

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

BACHILLERATO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

MEJORA EN LA DOCUMENTACIÓN DE
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN EQUIPOS UTILIZADOS EN
EL PROCESO DE MANUFACTURA DURANTE
EL PRIMER SEMESTRE DEL 2018

PROYECTO PARA OPTAR POR EL
BACHILLERATO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

ESTUDIANTE: CHRISTIAN JOSE SEQUEIRA CANTÓN

TUTOR: ING. MELISSA GRANT CHAVES

HEREDIA, JUNIO, 2018

DECLARACIÓN JURADA

Yo Christian Segueira Cantón mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 113570016 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 Bachillerato en Ingeniería Industrial juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Mejora en la Documentación de Calibración y Mantenimiento preventivo en equipos utilizados en el proceso de manufactura durante el primer semestre del 2018

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 19 días del mes de Junio del año dos mil dieciocho.



Firma del estudiante

Cédula 113570016

Heredia, 19 de Junio de 2018

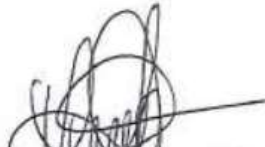
Universidad Hispanoamericana

Sede Heredia

La suscrita Melissa Grant Chaves céd 112560319 en mi calidad de Profesora de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana y en razón de mi condición de Tutora de Tesis Final de Grado, hago constar lo siguiente:

Una vez revisada y leída en su totalidad, he concluido que la Tesis Final para optar por el Grado Académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial titulado **MEJORA EN LA DOCUMENTACIÓN DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE MANUFACTURA EN EL PRIMER SEMESTRE DEL 2018** realizada por el estudiante **CHRISTIAN JOSÉ SEQUERIA CANTÓN CED 113570016** cumple con los requisitos de forma y fondo establecidos por el Reglamento Académico de la Universidad Hispanoamericana. Razón por la cual considero es un trabajo de investigación apto para que se proceda a señalar, por parte de la Universidad, hora y fecha con el fin de que el estudiante ejerza su defensa en forma pública.

Es todo.



Lic. Melissa Grant Chaves

Profesora, Cátedra de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana. 112560319

Heredia, 25 de Julio del 2018

Señores

Registros

Universidad Hispanoamericana


Estimados Señores:

El estudiante CHRISTIAN JOSE SEQUEIRA CANTÓN, cedula de identidad 113570016, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: MEJORA EN LA DOCUMENTACION DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE MANUFACTURA DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2018, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniera Industrial

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente a la estructura del documento, así como también he verificado que se realizaran las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa publica posterior a la revisión del Filólogo.

Atentamente,



Ing. Luis Pablo Torres González

CARTA DEL FILÓLOGO

San José, 3 de agosto del 2018

Señores
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Estimados señores:

El estudiante Christian Jose Sequeira Cantón, cédula número 113570016 me ha presentado para efectos de corrección de estilo, el trabajo de investigación denominado "MEJORA EN LA DOCUMENTACIÓN DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE MANUFACTURA DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2018" el cual ha elaborado para optar por el grado académico de BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

He revisado, de acuerdo con los lineamientos de la corrección de estilo señalados por la Universidad, los aspectos de estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y los vicios de dicción que se traducen al escrito y he verificado que se han realizado todas las correcciones indicadas en el documento.

Por consiguiente, doy fe que este trabajo se encuentra listo para ser presentado oficialmente a la Universidad.

Atentamente



Prof. Mario Boza Chacón
Filólogo. Cédula 103580444
Carné Colegio de Licenciados y
Profesores Número 5034

ACTA DE APROBACIÓN

Heredia, 19 de Junio de 2018

Universidad Hispanoamerica

Sede Heredia

La suscrita Melissa Grant Chaves céd 112560319 en mi calidad de Profesora de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana y en razón de mi condición de Tutora de Tesis Final de Grado, hago constar lo siguiente:

Una vez revisada y leída en su totalidad, he concluido que la Tesis Final para optar por el Grado Académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial titulado **MEJORA EN LA DOCUMENTACIÓN DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE MANUFACTURA EN EL PRIMER SEMESTRE DEL 2018** realizada por el estudiante **CHRISTIAN JOSÉ SEQUERIA CANTÓN CED 113570016** cumple con los requisitos de forma y fondo establecidos por el Reglamento Académico de la Universidad Hispanoamerica. Razón por la cual considero es un trabajo de investigación apto para que se proceda a señalar, por parte de la Universidad, hora y fecha con el fin de que el estudiante ejerza su defensa en forma pública.

Es todo.



Lic. Melissa Grant Chaves

Profesora, Cátedra de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamerica.

112560319

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a Dios quien es el dueño de mi vida y es quien me da la vida para poder realizarlo.

A mi esposa que es mi fiel compañera y mi apoyo fundamental de vida y quien me motiva todos los días a dar lo mejor de mí.

A mi madre y a mis hermanos quienes me han apoyado durante toda mi vida y han sido mi inspiración.

AGRADECIMIENTOS

Gracias infinitas a Dios por ser tan bueno y tan fiel y por darme las fuerzas para llegar hasta donde estoy.

Agradecer a mi madre Mesalina Cantón por ser un ejemplo de esfuerzo y superación y por cuidarme y darme siempre lo mejor de ella.

A mi esposa Andrea Delgado quien me motiva, me ayuda, me acompaña en todo lo que hago y me ha dado lo mejor de ella para cumplir este sueño de los dos.

A mis hermanos, Aida, Bryan, Karina, Raquel, Nancy quienes han sido de apoyo y motivación de vida para intentar superarme día a día.

A mis compañeros de la Universidad, profesores, amigos quienes con su apoyo y enseñanzas me dejan muchas experiencias en este proceso tan importante de mi vida como lo es mi carrera profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE

ACTA DE APROBACIÓN	3
DEDICATORIA	6
RESUMEN.....	16
1. INTRODUCCIÓN	18
1.1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	19
1.1.1. Descripción de la empresa	19
1.1.2. Historia de la empresa.....	19
1.1.3. Misión y Visión.....	20
1.1.4. Valores.....	20
1.1.5. Política de calidad.....	22
1.1.6. Organigrama de la Empresa.	23
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.3.1. La idea del problema.....	24
1.3.2. Definición del problema	24
1.3.3. Justificación	25
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	26
1.4.1. Objetivo General.....	26
1.4.2. Objetivos Específicos	26
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	27
1.5.1. Alcances	27
1.5.2. Limitaciones	27
2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.	29
2.1.1. Análisis de la operación.....	29
2.1.2. Estudio de métodos	29
2.1.3. Toma de tiempos.....	30
2.1.4. Takt Time	31
2.1.5. Muestreo.....	32
2.1.6. Registros de la Documentación.....	33
2.1.7. Capacidad de producción.....	34

2.1.8.	Calidad	35
2.1.9.	Lector Óptico.....	36
2.1.10.	Productividad	36
2.2.	MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN EL PROYECTO.	38
2.2.1.	DMAIC	38
2.2.1.1.	Definir	39
	• Diagrama de Flujo	40
	• Diagrama de causa-efecto	41
	Método de las 6M.....	42
2.2.1.2.	Medir	43
	• Diagrama de Gantt	44
2.2.1.3.	Analizar	44
2.2.1.4.	Implementar	45
2.2.1.5.	Controlar	46
2.3	MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.	47
3.1.	METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	49
3.1.	Definir.....	49
3.2.	Tipo de Investigación.....	50
3.3.	Fuentes de información.	50
3.2.	METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO.	52
3.3.	METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.	53
3.4.	METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.	55
3.5.	METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.	57
4.1.	Definir	60
4.1.	Diagrama de flujo del proceso.....	62
4.2.	Medir	64
4.2.1	Datos del área de producción.....	64
4.2.2.	Muestreo estadístico	65
4.1.	Toma de tiempos por línea de producción	66

4.2.4. Diagrama de Gantt	82
4.2. Errores de documentación	85
4.3.1. Diagrama de Ishikawa	86
4.3.2. Diagrama de Pareto	90
5.1. IMPLEMENTACIÓN	93
5.1.1. Software.....	93
5.1.1.1. Tecnología	93
5.1.1.2. Requerimientos técnicos	93
5.1.1.3. Funciones del Software.....	95
5.1.2 Diagrama de flujo de proceso de implementación del Software.....	97
5.1.3. Equipos requeridos.....	101
5.1.4. Mantenimiento del Software	102
5.2. Control	103
5.3. Análisis costo beneficio.....	104
5.3.1. Costos del proyecto	104
5.3.2. Beneficios	105
6.1. CONCLUSIONES	111
6.2. RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA.....	115
APÉNDICES	118
Apéndice A	119
Apéndice B.....	120
Apéndice C.....	121
Apéndice D.....	122
GLOSARIO.....	126
ANEXOS.....	128
Anexo 1. Información del Software facilitada por el proveedor.....	129
Anexo 2. Cotización de equipos	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la empresa	23
Figura 2. Fórmula para calcular el tamaño de la muestra	32
Figura 3. Índice de utilización de la capacidad.....	34
Figura 4. Fórmula de Productividad	36
Figura 5. Simbología del diagrama de flujo.....	41
Figura 6: Simbología del diagrama de flujo.	42
<i>Figura 7. Hoja de Control de equipos.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 8. Diagrama de flujo del proceso.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 9 Gráfico porcentaje de participación de personal en configuración de línea.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 10. Diagrama de Ishikawa del proceso</i>	<i>63</i>
<i>Figura 11. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 2.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 12. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 3.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 13. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 4.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 14. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 5.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 15. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 6.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 16. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 7.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 17. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 9.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 18. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 10.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 19. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 11.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 20. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 12.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 21. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 13.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 22. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 14.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 23. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 18.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 24. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea</i>	<i>81</i>
<i>Figura 25. Gráfico de Gantt correspondiente a las actividades de configuración de línea</i>	<i>82</i>
<i>Figura 26. Gráfico de Gantt correspondiente a las actividades de configuración de línea</i>	<i>80</i>
<i>Figura 27. Diagrama de flujo del proceso de implementación.....</i>	<i>100</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	84
Tabla 2.....	85
Tabla 3.....	91
Tabla 4.....	104
Tabla 5.....	105
Tabla 6.....	106
Tabla 7.....	108

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

NCR: Reporte de no conformidad.

P/N: Número de parte.

ID: Número de identificación.

DHR: Folder donde va la información de cada orden de trabajo.

ECN: Notificación de cambios de ingeniería.

SAP: Sistemas Aplicaciones y Productos.

IT: Tecnología de Información.

RESUMEN

En el siguiente documento se estará presentando un proyecto, que pretende sustituir la actividad manual de verificación de equipos en el proceso de configuración de línea, por un método que lleva a cabo con un sistema de código QR. Se utiliza la metodología DMAIC para introducir el nuevo método en el departamento de manufactura, ya que el utilizado en la actualidad genera errores de documentación, ineficiencia y no conformidades debido a que es un proceso manual dependiente completamente del personal.

Inicialmente se realiza un estudio de tiempos de las actividades que son parte de la configuración de cada línea de producción, para saber qué porcentaje de las actividades le corresponden al registro de equipos. Con dicha información se realiza una comparación de los costos incurridos por la compañía mediante el método actual de registro, respecto de los costos estimados con la aplicación del nuevo sistema.

Se realiza el diseño del nuevo sistema a través de un software realizado según la especificación del proceso, al lograr la automatización del proceso con un ahorro de \$ 770, 521.92 dólares mensuales, y aumentar la capacidad de producción, que disminuye la cantidad de errores de documentación y no conformidades en el producto por problemas documentales de equipos.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto se estará realizando en la empresa Smith & Nephew la cual se encuentra localizada en la zona franca Coyol de Alajuela, la cual se encarga de la producción de dispositivos médicos para la mejora de la salud de las personas.

La empresa cuenta actualmente con deficiencias en el aprovechamiento del tiempo productivo, errores de documentación y no conformidades en las órdenes de producción, cuando se realiza el procedimiento de verificación de equipos, antes de iniciar el proceso de manufactura. Por lo tanto, en este proyecto se estarán utilizando herramientas de ingeniería incluidas mediante la metodología DMAIC.

Se pretende implementar un sistema de código de QR o imagen 2D para mejorar esta actividad y disminuir los costos, los errores y la cantidad de no conformidades presentes en el proceso actual.

1.1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.1.1. Descripción de la empresa

Smith & Nephew es una empresa de multi-negocios de la industria de dispositivos médicos, ubicada en la zona franca Coyol de Alajuela.

1.1.2. Historia de la empresa.

Fundada en 1993, por la empresa Arthrocare, adquirida por la empresa Smith & Nephew en el 2014. Es una compañía multinacional de dispositivos médicos que desarrolla, fabrica y comercializa productos de cirugía mínimamente invasivos, lo cual se refiere a un procedimiento quirúrgico por medio del cual se realizan cirugías mayores sin necesidad de hacer incisiones amplias, muchos de los cuales están basados en su tecnología patentada de Coblation.

