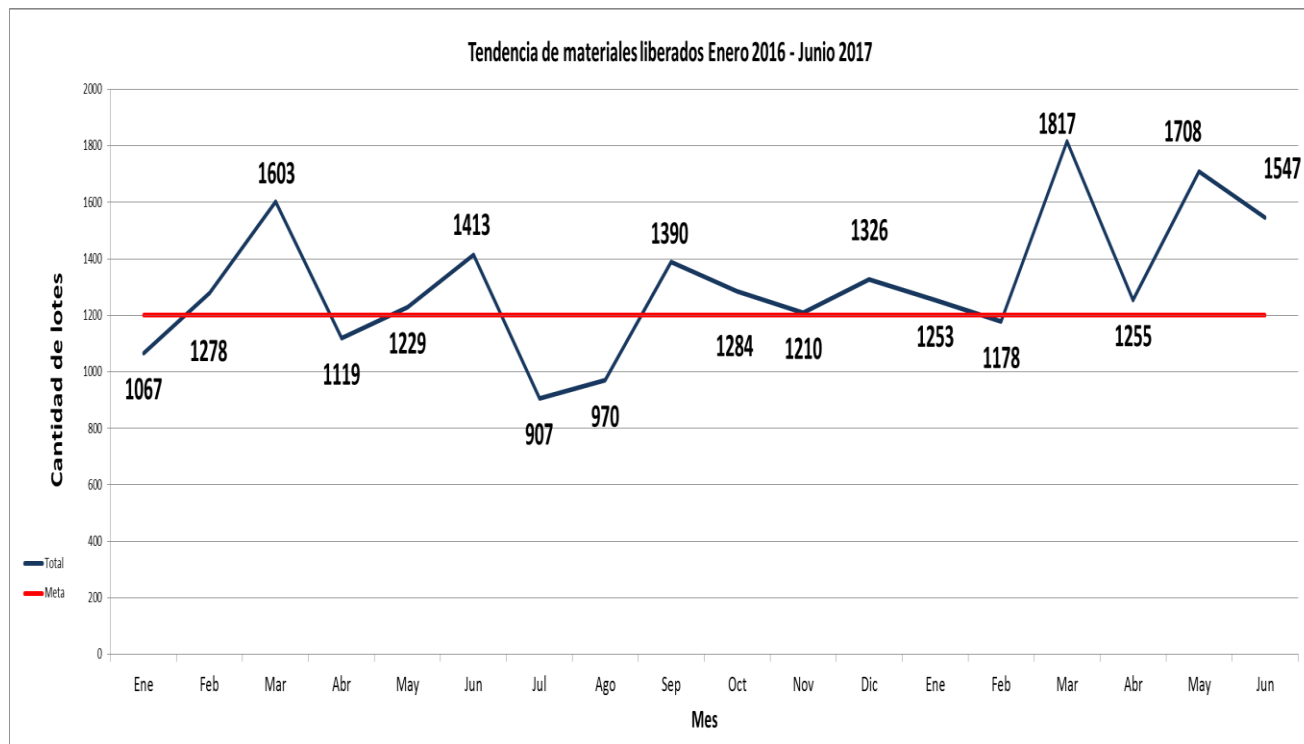
Para iniciar con el diagnóstico de la situación actual del proceso, se realiza un diagrama de flujo, con el fin de identificar los distintos procesos que se ejecutan durante el proceso de liberación de lotes en el departamento de inspección de materia prima. En la siguiente imagen se muestra el diagrama de flujo y luego se hace una explicación detallada de cada uno de los procesos.

1. Al inicio, se reciben todos los documentos de la materia prima, por los inspectores de recibo. A medida que se va revisando la documentación y todo cumple con los requisitos de recibo de material, se van entregando al laboratorio de inspección de materia prima.
2. El inspector de calidad debe asegurarse que los certificados de compras (CoC) y los certificados de análisis (CoA) están de acuerdo con los requisitos mínimos del laboratorio de inspección de materia prima, esto genera un tiempo de espera en la revisión de la documentación, tanto en el sistema como físico.
3. Si el certificado de compras (CoC) esta correcto, los materiales se colocan en cola para procesarse de acuerdo con el orden correspondiente, si los certificados de análisis (CoA) están correctos y el material lleva pruebas externas, se prepara la muestra y la documentación inmediatamente para enviarlas al laboratorio de prueba, conforme a las instrucciones documentadas en los planos de cada material, generando una espera. Si la documentación no está correcta, se contacta al área de recibo para realizar las correcciones necesarias de acuerdo con los procedimientos establecidos.
4. Una vez que el material está en cola, se realizan las inspecciones y las pruebas de los materiales conforme al siguiente orden:

- Procesar los materiales urgentes de acuerdo con la lista de prioridades por parte del departamento de compras.
 - Procesar los materiales voluminosos como los son: Todos los materiales de empaques, los alambres, materiales plásticos muy largos.
 - Procesar todos los demás materiales de acuerdo con la fecha de recibo, primero en entrar, primero en salir.
5. Una vez que los materiales son aprobados y pasaron todas las inspecciones correspondientes: visuales, dimensionales y pruebas externas, el inspector de calidad procesa la documentación inmediatamente, luego pone el sello de aceptado y firma el formulario de inspección. El mismo genera las etiquetas verdes de material aceptado para pegarlas a la materia prima buena, se da un tiempo de espera en la inspección de la materia prima y en los reportes correspondientes, siendo este proceso una actividad crítica en el flujo de la inspección. Si los materiales fallaron las pruebas de inspección, se procesa bloqueando el material tanto en sistema como físico y, posteriormente, se contacta a los ingenieros correspondientes para la debida investigación.
6. El material aceptado se etiqueta en verde en el área de recibo de material e inmediatamente los materiales están listos para ser transferidos al área de bodega, esto produce un tiempo de espera de movimiento de material, siendo esto el fin del proceso de laboratorio de inspección de materia prima.

Actualmente, el proceso de liberación no es constante. En el siguiente gráfico se muestra la tendencia de liberaciones mensuales desde el año 2016 hasta el 2017.

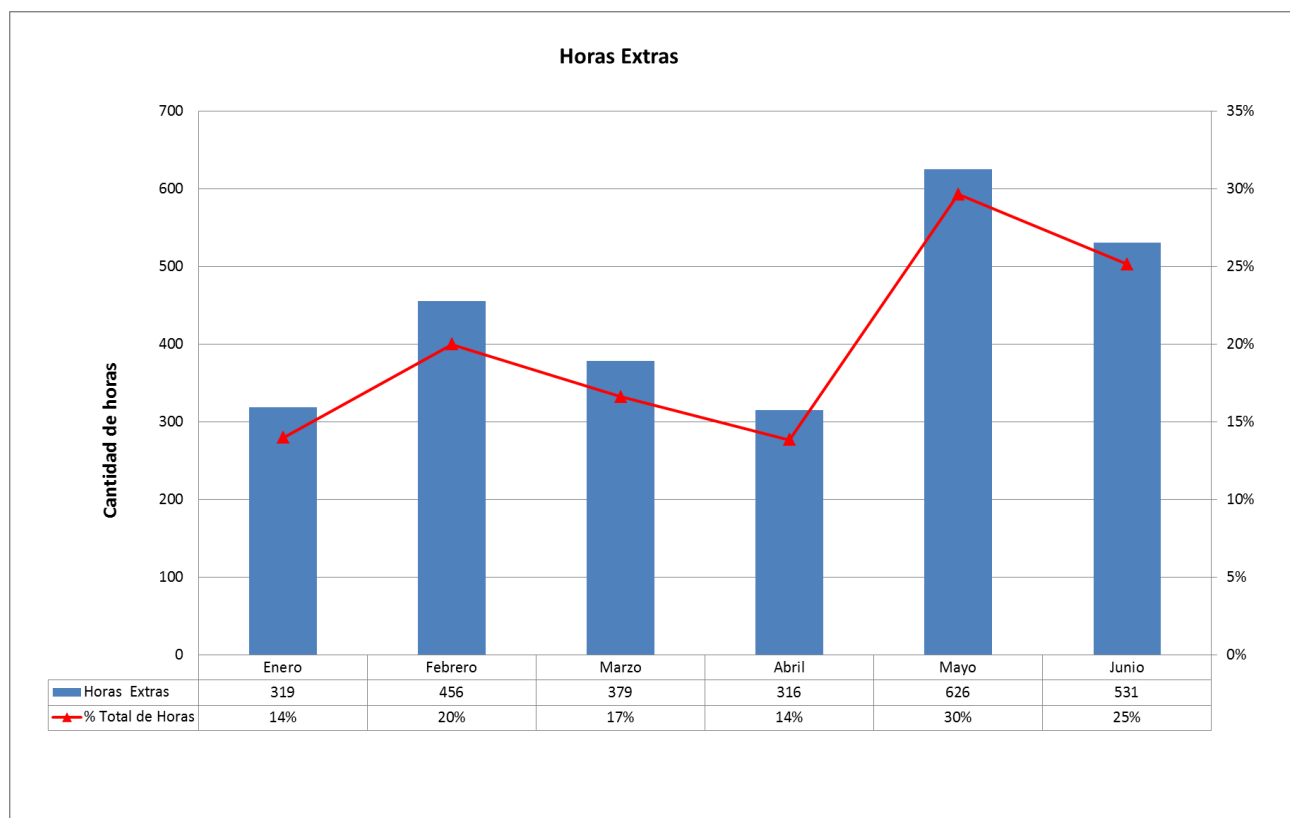
Figura 15. Tendencia de lotes liberados por mes de enero 2016 a Junio 2017.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En la figura No.15, se observa la cantidad de lotes liberados por mes, en el primer semestre del año 2017, ya que se encuentra por encima de la meta establecida por el departamento de planeación; con ayuda de horas extras invertidas para poder alcanzar los 1,200 lotes liberados al mes. Si el laboratorio de inspección de material entrante no realiza horas extras, la meta no se logra alcanzar. En la figura No.16 se detalla un gráfico de horas extras realizadas y los costos para que el laboratorio de inspección alcance la meta propuesta mes a mes.

Figura 16. Porcentaje de Horas Extras realizadas.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

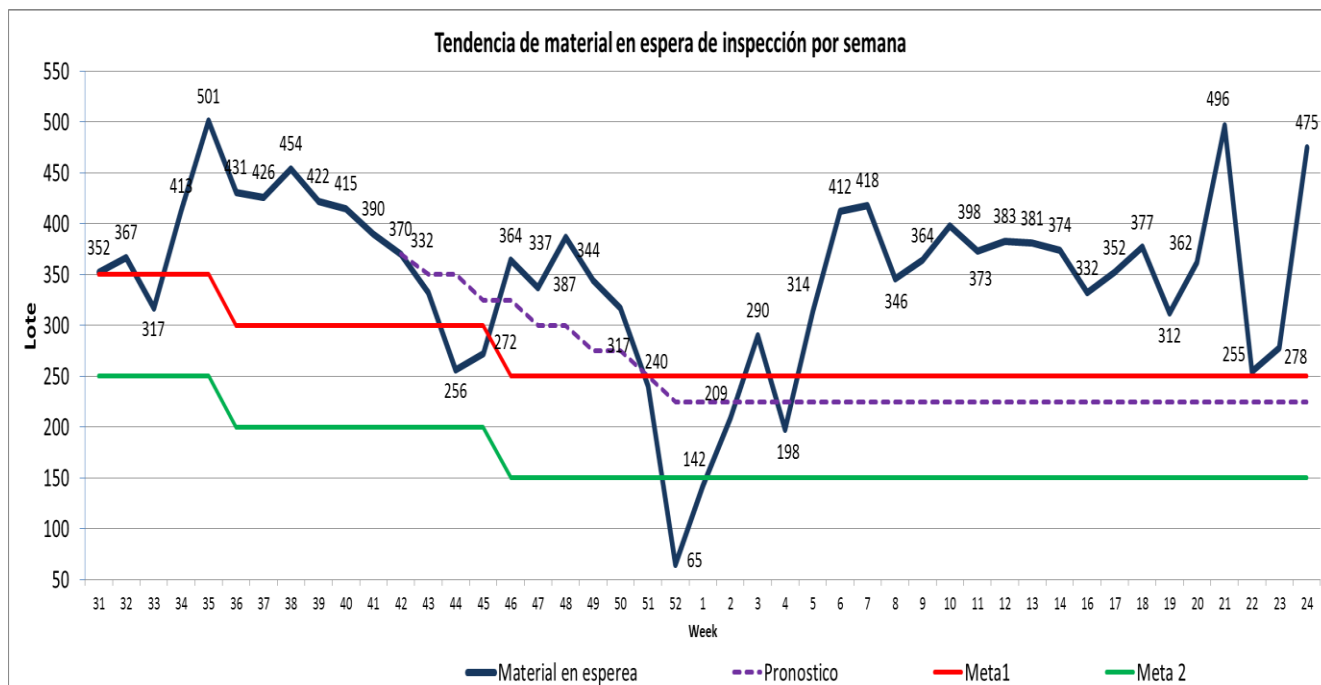
En la figura anterior se puede detallar que el laboratorio de inspección de materia prima ha invertido en promedio un 20% de horas extras para alcanzar la meta establecida de 1,200 lotes liberados al mes, lo que generó un costo al departamento de calidad en el primer semestre del año 2017 de \$18, 784. En la tabla No.6 se detallan los costos de las horas extras por turnos laborales y la cantidad de horas realizadas por mes.

Tabla 6. Costo total de horas extras por turnos laborales.

Mes	2ND Turno	2ND Turno Horas Extras	3RD Turno Horas Extras	Doble Tiempo	Horas regulares	Total Horas	Total Costo Horas Extras
Enero	32,36	177,24	32,24	48,04	28,77	319	\$ 2.269
Febrero	52,02	186,36	52,95	115,97	48,59	456	\$ 3.315
Marzo	30,08	121,69	52,75	124,47	50,2	379	\$ 2.761
Abril	22,83	136,1	21,81	90,79	43,98	316	\$ 2.252
Mayo	64,64	383,74	50,81	84,37	42,19	626	\$ 4.446
Junio	49,03	257,12	42,23	94,62	88,08	531	\$ 3.742
Total Horas Extras	250,96	1262,25	252,79	558,26	301,81	2626	
Total Costo Horas Extras	\$ 2.237	\$ 8.440	\$ 1.972	\$ 4.366	\$ 1.770	\$ 18.784	\$ 18.784

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 17. Tendencia de cantidad de material en espera de inspección.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

El material presenta una tendencia a subir cada semana. Como se puede observar en la figura No.17, los materiales en espera de inspección van en aumento cada

semana, pues las prioridades no se liberan a tiempo y van generando inventario de materia prima en el área de recibo. La meta actual es de 150 lotes en espera de inspección y el inventario está por encima de la meta. Desde la semana dos del año 2017, no se logra alcanzar la meta, esto con base en la cantidad de lotes recibos para el plan de producción mensual.

A continuación en la figura No.18, se muestra un diagrama de SIPOC del laboratorio de inspección de materia prima.

Figura 18. Diagrama SIPOC del proceso de inspección de materia prima.

Suppliers (Proveedores)	Inputs (Entradas)	Process (Proceso)	Outputs (Salidas)	Customers (Clientes)
Recursos de proveedores	Recursos requeridos	Descripción del proceso (4-6 pasos claves)	Entregables del proceso	Interesados
Área de recibo de materiales Departamento de compras	Certificado de compras Certificado de análisis Matriz de aceptación	Revisión de documentos	Formulario de inspección	Inspector de calidad 1
↓				
Área de recibo de materiales Inspector de calidad	Formulario de inspección Ubicación de materiales Cantidad de material	Toma de muestras	Muestras de los componentes	Inspector de calidad 1
↓				
Inspector de calidad Calibraciones	Muestras de los componentes Instrumentos de medición Procedimientos de inspección Formularios de inspección	Muestra de inspección y documentación	Reporte de inspección Muestras envasadas	Inspector de calidad 1 Inspector de calidad 2
↓				
Inspector de calidad 1 Inspector de calidad 2 Departamento de compras	Documentación aprobada Informe de inspección aprobada Certificado de compras Certificado de análisis	Liberado en el sistema (SAP)	Estado del sistema (SAP) Archivo de materiales (documentación) Etiquetas impresas	Almacén Inspector de calidad 1
↓				
Inspector de calidad 1	Impresión de etiquetas en verde	Materiales con etiqueta	Material aceptado y etiquetado	Almacén

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Es de suma importancia la realización de las actividades mediante el diagrama SIPOC para el proceso del laboratorio de inspección de materia prima actual, se debe relacionar a todas las partes interesadas del proceso en las categorías de los proveedores, entradas, procesos, salidas y los clientes con la presentación, evaluación, disposición de certificados y datos de prueba en las inspecciones de todos los materiales entrantes a la organización.

4.2 Diagnóstico del proceso

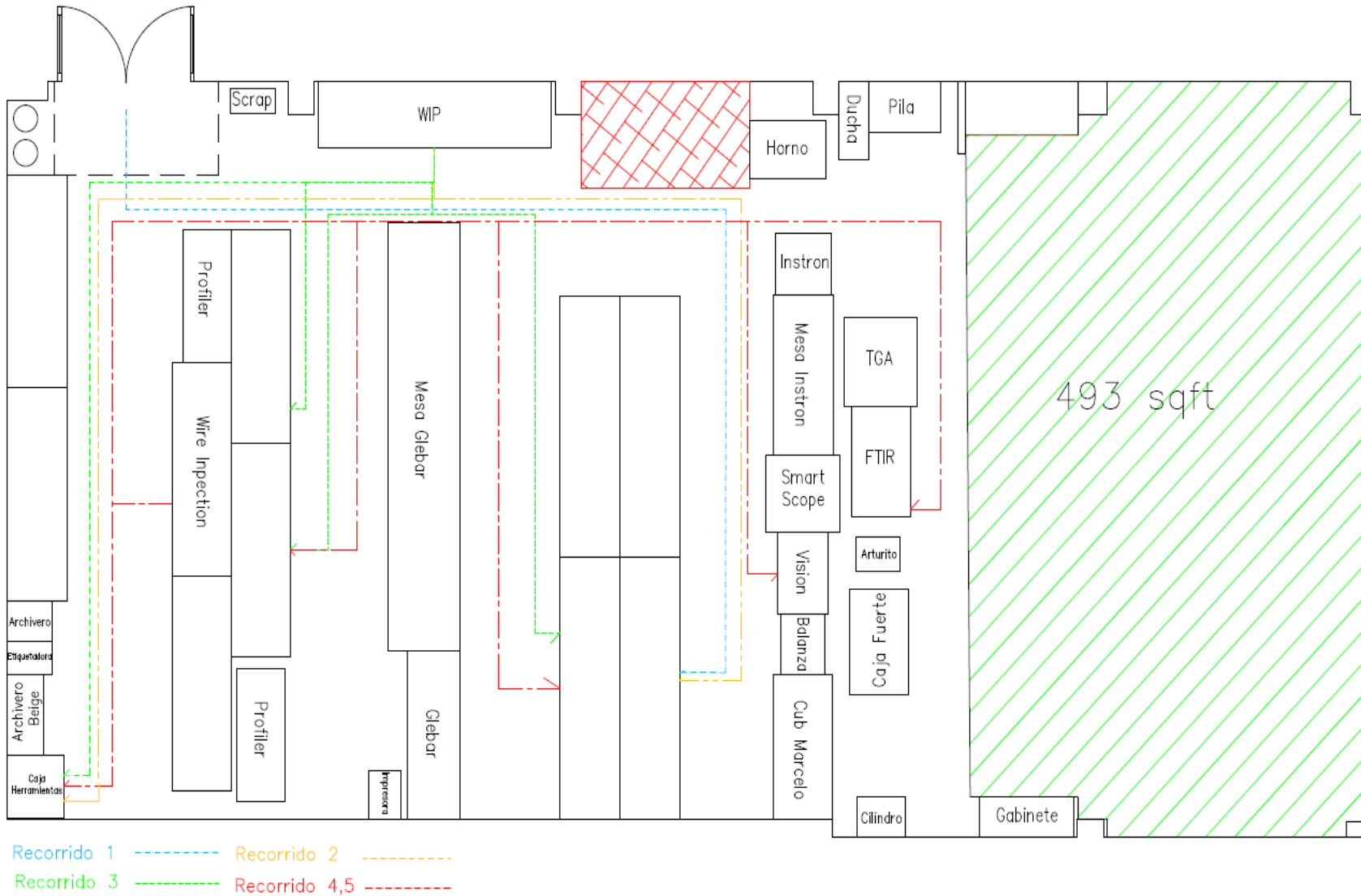
En función del sistema de distribución de planta actual, los inspectores de calidad del departamento de inspección de materia prima tienen que realizar una búsqueda de los materiales a inspeccionar en el área de recibo y recorrer un gran espacio dentro del laboratorio para realizarles las pruebas requeridas a cada componente asignado por cada uno de los inspectores de calidad.

En la actualidad, hay dos turnos y se cuenta con 11 inspectores, ocho en el turno de la mañana que va de 6:00 a.m. a 3:30 .pm. y tres en el turno de la tarde que va de 3:30 p.m. a 10:00 p.m. A cada inspector de calidad se le asignan componentes de materia prima para su inspección diaria y poder liberar cinco componentes con muestreo de aceptación, que es la meta de liberación por inspector de calidad, con una duración de 45 minutos aproximadamente en la liberación de cada uno de los componentes asignados, esto para mantener la métrica establecida por el departamento, que son 1,200 componentes liberados de materia prima por mes.

Los inspectores revisan los componentes y la documentación en el sistema y luego realizan la inspección del mismo en las mesas de trabajo, en las cuales no hay ayuda visual para determinar en cuál de las mesas de trabajo poder inspeccionar el componente. Como parte de la medición que se realizará para el diagnóstico de la situación actual de proceso, se procede a hacer un diagrama de recorridos para

mostrar la cantidad total de metros que se lleva a cabo para realizar una inspección de un lote de materia prima. En la figura No.19 se muestra el siguiente diagrama:

Figura 19. Diagrama de localización y distribución de planta actual del laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Por consiguiente, por cada material a inspeccionar se está recorriendo 220.65 metros y, por lo general, cada inspector de calidad examina y libera cinco componentes por día, para un total de distancia recorrida por inspector de 1,103 metros por día. Esto genera un total de 12,136 metros de recorrido de todos los inspectores de calidad dentro del laboratorio de inspección de material entrante, ya que al no haber una estación de trabajo específica para cada tipo de material, conlleva a una propuesta de un nuevo diseño de distribución de planta dentro del laboratorio. En la figura No.19 se detallan las distancias de recorridos para la verificación y liberación de la materia prima,

Asimismo, en el diagrama de localizaciones y distribución de planta actual del laboratorio de material entrante se puede observar la cantidad de recorrido que cada inspector realiza durante su jornada laboral para verificar un material. El total del transporte de material y movimiento de los mismos dentro del laboratorio es de 1,103 metros de recorrido por cada inspector, lo que minimiza los tiempos de liberaciones y deja los materiales con más de ocho días de recibido en espera de inspección. Cuando el material a verificar entra al laboratorio, los inspectores tiene que buscar un espacio libre y una mesa de trabajo desocupada para poner el material y comenzar a realizar la inspección del mismo, donde los espacios entre las mesas son de un metro.

De igual forma, en la descripción del diagrama de recorrido, para la recepción de material, la revisión de toda la documentación y la asignación de los componentes a cada inspector de calidad se recorre 25.60 metros de distancia, luego el inspector busca o espera una estación de trabajo libre para la inspección del componente, con

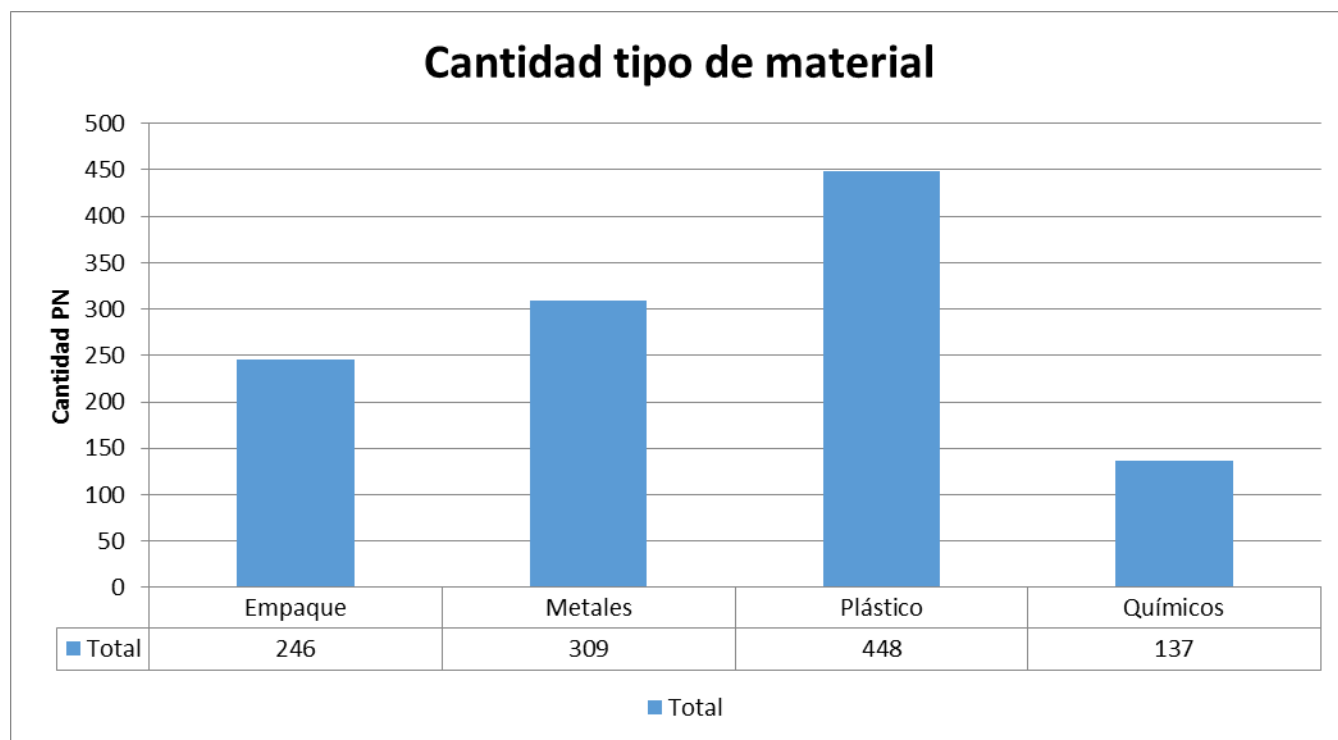
los equipos de medición adecuados para la verificación del mismo, recorriendo 141.11 metros de distancia para este proceso, por último, si el material cumple con todo los requisitos establecidos en los procedimientos de calidad, es liberado y llevado al área de recibo de materiales para su almacenaje, con un recorrido de 53.94 metros de distancia. Para un total de 220.65 metros de distancia recorrida por inspector de calidad y por material liberado.

4.3 Estudio de tiempo para la definición de la muestra preliminar por tipo de material

En relación con la investigación en el laboratorio de material entrante, se analizaron diferentes opciones para el avance del proyecto, la principal técnica por utilizar con una alta prioridad es el estudio de tiempos, por lo que el laboratorio de material entrante no ha alcanzado la meta establecida de 1,200 lotes liberados al mes, sin la realización de horas extras, esto aumenta el inventario de los lotes en espera de inspección de más de ocho días. Con el análisis y la realización de este proyecto de tesis, se pretende el aumento de la capacidad de liberaciones en el laboratorio de 1,200 lotes liberados al mes, reduciendo el tiempo de búsqueda de materia prima, con el propósito de disminuir las horas extras que se invierten en el alcance de la meta de lotes liberados y proponer una mejora en los recorridos de las instalaciones del laboratorio del material entrante.

Con base en lo anterior, aplica tiempos diferentes de inspección de acuerdo con los tipos de componentes que se revisan en el laboratorio para los diferentes números de partes para una cantidad de 1,140 partes clasificadas por productos, ya sean material de empaque, metales, plástico y productos químicos como se detalla en la figura No.20. Una vez conocida la variabilidad de los materiales en espera de inspección, se procedió a realizar un estudio de tiempos de búsqueda de materia prima en el área de recibo de materiales.

Figura 20. Cantidad de números de partes que se inspeccionan en el laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Para la definición del tamaño de muestra preliminar de cada tipo de material empaque, metales, plásticos y químicos, primero se tomaron 30 muestras preliminares según la ecuación No.1, que se define en el capítulo II y W. Niebel y Freivalds (2009) refieren la tabla *t-student* para un $n=30$ menos un grado de libertad corresponde a 2.045.

Por ende, la aplicación de la ecuación No.1 dio un resultado de tamaño de muestra para los materiales de empaques de 108 muestras, materiales de metales 102 , materiales de plásticos 111 y materiales químicos 118 , se puede observar los

resultados de la toma de tiempos para conocer el tamaño de muestra de cada material y la aplicaciones de las ecuaciones para la obtención de la misma en el apéndice No.1.

De esta manera, para la necesidad de encontrar una muestra real de tiempo de búsqueda de materia prima en espera de inspección y tener un resultado claro de la misma, se realizó un estudio de tiempos para cada tipo de material de empaque, metales, plásticos y químicos, determinando el tiempo estándar para cada uno de ellos de acuerdo con los resultados que arrojó el muestreo de los mismos. Se tendrá un tiempo requerido para la búsqueda de cada una de las materias primas, sin tener atrasados para la liberación de los componentes solicitados por planeación.

Al finalizar el estudio de tiempos para cada tipo de material, se aplicaron las ecuaciones No.2 y No.3 detalladas en el capítulo II, para encontrar los tiempos normales y estándares de la búsqueda de materia prima en espera de inspección. Seguidamente, para la aplicación y el análisis de la calificación, se da un valor y describe como se C a la hora de aplicar la ecuación como se define en el capítulo II en la tabla No.2, con esto se califica el desempeño de cada inspector de calidad en comparación a los esfuerzos que se realiza día a día sin esfuerzo adicional y siguiendo los lineamientos de los procedimientos de inspección de materia prima , en donde se obtiene un 100% de calificación para cada uno de los colaboradores.

En cuanto a las lecturas de los resultados, fueron tomadas por un cronómetro calibrado en periodos de trabajo normales y, por lo tanto, los tiempos normales no

incluyen los suplementos u holguras y las demoras inevitables que hay durante la realización de las tareas laborales en el turno de trabajo. Se dio valor para las necesidades personales de los inspectores de calidad, una holgura de 5% y un valor para la fatiga básica de 4%, como especifica en el capítulo II, siendo estas adecuadas para todos los inspectores de calidad.

El valor de las holguras especiales en demoras inevitables se dio de acuerdo con el proceso de la búsqueda de materia prima y las demoras que aplica en la realización de esta tarea, se dio un valor de 2%. En la tabla No.7 se detalla a continuación los valores asignados para la realización del tiempo estándar con las holguras.

Tabla 7. Valor de utilización de las Holguras.

Holguras constantes y/o especiales	%
Necesidades Personales	5%
Fatiga Básica	4%
Demoras Inevitables	2%
Total	11%

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

A continuación, se detallan los resultados de la toma de tiempo de búsqueda de material de empaque para el conocimiento del tiempo estándar de este proceso. En el apéndice No.2 se puede encontrar la aplicación de las ecuaciones y los resultados del tiempo estándar para cada proceso de investigación de cada uno de los tipos de materiales sean metales, plásticos y químicos.

Tabla 8. Resultados para la definición del TE del material de empaque.

Resultados para la definición del tiempo estándar.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.Tipo de material: EmpaqueObservador: Zico Alfredo Arrieta PerezFecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	15,52	19	15,00	37	1,10	55	2,00	73	2,00	91	2,00
2	27,20	20	7,00	38	5,00	56	2,00	74	4,10	92	5,10
3	5,35	21	27,00	39	3,23	57	2,00	75	3,55	93	3,32
4	2,30	22	3,00	40	5,10	58	2,00	76	5,00	94	6,50
5	5,50	23	5,00	41	4,00	59	3,00	77	10,20	95	4,25
6	8,24	24	1,32	42	3,26	60	3,00	78	6,10	96	4,00
7	11,50	25	10,30	43	13,20	61	3,00	79	7,00	97	3,20
8	11,10	26	9,58	44	11,56	62	3,00	80	3,00	98	1,00
9	30,42	27	1,30	45	7,10	63	3,00	81	2,10	99	3,30
10	2,55	28	1,35	46	13,00	64	7,57	82	4,20	100	2,50
11	4,55	29	2,30	47	1,10	65	3,59	83	3,00	101	6,20
12	3,59	30	1,45	48	9,00	66	3,00	84	3,25	102	5,55
13	15,50	31	3,26	49	1,23	67	3,10	85	2,00	103	4,25
14	15,32	32	2,50	50	2,20	68	2,10	86	5,00	104	6,20
15	3,20	33	1,35	51	1,32	69	3,20	87	4,32	105	3,00
16	17,30	34	1,15	52	1,00	70	2,00	88	3,33	106	2,25
17	11,22	35	2,00	53	4,20	71	2,00	89	2,10	107	1,00
18	2,00	36	3,10	54	2,00	72	2,00	90	2,20	108	2,45

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales de empaque.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. Tipo de material: Empaque

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	5,27
% Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	5,27
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	5,85

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 5,27 * 100/100 = 5,27 \text{ minutos}$$

$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 5,27 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 5,85 \text{ minutos} = 6 \text{ minutos}$$

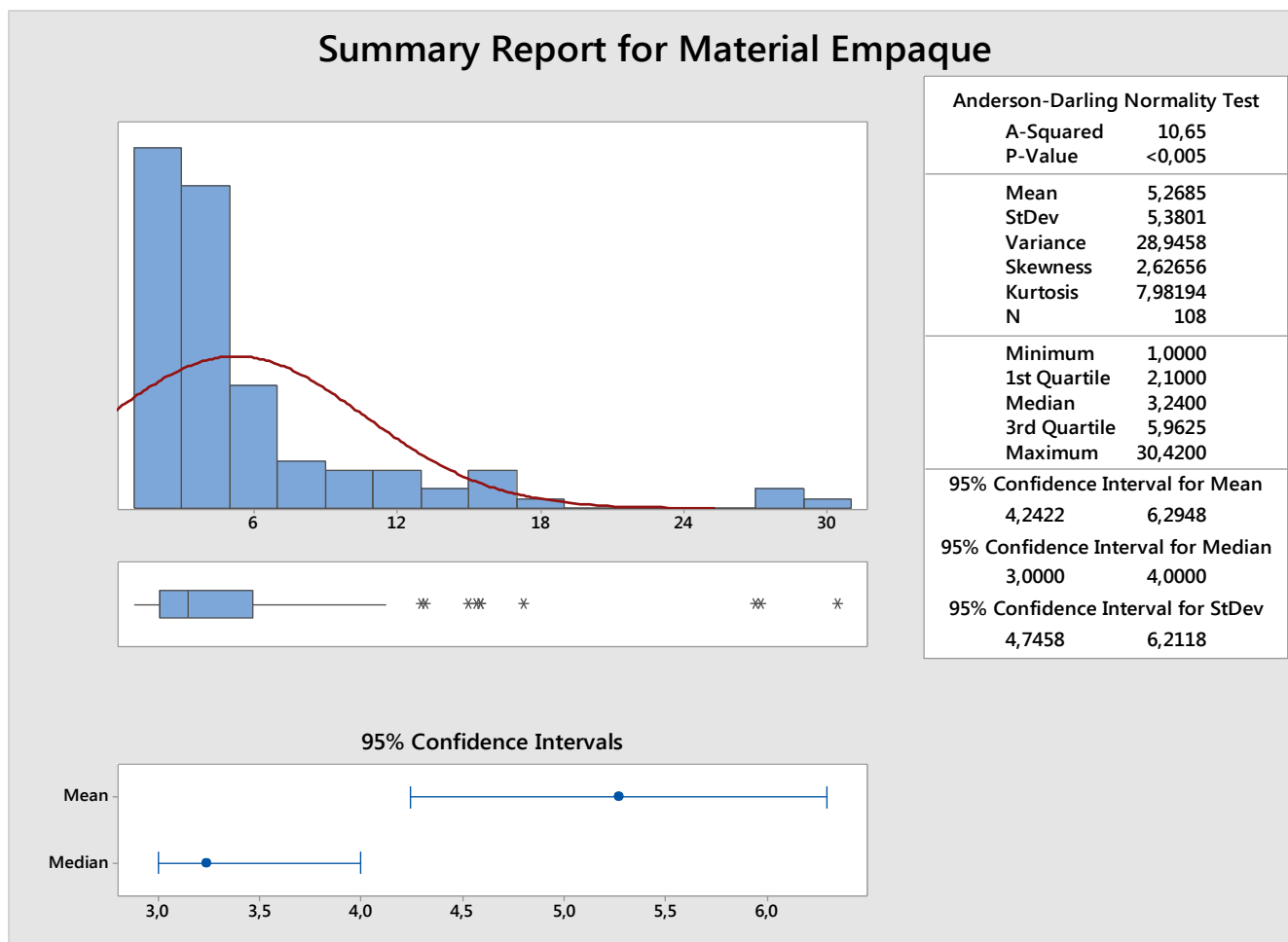
Entonces al aplicar la ecuación No.2 y No.3 para el estudio del tiempo en la búsqueda de la materia prima para los materiales de empaque, se obtuvo un tiempo estándar de seis minutos como de detalla en la tabla No.8. Se realizó un estudio de tiempos a 108 muestras, las cuales tenían un tiempo de búsqueda de material de más de 30 minutos. Asimismo, se realizó el estudio en los otros tipos de materiales como metales, plásticos y químicos, para conocer la duración de la búsqueda de material y obtener los resultados del tiempo estándar para cada uno de los mismos.

Es importante tomar en cuenta, los datos que el estudio de tiempo proyecta para cada uno de los tipos de materiales empaques, metales, plásticos y químicos, ya que el inventario se inspecciona y se libera de una forma más rápida, siguiendo el lineamiento del primero que entra es el primero que sale, de tal manera que se aproveche al máximo el tiempo y la eficiencia de los inspectores de calidad, en diferentes tareas por realizar.

Por consiguiente, se aplica la prueba de normalidad para conocer el si el proceso de la búsqueda de material en espera de inspección se ajusta a una distribución normal. También, se puede aplicar una prueba de hipótesis para determinar si los datos son normales o no. Sin embargo, una revisión visual del gráfico de normalidad tiende a ser más que suficiente para el análisis del mismo, donde el valor P, es definido como el nivel de significación que llevaría a rechazar la hipótesis nula, aplicando la regla de decisión según W. Niebel y Freivalds (2009):

- Si el valor $P \geq \alpha$, los datos se comportan de manera normal H_0 .
- Si el valor $P < \alpha$, los datos no siguen un comportamiento normal H_1 .

Figura 21. Histograma tiempo de búsqueda material de empaque.



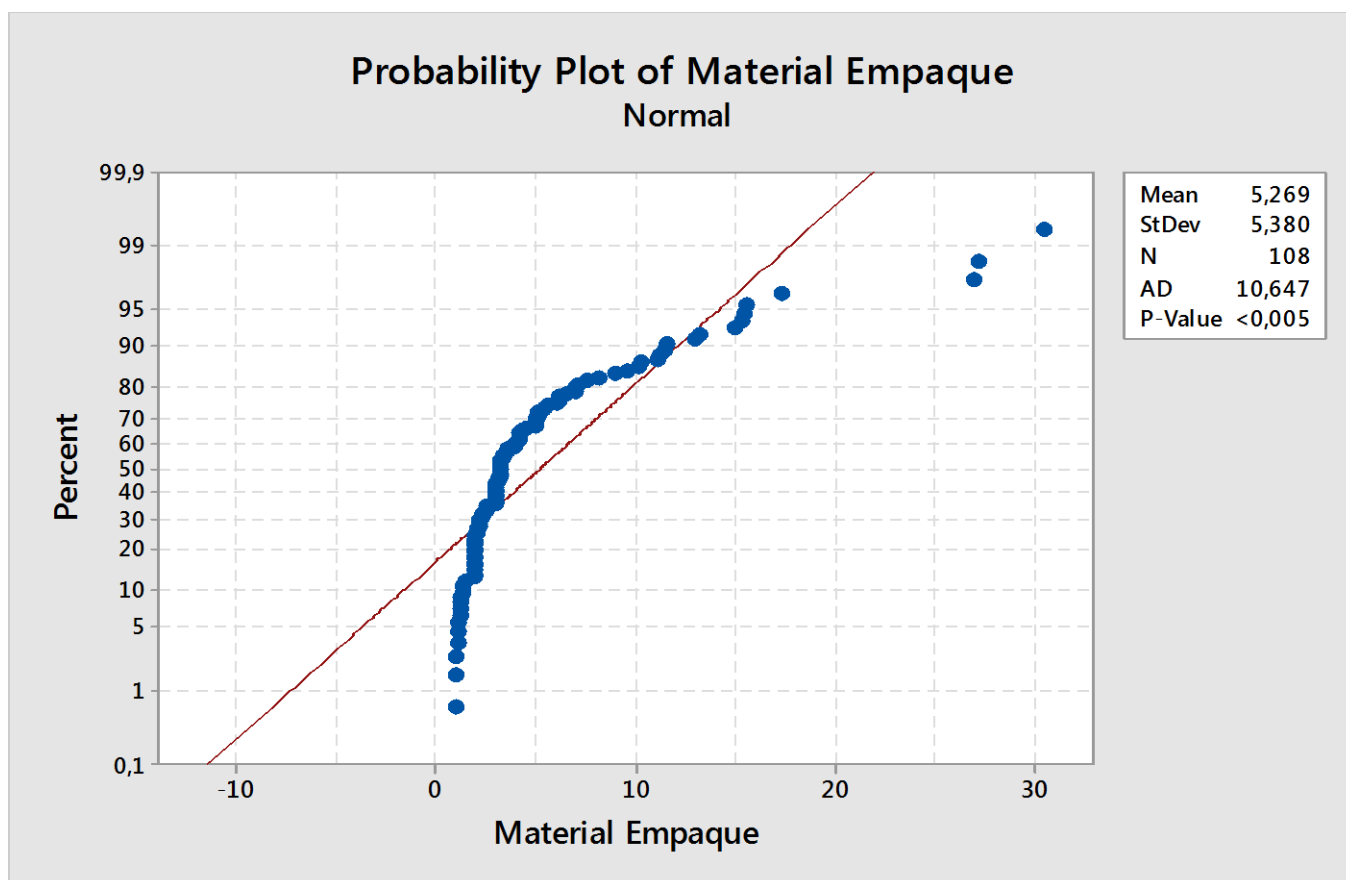
Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Una vez realizada la estadística descriptiva en la figura No.21, la búsqueda de material en espera de inspección para los materiales de empaque, según el histograma del proceso, se observa que la mayor concentración de los datos se encuentra a la izquierda por lo que podemos estimar que hay errores de medición en la forma de

agrupar los datos y el mismo no tiene un proceso normal, pues tiene mucha variabilidad en el tiempo de búsqueda de los materiales, el valor de P-Value es menor a 0.05, por ende, el proceso no se considera normal, siendo este valor de significancia para la investigación.

Los gráficos de estadística descriptiva para los materiales de metales, plásticos y químicos, se pueden observar en el apéndice No.3, estos mismos resultados de análisis se obtienen respecto a la investigación del tiempo de búsqueda de material, con un valor de P-Value menor a 0.05.

Figura 22. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de empaque.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En cuanto al análisis de residuos en la figura No.22, según el gráfico de normalidad, se puede observar que los datos no se comportan con una distribución normal, el P-Value es menor a 0.05, por tal motivo, se rechaza la hipótesis H_0 . Igualmente, para el análisis de residuos de los materiales de metales, plásticos y químicos, se tiene los mismos resultados donde se rechaza la hipótesis H_0 y se obtiene un valor de P-Value menor a 0.05 (Ver apéndice No.3).

Con la finalidad del estudio de tiempos para el proyecto de investigación, se le dará el seguimiento con las partes encargadas de cada uno de los tipos de materiales, para que los procesos, de acuerdo con los tiempos estándares ya establecidos en las corridas de las muestras, lleguen a hacer normales, ya que estos datos implican más procesos en la búsqueda de la materia prima y generan altos costos en inventario de material de \$523,962 diariamente y en costos de tiempos extras de \$18,784 en los últimos seis meses del año 2017, para salir con la meta mensual de 1,200 lotes liberados al mes.

A continuación se detalla una matriz de análisis de desperdicios basada en las observaciones durante el estudio de tiempos y el diagrama de recorridos para conocer el proceso actual de la liberación de la materia prima.

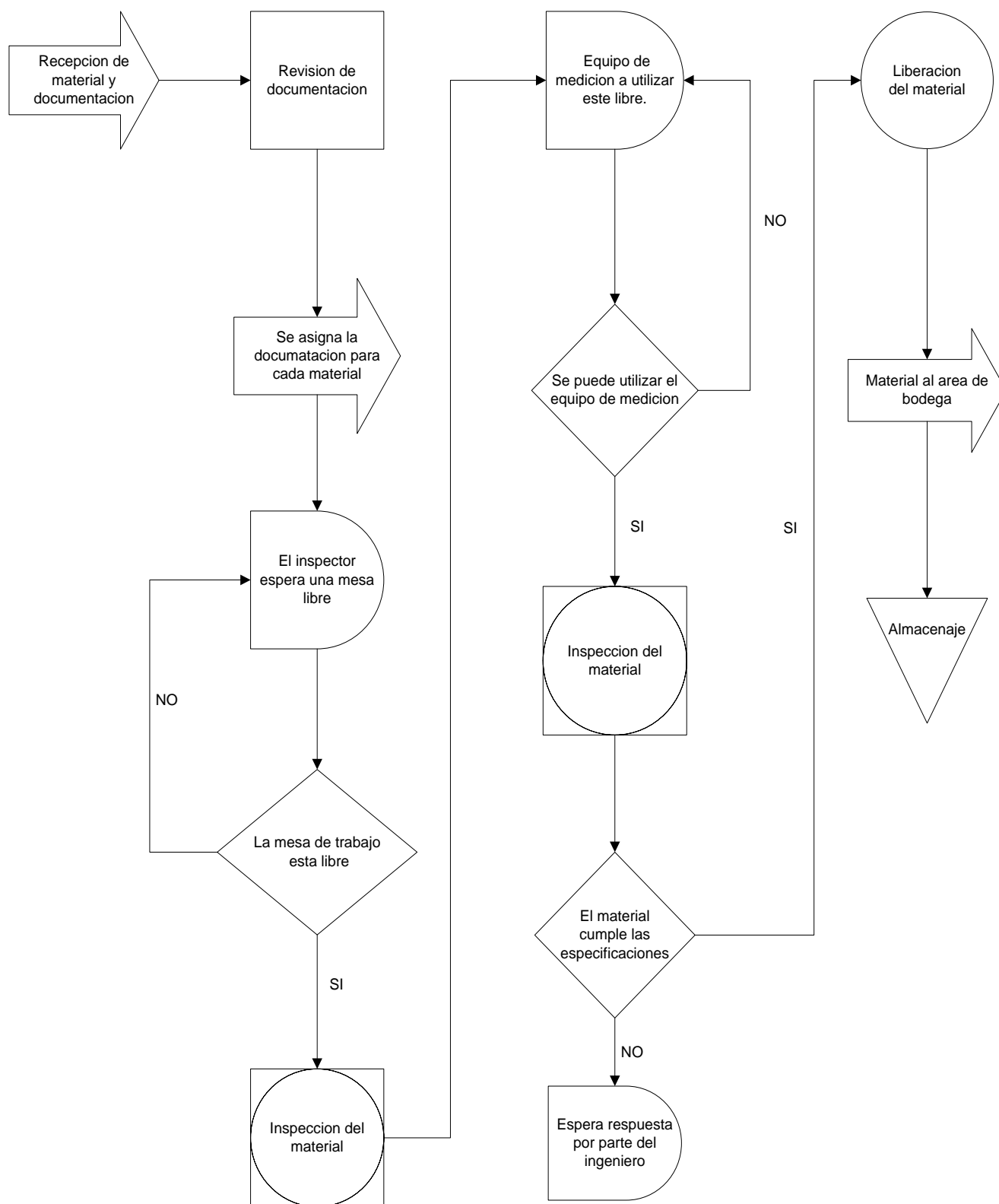
Tabla 9. Matriz de análisis de desperdicio para el laboratorio de inspección de materia prima.