La compañía ha desarrollado y comercializado productos con base en Coblation para artroscópica; columna neurológicos; oído, nariz y garganta, cosméticos, urológicos, ginecológicos y laparoscópica, procedimientos de cirugía general. La tecnología de Coblation utiliza energía de radiofrecuencia para crear un plasma precisamente centrado que suavemente se disuelve en el área afectada de las quemaduras de tejidos.

Los dispositivos Coblation permiten a los cirujanos eliminar, cortar, reducir, esculpir tejidos y sellar los vasos sanguíneos. Smith & Nephew

aprovecha su tecnología Coblation y productos complementarios para llegar a multi-billones de oportunidades de mercado a través de varias especialidades médicas, mejorando significativamente los procedimientos quirúrgicos y permitir nuevos procedimientos mínimamente invasivos. (Smith & Nephew, 2018)

1.1.3. Misión y Visión

Smith & Nephew apoya a profesionales de la salud en sus esfuerzos diarios para mejorar la vida de sus pacientes. Esto se logra mediante la adopción de un enfoque pionero en el diseño de productos y servicios, al esforzarse para asegurar un amplio acceso a diversas tecnologías para más clientes a nivel mundial, y permitiendo mejores resultados para los pacientes y los sistemas sanitarios. (Smith & Nephew, 2018).

1.1.4. Valores.

Dan forma a todo lo que se hace como negocio y forman la base de las relaciones con todos los grupos de interés. Apoyan el enfoque de desarrollo sostenible donde se continúan estableciendo objetivos de rendimiento difíciles, particularmente con respecto de la gestión del impacto ambiental y cada vez más en el ámbito de la responsabilidad social.

Los valores se articulan bajo los epígrafes de rendimiento, innovación y confianza.

- 1.1.4.1. **Rendimiento.** Significa ser sensible a las necesidades de los clientes, el establecimiento de unos objetivos y normas claras con el fin de lograrlas. Entregar calidad y valor de los productos y servicios que proporcionan beneficios sociales y económicos cuantificables. Desarrollos de productos, la técnica y de servicio para reducir el dolor, acelerar la recuperación. Por ejemplo, al hacer que los pacientes se recuperen más rápidamente después de la cirugía, o al reducir el tiempo que se tarda en realizar procedimientos, como un reemplazo de cadera, más operaciones que se pueden realizar de manera más rentable.
- 1.1.4.2. **La innovación.** Significa tomar un enfoque pionero en el diseño de los productos y servicios, ser enérgico, creativo y apasionado por todo lo que se realiza en la empresa. Con una visión hacia el futuro; anticipándose a las necesidades de los clientes, la superación de las barreras y desarrollar oportunidades. Alentar y apoyar las nuevas ideas, y siempre mejorar la vida de los profesionales sanitarios y los pacientes que tratan con las innovaciones de productos y servicios eficaces y seguros.
- 1.1.4.3. **La confianza.** Es algo que se debe ganar. Se logra por ser amable, atento y escuchar a los demás al trabajar duro para construir relaciones duraderas y estrechas con los clientes, colegas y las comunidades en las que se trabaja. Ser honestos, directos y hacer lo que se dice es de suma importancia. Así mismo tener integridad y un enfoque ético en los negocios. El Código de

Principios de Actuación de la empresa define las relaciones con todos los grupos de interés; los comportamientos y conductas que se deben esperar de la compañía en el trato hacia los demás. (Smith & Nephew 2018)

1.1.5. Política de calidad

Estar comprometidos a proveer productos que satisfagan las necesidades del cliente, garantizan la seguridad del paciente y adhieran a los requisitos reglamentarios y legales.

Esto se logra a través de:

1.2.5.1. La mejora de los sistemas relacionados con el diseño, la manufactura y entrega al cliente.

1.2.5.2. Mantener un Sistema efectivo de Gestión de Calidad.

La calidad es fundamental para los principios de operación. La compañía se esfuerza continuamente por mejorar la eficiencia y efectividad de los procesos de negocio para agregar valor a clientes, accionistas y colaboradores de la empresa Smith & Nephew. (Smith & Nephew, 2018).

1.1.6. Organigrama de la Empresa.

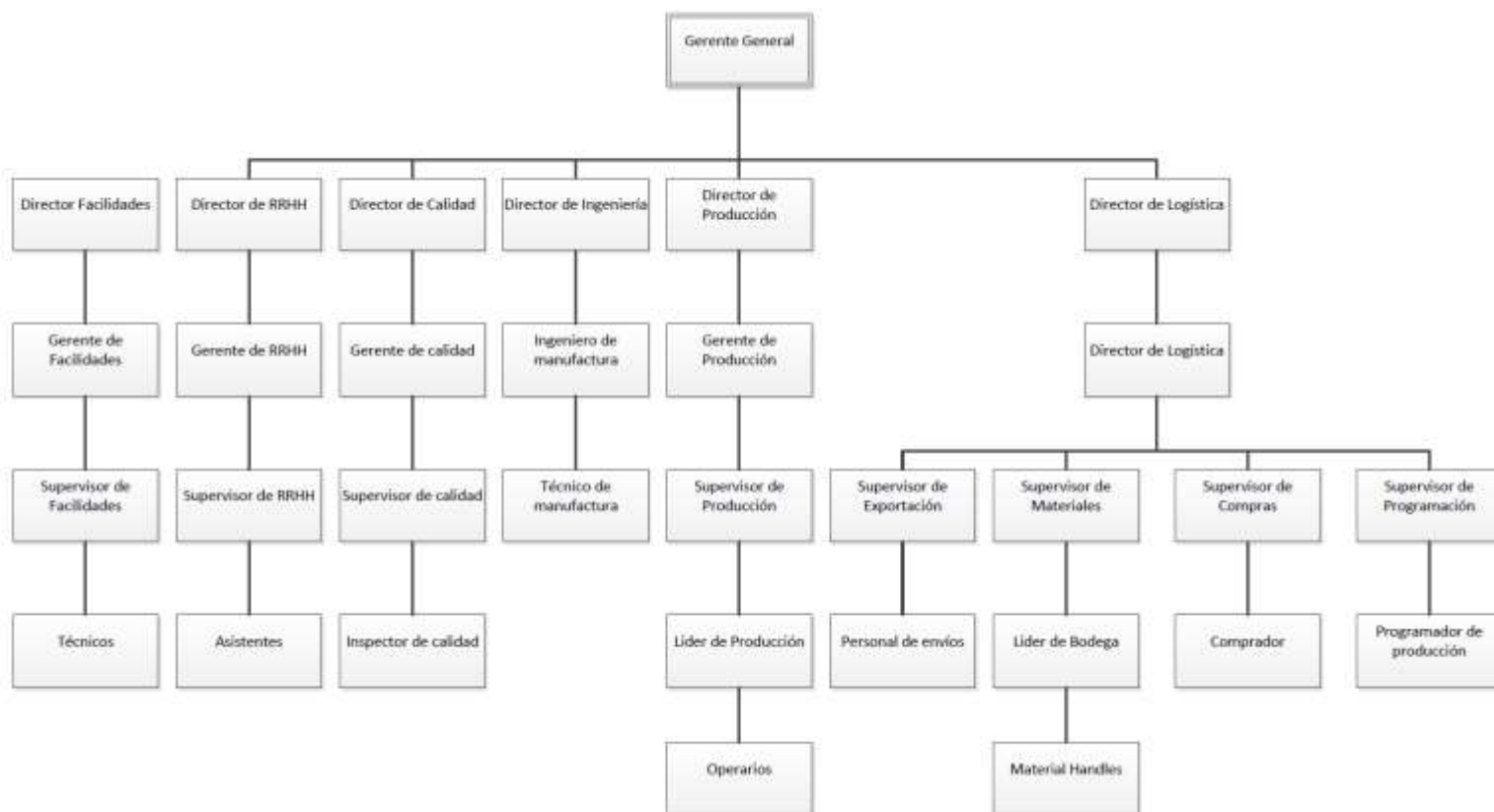


Figura 1: Organigrama de la empresa
Fuente: Elaboración Propia

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. La idea del problema

La empresa tiene un sistema manual para anotar la información de fecha de mantenimiento, fecha de calibración y turno de los equipos utilizados en el proceso de manufactura. Esto genera atrasos en la línea porque este proceso se debe hacer cada vez que se realiza una orden de producción, además de que se generan errores de escrituras, también se producen NCR (reportes de no conformidad).

1.3.2. Definición del problema

Para realizar el proceso de manufactura se debe documentar el mantenimiento preventivo y la calibración de cada uno de los equipos utilizados, esto se hace de manera manual en un formulario.

Es considerado un problema para la empresa porque genera información incorrecta, ilegible, NCR (reportes de no conformidad) que retienen el producto y disminuye la capacidad de producción de cada línea por la cantidad de tiempo que requiere realizar este proceso.

Los afectados directamente son el departamento de producción y el departamento de calidad que ejecutan la actividad e indirectamente los demás departamentos de la empresa como ventas, bodega y el cliente porque al tener problemas de documentación el producto no se puede exportar, ni vender y debe quedar almacenado en la bodega.

La empresa está incurriendo en costos de mano de obra de 710 personas inactivas durante la ejecución de esta actividad con un costo de \$ 2 236 dólares diarios para realizar esta actividad y \$ 2500 dólares anuales por problemas con no conformidades, además de los costos generales y de las unidades que se dejan de percibir durante ese transcurso de tiempo.

1.3.3. Justificación

El proyecto se justifica a través de los aspectos de conveniencia y de implicaciones prácticas.

De conveniencia, ya que en este proyecto se busca que la empresa Smith & Nephew pueda disminuir las pérdidas económicas de \$ 32 105.08 dólares diarios que está teniendo al ejecutar este proceso de manera manual.

De implicaciones prácticas, la implementación de esta investigación contribuirá a corregir la cantidad de errores documentales presentes en las órdenes de producción que son 10 en promedio por orden de trabajo.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un método para controlar los equipos utilizados en el proceso de manufactura en el primer semestre del 2018.

1.4.2. Objetivos Específicos

- 1.4.2.1.** Realizar un análisis de tiempos de las líneas de producción involucradas en el corregir de documentación de equipos utilizados en el proceso.

- 1.4.2.2.** Realizar un diagnóstico de los errores presentes en la documentación.

- 1.4.2.3.** Diseñar un método para el mejoramiento del proceso de manufactura.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1. Alcances

La implementación de este proyecto abarca 13 líneas del área de producción, en dos turnos de la empresa Smith & Nephew ubicada en el Coyol de Alajuela y permite colaborar al buscar la disminución del tiempo y mejora con el tiempo de configuración de línea al beneficiar a los departamentos de producción y calidad.

1.5.2. Limitaciones

Las políticas de confidencialidad de la información que tiene la empresa, impiden manejar datos económicos reales en el desarrollo del presente proyecto, sin embargo, se van a realizar estimaciones de los costos del producto terminado para calcular las pérdidas y ganancias.

Además, es importante mencionar que la toma de datos, la demanda de producción y otros aspectos son obtenidos mediante la observación e información brindada por la empresa.

Falta de información del salario de los colaboradores, esto dificulta poder calcular los costos reales en los que incurre la empresa al tener personal detenido, y se pretende mitigar a través de estimaciones de los salarios mínimos del personal operativo que brinda el Ministerio de Trabajo.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.

Durante la investigación se necesitan utilizar algunas definiciones pertinentes a la ingeniería industrial, estas van a ser requeridas para obtener los mejores resultados en el proyecto.

2.1.1. Análisis de la operación

Es importante realizar un análisis de cada uno de los pasos involucrados en la operación para definir las mejoras que se pueden realizar en el proceso. “La mejora de las operaciones existentes es un proceso continuo en la industria... El análisis de la operación obtiene y presenta hechos mediante una variedad de técnicas para los diagramas de flujo del proceso” (Niebel & Freivalds, 2004, p. 71). Por lo tanto según lo mencionado por el autor se debe buscar la mejora continua de los procesos de manufactura.

2.1.2. Estudio de métodos

El estudio de método de trabajo busca conocer cómo se realizan las operaciones o actividades que son parte de un proceso de producción, si la ejecución de las actividades se hace de manera manual o si más bien se hacen con algún tipo de equipo.

“Estudio de Métodos se puede definir como el registro y el examen crítico, sistemático que se efectúa a las maneras de realizar actividades, con el fin de proponer mejoras que incrementen el rendimiento de los empleados y la calidad de los productos o servicios resultado de su trabajo” (Baca, y otros, 2014)

2.1.3. Toma de tiempos

Es una metodología para el registro de los tiempos y actividades dentro de un proceso productivo, que se efectúa con condiciones definidas y tiene la meta de analizar datos y establecer el tiempo idóneo para la ejecución de las operaciones estableciendo estándares de rendimiento dentro del proceso. (Cruelles, 2012).

La toma de tiempos es una herramienta muy útil para la toma de decisiones dentro de una línea de producción, una toma de tiempos bien realizada puede dar información muy detallada para definir cuellos de botella, tiempos muertos, operaciones que no agregan valor e incluso la cantidad de personal que se necesita para llevar a cabo las tareas, lo cual es determinante para tomar acciones en pro del mejoramiento del proceso.

Con la toma de tiempos se obtiene como bien se dijo en los párrafos anteriores estándares que son los utilizados para la toma de decisiones, a continuación se explican algunos de estos estándares.

2.1.4. Takt Time

Es una herramienta utilizada en la manufactura esbelta y según (Galgano, 2004), “takt” es un término alemán que fue exportado de Japón y que significa compás.

El ritmo de trabajo en que las unidades deben ser producidas es lo que se le conoce como el “takt time” y esto es definido por la operación que es cuello de botella, es decir la más lenta. Si las operaciones posteriores se realizan más rápido que este ritmo, se tendrá tiempo ocioso, pues no se puede producir más, debido a falta de materia prima o no se desea acumular inventario final de producto terminado o el producto no puede ser colocado en el mercado objetivo. (Galgano, 2004) indica que si en un periodo la demanda disminuye se debe aumentar el cuello de botella, porque si no habrá sobreproducción, el cual es un factor indeseable; si se produce más lento que el ritmo, no se satisface la demanda, por lo que se pueden perder clientes y oportunidades de crecer y ser estable en el mercado.

Es importante mencionar que el Takt time debe trabajar en función de la demanda y es posible realizar un cálculo tomando en cuenta el tiempo disponible y la cantidad de unidades solicitadas por la demanda.

2.1.5. Muestreo

Cuando se requiere hacer un estudio de una población determinada y no es posible abarcar la cantidad total de los individuos, se debe realizar un muestreo el cual no se debe hacer al azar porque se necesita tener un nivel de confianza para asegurar que el muestreo realmente representa significativamente la totalidad de los datos. “Como su nombre sugiere, el muestreo del trabajo implica observar una parte o muestra de la actividad laboral” (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006, pág. 194).

El tamaño de la muestra se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Figura 2. Fórmula para calcular el tamaño de la muestra
Fuente: Administración de operaciones, Chase, R.B, Jacobs F.R, & Aquilano N.J (2006).

Dónde: N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

e = Error muestral

2.1.6. Registros de la Documentación

Para poder vender los productos en la industria médica se debe cumplir con ciertos entes regulatorios como la FDA (Food and Drug Administration), que es el ente regulador de dispositivos médicos en los Estados Unidos. Por lo general estos entes exigen a las empresas que quieran exportar a su país cumplan con ciertas normas y ciertos estándares de calidad como lo son las normas ISO.

De acuerdo con la norma ISO 90001-2008 (2008, pag.3) Debe existir un control de los documentos requeridos por el sistema de gestión de calidad. También hay registros establecidos para brindar evidencia de que existe conformidad en los procesos y que hay cumplimiento de los requisitos, el mismo debe de controlarse.

2.1.7. Capacidad de producción.

Las empresas de manufactura diariamente enfrentan problemas para cumplir con la demanda de producción y esto se debe al nivel de capacidad que tenga cada proceso de producción.

La capacidad en las empresas se define como la cantidad de unidades que puede generar un sistema en un lapso de tiempo determinado, cuando se piensa en la capacidad se debe considerar todos los productos realizados, esto porque cuando se realiza la programación de la producción depende de lo que se tenga pensado producir (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006). “El término de capacidad implica el índice de producción que se puede alcanzar” (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006, p.124). Por lo que se puede decir que la demanda de producción de una compañía depende en su totalidad de su nivel de capacidad para realizar un artículo o brindar un servicio.

Chase, Jacobs, & Aquilano (2006) referencia la siguiente formula del índice de utilización de la capacidad:

$$\text{Índice de utilización de la capacidad} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Mejor nivel de operación}}$$

Figura 3. Índice de utilización de la capacidad

Fuente: Administración de operaciones, Chase, R.B, Jacobs F.R, & Aquilano N.J (2006).

2.1.8. Calidad

La calidad en la industria médica es de vital importancia, ya que, un fallo de calidad en algún producto o servicio compromete directamente la salud de las personas, es por este motivo que la calidad cumple un papel fundamental en el desarrollo del proyecto. “La idea de que la calidad se observa cuando el producto satisface las características que le permiten desempeñar la función para la que ha sido diseñado” (Camisón, Cruz, & González, 2006, pág. 163). Si un producto cumple con la función para lo que fue diseñado, eso se puede definir como calidad para los productores, sin embargo si este producto no cumple con la expectativa del cliente, ni supe las necesidades del cliente no se puede considerar como un producto de calidad para el cliente.

En la industria cumplir con todos los requerimientos de los procedimientos lo que genera es que el producto esté hecho con calidad.

2.1.9. Lector Óptico

También conocido como lector de código es un aparato que transforma información codificada a números.

“Es bien conocido por su uso en aplicaciones comerciales. Debido a que se utiliza con mayor frecuencia en código universal de productos (Universal Product Code), que también se conoce como código de barras de anchura y separación variable, se ha generalizado el uso del lector óptico, el cual lee los números codificados en las barras”. (Cedano, Rubio, Cedano, & Vega, 2014, pág. 56)

2.1.10. Productividad

La productividad es una medida de desempeño, que indica la eficiencia de un proceso productivo y se logra a través del manejo adecuado de los recursos de dicho proceso, llámense estos, mano de obra, equipos, documentación, materia prima, suministros y todo aquello que afecte directa o indirectamente el proceso de manufactura. “La productividad es un indicador que refleja que tan bien están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios” (Felsing & Runza, 2002). Para la medición de la productividad se debe realizar la siguiente ecuación:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Figura 4. Fórmula de Productividad
Fuente: Productividad, Felsing & Runza (2002).

Cualquier mejora que se le realice a un proceso de producción va a influir directamente en la productividad del mismo, ya que, se va a relacionar lo que se llegó a producir y la cantidad de recursos utilizados. Como menciona (Gutierrez, 2010) “La medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados”. Esto quiere decir que es muy importante en un proceso de producción la cantidad de recursos utilizados para realizar una actividad como la cantidad de personal, herramientas, suministros, entre otros. También (Gutierrez, 2010) dice: “...Para incrementar la productividad: mejorar la eficiencia reduciendo los tiempos desperdiciados por paros de equipos, faltantes de materiales, desbalanceo de capacidades, mantenimiento no programado, reparaciones y retrasos en los suministros y en las órdenes de compra.”

2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTION EL PROYECTO.

2.2.1. DMAIC

Como parte de Seis Sigma aparece la metodología DMAIC que se enfoca en los procesos que ya han sido creados en algún momento y que tienen oportunidades de mejora.

“En años recientes los conceptos de Seis Sigma junto con su metodología DMAIC se han convertido en la forma estándar de resolver problemas operacionales y de diseño tanto en la manufactura como en los sistemas de servicio. Sin embargo, esta metodología adolece del uso de herramientas de simulación y optimización que tomen en consideración la complejidad asociada con distribuciones estadísticas que no son normales, fallos aleatorios, etc.”
(Ocampo & Pavón, 2012).

En un sistema de producción o un servicio para mejorar la calidad es necesario utilizar herramientas de análisis del rendimiento del sistema para que este pueda ser mejorado.

Este método es muy ordenado y efectivo para quienes lo deseen utilizar porque cada uno de los pasos le indica qué es lo que debe hacer.

“The DMAIC methodology is a powerful five-phase approach to addressing a process that needs improvement. Using DMAIC, a team does not have to worry about "what comes next" in the project. They know because it has been outline for them” (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004)

2.2.1.1. Definir

En esta etapa lo que se busca es encontrar cuál es el problema que está presente, el alcance, la delimitación, determinar qué tipo de beneficios se pueden dar a través del proyecto y fundamentar las bases para que sea un proyecto de éxito.

Definir “Es la fase inicial de la metodología, en donde se identifican posibles proyectos de mejora dentro de una compañía y en conjunto con la dirección de la empresa se seleccionan aquellos que se juzgan más prometedores” (McCarty, Bremer, Daniels, & Gupta, 2004). También (Bersbach, 2009) dice que se puede responder a varias preguntas cómo: ¿Por qué necesita hacer esto ahora?, ¿el objetivo de la empresa es compatible con esto?, ¿Cuál es el flujo de proceso de nivel superior?, ¿Quiénes son sus proveedores y sus insumos, clientes y qué productos reciben?, ¿Cuál es su visión del futuro?, ¿Qué está tratando de mejorar y qué beneficios necesita?, ¿A quién y qué se necesita para lograr el proyecto?, ¿Cuáles son los resultados esperados en el proyecto? ¿Quiénes son los miembros del equipo?

Con estas preguntas se puede decir que se está abarcando todo lo referente a la primera etapa del DMAIC.

Se detallan las herramientas que van a ser utilizadas para definir:

- **Diagrama de Flujo**

Se representa un proceso de una forma gráfica por medio de símbolos, que contienen el nombre de un proceso hecho por etapas que se unen por flechas de una manera secuencial y que indican en qué dirección va el proceso. El diagrama da una descripción representativa y visual de cada una de las actividades involucradas en el proceso al mostrar las relaciones entre ellas, de una manera sencilla y rápida la comprensión de cada actividad y la relación que tiene con el resto del proceso y la cantidad de pasos del mismo.

Pasos para la elaboración de un Diagrama de Flujo:

1. Definir el grado de detalle. Un diagrama de flujo detallado dará la oportunidad de realizar un análisis del proceso de forma de exhaustiva.
2. Identificar la secuencia de pasos en el proceso. Se deben situar en el orden en que son llevados a cabo.
3. Construir el diagrama de flujo. Para ello se utilizan los distintos símbolos habitualmente utilizados.
4. Revisión del diagrama de flujo.

Método de las 6M

Para realizar un diagrama de Ishikawa existen varios métodos entre ellos el de las 6M lo que quiere decir que cada una de las M tiene un significado, menciona (Gutierrez, 2010) “El método de construcción de las 6M es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano y mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente”.

Diagrama de Ishikawa

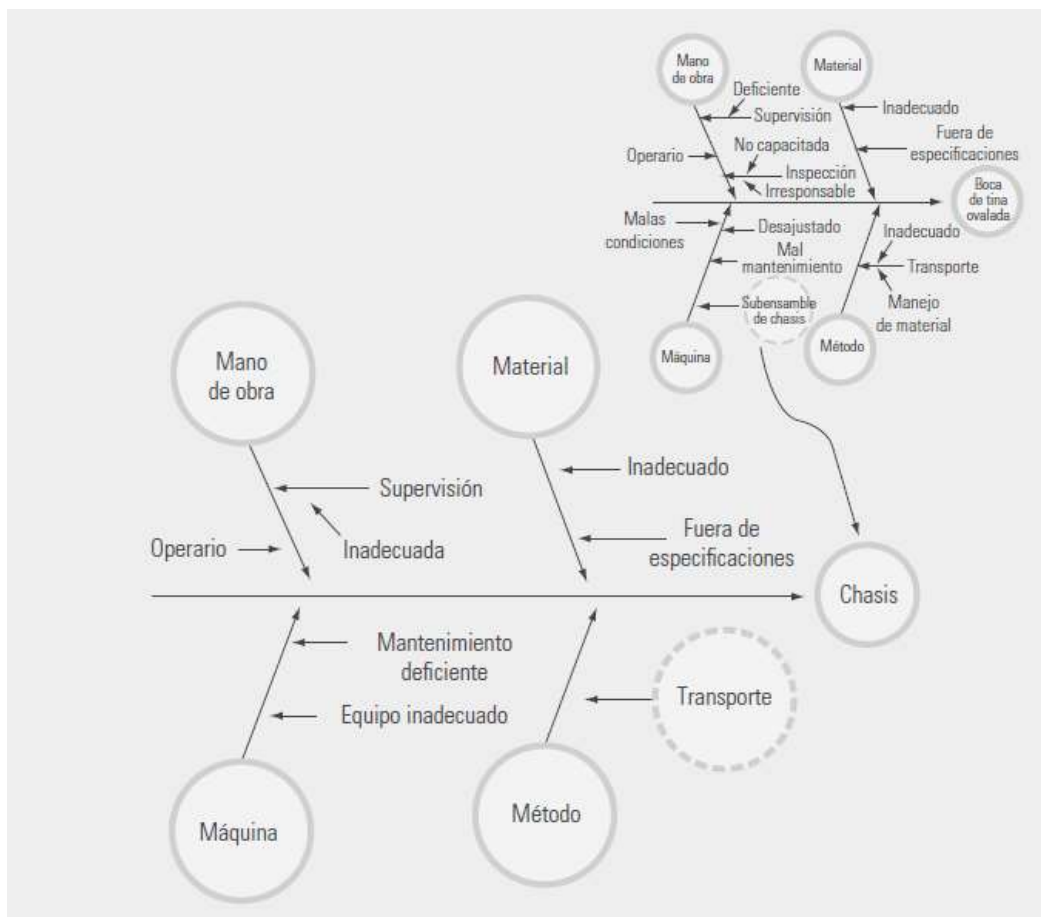


Figura 6: Simbología del diagrama de flujo.

Fuente: Calidad total y Productividad. Gutierrez. H. (2010).