Matriz de Análisis de Desperdicios												
No	Descripción de Desperdicio	Transporte	Inventario	Movimiento	Espera	Sobre- producción	Defectos	Habilidades insuficientem ente	Frecuencia %	Mejora ideas y/o comentarios		
1	Recorrido de búsqueda de mesa de trabajo libre.	X							100	Analizar una nueva distribución de planta.		
2	Materia prima en espera de inspección.				X				100	Mejorar los tiempos de búsqueda de material.		
3	Inspectores realizando tareas ajenas a las inspecciones.							X	30	Asignar tareas específicas.		
4	Transporte de la materia prima en las diferentes estaciones de trabajo.	X							80	Asignar mesas de trabajo para cada tipo de material.		
5	Desecho de material.						X		10	Realizar refrescamiento de los procedimientos.		
6	Re trabajo de las inspecciones.					X			10	Trabajar de la mano con los Ing. de calidad.		
7	Asignación de material a inspeccionar a cada inspector de calidad.				X				100	Realizarlo sistemáticamente, mediante el sistema de SAP.		
8	Material en prioridad de acuerdo con el departamento de compras.						X		20	Trabajar en conjunto con el departamento de compras para analizar cuales materiales son realmente prioridad de inspección.		
9	Equipos de inspección en uso.				X				100	Comprar más equipos de inspección.		
10	Certificados de compras y análisis con falta de información.						X		40	Verificar la información de la documentación con compras, antes de traer los materiales a la planta de producción.		
11	Estaciones de trabajo no estandarizadas.			X					100	Analizar una nueva distribución de planta.		
12	Equipos de medición a largas distancias de las mesas de trabajo.	X							100	Analizar una nueva distribución de planta.		
13	Acumulación de material pendiente de inspección.		X						100	Mejorar los tiempos de búsqueda de material.		
Desperdicio: Cualquier actividad que consume recursos pero no agrega valor. Reduzca los residuos para aumentar el valor.												
Tipos de Desperdicios:												
<p>T Transporte: Movimiento innecesario de información, materiales o personas entre procesos.</p> <p>I Inventario: Exceso de información, productos o recursos no procesados.</p> <p>M Movimiento: Movimiento innecesario de personas o equipos dentro de un proceso.</p> <p>W Espera: tiempo de espera, espera, información, materiales, personas o equipo.</p> <p>O Sobreproducción: exceso de suministro más allá de los requisitos del cliente o antes de lo necesario.</p> <p>O Sobre procesamiento: Más trabajo que el requerido por el cliente.</p> <p>D Defectos: Se agregó trabajo debido a la mala calidad, errores o información faltante.</p> <p>S Habilidades insuficientemente utilizadas: Potencial inexplorado de la creatividad, habilidades y conocimientos de las personas.</p>												

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

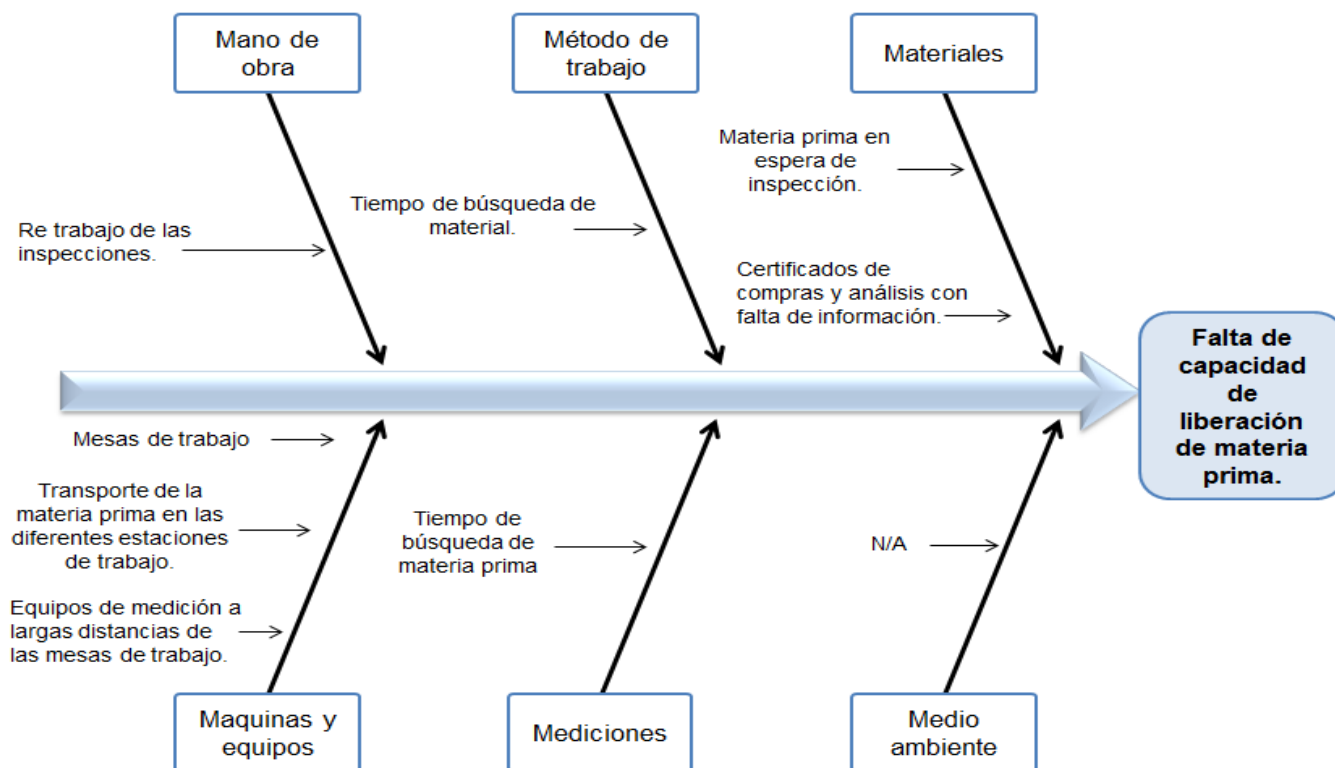
Según el análisis de la matriz desperdicio del laboratorio de material entrante, la frecuencia de los desperdicios más alta que actualmente está presente en el proceso de las inspecciones de los materiales son: los transportes, movimientos de materiales y los inspectores de calidad en encontrar un espacio libre para la verificación de los componentes, en donde el aumento de espera de materiales es diario, lo que genera altos inventarios de más de 150 lotes en espera de inspección, debido a la cantidad de material en prioridad desde los últimos seis meses del año 2017.

Figura 23. Diagrama de recorrido del proceso actual de la liberación de la materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 24. Diagrama de Causa y Efecto del laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

1. Mano de obra:

- **Re trabajo de las inspecciones:** Los re trabajos de las inspecciones por fallas de calidad en los materiales generan una frecuencia de ocho lotes al mes en investigación, por parte de los estudios que realiza el departamento de suplidores de calidad, esto produce un impacto, ya que no se alcanza los 1,200 de lotes liberados al mes.

2. Método de trabajo:

- Tiempo de búsqueda de material: Esta causa es muy importante a la hora de liberar material, se lleva mucho tiempo en buscar un producto en el área de recibo, el estudio del tiempo más alto para los tipos de materiales de empaques es de 30 minutos, metales 27, plásticos 60 y químicos 20 en encontrar un material y no se cuenta con un tiempo estándar de búsqueda. Se han recibido en el primer semestre del año 2017 en promedio 1,477 lotes por mes, por cuanto todos los lotes tienen el mismo método de búsqueda de material.

3. Materiales:

- Materia prima en espera de inspección: El aumento de material en inventario debido a la falta de un tiempo estándar en la búsqueda de la materia prima a inspeccionar, genera 475 lotes en espera de ser inspeccionados.
- Certificados de compras y análisis con falta de información: La información de los certificados son de importancia para la liberación de los materiales, un faltante de información hace que el material esté en espera de liberación por más de ocho días, hasta que el departamento de compras entregue la documentación correcta.

4. Máquinas y Equipos:

- Transporte de la materia prima en las diferentes estaciones de trabajo: No existe estaciones de trabajos asignadas para cada tipo de material, ya sea empaque, metales, químicos y plásticos y hay equipos que por su naturaleza no se pueden mover, lo cual genera material en espera de inspección e inventario de materia prima de un costo de \$523,962, el cual va en aumento de los lotes mayores a ocho días.
- Mesas de trabajo: Actualmente, existen cinco mesas de trabajo en el laboratorio de inspección de materia prima, no se cuenta con una estandarización de mesas de trabajo para los componentes, con lo que se deja de liberar más de 1,200 lotes al mes en horas normales de trabajo.
- Equipos de medición a largas distancias de las mesas de trabajo: Hay que realizar mucho recorrido y transportar de un lado a otro los materiales, esto hace que exista 12,136 metros de recorrido equivalente a 728 minutos de todos los inspectores de calidad dentro del laboratorio de inspección de material entrante por día laboral.

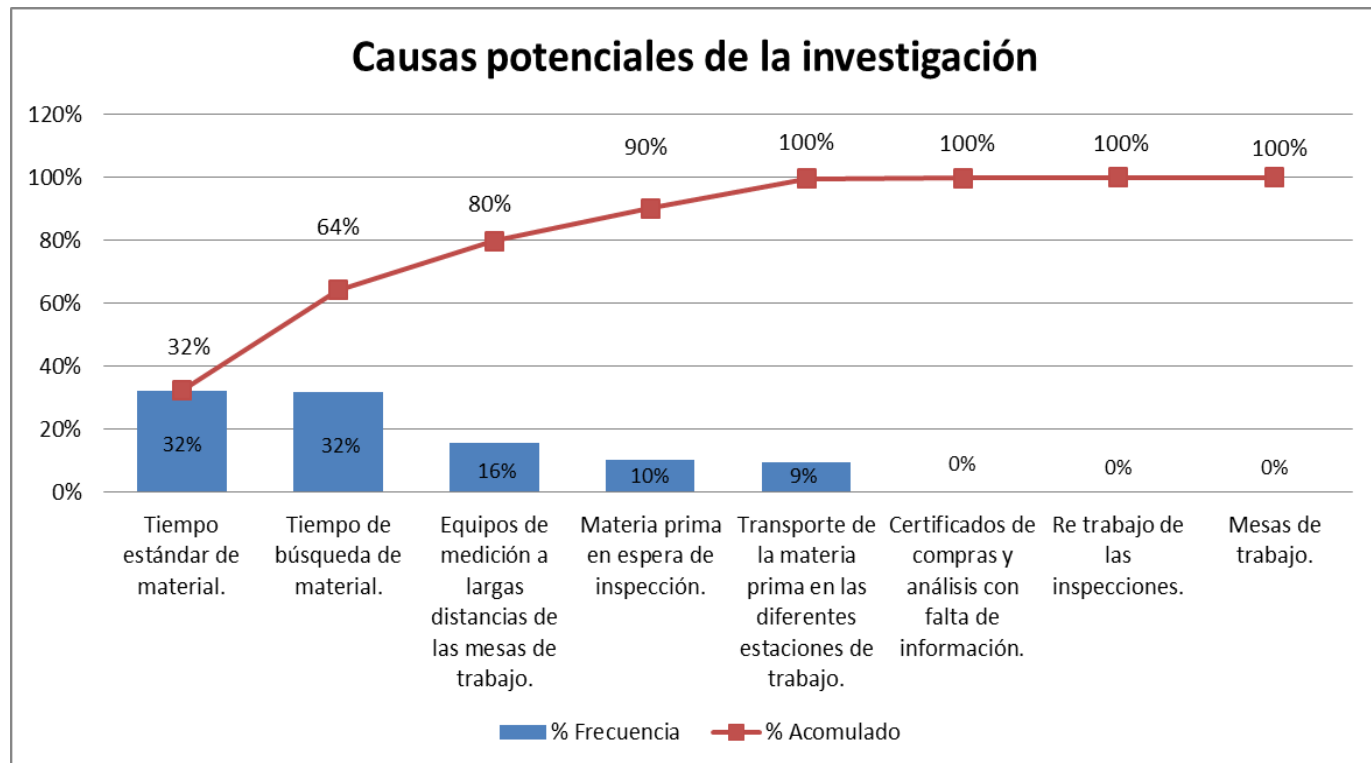
5. Mediciones:

- Tiempo estándar de material: No existe un tiempo estándar de búsqueda de materia, por ende, se va acumulación la materia prima en el área de recibo de materiales para su adecuada liberación, a más de 150 lotes en espera de inspección.

6. Medio ambiente:

- N/A.

Figura 25. Diagrama de Pareto del laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

El gráfico anterior, se analiza con la información recopilada del estudio de tiempos, realizado para determinar el tiempo estándar de cada uno de los tipos materiales empaques, metales, plásticos y químicos, en la búsqueda de los mismos para ser inspeccionados y, posteriormente liberados.

Asimismo, en el Pareto podemos organizar las causas para tener un orden de prioridades que generan el problema de la falta de capacidad de liberación de material por mes, el mismo nos ayuda a facilitar el estudio de la investigación del proyecto en el laboratorio de inspección de materia prima, esto quiere decir que si nos enfocamos en la falta de un tiempo estándar establecido en la búsqueda de los materiales en espera de inspección y la reducción del tiempo recorrido en los equipos de medición se acumularía el 80% de las soluciones de las causas que está generando la falta de capacidad de liberación.

4.4 Conclusiones

1. La falta de capacidad del laboratorio en las liberaciones de la materia prima hace que los costos de inventarios de material en bodega estén en aumento de \$523,962 diariamente y que, por ende, no se liberen los materiales a tiempo y no se alcance el 85% del nivel de servicio como meta establecida por la gerencia del laboratorio.
2. El material en espera de inspección mayor a ocho días, va aumentando en 475 lotes en espera de inspección. debido a la falta de capacidad de liberación del mismo, esto genera que las métricas por semana estén en rojo y no se alcance la meta establecida, de 1,200 lotes, en horas normales.
3. De igual forma, han aumentado las horas extras en un 20% en busca de alcanzar la meta de liberaciones por mes. El costo en el primer semestre del año 2017 es \$18,784, y no se ha alcanzado la meta de los 1,200 lotes sin la realización de horas extras en el laboratorio de material entrante.
4. Actualmente, la distancia de recorrido y transporte del material dentro del laboratorio para inspeccionar los componentes es de 1,103 metros por cada inspector de calidad en la verificación de un material, lo que minimiza la capacidad de las liberaciones por semana, no alcanzando la meta establecida por mes de 1,200 lotes liberados, lo cual genera un desperdicio de tiempo en

liberaciones de los mismos, ya que no se cuentan con tiempos estándares para cada uno de los tipos de materiales como los son de empaque, metales, plásticos y químicos.

5. Los procesos de búsqueda de material no son normales, según la prueba de normalidad de residuos, esto hace que las liberaciones en un tiempo normal laboral por semana sean menos de acuerdo con lo planeado de más de 300 lotes liberados diariamente.
6. Durante el estudio de tiempos se identificó los tiempos estándares para la búsqueda de material en el área de recibo de materiales, siendo para los materiales de empaque seis minutos, metales cinco, plásticos seis y químicos cuatro.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Diseño de planta, propuesta de mejora

Con base en las conclusiones del capítulo IV, donde se determinó que las principales causas del problema de capacidad de liberación de lotes son el tiempo búsqueda y tiempo recorrido en los equipos de medición, se procede a realizar una propuesta de mejora a cada una de estas causas, con el fin de diseñar una propuesta final que permita aumentar la capacidad de liberación y eliminar el pago de horas extras.

Se propone una nueva distribución de localizaciones del laboratorio con los datos recopilados y analizados en el estudio de tiempos, en el diseño actual los inspectores de calidad debe realizar largos recorridos para encontrar una mesa de trabajo libre para la inspección del material y completar el proceso de liberación. Cada componente a inspeccionar tiene una duración de 45 minutos aproximadamente. Un inspector de calidad recorre un total de 220.65 metros por cada componente de inspección y según la meta establecida por el departamento de calidad, cada inspector debe liberar cinco componentes de muestreo de aceptación diarios, por lo tanto, los recorridos aumentan constantemente para un total de 1,103 metros por cada uno de los inspectores al día.

Mediante el concepto de linealidad se realiza una nueva distribución de planta y localizaciones del laboratorio, en la que se minimiza los tiempos de recorrido entre las distancias de los equipos y máquinas de mediciones. Con la reducción de las distancias recorridas se aumenta la capacidad de las liberaciones de 1,200 lotes por mes, lo que

conlleve al objetivo general del proyecto y mantener la métrica de liberaciones en verde.

Asimismo, los inspectores de calidad minimizan el transporte de los materiales de una mesa de trabajo a otra, por consiguiente, con el nuevo diseño de localizaciones la búsqueda de las mesas de trabajo son mínimas, esto reduce los recorridos hasta 2.26 metros por inspector y para un total de 11.30 metros de recorrido durante la jornada laboral para las inspecciones y liberaciones de los cinco componentes diarios, con lo cual se logra un ahorro de recorrido de 1,091 metros por inspector de calidad. Este nuevo diseño de distribución de localizaciones fue avalado por el ingeniero industrial encargado del laboratorio, cumpliendo con los requisitos establecidos de la corporación. Se generó un ahorro total de 12,011 metros de recorrido durante toda la jornada laboral de todos los inspectores de calidad. En las siguientes tablas se referencia los datos del ahorro de recorrido que se alcanzara con la nueva propuesta.

Cabe mencionar que se utilizó una conversión matemática para conocer el resultado de cuántos minutos recorre un inspector de calidad dentro del laboratorio de material entrante. A su vez, se realizó un estudio con una muestra de ocho inspectores recorriendo 10 metros, asignando un 5% de holguras de acuerdo con las condiciones del entorno, donde se llevó a cabo el análisis. En la tabla No.10 se detallan los resultados de la investigación y las ecuaciones matemáticas que se utilizaron para conocer el resultado del mismo.

Tabla 10. Análisis de recorrido y conversión de metros a minutos.

Inspector de calidad	Duración de recorrido de 10 metros / Seg.
1	12.60
2	10.70
3	11.29
4	11.38
5	10.53
6	12.36
7	10.09
8	11.95
Total	90.90
Promedio	11.36
5% de error	0.57
Total m/seg	10.79

$$\frac{10.79 \text{ s}}{10 \text{ m}} = \frac{t}{220.65 \text{ m}}$$

$$t = \frac{220.65 \text{ m} * 10.79 \text{ s}}{10 \text{ m}} = 238.08 \text{ s}$$

$$t = 238.08 \text{ s} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3.96 \text{ min}$$

$$t = 4 \text{ minutos}$$

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos después de realizar el ejercicio de conocer en cuántos minutos un inspector recorre 10 metros. Actualmente, recorre 220.65 metros para la inspección de un componente de muestreo de aceptación, con la toma de tiempos se obtuvo un promedio de 10.79 segundos en una distancia recorrida en 10 metros, en un ambiente normal con una utilización de un 5% de holgura, con el uso de la conversión matemática se consiguió como resultado que un inspector de calidad, para inspeccionar un componente recorre cuatro minutos dentro del laboratorio de inspección de materia prima.

A continuación se detallan los resultados de los tiempos de recorrido para un inspector de calidad antes de la propuesta de un nuevo diseño de localización y distribución.

Tabla 11. Resultados obtenidos antes de la propuesta del nuevo diseño de localización.

Tipo de material.	Tiempo de búsqueda de material (min).	Recorrido de inspección de material por 1 inspector (metros).	Metros recorridos equivalente en Tiempo (minutos)	Tiempo de inspección de un material (minutos).	Cantidad muestreo de aceptación por día.	Tiempo en que un material dura en ser liberado por día (minutos).
Empaque	30	220.65	4.00	45	5	395
Metales	27	220.65	4.00	44	5	375
Plásticos	60	220.65	4.00	45	5	545
Químicos	20	220.65	4.00	45	5	345

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Un inspector de calidad dura cuatro minutos en recorrer una distancia de 220.65 metros para la inspección de un material. En una jornada laboral inspecciona cinco lotes de muestreo de aceptación, con una duración de 45 minutos cada uno, según la meta establecida por el laboratorio para cada inspector de calidad, dependiendo el tipo de material a observar. Asimismo, son las cantidades de minutos en liberar un componente. Como se detalla en la tabla No.11 para los materiales de empaque 395 minutos, metales 375, plásticos 545 y químicos 345, respectivamente.

En la siguiente tabla, se detallan los resultados proyectados una vez se realice la propuesta del nuevo diseño de localizaciones y distribución del laboratorio de material entrante.

Tabla 12. Resultados proyectados después de la propuesta del nuevo diseño de localización.

Tipo de material.	TE de búsqueda de material (min).	Recorrido de inspección de material por 1 inspector (metros).	Metros recorridos equivalente en Tiempo (minutos)	Tiempo de inspección de un material (minutos).	Cantidad muestreo de aceptación por día.	Tiempo en que un material dura en ser liberado por día (minutos).
Empaque	30	2.26	0.04	45	5	375
Metales	27	2.26	0.04	44	5	355
Plásticos	60	2.26	0.04	45	5	525
Químicos	20	2.26	0.04	45	5	325

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Por lo tanto, con la nueva propuesta del cambio de diseño de localizaciones, los tiempos de recorrido por inspector de calidad disminuirán a 2.26 metros de recorrido de distancia para la inspección de un material, equivalente a 0.04 minutos por el diseño lineal que tendrá el nuevo cambio. En la figura No.27 se puede observar con más detalle la nueva propuesta de diseño del laboratorio. En la siguiente tabla se detallan los tiempos que se ahorra el laboratorio, los cuales ayudarán al aumento de la capacidad de liberación de la materia prima.

Tabla 13. Ahorro de distancia recorrida y tiempo de liberación del laboratorio de inspección de materia prima.

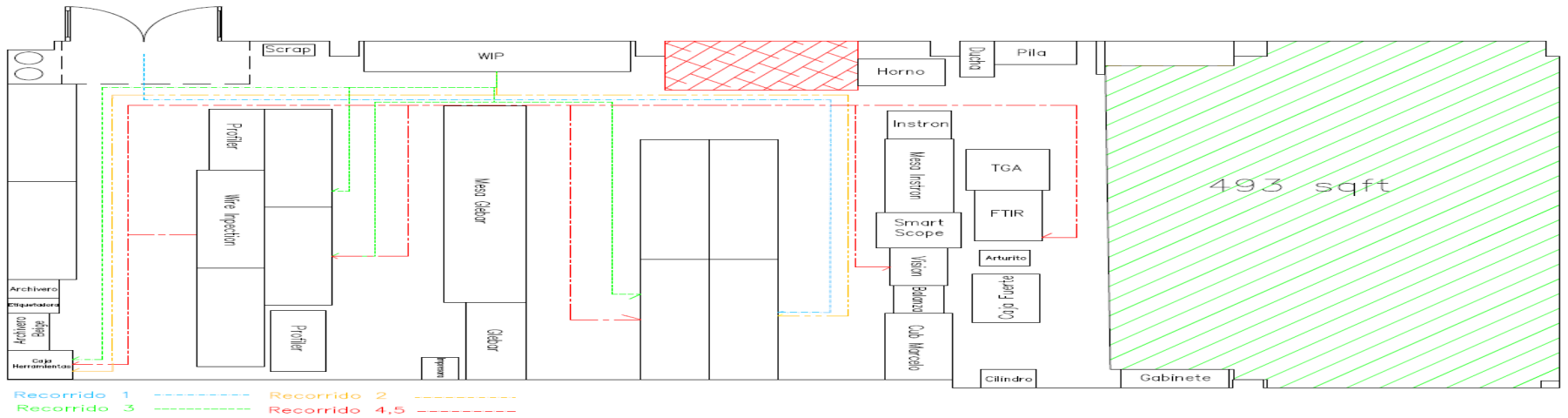
Tipo de material.	Ahorro TE de búsqueda de material (min).	Ahorro recorrido de inspección de material por 1 inspector (metros).	Ahorro metros recorridos equivalente en Tiempo (minutos).	Tiempo de inspección de un material (minutos).	Cantidad muestreo de aceptación por día.	Ahorro de tiempo en que un material dura en ser liberado por día (minutos).
Empaque	30	218.39	3.96	45	5	20
Metales	27	218.39	3.96	44	5	20
Plásticos	60	218.39	3.96	45	5	20
Químicos	20	218.39	3.96	45	5	20
Ahorro		218.39	3.96	45	5	80

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Por consiguiente, se obtendrá un ahorro de tiempo de recorrido por inspector de calidad para inspeccionar un material de 218.39 metros equivalentes a 3.96 minutos para alcanzar el objetivo de aumento de lotes liberados por mes, con un ahorro total de los cinco lotes inspeccionados, con muestreo de aceptación para un total de 20 minutos por cada uno de los tipos de materiales. Es decir, un ahorro importante para el aumento de la capacidad de lotes liberados al mes, sin la necesidad de utilización de horas extras.