2.2.1.2. Medir

Después de definir cuál es la oportunidad de mejora, es importante saber qué características componen el proceso (Brue, 2002). Por lo tanto es necesario identificar cuáles son las necesidades del proceso o producto que el cliente percibe, y cómo se pueden cuantificar cada una de esas necesidades que afectan el desempeño. A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que es de vital importancia definir las técnicas para recolectar información sobre la realidad actual del sistema.

(Bersbach, 2009) Hace referencia a que esta etapa debe permitir responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el proceso y cómo se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y qué variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición? ¿Cómo funciona el proceso actualmente?

Con las respuestas a estas preguntas, se tiene un panorama bastante amplio de la situación actual dado que se tiene información crítica y de mucha importancia para el proyecto.

Entre las herramientas que van a ser utilizadas para medir se presenta el diagrama de Gantt.

- **Diagrama de Gantt**

Este diagrama es utilizado para dar una visibilidad de cuándo están ocurriendo los hechos y la relación que pueda existir entre ellos. “El gráfico de Gantt, también llamado Diagrama de Gantt, y Gráfico de barras, permite relacionar, gráficamente, una previsión que se tome en la correspondiente realización” (Ugalde, 1979).

2.2.1.3. Analizar

El objetivo de la etapa de Análisis es identificar las posibles causas raíces para el problema que se está estudiando, luego confirmar la causa raíz con la información recopilada.

“En la tercera etapa del DMAIC se analiza la situación actual del proceso con base en los datos recolectados en la etapa anterior de medición. Se determinan las causas que ocasionan el problema dentro del proceso, así como la comprobación de las hipótesis sobre causa-efecto del problema. En esta etapa se establecen el “cómo, cuándo y por qué” ocurren las fallas del proceso. Es importante definir las áreas de mejora y analizar los pasos del proceso actual que no generan valor alguno y los que sí agregan valor al mismo”. (Acuña , 2012).

Por lo tanto, el análisis es muy importante porque en esta etapa se busca tomar decisiones sobre qué es lo más conveniente para la mejora o para la resolución del problema, ya que, si se procede a realizar un buen análisis se va a tener un correcto panorama antes de realizar algún tipo de implementación.

2.2.1.4. Implementar

Deben identificarse cuáles son las posibles soluciones cuando se ha llegado a una conclusión de cuál es el problema que está afectando el proceso, para definir cuáles son las posibles soluciones.

Durante este análisis comentan cuáles son las oportunidades de mejora que se tienen y cuáles son las opciones que realmente pueden aumentar la eficiencia del proceso. Es importante realizar pruebas de las opciones seleccionadas para ver cuáles propuestas realmente generan un impacto positivo de mejora al sistema. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema. Algunas de las preguntas que (Bersbach, 2009) propone deben contestarse antes de pasar a la siguiente etapa son: ¿Qué opciones se tienen? ¿Cuáles de las opciones parecen tener mayor posibilidad de éxito? ¿Cuál es el plan para implementar el nuevo proceso (opciones)? ¿Qué variables de desempeño usar para mostrar la mejora? ¿Cuántas pruebas necesito correr para encontrar y confirmar las mejoras? ¿Esta

solución está de acuerdo con la meta de la compañía? ¿Cómo implemento los cambios?

Las acciones que se tomen durante esta etapa deberán de ser permanentes y asegurar que no habría variaciones a lo largo del tiempo.

Para la implementación se realizará un plan de acción con cada una de las actividades, personal responsable y fechas de entrega.

2.2.1.5. Controlar

Cuando se lograr encontrar la metodología para mejorar el desempeño del sistema, se requiere encontrar una forma de mantener controlada la nueva implementación, para esto es importante implementar una estrategia de control que garantice que el proceso siga funcionando eficientemente (Ocampo & Pavón, 2012). También se debe documentar los controles necesarios para que los cambios realizados en el proceso perduren a través del tiempo, una vez implementados como mejoras. En esta fase se comprueba y demuestra la mejoría del proceso y se revelan los beneficios del proyecto, ya sean tangibles o intangibles.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.

La expectativa con la realización de este proyecto es cambiar el método de documentación de los equipos utilizados en el proceso de manufactura, cambiar el proceso de manual al realizarlo de una manera automatizada, buscando con esto disminuir la cantidad de errores de escritura, de fechas anotadas incorrectamente, trabajar con equipos vencidos, detener órdenes de producción.

Adicionalmente, con la nueva metodología se tiene un impacto económico bastante considerable para la empresa debido a que este proyecto pretende aumentar la cantidad de tiempo disponible en cada línea de producción, por lo que se podrán producir más unidades con la misma cantidad de recursos, además de un mejor aprovechamiento de los que ya están disponibles.

La finalidad de este proyecto es de implicación práctica, esto porque se cambia el sistema actual de documentación por uno completamente diferente, al modificar la metodología existente.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La metodología que se utilizó fue DMAIC de seis sigma y lo que busca es mejorar de una forma considerable los procesos ya existentes. Se elige esta metodología por ser estructurada y a través de 5 pasos se puede dar a conocer la situación actual, analizar, realizar una implementación controlada para corregir o mejorar dicha situación. Al utilizar esta metodología se va a requerir utilizar menos recursos y se consigue una mayor cantidad de mejoras.

3.1. Definir

Se define el problema a través de las siguientes herramientas:

- **Diagrama de flujo del proceso** para entender la secuencia de operaciones y las actividades que influyen en el proceso.
- **Observación** de las líneas de producción donde se desarrolla el proceso en estudio para entender cuál es el problema, qué factores influyen, cuáles son las variables y recolectar la mayor cantidad de información referente a la situación actual.
- **Utilización de estadística descriptiva donde se utilizan los gráficos pastel** para dar a conocer el porcentaje de defectos presentes en la documentación.

También para dar a conocer el valor porcentual del tiempo utilizado en esta actividad.

3.2. Tipo de Investigación.

Esta investigación se considera de campo ya que busca solucionar o mejorar la situación actual de un proceso de producción, el ambiente en el que se va a estar realizando el proyecto es en la zona del trabajo propiamente en donde se encuentran las personas involucradas en el proceso las cuales son las principales fuentes de información con respecto de la situación actual.

El enfoque de la investigación es cuantitativo ya que busca información que pueda ser medible y cuantificable para justificar el impacto económico y desde el punto de vista de calidad a través de datos claros.

3.3. Fuentes de información.

Las fuentes de información que se encontraron fueron de varios tipos:

- Primarias. Los DHR de la empresa en donde se registra la documentación y aparecen los errores, los procedimientos de producción donde indica la manera de documentar y realizar las correcciones, el sistema Agile donde se encuentra toda la información de la empresa. También como fuentes primarias la información brindada por los supervisores, operarios y líderes del proceso de manufactura.

- Secundarias. Se utilizaron procedimientos que tiene la empresa de consulta para conocer el entorno del proceso conocimos como MPI's, el sistema SAP donde se maneja la información de los equipos, y el sistema agile donde se encuentra la base de datos de todos lo relativo a documentación del proceso. Además de libros de texto de diferentes autores para seleccionar las mejores herramientas por utilizar que ayuden a encontrar la mejor solución al problema.

3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO.

En esta sección se va a medir la cantidad de errores presentes en el formulario de equipos para cada orden de trabajo. Se utilizará el diagrama de Pareto para medir cuáles son los defectos más significativos.

También se va a realizar un diagrama de Gantt para determinar cuáles el porcentaje del proceso que está siendo afectado por cada una de las actividades.

Se pretende medir la cantidad de NCR generados por problemas del proceso y esto se va a hacer buscando en el histórico de eventos de calidad, con la información que tiene la empresa.

Como parte de la medición se va a realizar un análisis de costo beneficio para determinar cuáles van a ser las mejoras económicas que va a obtener la empresa.

3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

Para la implementación de la propuesta de mejora se requiere contratar un suplidor para que pueda crear un software a la medida con el fin de automatizar el proceso de anotar equipos.

La función del Software debe ser conectarse directamente con SAP para descargar la siguiente información: identificación, número de parte, fecha de vencimiento de mantenimiento preventivo, fecha de vencimiento de calibración de cada equipo del área de manufactura para comparar con la que se le va a introducir mediante un sistema de código QR y validar si se puede o no utilizar dicho equipo.

El software debe estar hecho de tal forma que no permita extraer información con fechas de días anteriores, ni equipos inactivos u obsoletos además de permitir almacenar la información en una base de datos.

Todo esto debe hacerse mediante un sistema de código QR o imagen 2D, que debe ser impreso y añadido a cada equipo con su respectivo número de identificación

por lo tanto se va a requerir hardware como lectores de código QR, computadoras e impresoras.

Cuanto se tenga listo el software debe ser incorporado al sistema de calidad por lo cual debe pasar un proceso de validación para asegurar que no se va comprometer el producto.

Se debe realizar un cambio de los procedimientos para incorporar los nuevos pasos por seguir en la utilización del nuevo software

3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

Como objetivo de implementación se busca introducir el nuevo software en el proceso de producción de una manera ordenada, trazable y que se pueda dar siguiendo a cada una de las acciones de una manera rápida y esto se va a ejecutar a través de un plan de acción, con lista de actividades, fecha de entrega y responsables.

Este plan consiste en hacer una lista de actividades, definir los responsables encargados de ejecutar cada una de estas y cuáles son las fechas de inicio y final para garantizar el cumplimiento.

Este proyecto se va a implementar en dos etapas. Plan piloto con una línea de producción y la segunda de implementación a todas las demás líneas.

Para implementar el nuevo sistema se va a requerir inicialmente un plan piloto de implementación donde se introduce el nuevo sistema en una de las líneas de producción por dos semanas para ver el comportamiento del nuevo sistema y ver qué oportunidades de mejora se pueden encontrar para que cuando se realice la implementación en toda el área de producción.

Cuando se haya terminado satisfactoriamente la primer etapa se procede a hacer los cambios en los procedimientos para que todo esté alineado al sistema de calidad, luego se procede a entrenar al personal y se empieza a llevar a cabo la producción con el nuevo sistema, es importante mencionar que el principal apoyo para que la implementación sea un éxito es que el personal y los entrenadores se apeguen completamente a realizar las actividades acorde con el procedimiento para no comprometer el proceso de implementación, por lo que se involucra al personal de control de calidad en cada línea para que puedan velar que este requerimiento se cumpla en su totalidad.

3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.

La verificación de los entregables consiste en que a través de una reunión semanal acorde con las fechas establecidas en el plan de acción, cada encargado pueda dar avances del estatus de cada una de las actividades asignadas y del cumplimiento de las mismas, esto se estará documentando en una minuta de reunión.

Se llevará un bitácora de control de tiempos de inicio de producción para ver cuánto tiempo se está durando al ejecutar cada una de las actividades con el nuevo sistema.

Se estará supervisando semanalmente el indicador de errores de DHR para verificar la cantidad que puedan salir con el nuevo sistema para comparar si existe una mejora considerable.

Para reducir los riesgos, se plantea un involucramiento del departamento de calidad para que durante la ejecución del proceso se sigan los procedimientos tal cual están establecidos para eliminar algún tipo de desviación que pueda ser provocada por el desconocimiento del nuevo sistema.

Luego de dos meses de implementación, se pretende eliminar de los procedimientos el método inicial que aún quedaba documentado como alternativo, esto para que no se vuelva a utilizar el método anterior que provocaba muchos errores.

CAPÍTULO IV
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1. Definir

Se realiza una observación en el área de manufactura para dar a conocer detalladamente cuál es la situación actual, cuáles son las herramientas utilizadas durante la ejecución de esta actividad, las posibles causas del problema y cuál es el flujo del proceso.

4.1.1 Descripción del proceso actual

La empresa es parte de la industria médica certificada con la norma ISO 13485 referente a dispositivos médicos y la norma ISO17025 de requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, la cual trabaja con altos estándares de calidad. La organización al estar comprometida con el cumplimiento, utiliza una hoja de control de equipos como herramienta para anotar la fecha de vencimiento del mantenimiento preventivo y calibración, el número de parte del producto, el número de identificación y la firma y fecha de la persona encargada de la actividad.

4.1. Diagrama de flujo del proceso

Inicia verificando que se encuentren todos los equipos que solicita el procedimiento para la orden de producción, si existen faltantes deben de completarse y en caso que se cuente con algunos que no son requeridos, se deben remover de la línea de producción.

A los equipos se les debe verificar que la fecha de mantenimiento preventivo y calibración se encuentre vigente, en caso de que algún equipo tenga la fecha de vencimiento expirada se debe remover del área de producción.

Luego se debe ingresar al sistema llamado agile, descargar el formulario en la revisión vigente, imprimirlo, anotar los equipos en el formulario y adjuntarlo en el DHR.

Una vez completado este proceso por parte del área de producción se debe pasar a calidad para que realice la misma verificación.