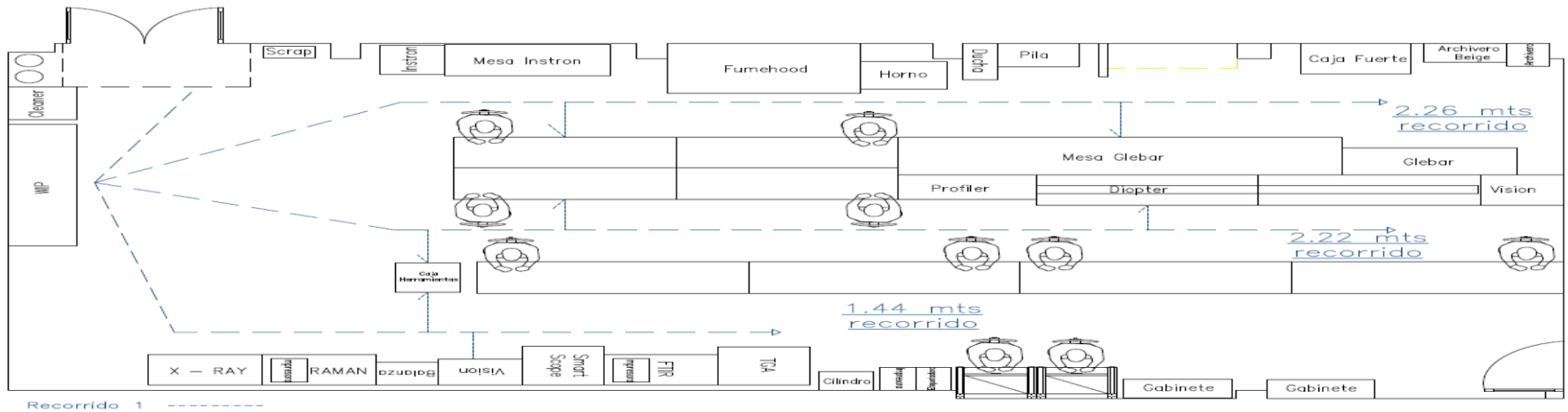
A continuación se muestra una comparación del diseño de planta y localización actual y la propuesta del nuevo diseño del laboratorio de inspección de materia prima de la planta de Heredia, los mismos se pueden observar en el apéndice No.4.

Figura 26. Diseño de localización y distribución de planta actual del laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 27. Diseño de localización y distribución de planta propuesta del laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Como se puede observar en la figura No.27, con el nuevo diseño se logra que los inspectores de calidad realicen menos recorridos, y las herramientas y equipos de mediciones estén al alcance, lo cual se evita la pérdida de tiempo en buscar una mesa de trabajo, ya que visualmente se puede detectar un espacio libre de trabajo, con lo que se logra un ahorro total con los 11 inspectores de calidad de 12,011 metros en el recorrido de inspección del material con muestreo de aceptación, equivalente a un ahorro de 216 minutos.

También, al utilizar el espacio libre de 45.80 metros cuadrados, se podrá mejorar las localizaciones del laboratorio y con esta nueva propuesta se obtendrán mejores resultados, lo que conlleva a un ahorro total de liberación de material de 220 minutos y un aumento de la capacidad de liberaciones de lotes proyectada por tipo de material es de ocho lotes, para un total de 32 lotes más de liberación por día, como se detalla en la tabla No.14, debido a la reducción de las distancias de recorridos.

Tabla 14. Ahorro Total de distancia recorrida y tiempo de liberación del laboratorio de inspección de materia prima

Tipo de material.	Ahorro TE de búsqueda de material (min).	Cantidad de inspectores de calidad.	Ahorro recorrido de inspección de material (metros).	Ahorro metros recorridos equivalente en Tiempo (minutos).	Tiempo de inspección de un material (minutos).	Cantidad muestreo de aceptación por día.	Ahorro de tiempo en que un material dura en ser liberado por día (minutos).	Aumento de capacidad de lotes proyectados por tipo de material
Empaque	30	11	12011	216	45	5	220	8
Metales	27	11	12011	216	45	5	220	8
Plásticos	60	11	12011	216	45	5	220	8
Químicos	20	11	12011	216	45	5	220	8
Ahorro			12011	216			220	
Aumento de capacidad								32

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

De esta manera, este proceso no genera ningún tipo costo, pues los activos actuales se utilizarán para el nuevo diseño de planta y localizaciones junto con el tiempo usado, siendo este establecido por la corporación, el único costo a invertir son los movimientos de reubicación de los polos de aluminio previstos con facilidades eléctricas y aires de presión. La mano de obra será realizada por una empresa externa, por un costo total de \$6,896.04. La proforma de servicios se detalla en el anexo 2.

5.2 Análisis y propuesta de búsqueda de material

Una de las propuestas del proyecto, es el estudio de los tiempos estándares de los tipos de materiales de empaques, metales, plásticos y químicos, con el fin de la minimizar el tiempo de búsqueda de material en el área de recibo de materiales. Estos tiempos no controlados están contribuyendo de una manera negativa en la capacidad de liberación de materiales.

Así pues, el laboratorio al no tener un tiempo establecido como requisito para la búsqueda de cada material, el tiempo de duración más alto en los materiales de empaques es de 30 minutos, metales 27, plásticos 60y químicos 20. Los datos referentes a los resultados del estudio de tiempos se pueden observar en el apéndice No.2. Con lo anterior, se genera un aumento en la tendencia de inventario de material en espera de inspección (véase figura No.17) para más detalles y disminución en la capacidad de las liberaciones por mes.

Con este estudio se logra tener los resultados de los tiempos estándares de cada tipo de material, siendo para los materiales de empaques un tiempo estándar de seis minutos, metales cinco, plásticos seis y los materiales químicos cuatro. Este estudio de tiempos se realizó para los meses de abril-mayo del 2017, los resultados del cálculo del tiempo estándar se pueden observar en el apéndice No.2. Debido al conocimiento del tiempo estándar establecido en la búsqueda de cada tipo de material, por consiguiente, las liberaciones de la materia prima han aumentado por mes en más de 1,200 lotes,

como se detalla más adelante en el apartado de los resultados obtenidos una vez realizada la mejora en el laboratorio de material entrante.

Tabla 15. Propuesta de aumento de capacidad con él TE de cada tipo de material.

Tipo de material.	Ahorro TE de búsqueda de material (min).	Cantidad de inspectores de calidad.	Ahorro recorrido de inspección de material (metros).	Ahorro metros recorridos equivalente en Tiempo (minutos).	Tiempo de inspección de un material (minutos).	Cantidad muestreo de aceptación por día.	Ahorro de tiempo en que un material dura en ser liberado por día (minutos).	Aumento de capacidad de lotes proyectados por tipo de material
Empaque	24	11	12011	216	45	5	1538	57
Metales	22	11	12011	216	45	5	1428	53
Plásticos	54	11	12011	216	45	5	3188	118
Químicos	16	11	12011	216	45	5	1098	41
Ahorro	116	11	12011	216	45	5	7251	
Aumento de capacidad								269

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En la anterior tabla se detallan los resultados del ahorro del TE de cada tipo de material: empaque, metales, plásticos y químicos, en donde se obtuvo un ahorro de 116 minutos en la búsqueda del material en espera de inspección, lo que aumentó la capacidad de liberación de material en conjunto con la propuesta del nuevo diseño de localización y distribución del laboratorio de inspección de materia prima y el TE asignado a cada material en un aumento de capacidad de 269 lotes más liberados por día.

5.3 Implementación del plan piloto para aumentar la capacidad de materiales liberados

El principal objetivo de la investigación es el aumento de la capacidad de liberaciones de materia prima, y con la implementación de un plan piloto se podrá obtener resultados esperados de los procesos de las inspecciones y liberaciones de los materiales entrantes que puedan tener un impacto positivo para la empresa y el laboratorio de calidad, también medir los resultados para poder determinar el objetivo general del aumento de capacidad en los procesos de inspecciones. Este plan piloto está enfocado en la disminución del tiempo de búsqueda de materiales y la reducción del inventario en el área de recibo de materiales. Por consiguiente, entre más rápido se encuentre la materia prima los inventarios de materiales en espera se reducirán.

De esta manera, para la implementación del plan piloto se tuvo la ayuda de la gerencia del laboratorio, por medio de una auditoría interna de la planta que se realizó en el mes de junio del 2017, junto con la colaboración del área de recibo de materiales, la bodega de materia prima se acomodó de acuerdo con las prioridades solicitadas por parte del departamento de compras.

En las siguientes imágenes se puede observar las fotos antes de la auditoría interna y después de la ayuda brindada para acomodar los materiales en área de recibo.

Ilustración 1. Fotos antes de la auditoría



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Ilustración 2. Fotos después de la auditoría.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Igualmente, para la implementación de la mejora en el aumento de capacidad de liberación de materiales, se propuso que, al acomodar las tarimas, las etiquetas tienen que estar visibles y en buen estado para que la información de la misma se pueda leer correctamente para su identificación rápida, como ayuda visual para encontrar el material

requerido en el tiempo estándar establecido, de la misma forma, los pasillos libres donde se van a localizar las tarimas de los materiales.

Una vez que se acomodó el área de recibo de materiales y la bodega, se procedió a la realización del plan piloto, iniciando con la definición de los tiempos estándares los cuales se fijaron en: para los materiales de empaque seis minutos, metales cinco, plásticos seis y químicos cuatro. Cada inspector de calidad duro el tiempo establecido para cada tipo de material, con lo que se disminuyó el tiempo de búsqueda de materiales a liberar en el tiempo estándar requerido para la búsqueda de los componentes a inspeccionar.

Por consiguiente, el trabajo en equipo y el seguimiento de los tiempos estándares establecidos, fue fundamental para la realización con éxito del plan piloto en el laboratorio de inspección de material entrante.

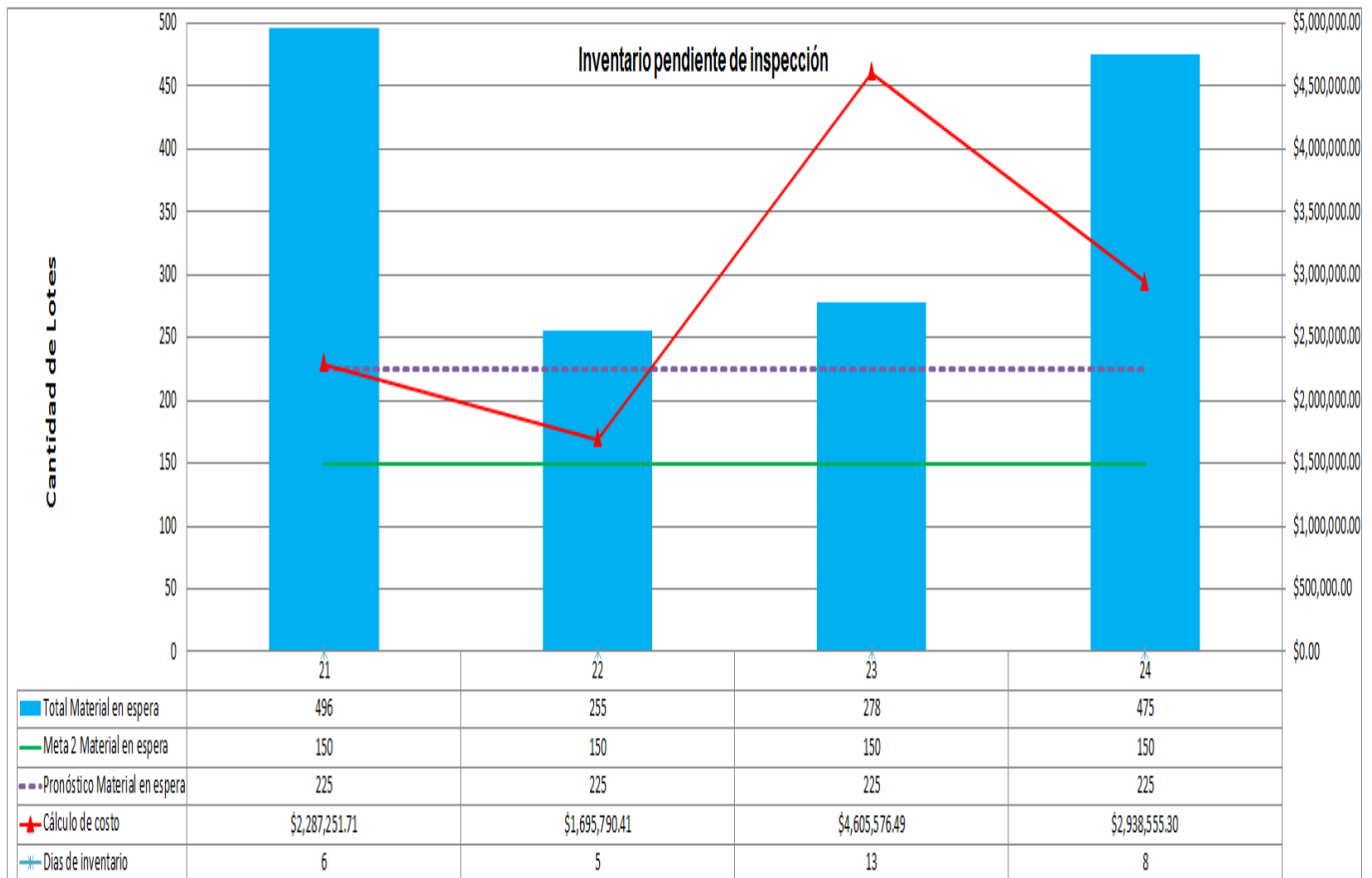
5.3.1 Resultados obtenidos antes de implementar las mejoras con el plan piloto

Tabla 16. Costo de inventario pendiente de inspección por semana, antes del plan piloto.

Costo de inventario pendiente de inspección							
Semana	Cálculo de costo	Total Material en espera	Meta 2 Material en espera	Pronóstico Material en espera	Costo inventario diario	Días de inventario	
21	\$2,287,251.71	496	150	225	\$ 415,864	6	
22	\$1,695,790.41	255	150	225	\$ 308,326	5	
23	\$4,605,576.49	278	150	225	\$ 837,378	13	
24	\$2,938,555.30	475	150	225	\$ 534,283	8	

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 28. Tendencia del costo de inventario pendiente de inspección por semana, antes del plan piloto.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Para la semana 24, donde se comenzó el plan piloto, el inventario de material en espera tenía un costo de \$2, 938,555.30 con 475 lotes, con un costo de inventario diario de \$534,283 y ocho días de rotación del mismo. Cabe recalcar que el costo de inventario normal por parte del departamento de compras es de \$367,000 y dos días de rotación del mismo. Para las semanas anteriores 21, 22, 23 los costos de inventarios también estaban altos, esto aumento los costos de inventarios diarios por arriba de lo establecido por el departamento de compras, para un promedio de días de rotación en las cuatro semanas de ocho días.

Tabla 17. Horas extras utilizadas antes del plan piloto.

Mes	Horas Extras	Regular	% Total de Horas
Enero	319	2279	14%
Febrero	456	2279	20%
Marzo	379	2279	17%
Abril	316	2279	14%
Mayo	626	2110	30%
Junio	531	2110	25%
Total Horas Extras	2626	13336	20%

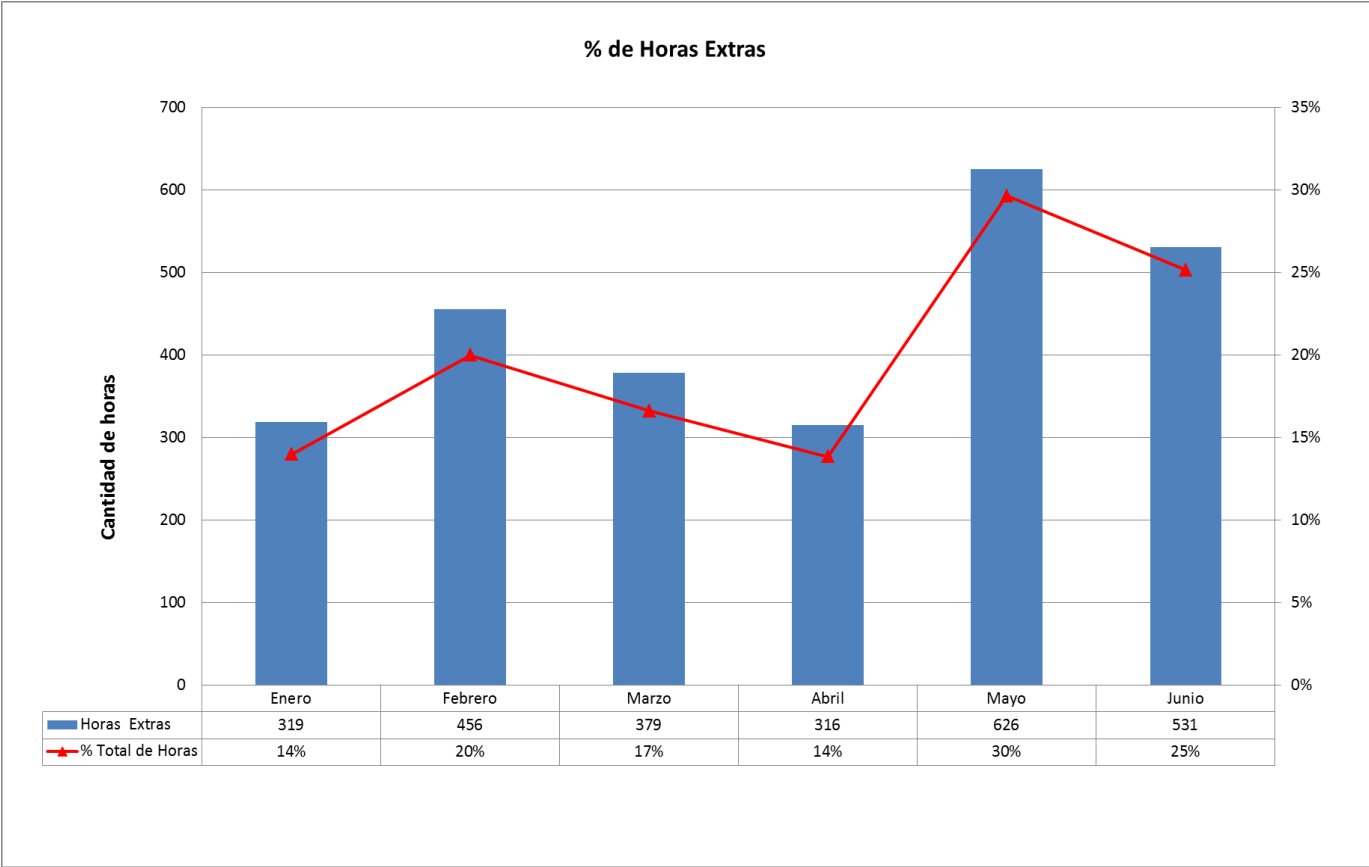
Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Tabla 18. Costo total de horas extras utilizadas antes del plan piloto.

Mes	2ND Turno	2ND Turno Horas Extras	3RD Turno Horas Extras	Doble Tiempo	Horas regulares	Total Horas	Total Costo Horas Extras
Enero	32,36	177,24	32,24	48,04	28,77	319	\$ 2.269
Febrero	52,02	186,36	52,95	115,97	48,59	456	\$ 3.315
Marzo	30,08	121,69	52,75	124,47	50,2	379	\$ 2.761
Abril	22,83	136,1	21,81	90,79	43,98	316	\$ 2.252
Mayo	64,64	383,74	50,81	84,37	42,19	626	\$ 4.446
Junio	49,03	257,12	42,23	94,62	88,08	531	\$ 3.742
Total Horas Extras	250,96	1262,25	252,79	558,26	301,81	2626	
Total Costo Horas Extras	\$ 2.237	\$ 8.440	\$ 1.972	\$ 4.366	\$ 1.770	\$ 18.784	\$ 18.784

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 29. Porcentaje de horas extras utilizadas antes del plan piloto.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

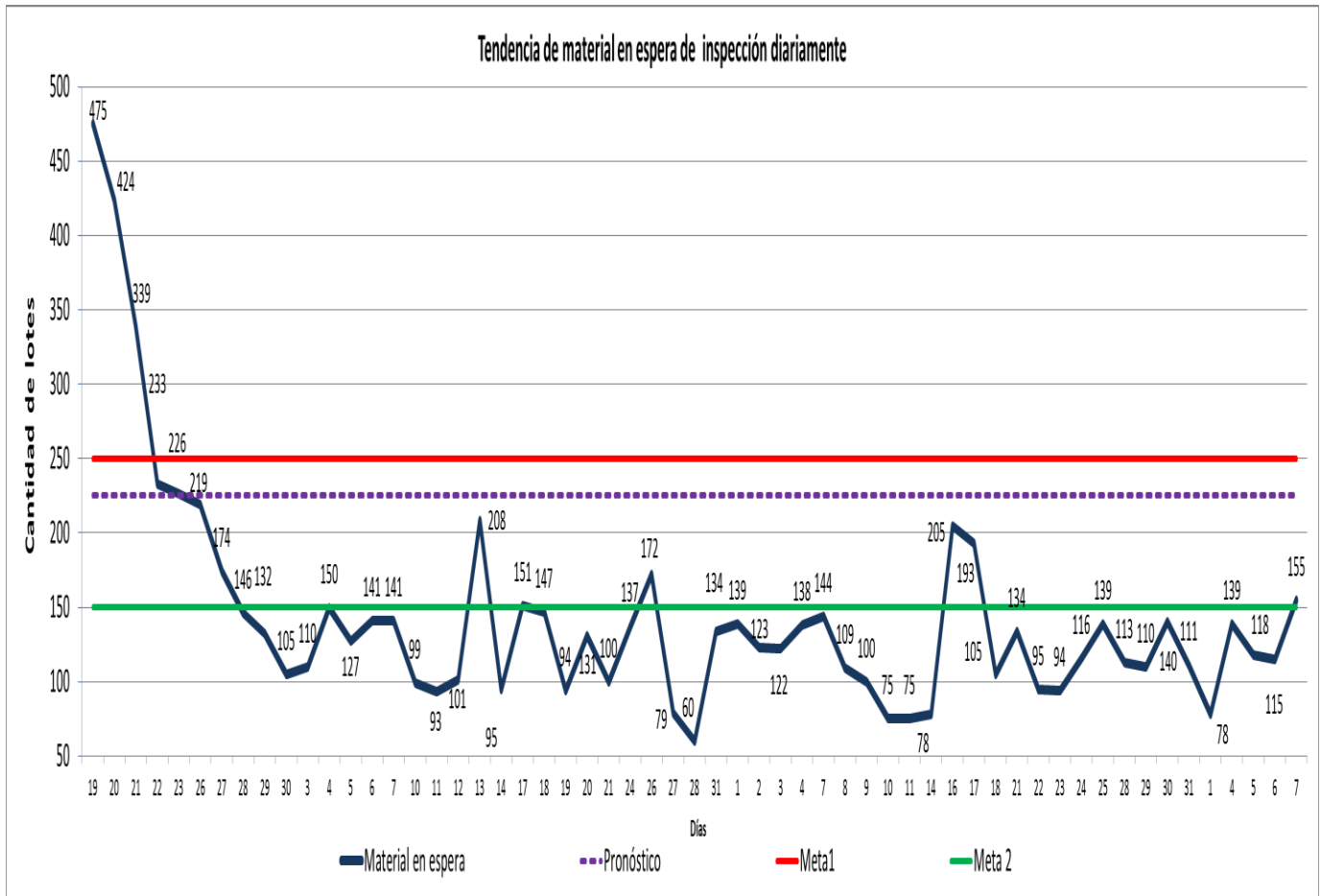
En tablas No.17 y 18, se puede observar las cantidades de horas extras utilizadas en el primer semestre del año 2017 para alcanzar la meta de los 1,200 lotes liberados al mes, lo cual generó un 20% de su utilización en las liberaciones, con un costo por mes de un promedio de \$3,131 para un total del semestre de \$18,784. En la figura No.29 se ve como la tendencia de las cantidades de horas extras es variable con respecto a los lotes que se tienen que liberar mensualmente.