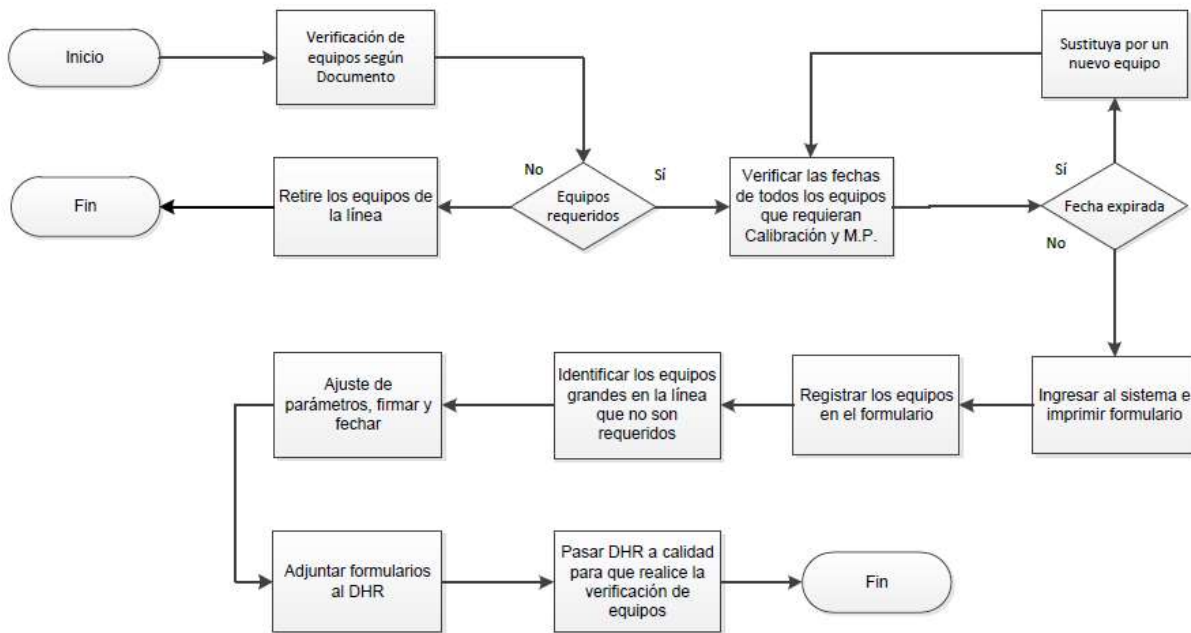


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso.
Fuente: Elaboración Propia

4.2. Medir

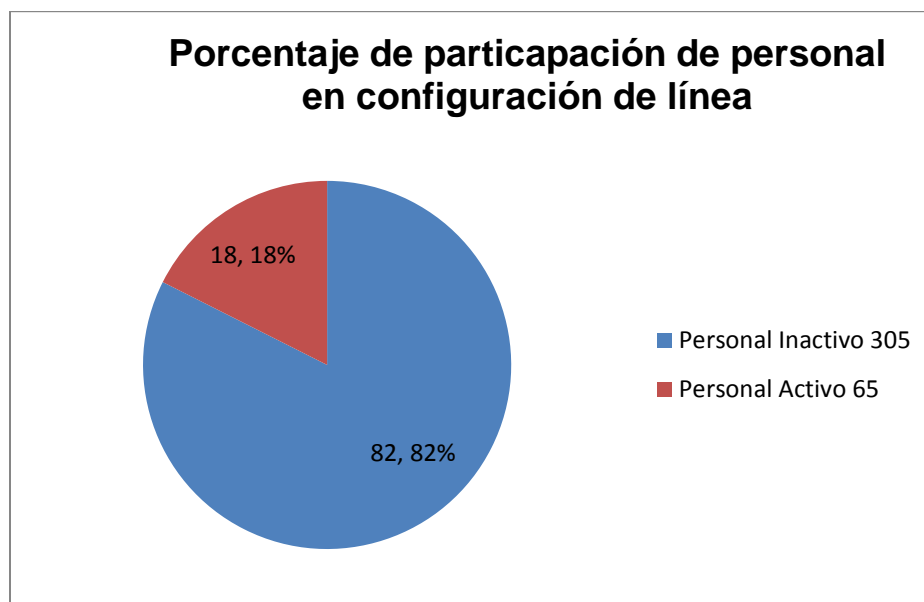
Para entender cuál es el impacto que tiene el problema, se realizó una toma de tiempos de la verificación en agile, verificación de entrenamientos, verificación de materiales y componentes, limpieza de línea y despeje, verificación de equipos y verificación de químicos, es decir, todas las actividades que conforman la configuración de la línea de producción antes de iniciar el proceso de manufactura. También se miden factores como la cantidad de personal, cantidad de líneas que realizan este proceso, la cantidad de errores de documentación y la cantidad de no conformidades.

4.2.1 Datos del área de producción

El área de producción presenta las siguientes características:

- Cuenta con 13 líneas de producción involucradas en el proceso.
- Dos turnos diarios para realizar las actividades de producción.
- Mano de obra directa en el área de 740 trabajadores.
- De acuerdo con la información de tiempos de la empresa en el paso de verificación de equipos se duran 25 segundos en cada equipo que se llene en el formulario.
- 370 personas involucradas en el proceso de producción por turno de los cuales 65 participan activamente en el proceso y 305 se

quedan inactivos esperando a que el proceso finalice para comenzar a producir.



*Figura 9 Gráfico porcentaje de participación de personal en configuración de línea.
Fuente: Elaboración Propia*

En el gráfico anterior se puede ver como el 82,82% de la mano de obra operativa se queda sin tener participación en las actividades de configuración de línea.

4.2.2. Muestreo estadístico

Se utilizan los siguientes datos y fórmula para definir el tamaño de la muestra para el estudio de tiempos:

$Z = 1.96$ correspondiente al 95% del nivel de confianza en la tabla de distribución normal.

$N = 4284$ es la cantidad de órdenes realizadas en los meses de enero, febrero y marzo.

$e = 0.05$ es el porcentaje de error permitido.

$P = 0.5$ como no se tiene esta información se le asigna el 50%.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

$$349.32 = \frac{4284 \cdot 1.95^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}{(4284 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.95^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}$$

De acuerdo con la fórmula anterior el tamaño de la muestra por utilizar es de 350 tiempos para cubrir la cantidad estadística que cumpla con el nivel de confianza del 95 por ciento, los 350 tiempos se van a separar entre las 13 líneas al dar un total de 28 tiempos por línea.

4.1. Toma de tiempos por línea de producción

Se realiza una toma de 28 tiempos por línea a cada una de las actividades de configuración para conocer el impacto que tienen estas actividades en el proceso productivo y cuál es el porcentaje de participación de las mismas. Ver apéndice número B y C.

Con esta información se define cuál es el porcentaje que le corresponde a cada una de las actividades en cada una de las líneas, las cuales son presentadas en los siguientes gráficos.

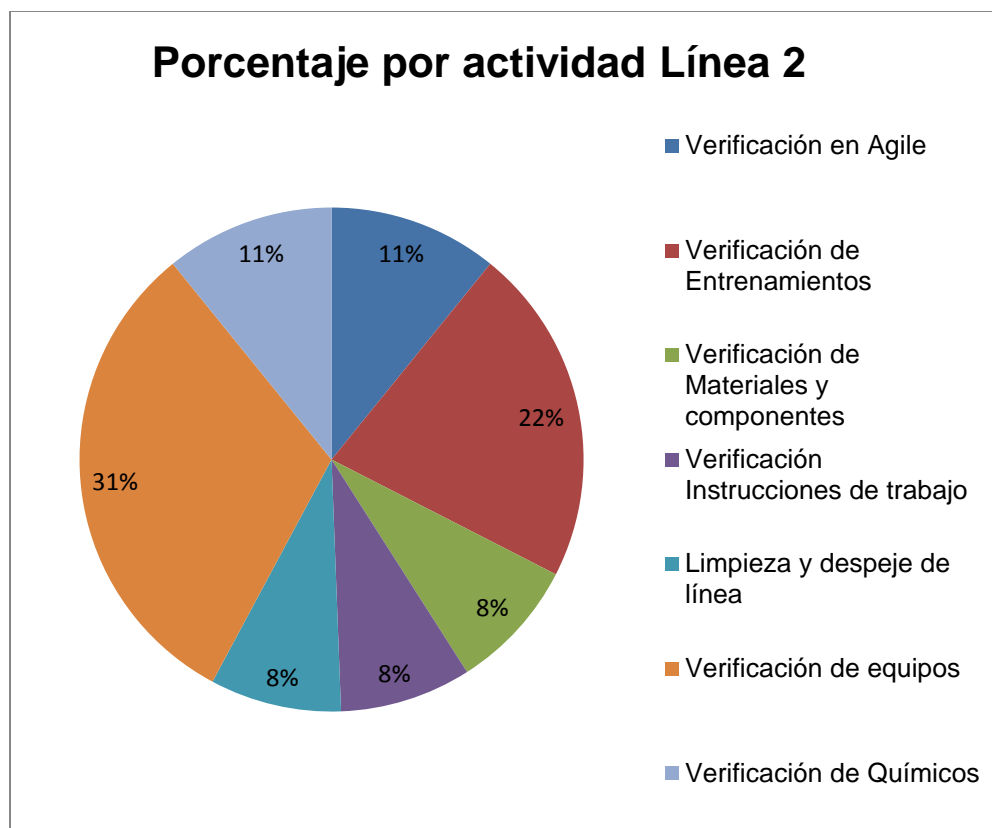


Figura 10. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 2
Fuente: Elaboración propia.

Este gráfico refleja que anotar equipos en la línea 2 es la actividad que tiene un mayor porcentaje de participación con un 31 % del tiempo total de la actividad.

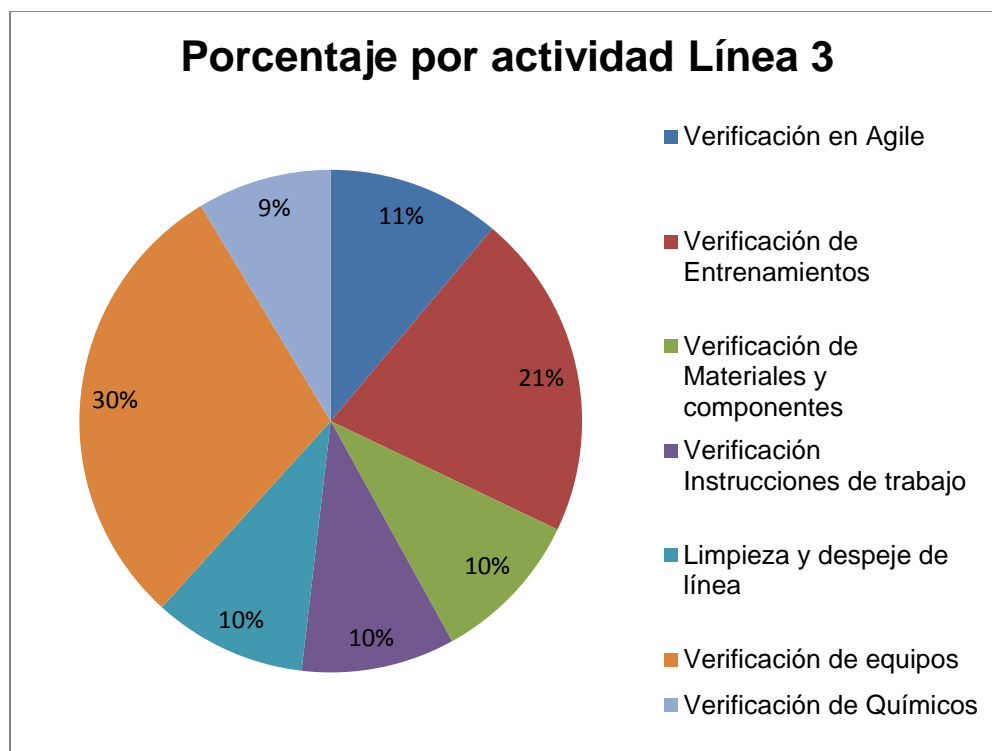


Figura 11. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 3
Fuente: Elaboración propia.

En este gráfico anotar equipos en la línea es la actividad que tiene un mayor porcentaje de participación con un 30 % del tiempo total.