5.3.2 Resultados obtenidos después de implementar las mejoras con el plan piloto

Los resultados obtenidos para la propuesta de la solución del proyecto que se está investigando, basado en los tiempos de búsqueda de la materia prima en el área de bodega, permitieron la disminución de la materia prima en espera de inspección y definir el Tiempo Estándar requerido para cada tipo de material, lo que aumentó la capacidad de liberación con mayor eficiencia y se obtuvo un rendimiento económico en el inventario de material recibido. Los resultados de los tiempos de mejora para cada uno de los tipos de materiales (tiempo estándar) se pueden observar en el apéndice No.2.

Entonces, como se analizó anteriormente, la cantidad de materia prima en espera de inspección era de 475 lotes, para un total de \$2, 938,555.30 de inventario en material en bodega, antes de la realización del plan piloto, esto con lleva a una propuesta de mejora en los tiempos estándares para el aumento de capacidad de 1,200 lotes de liberaciones en un horario normal con la disminución de las horas extras. A continuación se detallan los resultados después del plan piloto en el laboratorio de inspección de materia prima.

Figura 30. Tendencia de la materia prima en espera de inspección diariamente.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Como se observa en la figura No.30, el material en espera de inspección antes del inicio del plan piloto era de 475 lotes para la semana de 24 en el mes de junio del 2017, con el esfuerzo de los inspectores de calidad y el seguimiento del tiempo estándar para cada tipo de material en las liberaciones de los materiales en espera de inspección, se alcanzó la meta de tener 150 o menos lotes en espera desde la semana 25 en el mismo mes, en el día 28 hay una tendencia hacia debajo de 146 lotes en espera de inspección, lo que mantuvo la constancia de la tendencia hasta el día 7 de Septiembre del 2017 para la semana 35.

Por lo tanto, el esfuerzo de bajar los inventarios de lotes de inspección, fue con base en los tiempos estándares para la búsqueda de cada tipo material, en conjunto con el trabajo en equipo por parte de todo el personal del laboratorio de inspección de material entrante. Por lo anterior, hubo una disminución de los costos de material en inventarios y de las horas extras debido a que se ha venido manteniendo la meta de menos de 150 lotes en espera de inspección, como se muestra en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 19. Costo de inventario pendiente de inspección por semana, después del plan piloto.

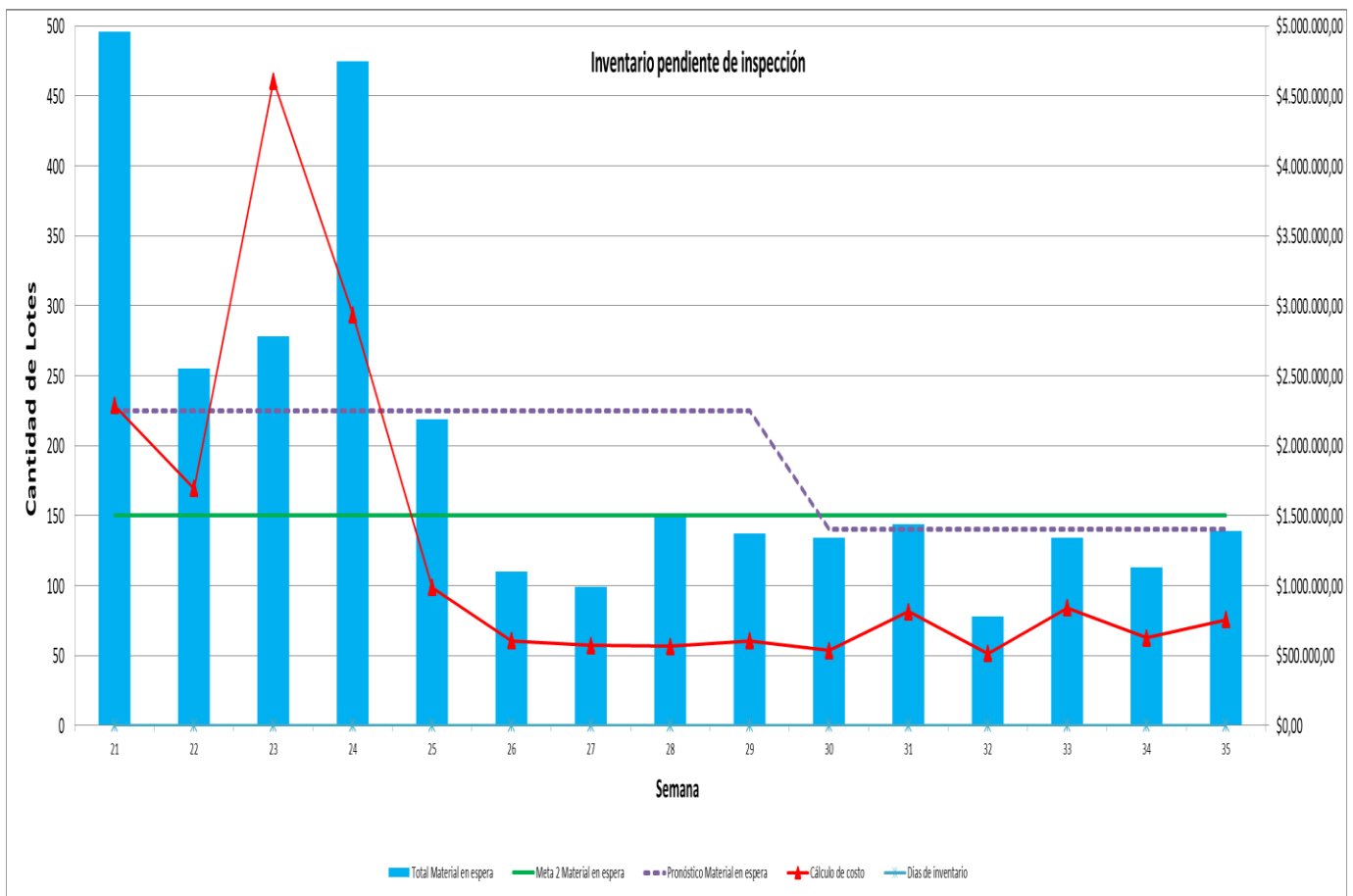
Costo de inventario pendiente de inspección						
Semana	Cálculo de costo	Total Material en espera	Pronóstico Material en espera	Costo inventario diario	Dias de inventario	
21	\$2,287,251.71	496	225	\$ 415,864	6	
22	\$1,695,790.41	255	225	\$ 308,326	5	
23	\$4,605,576.49	278	225	\$ 837,378	13	
24	\$2,938,555.30	475	225	\$ 534,283	8	
25	\$ 988,047	219	225	\$ 179,645	3	
26	\$ 606,349	110	225	\$ 110,245	2	
27	\$ 573,741	99	225	\$ 104,317	2	
28	\$ 567,292	151	225	\$ 103,144	2	
29	\$ 606,303	137	225	\$ 110,237	2	
30	\$ 535,119	134	140	\$ 97,294	1	
31	\$ 812,794	144	140	\$ 147,781	2	
32	\$ 514,215	78	140	\$ 93,494	1	
33	\$ 842,443	134	140	\$ 153,171	2	
34	\$ 626,433	113	140	\$ 113,897	2	
35	\$ 755,923	139	140	\$ 137,441	2	

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En la tabla No 19, se detallan los costos del inventario que han venido disminuyendo a partir de la semana 25 del año 2017, con la implementación del Tiempo Estándar de búsqueda de material, ya que el material en espera de ser inspeccionado se ha liberado

de forma constante, esto ha disminuido los costos de inventario diarios en un promedio de \$122,788 y los días de rotación en lo establecido por el departamento de compras (dos días). Se puede observar que se ha mantenido en un tren constante de liberación y el costo de nivel de inventario por debajo de \$367,000 y los dos días de rotación del mismo.

Figura 31. Tendencia del costo de inventario pendiente de inspección por semana, después del plan piloto.

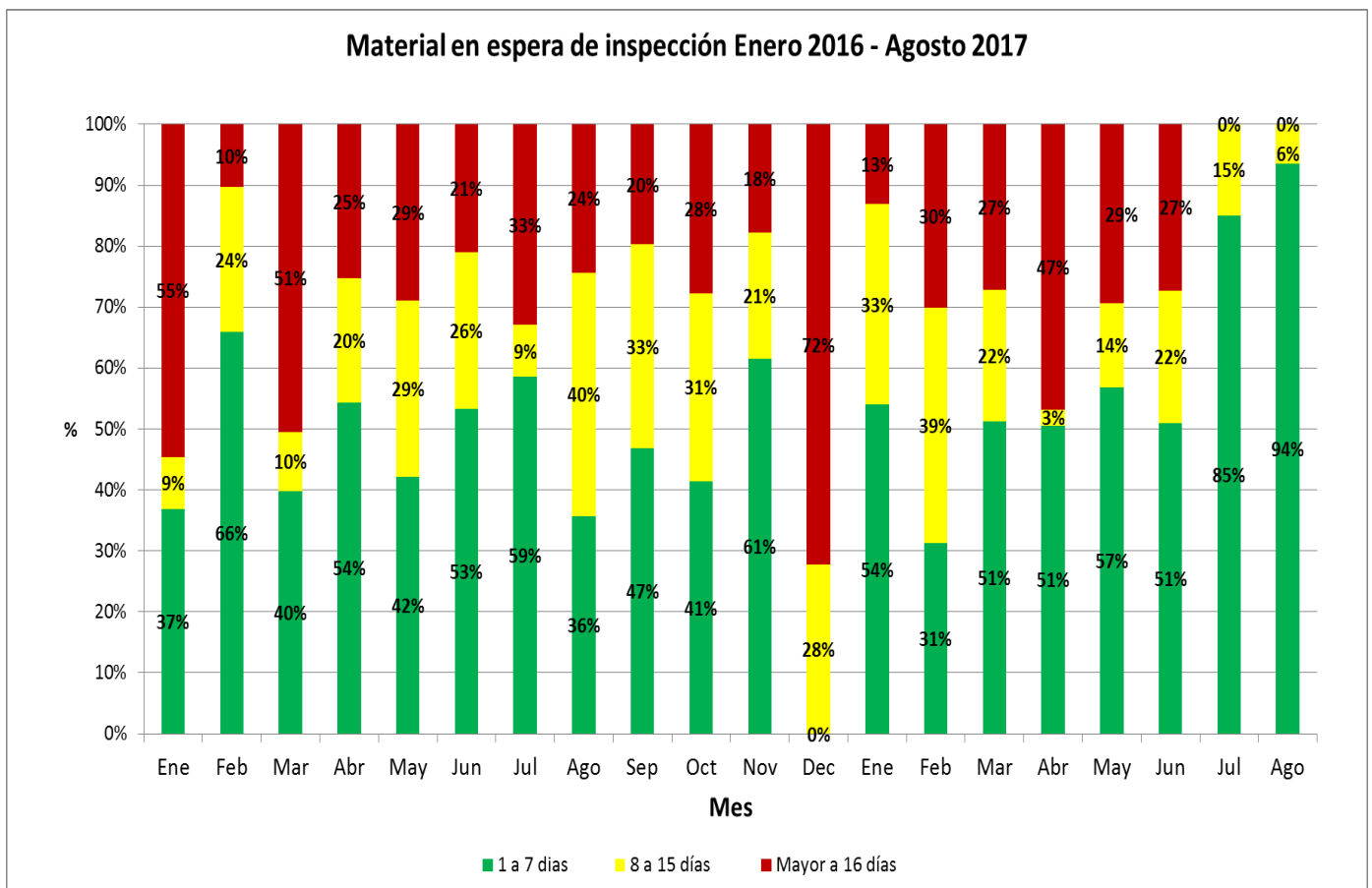


Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En la figura No.31 se puede observar la tendencia constante después del plan piloto desde la semana 25, lo que disminuyó los costos de inventarios y el material en espera

de inspección, para un total de \$2, 182,632, menos de inventario en espera de inspección y 336 lotes más de liberación por semana, logrando estar por debajo de los 150 lotes permitidos en espera de inspección, como se detalla en la figura No.30 y mantener los meses de julio y agosto del año 2017 en 0% en los lotes mayores a 16 días. Cabe resaltar que estos resultados es primera vez que se obtienen desde enero del 2016, como se detalla a continuación en la figura No.32.

Figura 32. Material en espera de inspección 2016 - 2017.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Tabla 20. Horas extras utilizadas después del plan piloto.

Mes	Horas Extras	Regular	% Total de Horas
Enero	319	2279	14%
Febrero	456	2279	20%
Marzo	379	2279	17%
Abril	316	2279	14%
Mayo	626	2110	30%
Junio	531	2110	25%
Julio	185	2110	9%
Agosto	184	2110	9%
Total Horas Extras	2995	17556	17%

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

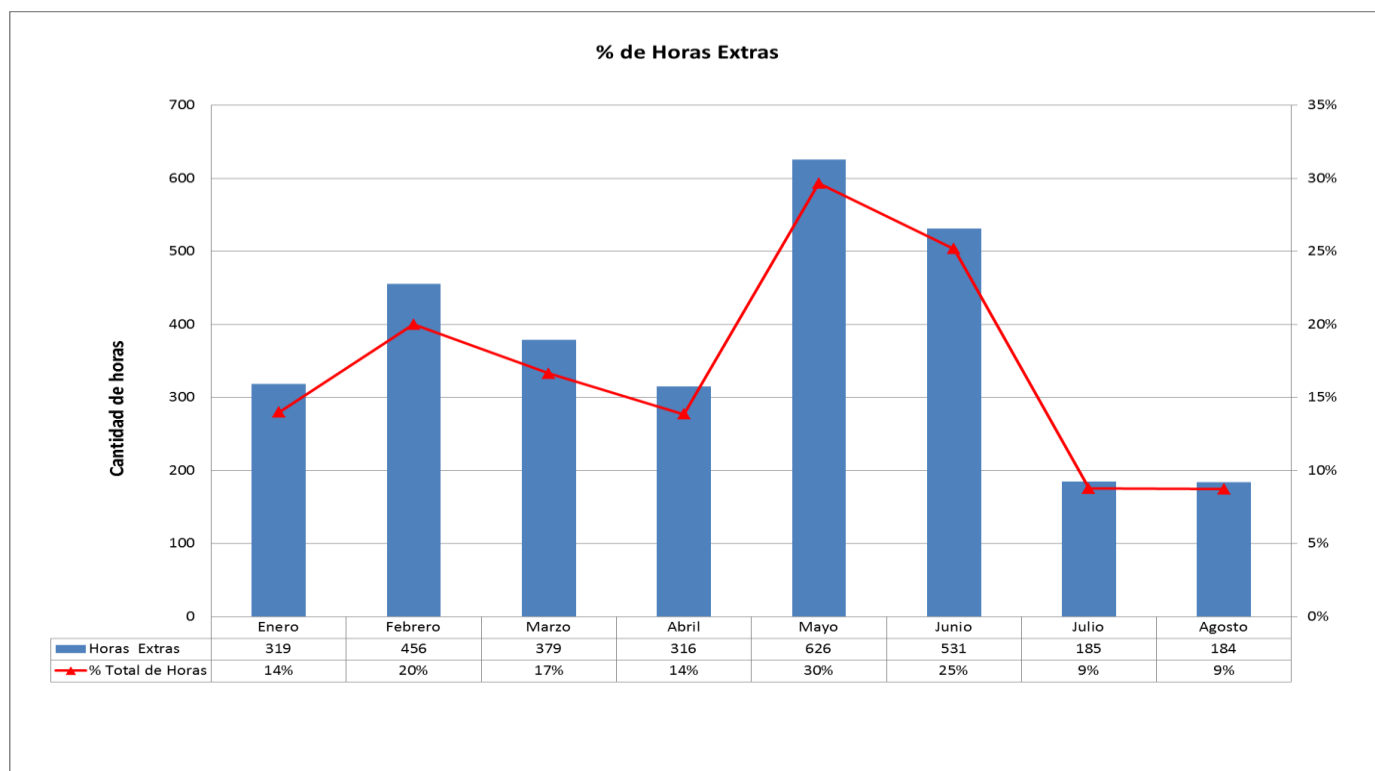
Tabla 21. Costo total de horas extras utilizadas después del plan piloto.

Mes	2ND Turno	2ND Turno Horas Extras	3RD Turno Horas Extras	Doble Tiempo	Horas regulares	Total Horas	Total Costo Horas Extras
Enero	32,36	177,24	32,24	48,04	28,77	319	\$ 2.269
Febrero	52,02	186,36	52,95	115,97	48,59	456	\$ 3.315
Marzo	30,08	121,69	52,75	124,47	50,2	379	\$ 2.761
Abril	22,83	136,1	21,81	90,79	43,98	316	\$ 2.252
Mayo	64,64	383,74	50,81	84,37	42,19	626	\$ 4.446
Junio	49,03	257,12	42,23	94,62	88,08	531	\$ 3.742
Julio	4,82	83,67	0	55,33	41,24	185	\$ 1.277
Agosto	31,24	68,09	5,79	42,2	36,78	184	\$ 1.325
Total Horas Extras	287,02	1414,01	258,58	655,79	379,83	2995	
Total Costo Horas Extras	\$ 2.559	\$ 9.454	\$ 2.017	\$ 5.128	\$ 2.228	\$ 21.386	\$ 21.386

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En las tablas No.20 y 21, se detallan la cantidad y los costos de las horas extras utilizadas después del plan piloto. Se puede observar la disminución de las mismas en un promedio al mes pasado de 438 a 185 horas extras utilizadas al mes; para una disminución del 42% en los meses julio y agosto del año 2017, con lo que se mantuvo una constante con respecto a los meses anteriores, esto logró disminuir los costos de horas extras en \$2,465 en relación con el mes más bajo que fue julio del 2017.

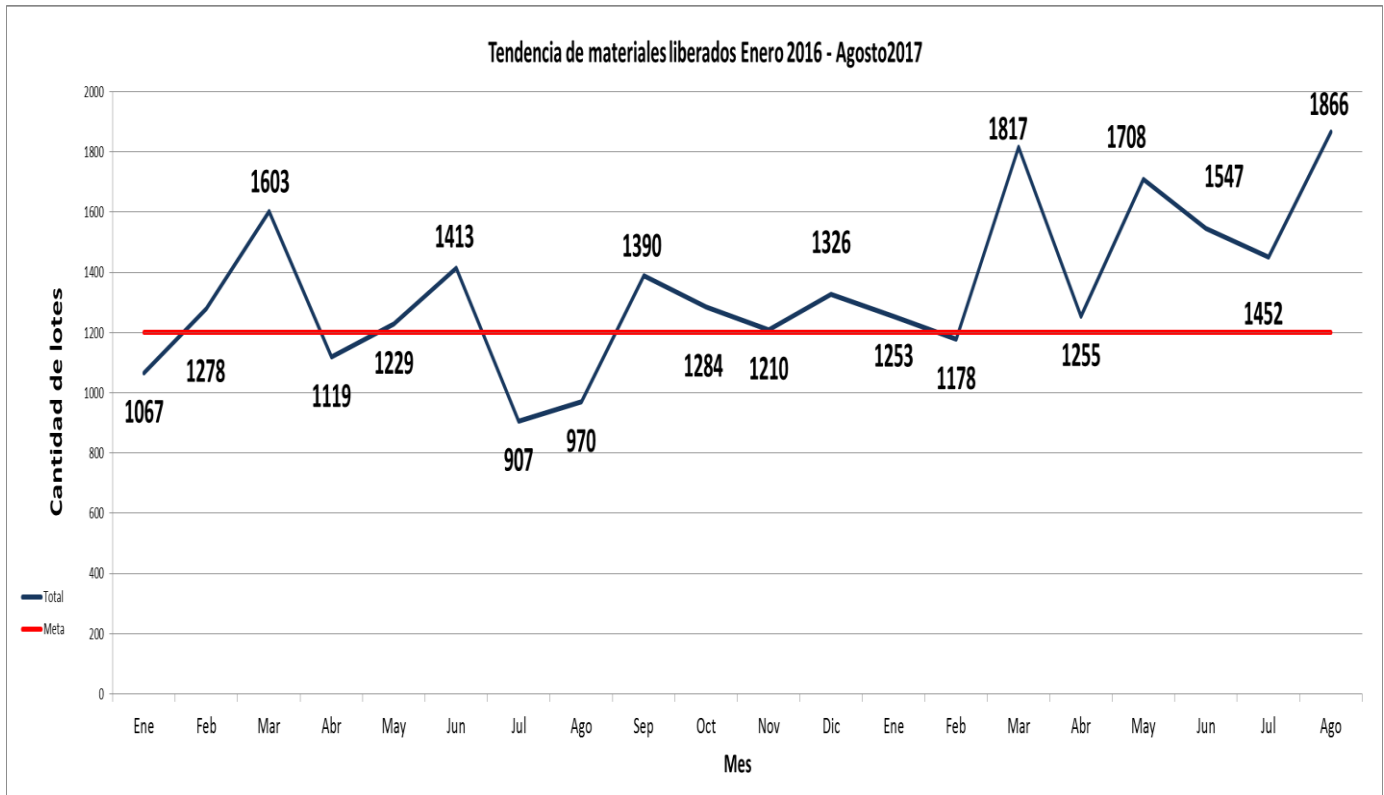
Figura 33. Porcentaje de horas extras utilizadas después del plan piloto.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En la figura No.33 se observa la tendencia de horas extras que disminuyó de un 25% en un flujo constante para los meses julio y agosto del año 2017, en un 9% de utilización de horas extras, para un ahorro en el laboratorio de un 16% de horas, esto con base en que el departamento de inspección de materia prima ha alcanzado la capacidad de liberar más de 1,200 lotes al mes, sin la realización de un exceso de horas extras. En la figura No.34 se detalla las liberaciones de los meses de julio y agosto después de la implementación del plan piloto.

Figura 34. Tendencia de lotes liberados por mes de enero 2016 a agosto 2017 después del plan piloto.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Durante el mes de julio se liberaron 252 lotes más para un aumento del 17% de su capacidad de liberación y en agosto se liberaron 666 lotes más para un aumento del 36% de capacidad, esto después de la implementación de la mejora del tiempo estándar en búsqueda de cada material a inspeccionar, se ha alcanzado una liberación de más de 1,200 lotes mensualmente con una utilización del 9% de horas extras para cada mes, con base en lo anterior y las mejoras que se realizaron para el mejoramiento y el aumento de capacidad de lotes liberados al mes, el laboratorio de inspección de materia prima se ha mantenido en un flujo constante de liberación de la meta establecida de 1,200 lotes liberados por mes.

5.4 Análisis económico

El análisis económico se realiza en función de los tiempos estándar para cada tipo de material empaque, metales, plásticos y químicos, para la reducción de los lotes en espera de inspección mayores a 16 días y la de las horas extras y el ahorro de las mismas.

De esta forma, al inicio del proyecto de investigación el laboratorio de inspección de materia prima invertía un promedio de \$3,008 en la realización de horas extras para el alcance de más de 1,200 lotes liberados al mes. En promedio en los últimos tres meses de abril, mayo y junio del año 2017 el laboratorio de material entrante hizo una inversión de \$3,480 de horas extras para un 23% de utilización en liberación de material, las mismas son el ahorro que se proyecta para la reducción de las horas extras en el laboratorio.

A continuación en la tabla No 17 se detallan los costos que se invirtieron para la realización del proyecto. Se hicieron dos tipos de análisis, el primero con la inversión de 2,110 horas trabajadas durante los meses de abril y mayo del año 2017 en la toma de muestra y plan piloto de un costo de \$18,336.73 y un segundo análisis que se agrega al costo de la reubicación de los polos con facilidades eléctricas y presiones de aire para la propuesta del cambio de localización y distribución de planta del laboratorio de inspección de materia prima para un costo de \$6,896.04, la proforma de servicio para la reubicación de los polos se detalla en el anexo No 2.

Por ende, para el análisis económico se utilizará el indicador financiero (VAN) valor actual neto para determinar la variabilidad del proyecto por realizar en el laboratorio entrante de materia prima y el TIR (tasa interna de retorno) que ayudará a tomar la decisión si el proyecto es viable o no de acuerdo con el porcentaje de beneficio o pérdida.

Tabla 22. Costo de las inversiones realizadas durante el proyecto.

Costo Inversión para el proyecto 1	
Costo de hora laboral	₴ 2.200,00
1.5 Horas extras	₴ 3.300,00
Cargas Sociales	₴ 4.884,00
\$	\$ 8,69
# Horas Utilizadas al mes	2110
Costo total de horas	\$ 18.336,73

Costo Inversión para el proyecto 2	
Costo de hora laboral	₴ 2.200,00
1.5 Horas extras	₴ 3.300,00
Cargas Sociales	₴ 4.884,00
\$	\$ 8,69
# Horas Utilizadas al mes	2110
Costo total de horas	\$18.336,73
Reubicación de polos eléctricos	\$ 6.896,04

Total Inversión proyecto 1	\$ 18.336,73
-----------------------------------	---------------------

Total Inversión proyecto 2	\$25.232,77
-----------------------------------	--------------------

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Tabla 23. Análisis económico Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.

Datos	Valores	Valores
Numero de Periodos	12	12
Tipo de Periodo	Mensual	Mensual
Tasa de Descuento	11%	11%

DETALLE	PERIODOS												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FLUJO NETO EFECTIVO PROYECTADO PROYECTO 1	\$(18,336.73)	\$ 3,480.00	\$ 3,480.00	\$ 3,480.00	\$3,480.00	\$3,480.00	\$ 3,480.00	\$3,480.00	\$ 3,480.00	\$3,480.00	\$3,480.00	\$ 3,480.00	\$ 3,480.00
FLUJO NETO EFECTIVO PROYECTADO PROYECTO 2	\$(25,232.77)	\$ 3,480.00	\$ 3,480.00	\$ 3,480.00	\$3,480.00	\$3,480.00	\$ 3,480.00	\$3,480.00	\$ 3,480.00	\$3,480.00	\$3,480.00	\$ 3,480.00	\$ 3,480.00

Nro.	FNE	(1+i)^	FNE/(1+i)^
0	\$(18,336.73)		\$(18,336.73)
1	\$ 3,480.00	1.110	\$ 3,135.14
2	\$ 3,480.00	1.232	\$ 2,824.45
3	\$ 3,480.00	1.368	\$ 2,544.55
4	\$ 3,480.00	1.518	\$ 2,292.38
5	\$ 3,480.00	1.685	\$ 2,065.21
6	\$ 3,480.00	1.870	\$ 1,860.55
7	\$ 3,480.00	2.076	\$ 1,676.17
8	\$ 3,480.00	2.305	\$ 1,510.06
9	\$ 3,480.00	2.558	\$ 1,360.42
10	\$ 3,480.00	2.839	\$ 1,225.60
11	\$ 3,480.00	3.152	\$ 1,104.15
12	\$ 3,480.00	3.498	\$ 994.73

	\$ 4,256.67
VAN	\$ 4,256.67

Nro.	FNE	(1+i)^	FNE/(1+i)^
0	\$(25,232.77)		\$(25,232.77)
1	\$ 3,480.00	1.110	\$ 3,135.14
2	\$ 3,480.00	1.232	\$ 2,824.45
3	\$ 3,480.00	1.368	\$ 2,544.55
4	\$ 3,480.00	1.518	\$ 2,292.38
5	\$ 3,480.00	1.685	\$ 2,065.21
6	\$ 3,480.00	1.870	\$ 1,860.55
7	\$ 3,480.00	2.076	\$ 1,676.17
8	\$ 3,480.00	2.305	\$ 1,510.06
9	\$ 3,480.00	2.558	\$ 1,360.42
10	\$ 3,480.00	2.839	\$ 1,225.60
11	\$ 3,480.00	3.152	\$ 1,104.15
12	\$ 3,480.00	3.498	\$ 994.73

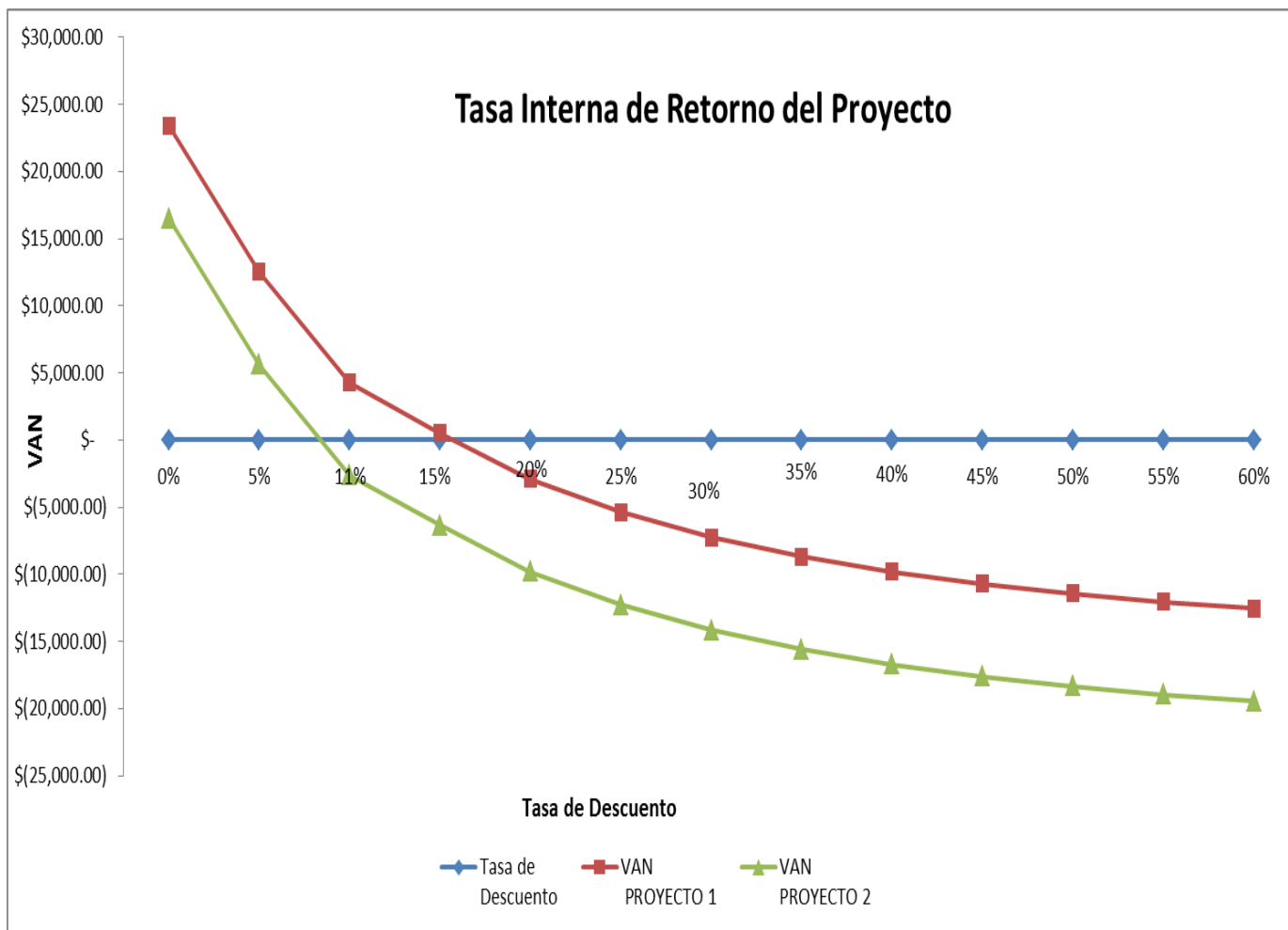
	\$ (2,639.37)
VAN	\$ (2,639.37)

Tasa Interna de Retorno		
Tasa de Descuento	VAN PROYECTO 1	VAN PROYECTO 2
0%	\$ 23,423.27	\$ 16,527.23
5%	\$ 12,507.39	\$ 5,611.35
11%	\$ 4,256.67	\$ (2,639.37)
15%	\$ 527.02	\$ (6,369.02)
20%	\$ (2,888.26)	\$ (9,784.30)
25%	\$ (5,373.31)	\$ (12,269.35)
30%	\$ (7,234.62)	\$ (14,130.66)
35%	\$ (8,665.21)	\$ (15,561.25)
40%	\$ (9,790.19)	\$ (16,686.23)
45%	\$ (10,692.92)	\$ (17,588.96)
50%	\$ (11,430.37)	\$ (18,326.41)
55%	\$ (12,042.36)	\$ (18,938.40)
60%	\$ (12,557.34)	\$ (19,453.38)

TIR	16%	9%
-----	-----	----

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 35. Tasa Interna de Retorno del proyecto.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

En el gráfico de la tasa interna de retorno se puede observar que al tener una tasa de descuento de un 11% requisito de la empresa, el proyecto número uno se encuentra viable obteniendo un 16% de TIR, ya que los valores se encuentran en un saldo positivo y su recuperación sería en un periodo de 12 meses, tiempo que establece la compañía para proyectos de mejoras. El segundo proyecto no es viable para la compañía, la TIR es de un 9% por debajo de la tasa de descuento y sus valores se encuentran negativos en el VAN.

5.5 Aseguramiento, control y seguimiento del proyecto

1. Se propone la realización de un nuevo procedimiento de tiempo estándar para la búsqueda de cada tipo de material, ya que una vez documentado se le dará la mayor importancia a las liberaciones de los mismos.
2. Implementar reuniones diarias para conocer los materiales que son prioridades del día y asignar para su inspección y liberaciones de los materiales que tiene de uno a siete días en espera de inspección, con esto se asegura de que no habrá lotes mayores de 16 día en espera de inspección, aprovechando los recursos en las liberaciones de más lotes diariamente.
3. Llevar una métrica diaria de los materiales en espera de inspección, para tener el conocimiento del inventario generado por los mismos, lo cual permite mantener la tendencia hacia abajo de igual o menos de 150 lotes en espera de inspección.
4. Proponer la realización de un estudio con finanzas y el departamento de materiales en buscar y analizar una meta del costo de inventario de materiales que se puede tener en espera de inspección.
5. Analizar la propuesta de una nueva distribución de localizaciones del laboratorio con el análisis que se realizó para la disminución de los tiempos de recorridos y aumentar más la capacidad de liberaciones de lotes por mes.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones a las que se llegaron al finalizar el proyecto de investigación, siguiendo la metodología DMAIC en todas sus etapas para hacer los procesos más esbeltos.

Se logra el objetivo general del aumento de la capacidad de liberaciones de materia prima de más de 1,200 lotes al mes en horas laborales normales, lo cual aumentó la capacidad en el primer mes de la realización de la mejora en un 17% y para el segundo en un 36%, con lo cual se mantuvo el flujo constante en las liberaciones y se redujo las horas extras en un 42% con respecto al primer semestre del año 2017.

Mediante el concepto de linealidad se disminuyen las distancias totales de recorridos de inspección de material de 12,136 metros a 124.3 metros de recorridos, equivalentes a un ahorro de 216 minutos por día laboral, lo que ayudó a aumentar de capacidad de liberación de material por mes.

Se realizó un estudio de tiempos para cada tipo de material para la definición del tamaño de muestra y el tiempo estándar de búsqueda de cada tipo de material, como lo son empaques, metales, plásticos y químicos, con este estudio se logra tener los resultados de los tiempos estándares de cada uno de ellos: empaques un tiempo estándar de seis minutos, metales cinco, plásticos seis y los materiales químicos cuatro minutos.

Por lo tanto, basado en los estudios del plan piloto se obtiene una disminución del inventario diario de material en espera de inspección en un promedio de \$122,788 y los días de rotación en lo establecido por el departamento de compras de dos días, mantenido en un nivel constante de liberación y el costo de nivel de inventario por debajo de \$367,000 y los dos días de rotación del mismo.

Se concluye con el análisis económico que el proyecto de estudio más viable es el proyecto número uno, con la reducción de las horas extras, con la ayuda del tiempo estándar para cada uno de los tipos de materiales: empaque, metales, plásticos y químicos, con una tasa de retorno de inversión de un 16% en un periodo de 12 meses.

6.2 Recomendaciones

Al laboratorio de inspección de materia prima para que realice una nueva distribución de localizaciones del laboratorio con los datos recopilados y analizados en el estudio de tiempos y recorridos para el aumento de capacidad de más de 1,200 de lotes liberados por mes

Se propone la creación de un procedimiento donde se establezca los tiempos estándares de búsqueda de material en el área de recibo, para tener un flujo de liberación de lotes constante en el tiempo.

También llevar una métrica diaria del material en espera de inspección como ayuda visual para que el tren de liberaciones de lotes se mantenga y el inventario de material total no aumente a más de 150 lotes en espera de inspección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arango Serna, M.; Zapata C, J. y Pemberthy, J. “Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial”. Revista de Ingeniería. 2010 (32): 54-61.

Barón Muñoz, D. A. Y Zapata Álvarez, L. M. (2012). Propuesta de Redistribución de planta en una empresa del sector textil. (Tesis de Licenciatura). Universidad ICESI, Santiago de Cali, Colombia.

Blank, L., & Tarquin, A. (2012). *Ingeniería Económica*. 7ª ed. México: McGraw Hill.

Boston Scientific Corporation. (2012). Engineering Essentials. ed. Natick, MA: Boston Scientific.

Boston Scientific Corporation. (2015). Engineering Essentials. ed. Marlborough, MA: Boston Scientific.

Boston Scientific Corporation. (2015). Lean Essentials. ed. Marlborough, MA: Boston Scientific.

Boston Scientific Corporation. (2017). Inside.bsci.com/Pages. Costa rica/default.aspx
Disponibile en: <http://www.bostonscientific.com/en-US/about-us/history.html>

Camisón, C.; Cruz, S. y González, T. (2006). Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Madrid: Pearson Educación.

Cantú Delgado, H. (2006). Desarrollo de una Cultura de Calidad. 3ª ed. México: Ed. McGraw Hill.

Carpio Mejía, J. (2012). Implementación de Manufactura esbelta en la Línea de producción de la empresa SEDEMI S.C.C. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

- Chávez Luna, C. A. Y Méndez Cruz, J. (2014). Aplicación de la manufactura lean a un proceso de troquelado. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Deming, W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis. Madrid: Ed. Díaz de Santos.
- Galán Martínez, D. (s.f). Metodología para la implantación de las 5s's en john deere ibérica. (Tesis de Licenciatura). Universidad Calor III de Madrid Escuela Politécnica Superior, Madrid.
- González Correa, F. "Manufactura Esbelta principales herramientas". Revista Panorama Administrativo. 2007. 1(2): 85-112.
- González González, C. (1994). Calidad Total. México: Ed. McGraw Hill.
- González Guevara, L. "Diseño de un modelo de almacenamiento y distribución de equipos y materiales en la bodega de saexploration". 2015. 1-19.
- Gryna, F.; Chua, R. y DeFeo, J. (2007). Método Juran Análisis y planeación de la calidad. 5ª ed. México: McGraw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). Calidad Total y Productividad. 3ª ed. México: Ed. McGraw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H. (2014). Calidad Total y Productividad. 4ª ed. México: Ed. McGraw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., y de la Vara Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. 2ª ed. México: McGraw Hill.

- Gutiérrez Pulido, H. y de la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma. 3ª ed. México: McGraw Hill.
- Hernández Matías, J. y Vizán Idoipe, A. (2013). Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Escuela de la organización Industrial.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & del Pilar Baptista Lucio, M. (2010). Metodología de la investigación. 5ª ed. México: McGrawHill
- Herrera Acosta, R. y Fontalvo Herrera, T. (2000). Seis Sigma un enfoque práctico. 7ª ed. Bogotá: Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000.
- Imai, M. (2001). KAIZEN la clave de la ventaja competitiva Japonesa. 13ª ed. México: Ed. Continental.
- Juárez López, Y.; Rojas Ramírez, J.; Medina Marín, J. y Pérez Rojas, A. "El enfoque de sistemas para la aplicación de la manufactura esbelta". Revista Científica. 2011. 15(1): 35-42.
- Meyers, F. (2000). Estudios de tiempos y Movimientos para la manufactura ágil. 2ª ed. México: Ed. Pearson Educación.
- R. Evans, J. y M. Lindsay, W. (2008). Administración y Control de Calidad. 7ª ed. México: Cengage Learning.
- Rajadell Carreras, M. y Sánchez García , J. L. (2010). Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad. Madrid: Díaz de Santos.
- Sortino, R. "Radicación y distribución de planta (layout) como gestión empresarial". Revista Invenio. 2001. 125-139.
- Stephens, M. y Meyers, F. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. 3ª ed. México: Pearson Educación.

Summers, D. (2006). Administración de la calidad. México: Ed. Pearson Educación.

Tarí Guilló, J. (s.f.). Calidad Total: Fuente de ventaja competitiva. Ed. Universidad de Alicante.

W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. 12ª ed. México: McGraw Hill.

**APÉNDICE 1. FORMULARIO DE OBSERVACIONES DE
MUESTRA PRELIMINAR**

Tabla 24. Definición del tamaño de muestra para los materiales de empaque.

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.							
Nombre del proceso: <u>Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.</u>				Tipo de material: <u>Empaque</u>			
Observador: <u>Zico Alfredo Arrieta Perez</u>				Fecha toma de tiempos: <u>Abril – Mayo 2017</u>			
Departamento: <u>Laboratorio de inspección de materia prima.</u>							
Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	5,35	Área recibo	Empaque	16	5,38	Área recibo	Empaque
2	2,22	Área recibo	Empaque	17	3,18	Área recibo	Empaque
3	5,13	Área recibo	Empaque	18	3,43	Área recibo	Empaque
4	2,58	Área recibo	Empaque	19	3,36	Área recibo	Empaque
5	5,10	Área recibo	Empaque	20	3,40	Área recibo	Empaque
6	3,10	Área recibo	Empaque	21	4,18	Área recibo	Empaque
7	5,26	Área recibo	Empaque	22	3,29	Área recibo	Empaque
8	4,52	Área recibo	Empaque	23	6,33	Área recibo	Empaque
9	4,22	Área recibo	Empaque	24	4,25	Área recibo	Empaque
10	2,46	Área recibo	Empaque	25	3,47	Área recibo	Empaque
11	4,59	Área recibo	Empaque	26	2,74	Área recibo	Empaque
12	3,55	Área recibo	Empaque	27	3,50	Área recibo	Empaque
13	5,13	Área recibo	Empaque	28	3,68	Área recibo	Empaque
14	4,08	Área recibo	Empaque	29	3,45	Área recibo	Empaque
15	3,51	Área recibo	Empaque	30	3,52	Área recibo	Empaque

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 1,00}{0,05 * 3,93} \right)^2 = 108$$

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Tabla 25. Definición del tamaño de muestra para los materiales metales.

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.							
Nombre del proceso: <u>Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.</u>				Tipo de material: <u>Metales</u>			
Observador: <u>Zico Alfredo Arrieta Perez</u>				Fecha toma de tiempos: <u>Abril – Mayo 2017</u>			
Departamento: <u>Laboratorio de inspección de materia prima.</u>							
Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	5,15	Área recibo	Metales	16	4,32	Área recibo	Metales
2	3,55	Área recibo	Metales	17	5,33	Área recibo	Metales
3	3,33	Área recibo	Metales	18	3,38	Área recibo	Metales
4	4,49	Área recibo	Metales	19	5,35	Área recibo	Metales
5	6,21	Área recibo	Metales	20	2,32	Área recibo	Metales
6	2,15	Área recibo	Metales	21	3,58	Área recibo	Metales
7	4,32	Área recibo	Metales	22	3,26	Área recibo	Metales
8	4,45	Área recibo	Metales	23	5,85	Área recibo	Metales
9	4,12	Área recibo	Metales	24	3,38	Área recibo	Metales
10	4,35	Área recibo	Metales	25	4,55	Área recibo	Metales
11	5,36	Área recibo	Metales	26	3,58	Área recibo	Metales
12	4,33	Área recibo	Metales	27	4,42	Área recibo	Metales
13	2,55	Área recibo	Metales	28	3,47	Área recibo	Metales
14	3,19	Área recibo	Metales	29	5,73	Área recibo	Metales
15	4,23	Área recibo	Metales	30	4,25	Área recibo	Metales

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 1,02}{0,05 * 4,15} \right)^2 = 102$$

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Tabla 26. Definición del tamaño de muestra para los materiales plásticos.

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.							
Nombre del proceso: <u>Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.</u>				Tipo de material: <u>Plásticos</u>			
Observador: <u>Zico Alfredo Arrieta Perez</u>				Fecha toma de tiempos: <u>Abril – Mayo 2017</u>			
Departamento: <u>Laboratorio de inspección de materia prima.</u>							
Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	4,50	Área recibo	Plásticos	16	3,35	Área recibo	Plásticos
2	5,55	Área recibo	Plásticos	17	6,33	Área recibo	Plásticos
3	3,50	Área recibo	Plásticos	18	5,32	Área recibo	Plásticos
4	3,26	Área recibo	Plásticos	19	5,32	Área recibo	Plásticos
5	4,45	Área recibo	Plásticos	20	3,00	Área recibo	Plásticos
6	3,02	Área recibo	Plásticos	21	3,52	Área recibo	Plásticos
7	5,55	Área recibo	Plásticos	22	3,50	Área recibo	Plásticos
8	3,40	Área recibo	Plásticos	23	2,35	Área recibo	Plásticos
9	4,39	Área recibo	Plásticos	24	3,02	Área recibo	Plásticos
10	3,55	Área recibo	Plásticos	25	4,25	Área recibo	Plásticos
11	5,16	Área recibo	Plásticos	26	3,36	Área recibo	Plásticos
12	4,32	Área recibo	Plásticos	27	3,33	Área recibo	Plásticos
13	5,40	Área recibo	Plásticos	28	3,45	Área recibo	Plásticos
14	3,55	Área recibo	Plásticos	29	2,32	Área recibo	Plásticos
15	4,08	Área recibo	Plásticos	30	3,30	Área recibo	Plásticos

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 1,02}{0,05 * 3,98} \right)^2 = 111$$

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Tabla 27. Definición del tamaño de muestra para los materiales químicos.

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.							
Nombre del proceso: <u>Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.</u>				Tipo de material: <u>Químicos</u>			
Observador: <u>Zico Alfredo Arrieta Perez</u>				Fecha toma de tiempos: <u>Abril – Mayo 2017</u>			
Departamento: <u>Laboratorio de inspección de materia prima.</u>							
Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	3,10	Área químico	Químicos	16	3,45	Área químico	Químicos
2	2,10	Área químico	Químicos	17	3,05	Área químico	Químicos
3	2,13	Área químico	Químicos	18	3,05	Área químico	Químicos
4	2,30	Área químico	Químicos	19	3,23	Área químico	Químicos
5	3,45	Área químico	Químicos	20	2,55	Área químico	Químicos
6	3,35	Área químico	Químicos	21	2,36	Área químico	Químicos
7	4,26	Área químico	Químicos	22	3,45	Área químico	Químicos
8	5,10	Área químico	Químicos	23	4,56	Área químico	Químicos
9	3,33	Área químico	Químicos	24	2,32	Área químico	Químicos
10	4,36	Área químico	Químicos	25	3,22	Área químico	Químicos
11	2,30	Área químico	Químicos	26	4,56	Área químico	Químicos
12	4,25	Área químico	Químicos	27	3,06	Área químico	Químicos
13	4,48	Área químico	Químicos	28	3,16	Área químico	Químicos
14	5,10	Área químico	Químicos	29	3,26	Área químico	Químicos
15	3,30	Área químico	Químicos	30	2,11	Área químico	Químicos

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 0,89}{0,05 * 3,34} \right)^2 = 118$$

Fuente: Arrieta Pérez, 2017

**APÉNDICE 2. FORMULARIO DE OBSERVACIONES DE
MUESTRA PARA EL TIEMPO ESTÁNDAR**

Tabla 28. Resultados para la definición del TE del material de metales.

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resultados para la definición del tiempo estándar.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Metales

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	4,00	18	3,55	35	3,00	52	4,20	69	10,00	86	2,30
2	10,52	19	4,08	36	3,00	53	1,00	70	3,00	87	3,33
3	2,10	20	7,00	37	3,00	54	1,10	71	3,00	88	1,00
4	3,38	21	8,33	38	2,00	55	1,00	72	3,00	89	2,50
5	2,40	22	7,59	39	2,00	56	1,00	73	3,10	90	6,30
6	2,00	23	11,20	40	2,00	57	1,20	74	2,00	91	6,00
7	20,42	24	3,00	41	2,00	58	1,10	75	2,00	92	2,00
8	15,08	25	2,10	42	2,00	59	4,00	76	1,10	93	1,25
9	10,00	26	5,25	43	3,10	60	20,25	77	1,00	94	4,33
10	15,32	27	3,10	44	2,35	61	2,55	78	7,00	95	3,00
11	1,00	28	2,25	45	1,30	62	5,10	79	7,10	96	3,00
12	1,10	29	4,32	46	1,00	63	5,00	80	9,00	97	2,50
13	15,09	30	1,25	47	1,20	64	27,10	81	6,10	98	2,22
14	3,00	31	2,50	48	1,30	65	19,29	82	1,30	99	6,30
15	2,55	32	3,46	49	1,20	66	5,10	83	7,10	100	4,25
16	2,20	33	2,20	50	1,30	67	4,50	84	6,50	101	5,00
17	5,40	34	2,25	51	2,30	68	4,50	85	3,20	102	4,35

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales de metales.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. **Tipo de material:** Metales

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	4,57
% Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	4,57
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	5,07

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 4,57 * 100/100 = 4,57 \text{ minutos}$$

$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 4,57 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 5,07 \text{ minutos} = 5 \text{ minutos}$$

Tabla 29. Resultados para la definición del TE del material plástico.