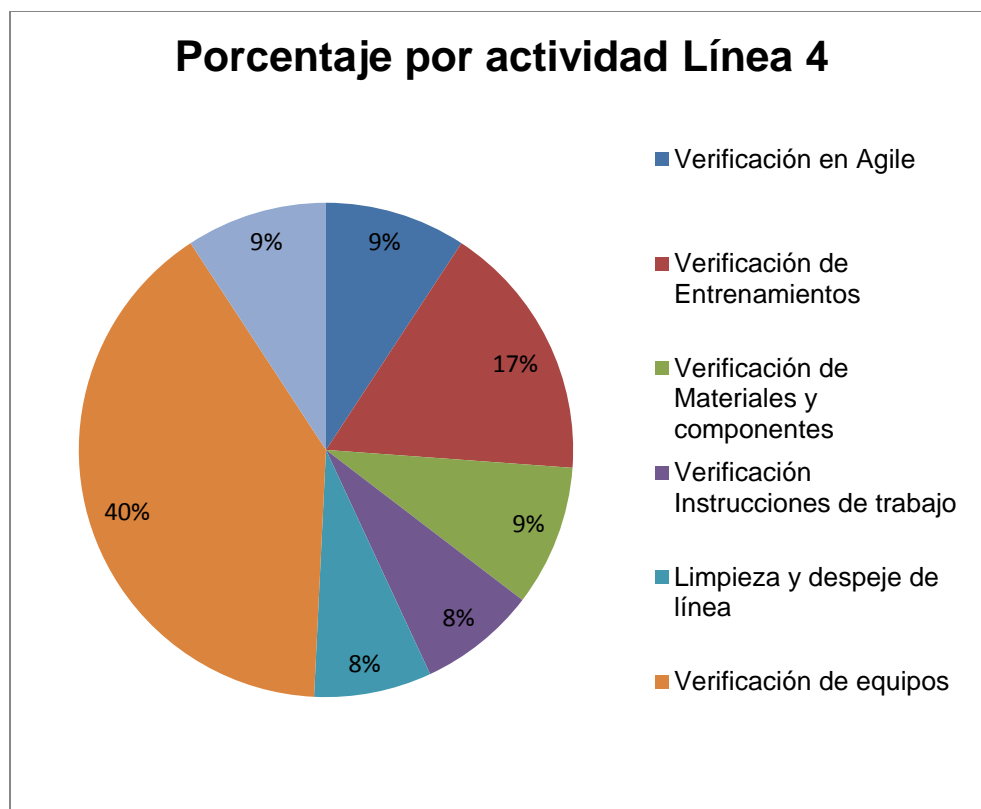


Figura 12. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 4
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior evidencia que anotar equipos en la línea 4 influye considerablemente en el tiempo total de la configuración de línea, ya que, un 40% del tiempo se utiliza en esta actividad.

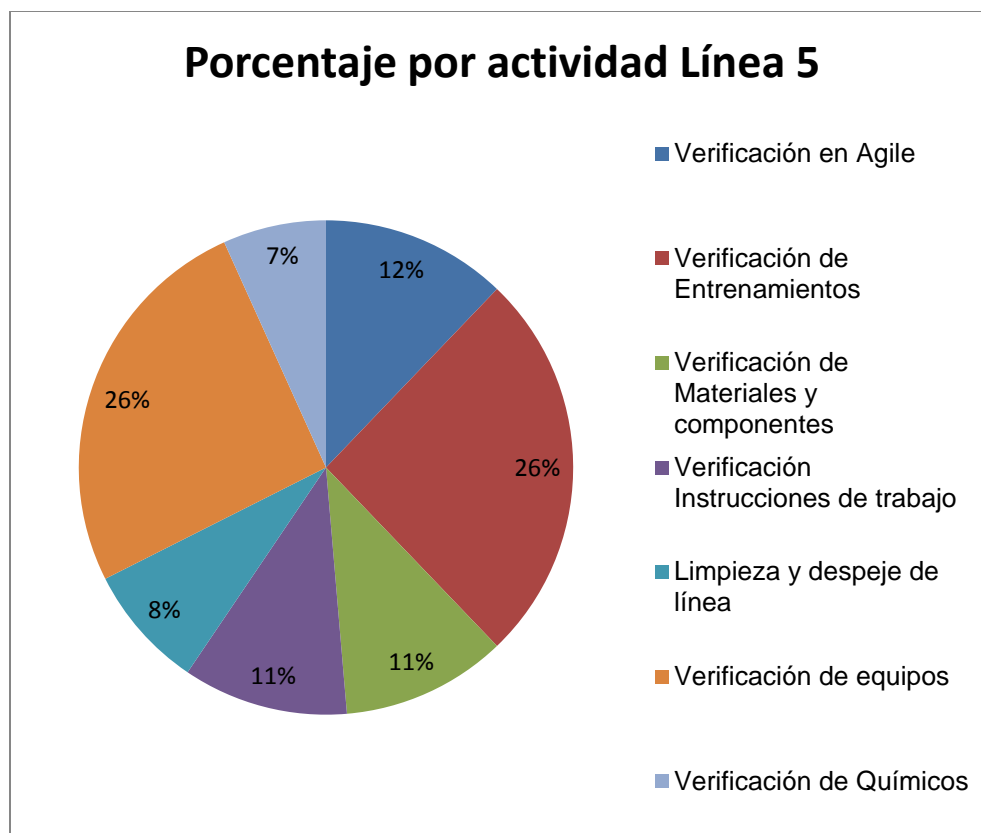


Figura 13. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 5.
Fuente: Elaboración propia.

En la línea 5 los equipos no son tan representativos con un 26% sin embargo sigue siendo la actividad que consume mayor cantidad de tiempo en conjunto con la verificación de entrenamiento.

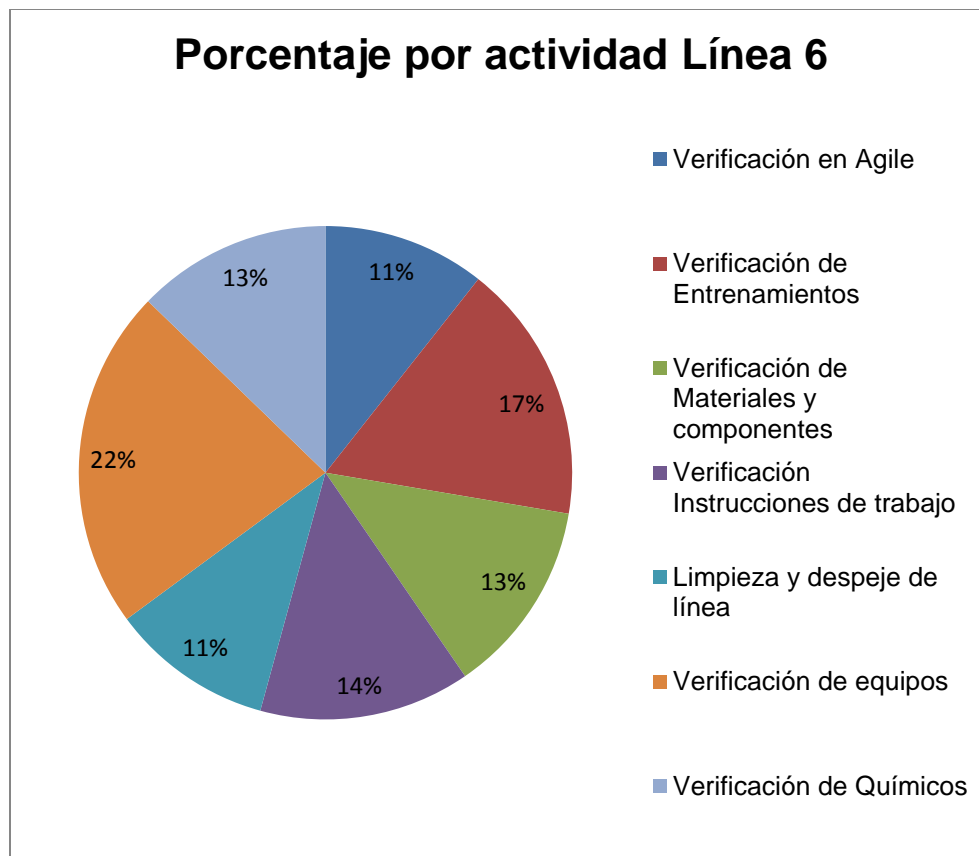


Figura 14. *Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 6*
Fuente: *Elaboración propia*

Esta línea tiene un porcentaje bastante bajo en comparación con las demás líneas, esto se debe a que las demás actividades cuentan con tiempo similares, sin embargo anotar equipos sigue siendo la actividad en la que se dura más con un 22% del tiempo total.

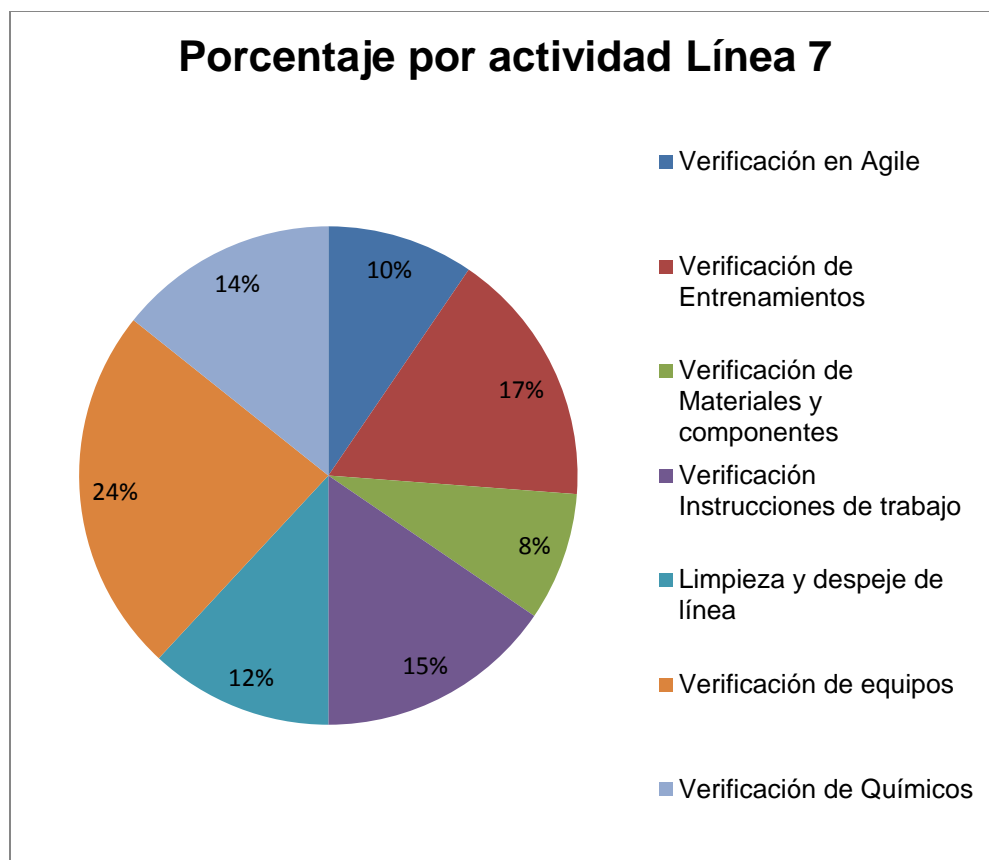


Figura 15. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 7
Fuente: Elaboración propia.

Se ve reflejado en el gráfico que anotar equipos en la línea 7 es la actividad que tiene un mayor porcentaje de participación con un 24 % del tiempo total de la configuración de línea.

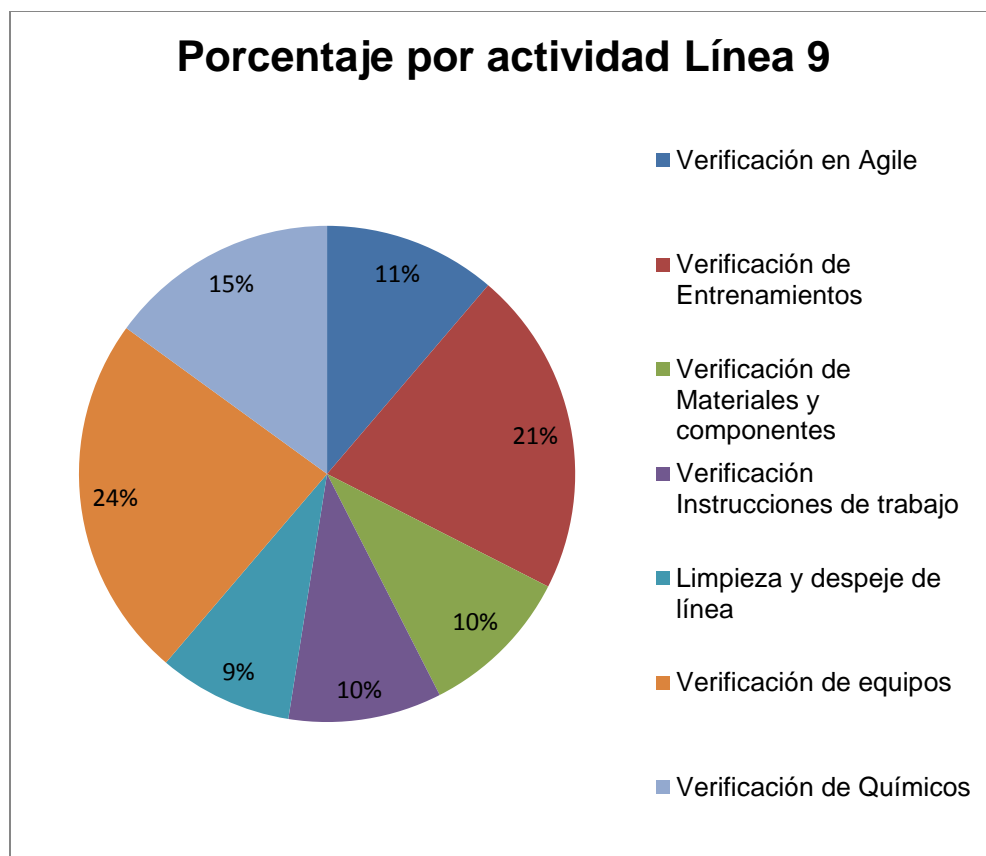


Figura 16. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 9
Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior demuestra que el proceso de verificación de equipos en la línea de producción 9 es de un 24% por lo que se puede decir que esta actividad es la de mayor duración.

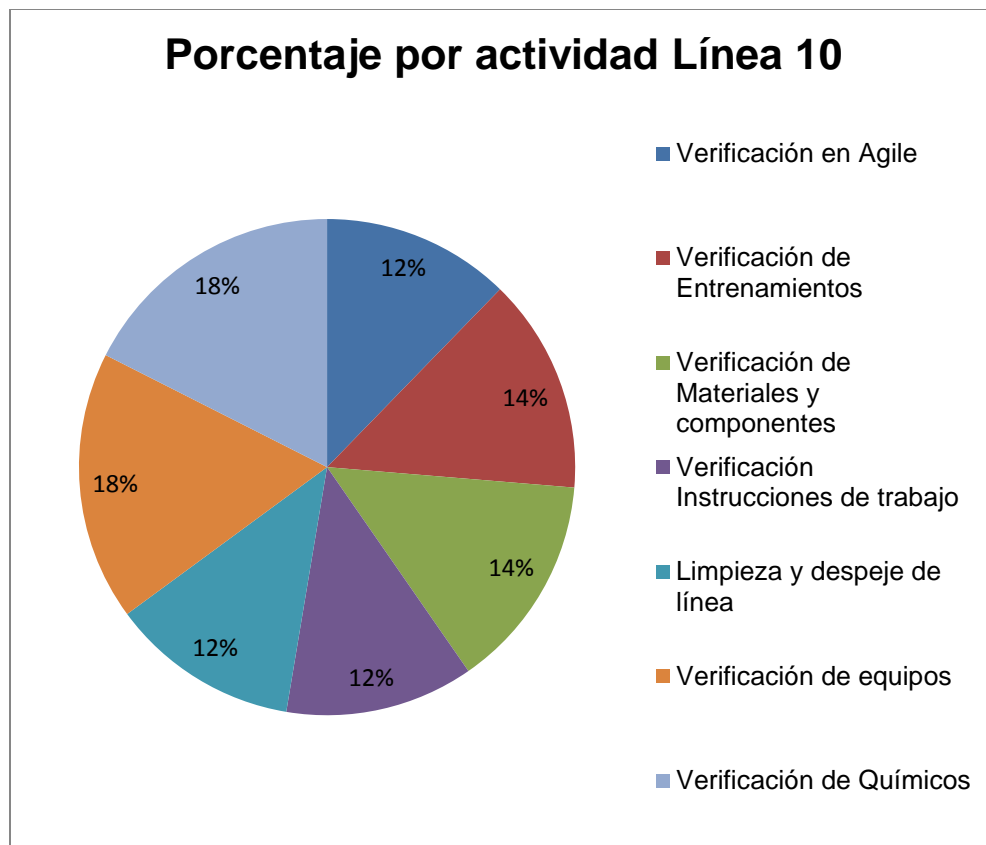


Figura 17. *Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 10*
Fuente: *Elaboración propia*

El gráfico muestra como todas las actividades cuentan con tiempos similares de duración. Es importante mencionar que realizar la verificación de equipos y la verificación en agile ambas consumen el 18% del tiempo.

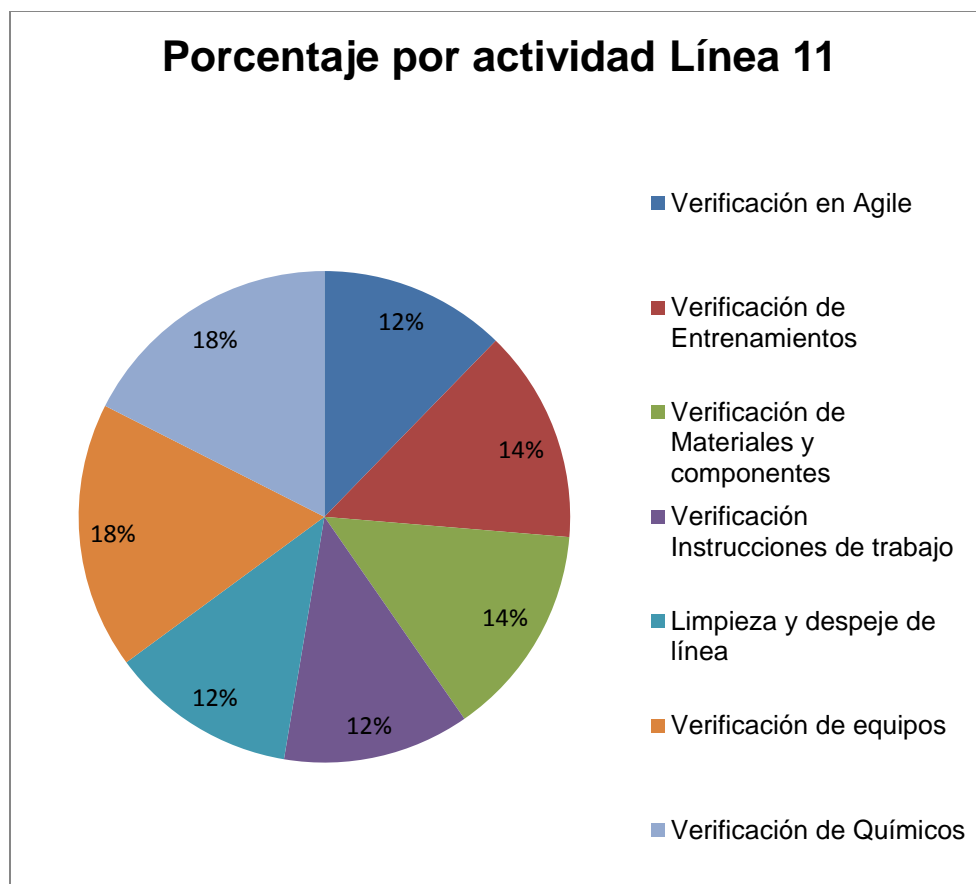


Figura 18. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 11
Fuente: Elaboración propia.

En la línea 11 al ser una de las líneas en las que se utiliza una menor cantidad de equipos por el tipo de familia de productos que se ejecutan, se ve reflejado en el gráfico que todas las actividades tienen tiempos similares.

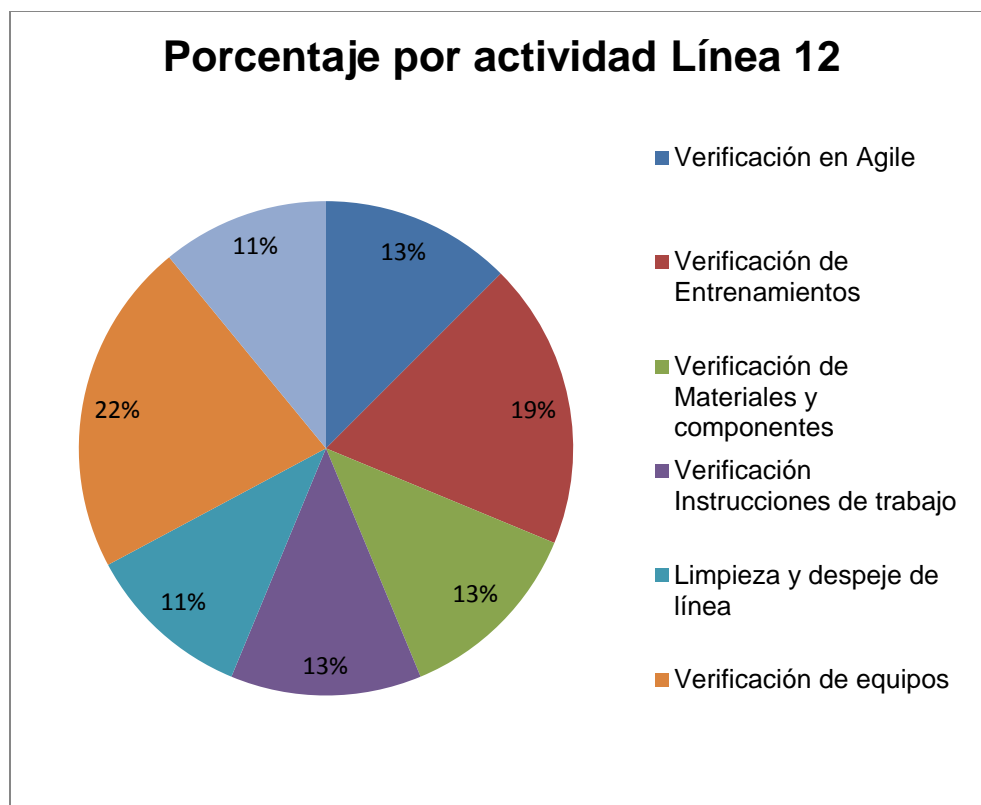


Figura 19. *Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 12*
Fuente: *Elaboración propia.*

En el gráfico se ilustra cada uno de los porcentajes de correspondientes a cada una de las actividades de configuración de línea y en donde se puede ver que el porcentaje más influyente es el de verificación de equipos con un 22%.

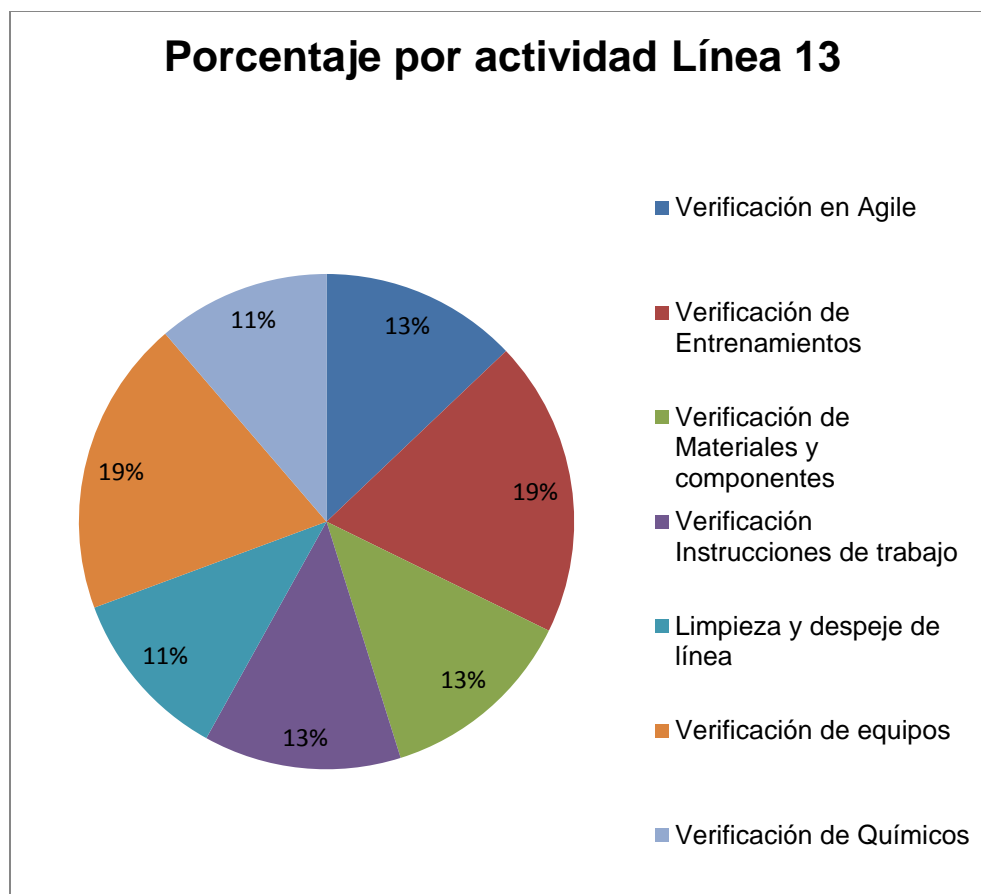


Figura 20. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 13
Fuente: Elaboración propia

En la línea 13 los equipos no son tan representativos con un 19% sin embargo sigue siendo la actividad que consume mayor cantidad de tiempo en conjunto con la verificación de entrenamiento.