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resultados para la definición del tiempo estándar.											
Nombre del proceso: <u>Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.</u>						Tipo de material: <u>Plástico</u>					
Observador: <u>Zico Alfredo Arrieta Perez</u>						Fecha toma de tiempos: <u>Abril – Mayo 2017</u>					
Departamento: <u>Laboratorio de inspección de materia prima.</u>											
Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	41,59	20	5,00	39	6,10	58	2,32	77	2,10	96	2,10
2	10,00	21	20,00	40	5,00	59	3,20	78	4,00	97	4,00
3	3,55	22	4,00	41	20,55	60	3,20	79	1,00	98	1,00
4	2,16	23	4,00	42	20,00	61	2,56	80	1,20	99	1,20
5	3,10	24	3,20	43	3,20	62	5,00	81	3,30	100	3,30
6	12,00	25	3,10	44	2,50	63	4,25	82	6,23	101	6,23
7	5,10	26	1,00	45	1,50	64	4,00	83	5,00	102	5,00
8	22,28	27	1,30	46	3,00	65	1,32	84	2,30	103	2,30
9	6,00	28	2,00	47	2,35	66	2,35	85	6,25	104	6,25
10	10,05	29	3,50	48	6,20	67	2,00	86	3,00	105	3,00
11	5,00	30	6,20	49	3,00	68	1,36	87	2,00	106	2,00
12	10,08	31	1,30	50	4,20	69	1,20	88	6,50	107	6,50
13	6,12	32	3,00	51	5,32	70	2,00	89	5,00	108	5,00
14	60,02	33	2,00	52	2,30	71	2,05	90	3,00	109	3,00
15	3,00	34	12,10	53	4,20	72	2,05	91	3,33	110	3,33
16	3,00	35	20,00	54	1,25	73	5,00	92	3,46	111	3,46
17	2,00	36	8,10	55	3,00	74	2,05	93	5,00	112	N/A
18	2,00	37	2,10	56	3,00	75	5,10	94	6,32	113	N/A
19	1,00	38	5,00	57	2,55	76	2,00	95	6,25	114	N/A

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales de plástico.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. **Tipo de material:** Plástico

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	5,41
% Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	5,41
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	6,00

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 5,41 * 100/100 = 5,41 \text{ minutos}$$

$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 5,41 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 6,00 \text{ minutos} = 6 \text{ minutos}$$

Tabla 30. Resultados para la definición del TE del material químico.

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resultados para la definición del tiempo estándar.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Químicos

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	10,00	21	2,49	41	3,00	61	4,56	81	3,20	101	2,00
2	15,59	22	1,32	42	2,00	62	4,00	82	4,30	102	2,50
3	20,00	23	4,28	43	1,36	63	3,25	83	3,00	103	2,50
4	4,32	24	5,29	44	2,50	64	2,45	84	3,25	104	2,00
5	4,45	25	4,21	45	1,30	65	4,50	85	1,50	105	2,00
6	4,12	26	1,30	46	2,00	66	4,00	86	2,00	106	3,25
7	4,40	27	3,00	47	3,30	67	2,26	87	3,50	107	4,25
8	2,00	28	3,00	48	2,00	68	3,00	88	1,00	108	2,25
9	8,33	29	3,00	49	2,00	69	4,00	89	3,00	109	1,00
10	3,00	30	3,00	50	3,32	70	1,00	90	3,30	110	3,30
11	3,19	31	3,00	51	4,20	71	2,00	91	1,50	111	3,00
12	15,25	32	3,00	52	1,25	72	1,20	92	2,25	112	4,25
13	2,50	33	1,36	53	3,30	73	3,10	93	3,50	113	4,00
14	3,11	34	3,29	54	2,25	74	2,00	94	2,50	114	1,00
15	1,25	35	2,50	55	3,36	75	3,00	95	1,00	115	1,00
16	2,25	36	5,10	56	2,00	76	4,00	96	3,30	116	2,35
17	1,50	37	1,20	57	2,00	77	1,50	97	4,25	117	2,35
18	1,10	38	2,32	58	3,35	78	1,00	98	3,00	118	2,30
19	3,33	39	1,00	59	3,00	79	1,00	99	4,00	119	N/A
20	4,25	40	5,00	60	3,00	80	2,00	100	4,25	120	N/A

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales químicos.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. **Tipo de material:** Químicos
Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez
Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	3,22
% Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	3,22
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	3,57

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 3,22 * 100/100 = 3,22 \text{ minutos}$$

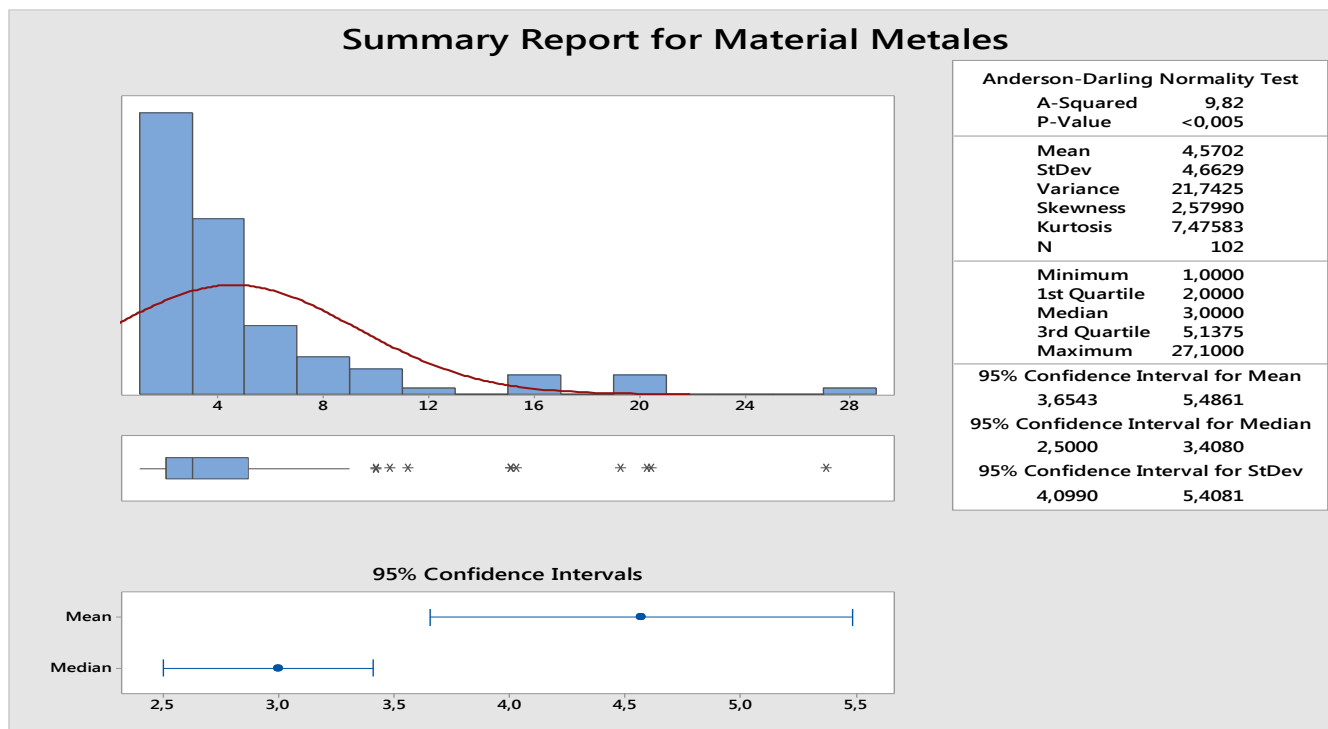
$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 3,22 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 3,57 \text{ minutos} = 4 \text{ minutos}$$

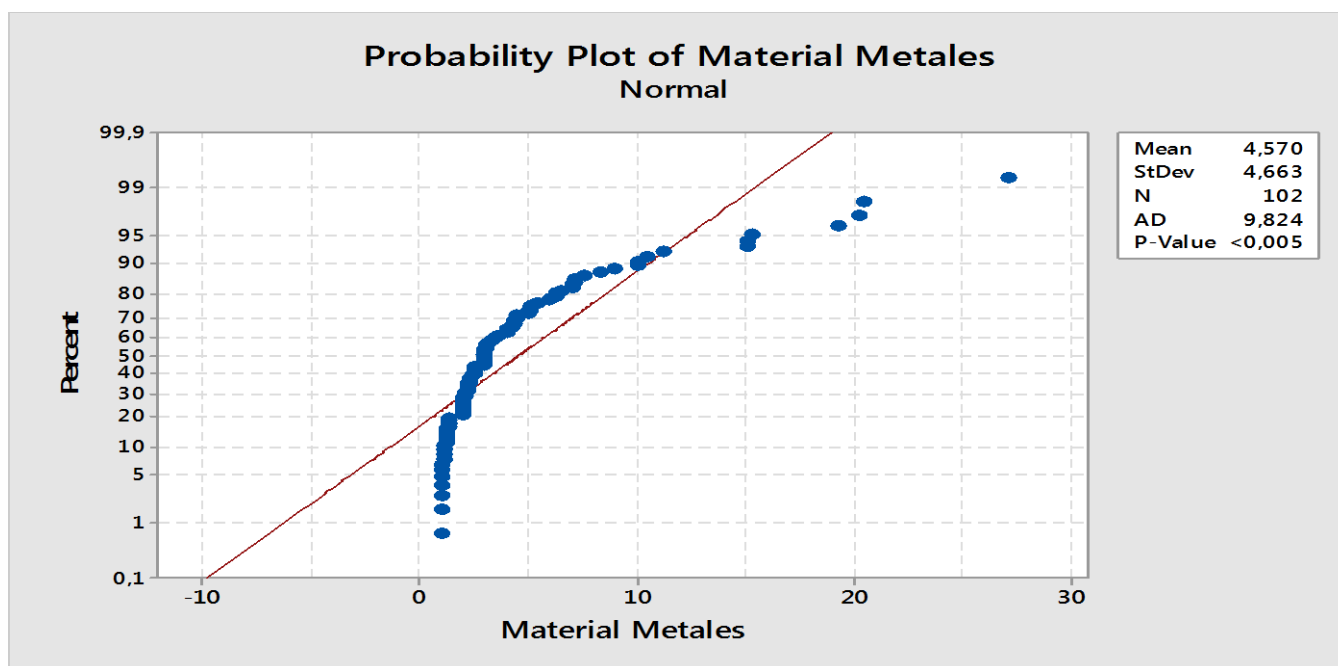
**APÉNDICE 3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE
RESIDUOS DE LOS TIPOS DE MATERIALES**

Figura 36. Histograma tiempo de búsqueda material de metales.



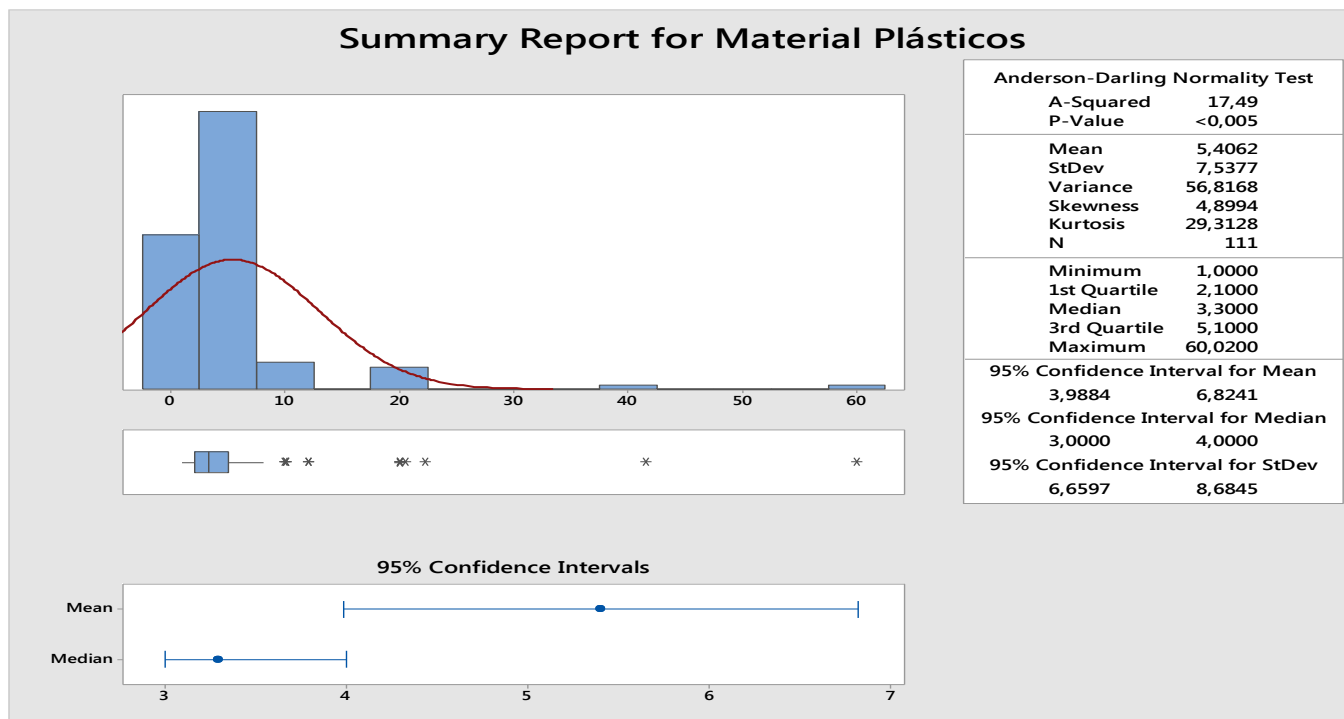
Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 37. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de metales.



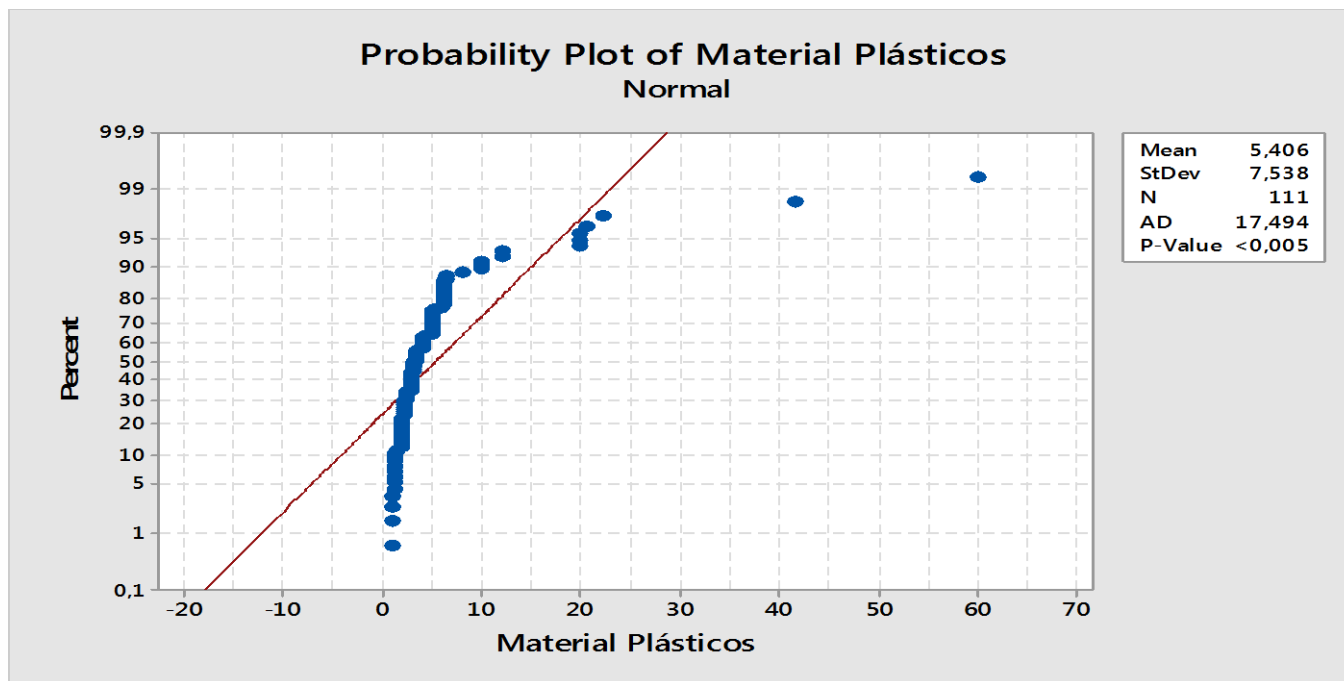
Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 38. Histograma tiempo de búsqueda material de plástico.



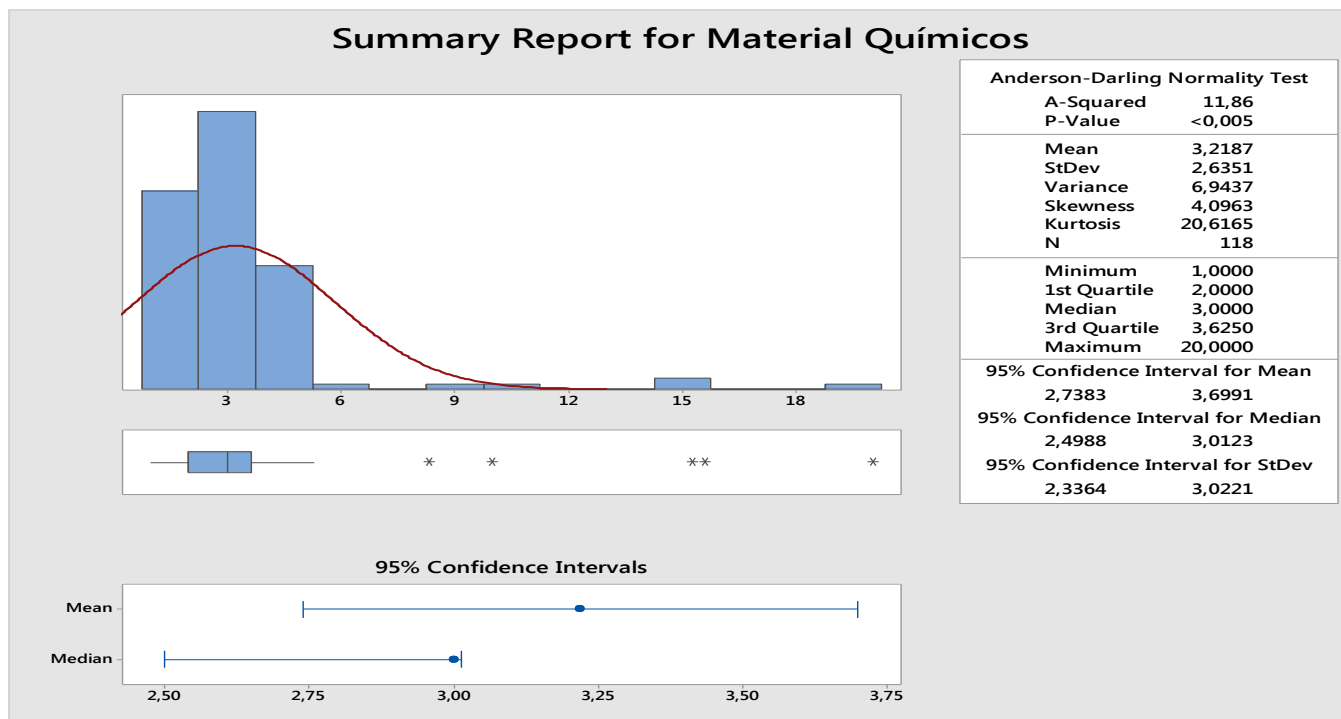
Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 39. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de plástico.



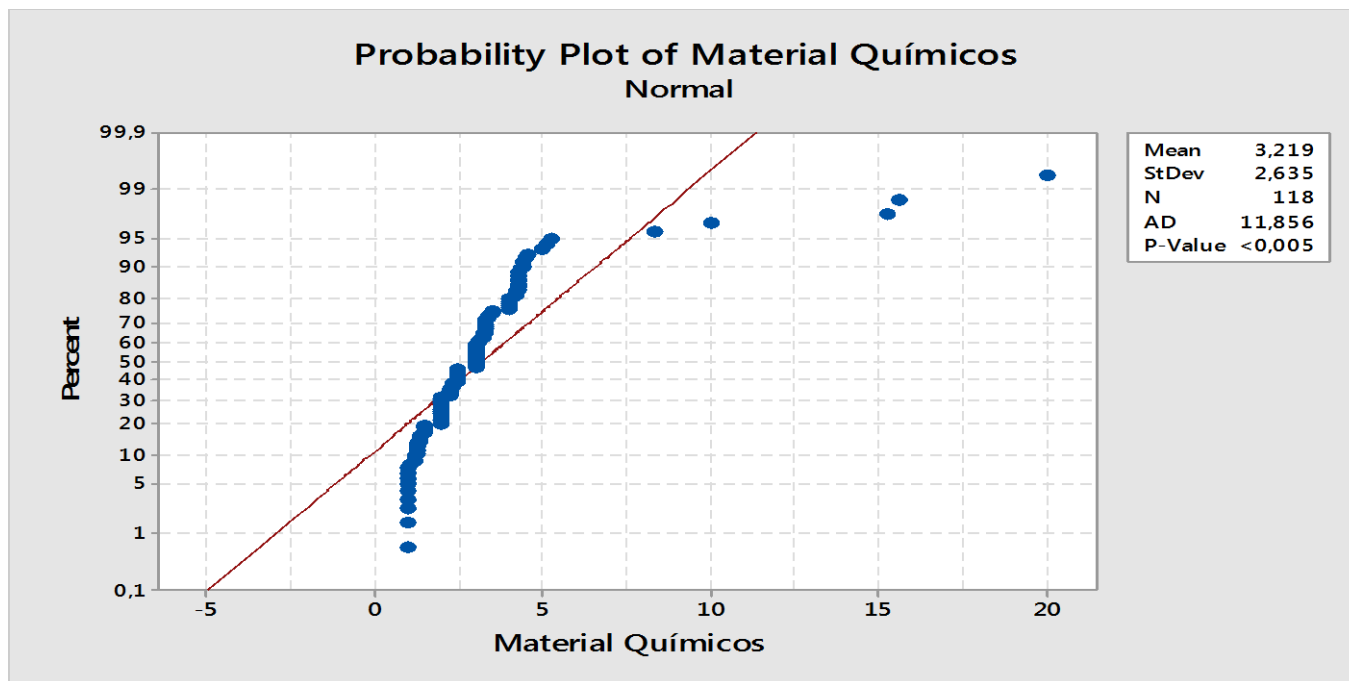
Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 40. Histograma tiempo de búsqueda material de químicos.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

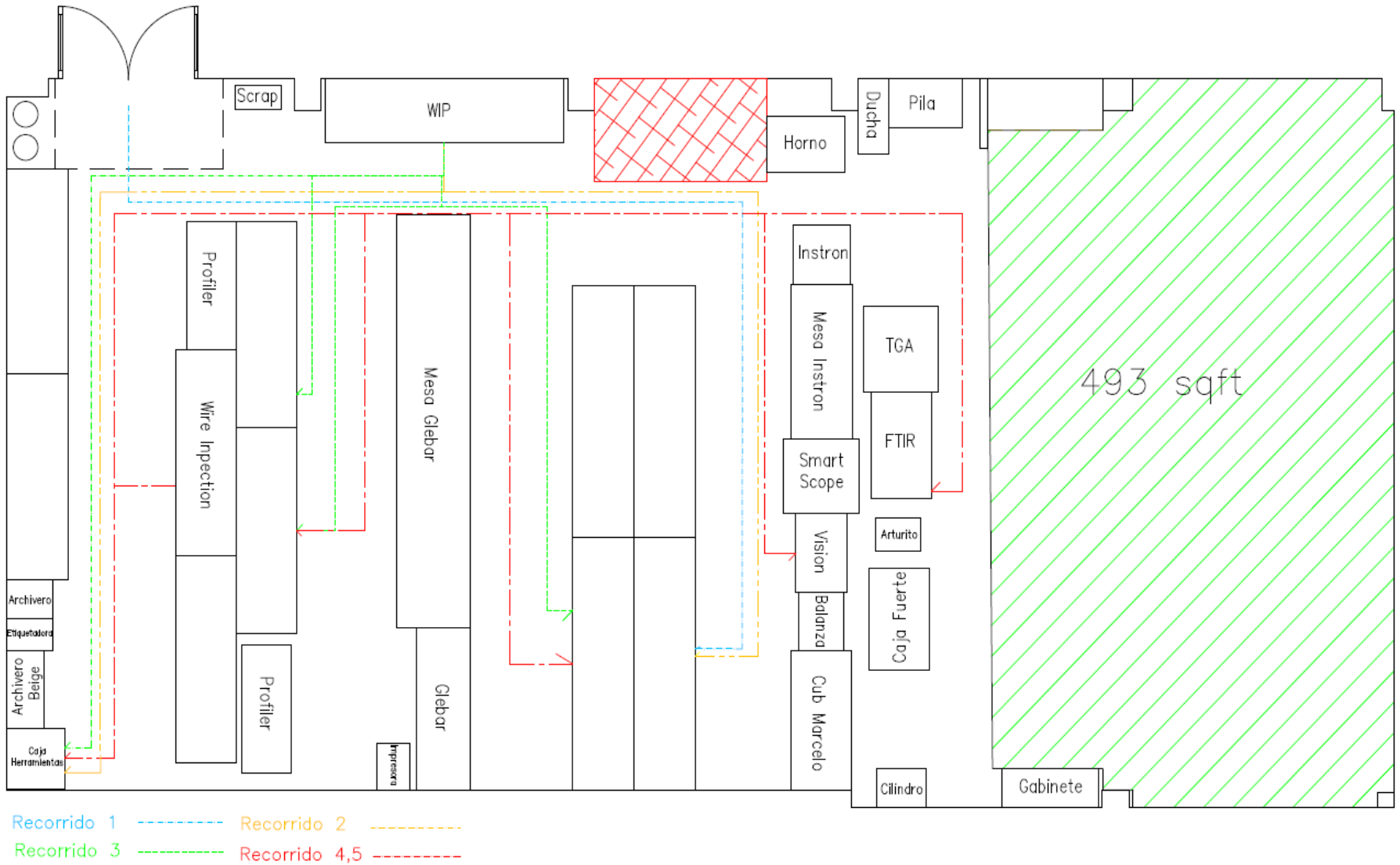
Figura 41. Gráfico de normalidad tiempo de búsqueda de material de químicos.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

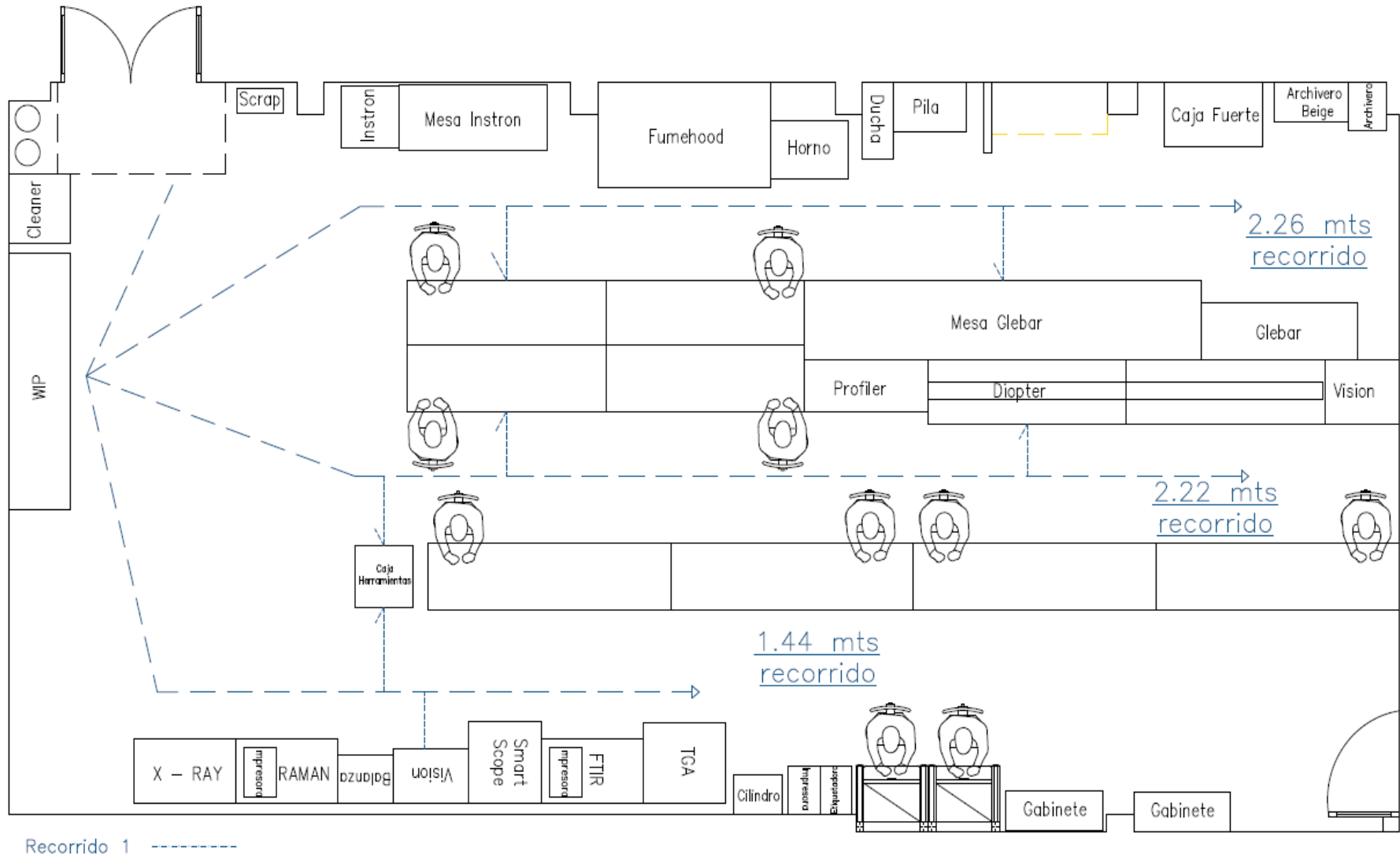
**APÉNDICE 4. DISEÑO Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN Y
LOCALIZACIONES DEL LABORATORIO DE INSPECCIÓN
DE MATERIA**

Figura 42. Diseño actual de distribución y localizaciones del laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Figura 43. Propuesta de diseño de distribución y localizaciones del laboratorio de inspección de materia prima.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

**APÉNDICE 5. FOTOS DE LOS MATERIALES EN EL ÁREA DE
RECIBO**

Ilustración 3. Fotos del material en el área de bodega.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

Ilustración 4. Fotos del material en el área de bodega.



Fuente: Arrieta Pérez, 2017

**ANEXO 1. FORMULARIO DE OBSERVACIONES DE LAS
MUESTRAS PRELIMINARES Y EL TIEMPO ESTÁNDAR
VERIFICADO Y REVISADO**

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Empaque

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	5,35	Área recibo	Empaque	16	5,38	Área recibo	Empaque
2	2,22	Área recibo	Empaque	17	3,18	Área recibo	Empaque
3	5,13	Área recibo	Empaque	18	3,43	Área recibo	Empaque
4	2,58	Área recibo	Empaque	19	3,36	Área recibo	Empaque
5	5,10	Área recibo	Empaque	20	3,40	Área recibo	Empaque
6	3,10	Área recibo	Empaque	21	4,18	Área recibo	Empaque
7	5,26	Área recibo	Empaque	22	3,29	Área recibo	Empaque
8	4,52	Área recibo	Empaque	23	6,33	Área recibo	Empaque
9	4,22	Área recibo	Empaque	24	4,25	Área recibo	Empaque
10	2,46	Área recibo	Empaque	25	3,47	Área recibo	Empaque
11	4,59	Área recibo	Empaque	26	2,74	Área recibo	Empaque
12	3,55	Área recibo	Empaque	27	3,50	Área recibo	Empaque
13	5,13	Área recibo	Empaque	28	3,68	Área recibo	Empaque
14	4,08	Área recibo	Empaque	29	3,45	Área recibo	Empaque
15	3,51	Área recibo	Empaque	30	3,52	Área recibo	Empaque

$$n = \left(\frac{t_s}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 1,00}{0,05 * 3,93} \right)^2 = 108$$

Verificado por: ZICO ARRIETA

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición de la muestra preliminar Pagina 1 of 4

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Metales

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	5,15	Área recibo	Metales	16	4,32	Área recibo	Metales
2	3,55	Área recibo	Metales	17	5,33	Área recibo	Metales
3	3,33	Área recibo	Metales	18	3,38	Área recibo	Metales
4	4,49	Área recibo	Metales	19	5,35	Área recibo	Metales
5	6,21	Área recibo	Metales	20	2,32	Área recibo	Metales
6	2,15	Área recibo	Metales	21	3,58	Área recibo	Metales
7	4,32	Área recibo	Metales	22	3,26	Área recibo	Metales
8	4,45	Área recibo	Metales	23	5,85	Área recibo	Metales
9	4,12	Área recibo	Metales	24	3,38	Área recibo	Metales
10	4,35	Área recibo	Metales	25	4,55	Área recibo	Metales
11	5,36	Área recibo	Metales	26	3,58	Área recibo	Metales
12	4,33	Área recibo	Metales	27	4,42	Área recibo	Metales
13	2,55	Área recibo	Metales	28	3,47	Área recibo	Metales
14	3,19	Área recibo	Metales	29	5,73	Área recibo	Metales
15	4,23	Área recibo	Metales	30	4,25	Área recibo	Metales

$$n = \left(\frac{t_s}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 1,02}{0,05 * 4,15} \right)^2 = 102$$

Verificado por: ZICO ARRIETA

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición de la muestra preliminar Pagina 2 of 4

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Plásticos

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	4,50	Área recibo	Plásticos	16	3,35	Área recibo	Plásticos
2	5,55	Área recibo	Plásticos	17	6,33	Área recibo	Plásticos
3	3,50	Área recibo	Plásticos	18	5,32	Área recibo	Plásticos
4	3,26	Área recibo	Plásticos	19	5,32	Área recibo	Plásticos
5	4,45	Área recibo	Plásticos	20	3,00	Área recibo	Plásticos
6	3,02	Área recibo	Plásticos	21	3,52	Área recibo	Plásticos
7	5,55	Área recibo	Plásticos	22	3,50	Área recibo	Plásticos
8	3,40	Área recibo	Plásticos	23	2,35	Área recibo	Plásticos
9	4,39	Área recibo	Plásticos	24	3,02	Área recibo	Plásticos
10	3,55	Área recibo	Plásticos	25	4,25	Área recibo	Plásticos
11	5,16	Área recibo	Plásticos	26	3,36	Área recibo	Plásticos
12	4,32	Área recibo	Plásticos	27	3,33	Área recibo	Plásticos
13	5,40	Área recibo	Plásticos	28	3,45	Área recibo	Plásticos
14	3,55	Área recibo	Plásticos	29	2,32	Área recibo	Plásticos
15	4,08	Área recibo	Plásticos	30	3,30	Área recibo	Plásticos

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 1,02}{0,05 * 3,98} \right)^2 = 111$$

Verificado por: Zico ARRIETA

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición de la muestra preliminar Pagina 3 of 4

Apéndice 1 – Formulario de observaciones de muestra preliminar (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario) Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tamaño de muestra.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Químicos

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material	Muestra preliminar No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Localización de material	Tipo de material
1	3,10	Área químico	Químicos	16	3,45	Área químico	Químicos
2	2,10	Área químico	Químicos	17	3,05	Área químico	Químicos
3	2,13	Área químico	Químicos	18	3,05	Área químico	Químicos
4	2,30	Área químico	Químicos	19	3,23	Área químico	Químicos
5	3,45	Área químico	Químicos	20	2,55	Área químico	Químicos
6	3,35	Área químico	Químicos	21	2,36	Área químico	Químicos
7	4,26	Área químico	Químicos	22	3,45	Área químico	Químicos
8	5,10	Área químico	Químicos	23	4,56	Área químico	Químicos
9	3,33	Área químico	Químicos	24	2,32	Área químico	Químicos
10	4,36	Área químico	Químicos	25	3,22	Área químico	Químicos
11	2,30	Área químico	Químicos	26	4,56	Área químico	Químicos
12	4,25	Área químico	Químicos	27	3,06	Área químico	Químicos
13	4,48	Área químico	Químicos	28	3,16	Área químico	Químicos
14	5,10	Área químico	Químicos	29	3,26	Área químico	Químicos
15	3,30	Área químico	Químicos	30	2,11	Área químico	Químicos

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 = \left(\frac{2,045 * 0,89}{0,05 * 3,34} \right)^2 = 118$$

Verificado por: Zico ARRIETA

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición de la muestra preliminar Pagina 4 of 4

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)
 Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tiempo estándar.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Empaque

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	15,52	19	15,00	37	1,10	55	2,00	73	2,00	91	2,00
2	27,20	20	7,00	38	5,00	56	2,00	74	4,10	92	5,10
3	5,35	21	27,00	39	3,23	57	2,00	75	3,55	93	3,32
4	2,30	22	3,00	40	5,10	58	2,00	76	5,00	94	6,50
5	5,50	23	5,00	41	4,00	59	3,00	77	10,20	95	4,25
6	8,24	24	1,32	42	3,26	60	3,00	78	6,10	96	4,00
7	11,50	25	10,30	43	13,20	61	3,00	79	7,00	97	3,20
8	11,10	26	9,58	44	11,56	62	3,00	80	3,00	98	1,00
9	30,42	27	1,30	45	7,10	63	3,00	81	2,10	99	3,30
10	2,55	28	1,35	46	13,00	64	7,57	82	4,20	100	2,50
11	4,55	29	2,30	47	1,10	65	3,59	83	3,00	101	6,20
12	3,59	30	1,45	48	9,00	66	3,00	84	3,25	102	5,55
13	15,50	31	3,26	49	1,23	67	3,10	85	2,00	103	4,25
14	15,32	32	2,50	50	2,20	68	2,10	86	5,00	104	6,20
15	3,20	33	1,35	51	1,32	69	3,20	87	4,32	105	3,00
16	17,30	34	1,15	52	1,00	70	2,00	88	3,33	106	2,25
17	11,22	35	2,00	53	4,20	71	2,00	89	2,10	107	1,00
18	2,00	36	3,10	54	2,00	72	2,00	90	2,20	108	2,45

Definición del tiempo estándar Pagina 1 of 8

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)
 Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales de empaque.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Empaque

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	5,27
Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	5,27
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	5,85

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 5,27 * 100/100 = 5,27 \text{ minutos}$$

$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 5,27 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 5,85 \text{ minutos} = 6 \text{ minutos}$$

Verificado por: Zico Arrieta

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición del tiempo estándar Pagina 2 of 8

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)
 Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Sí N/A

Definición del tiempo estándar.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. Tipo de material: Metales
 Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017
 Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	4,00	18	3,55	35	3,00	52	4,20	69	10,00	86	2,30
2	10,52	19	4,08	36	3,00	53	1,00	70	3,00	87	3,33
3	2,10	20	7,00	37	3,00	54	1,10	71	3,00	88	1,00
4	3,38	21	8,33	38	2,00	55	1,00	72	3,00	89	2,50
5	2,40	22	7,59	39	2,00	56	1,00	73	3,10	90	6,30
6	2,00	23	11,20	40	2,00	57	1,20	74	2,00	91	6,00
7	20,42	24	3,00	41	2,00	58	1,10	75	2,00	92	2,00
8	15,08	25	2,10	42	2,00	59	4,00	76	1,10	93	1,25
9	10,00	26	5,25	43	3,10	60	20,25	77	1,00	94	4,33
10	15,32	27	3,10	44	2,35	61	2,55	78	7,00	95	3,00
11	1,00	28	2,25	45	1,30	62	5,10	79	7,10	96	3,00
12	1,10	29	4,32	46	1,00	63	5,00	80	9,00	97	2,50
13	15,09	30	1,25	47	1,20	64	27,10	81	6,10	98	2,22
14	3,00	31	2,50	48	1,30	65	19,29	82	1,30	99	6,30
15	2,55	32	3,46	49	1,20	66	5,10	83	7,10	100	4,25
16	2,20	33	2,20	50	1,30	67	4,50	84	6,50	101	5,00
17	5,40	34	2,25	51	2,30	68	4,50	85	3,20	102	4,35

Definición del tiempo estándar Pagina 3 of 8

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)
 Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Sí N/A

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales de metales.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. Tipo de material: Metales
 Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez
 Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	4,57
Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	4,57
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	5,07

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 4,57 * 100/100 = 4,57 \text{ minutos}$$

$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 4,57 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 5,07 \text{ minutos} = 5 \text{ minutos}$$

Verificado por: ZICO ARRIETA

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición del tiempo estándar Pagina 4 of 8

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Definición del tiempo estándar.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Plástico

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	41,59	20	5,00	39	6,10	58	2,32	77	2,10	96	2,10
2	10,00	21	20,00	40	5,00	59	3,20	78	4,00	97	4,00
3	3,55	22	4,00	41	20,55	60	3,20	79	1,00	98	1,00
4	2,16	23	4,00	42	20,00	61	2,56	80	1,20	99	1,20
5	3,10	24	3,20	43	3,20	62	5,00	81	3,30	100	3,30
6	12,00	25	3,10	44	2,50	63	4,25	82	6,23	101	6,23
7	5,10	26	1,00	45	1,50	64	4,00	83	5,00	102	5,00
8	22,28	27	1,30	46	3,00	65	1,32	84	2,30	103	2,30
9	6,00	28	2,00	47	2,35	66	2,35	85	6,25	104	6,25
10	10,05	29	3,50	48	6,20	67	2,00	86	3,00	105	3,00
11	5,00	30	6,20	49	3,00	68	1,36	87	2,00	106	2,00
12	10,08	31	1,30	50	4,20	69	1,20	88	6,50	107	6,50
13	6,12	32	3,00	51	5,32	70	2,00	89	5,00	108	5,00
14	60,02	33	2,00	52	2,30	71	2,05	90	3,00	109	3,00
15	3,00	34	12,10	53	4,20	72	2,05	91	3,33	110	3,33
16	3,00	35	20,00	54	1,25	73	5,00	92	3,46	111	3,46
17	2,00	36	8,10	55	3,00	74	2,05	93	5,00	112	N/A
18	2,00	37	2,10	56	3,00	75	5,10	94	6,32	113	N/A
19	1,00	38	5,00	57	2,55	76	2,00	95	6,25	114	N/A

Definición del tiempo estándar Pagina 5 of 8

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)

Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Si N/A

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales de plástico.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega.

Tipo de material: Plástico

Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez

Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	5,41
Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	5,41
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	6,00

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 5,41 * 100/100 = 5,41 \text{ minutos}$$

$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 5,41 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 6,00 \text{ minutos} = 6 \text{ minutos}$$

Verificado por: ZICO ARRIETA

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición del tiempo estándar Pagina 6 of 8

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)
 Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Sí N/A

Definición del tiempo estándar.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. Tipo de material: Químicos
 Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez Fecha toma de tiempos: Abril – Mayo 2017
 Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)	Muestra No.	Resultado de la búsqueda (Minutos)
1	10,00	21	2,49	41	3,00	61	4,56	81	3,20	101	2,00
2	15,59	22	1,32	42	2,00	62	4,00	82	4,30	102	2,50
3	20,00	23	4,28	43	1,36	63	3,25	83	3,00	103	2,50
4	4,32	24	5,29	44	2,50	64	2,45	84	3,25	104	2,00
5	4,45	25	4,21	45	1,30	65	4,50	85	1,50	105	2,00
6	4,12	26	1,30	46	2,00	66	4,00	86	2,00	106	3,25
7	4,40	27	3,00	47	3,30	67	2,26	87	3,50	107	4,25
8	2,00	28	3,00	48	2,00	68	3,00	88	1,00	108	2,25
9	8,33	29	3,00	49	2,00	69	4,00	89	3,00	109	1,00
10	3,00	30	3,00	50	3,32	70	1,00	90	3,30	110	3,30
11	3,19	31	3,00	51	4,20	71	2,00	91	1,50	111	3,00
12	15,25	32	3,00	52	1,25	72	1,20	92	2,25	112	4,25
13	2,50	33	1,36	53	3,30	73	3,10	93	3,50	113	4,00
14	3,11	34	3,29	54	2,25	74	2,00	94	2,50	114	1,00
15	1,25	35	2,50	55	3,36	75	3,00	95	1,00	115	1,00
16	2,25	36	5,10	56	2,00	76	4,00	96	3,30	116	2,35
17	1,50	37	1,20	57	2,00	77	1,50	97	4,25	117	2,35
18	1,10	38	2,32	58	3,35	78	1,00	98	3,00	118	2,30
19	3,33	39	1,00	59	3,00	79	1,00	99	4,00	119	N/A
20	4,25	40	5,00	60	3,00	80	2,00	100	4,25	120	N/A

Definición del tiempo estándar Pagina 7 of 8

Apéndice 2 – Formulario de observaciones de muestra (Se pueden imprimir copias adicionales de esta página, según sea necesario)
 Nota: Todos los requisitos de formación (si procede) se completaron con éxito antes de la ejecución de la prueba Sí N/A

Resumen para el cálculo del tiempo estándar para los materiales químicos.

Nombre del proceso: Tiempo de búsqueda de materia prima a inspeccionar en el área de bodega. Tipo de material: Químicos
 Observador: Zico Alfredo Arrieta Perez
 Departamento: Laboratorio de inspección de materia prima.

Toma de tiempo:	Tiempo total
Tiempo Observado (Minutos)	3,22
Calificación	100
Tiempo Normal (Minutos)	3,22
% de holgura	0,11
Tiempo Estándar (Minutos)	3,57

$$TN = TO * C/100$$

$$TN = 3,22 * 100/100 = 3,22 \text{ minutos}$$

$$TE = TN * (1 + holgura)$$

$$TE = 3,22 * (1 + 0,11)$$

$$TE = 3,57 \text{ minutos} = 4 \text{ minutos}$$

Verificado por: ZICO ARRIETA

Revisado por: Marcelo Herrera V.

Definición del tiempo estándar Pagina 8 of 8

ANEXO 2. PROFORMA DE SERVICIOS

Vega Voltios, S. A. Proforma de Servicios.

COT- 1262

PROFORMA DE SERVICIOS

Fecha: 14/09/2017 Validez 30 días.
Cliente: Boston Scientific de Costa Rica
Contacto: Mario Rodriguez
Correo: mario.rodriguez@bsci.com
Teléfono: 2484-1983
Dirección: Global Park, La Aurora de Heredia.

**Trabajo Solicitado:****Reubicación de polos en Lab de incoming****Ambito de trabajo:**

- Se considera la reubicación de 4 polos de aluminio previstos con facilidades eléctricas, de IT y aire comprimido, las facilidades se encuentran a favor de los tableros, racks y disparos de aire comprimido.
- Se considera la reubicación de 4 polos de aluminio previsto con facilidades eléctricas, de it y aire comprimido, dichas facilidades se encuentran en contra de tableros, racks y disparos de aire comprimido por lo que se considera nueva canalización de las facilidades.
- Para los polos que se encuentran en contra se considera que poseen 2 circuitos eléctricos, 2 enlaces de red y una salida de aire comprimido.
- Se considera el cambio laminas de cielo suspendido y tiles de piso impactados durante la ejecución del trabajo
- Se considera la construcción de burbuja de contención de polvo durante la ejecución del trabajo.
- Se considera realizar el trabajo en jornada extra laboral.

Costos:

a. Materiales	<u>\$4.875,00</u>
b. Mano de obra	<u>\$1.973,95</u>
c. Supervisión	<u>\$47,09</u>
d. Viáticos	<u>\$0,00</u>
Total:	<u>\$6.896,04</u>

Tiempos de Entrega:

a. Equipos:	<u>Inmediato</u>
b. Materiales:	<u>Inmediato</u>
c. Ejecución:	<u>4 días</u>
Total	<u>4 días</u>

Forma

a. Contra aprobación	<u> </u>
b. Avance de obra	<u> </u>
c. Términos de avance	<u> X </u>