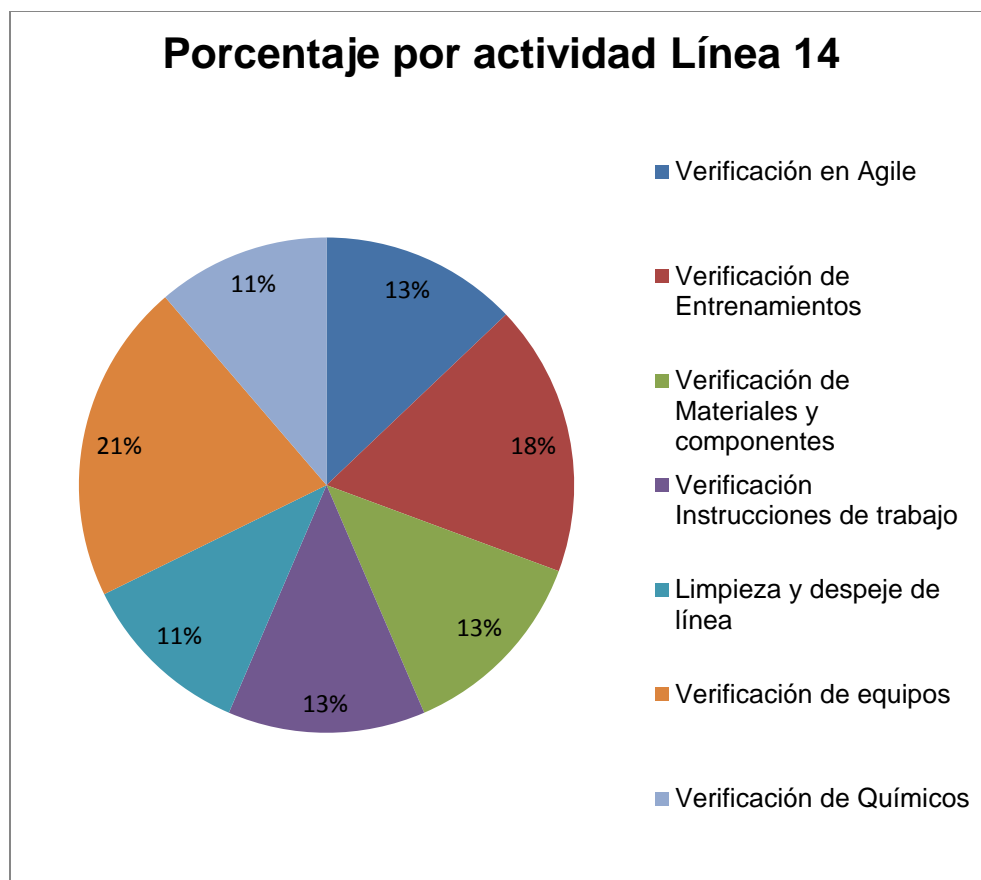


Figura 21. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 14
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se ilustra cada uno de los porcentajes de correspondientes a cada una de las actividades de configuración de línea y en donde se puede ver que el porcentaje más influyente es el de verificación de equipos con un 21%.

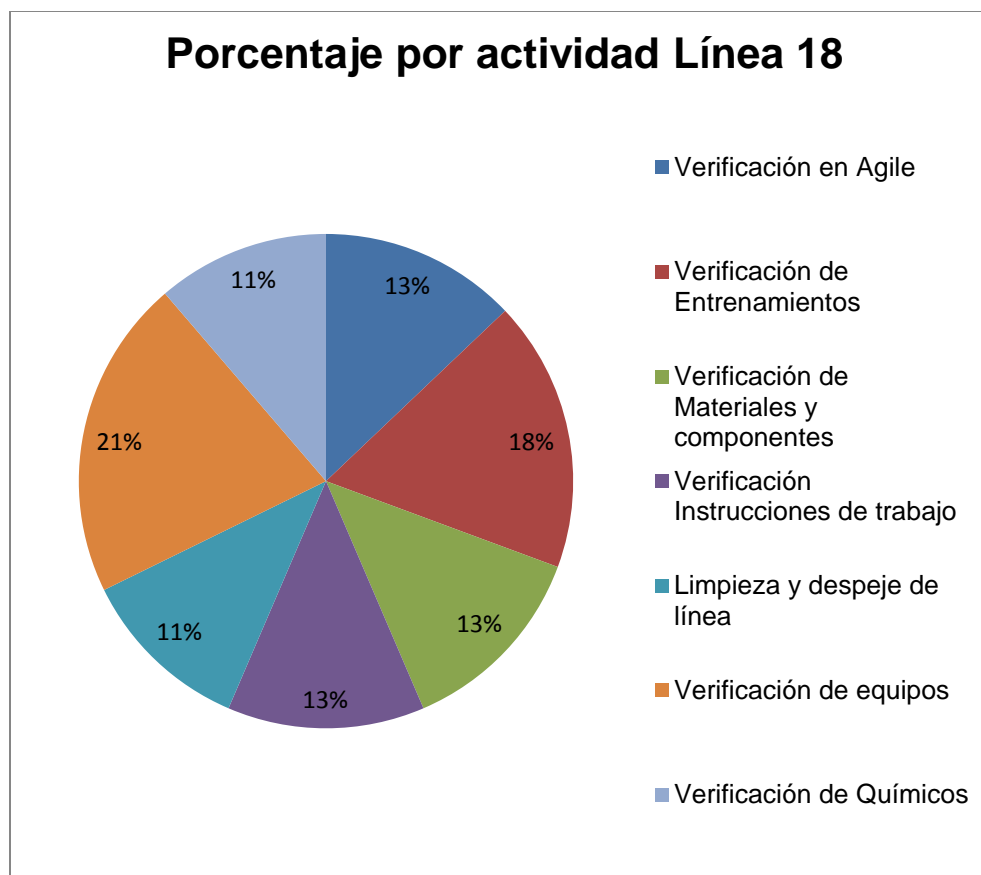


Figura 22. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea 18
Fuente: Elaboración propia

Se ve reflejado en el gráfico que anotar equipos en la línea 18 es la actividad que tiene un mayor porcentaje de participación con un 21 % del tiempo total de la configuración de línea.

Tomando en cuenta toda la información de los gráficos se saca la media y la desviación estándar para definir cuál es el porcentaje de participación que tiene la verificación de equipos en el total del tiempo al considerar las 13 líneas de producción a las que les aplica el producto.

Media= 19.0 min.

Desviación estándar= 6 min.

Con esta información se deduce que el tiempo aproximado que se dura para realizar la actividad es de 19 minutos con una desviación de 6 minutos.

Este mismo procedimiento se le realiza a los demás actividades y en la tabla número 1 se reflejan los horarios correspondientes y con esta información se ilustra a través de la figura 24 el porcentaje correspondiente a cada actividad.

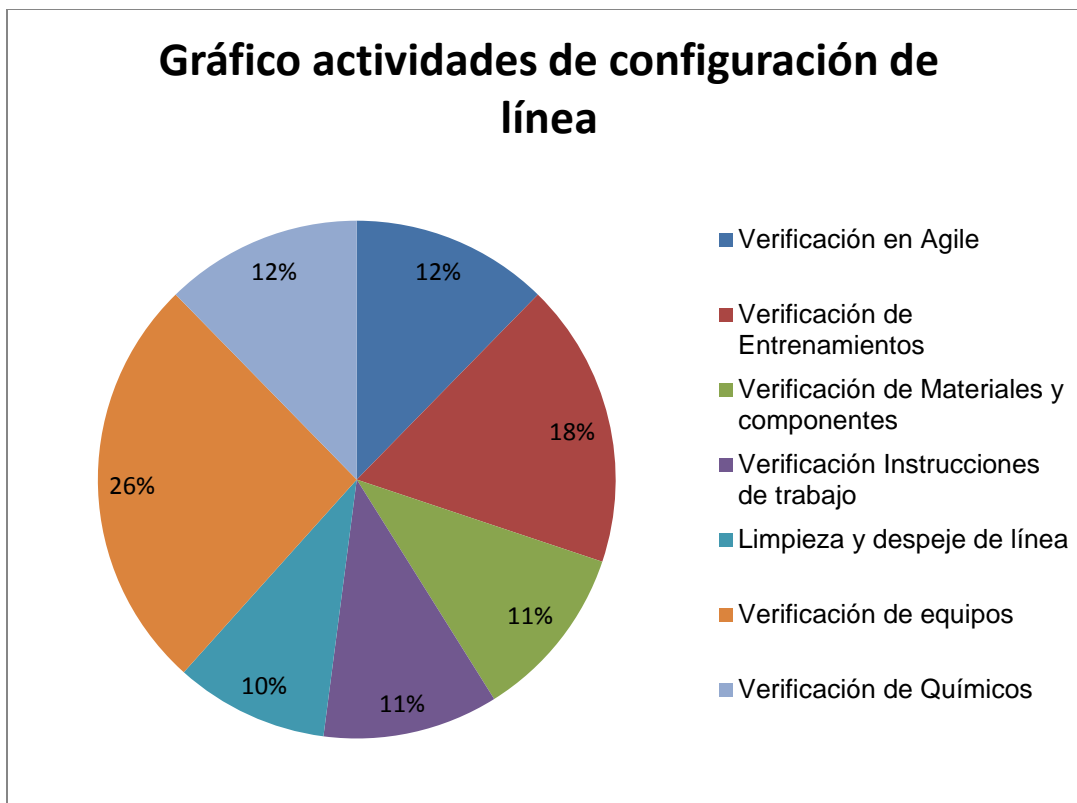


Figura 23. Porcentaje correspondiente a las actividades de configuración de línea
Fuente: Elaboración propia.

Este gráfico contiene la información de todas las líneas, una estimación del tiempo en que se incurre al ejecutar este proceso. Es importante mencionar que el de mayor porcentaje es la actividad de verificación de equipos con un 26% aproximadamente 19 minutos.

4.2.4. Diagrama de Gantt

Con la información de la media aritmética de los tiempos de cada una de las actividades, se realizó una estimación del tiempo en que se incurre ver tabla 1. También se realizó un gráfico de Gantt donde se refleja la hora inicial y final de cada actividad, al demostrar como punto importante que todas las actividades se pueden realizar simultáneamente.

En la parte superior viene el horario de turno 1 en donde todas las actividades inician a las 6 a.m. debido a que ese es el horario de ingreso de turno.

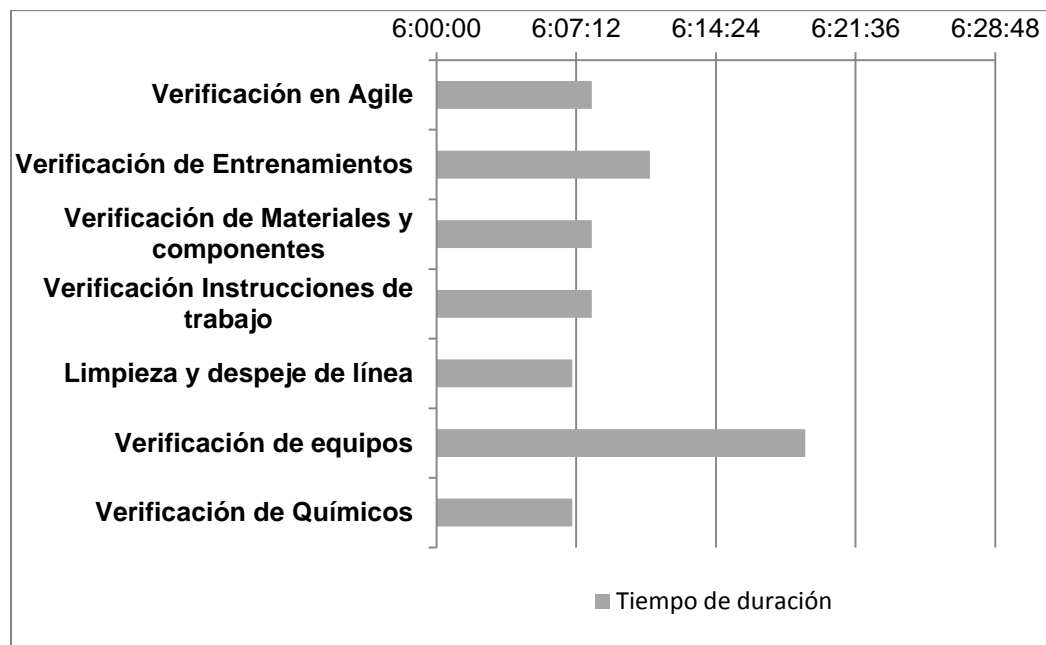


Figura 24. Gráfico de Gantt correspondiente a las actividades de configuración de línea
Fuente: Elaboración propia

En este diagrama se visualiza el impacto que tiene verificación de equipos, ya que, es la actividad que más tiempo requiere para realizarla con 19 minutos siendo esta operación la que principal restricción del proceso. El gráfico también refleja que las demás operaciones se encuentran en un rango entre los seis y siete minutos con excepción de la verificación de entrenamientos que es de 11 minutos.

Es importante mencionar que el escenario de turno 2 es exactamente el mismo, solo que con hora de inicio de 2 p.m. y el lapso de tiempo de cada actividad son los mismos.

Tabla 1.
Tabla de horario de Ejecución de Actividades

	Hora de Inicio	Hora Final	Tiempo de duración	Minutos	Porcentaje correspondiente del total
Verificación en Agile	6:00:00	6:08:00	0:08:00	9	12%
Verificación de Entrenamientos	6:00:00	6:11:00	0:11:00	13	18%
Verificación de Materiales y componentes	6:00:00	6:08:00	0:08:00	8	11%
Verificación Instrucciones de trabajo	6:00:00	6:08:00	0:08:00	8	11%
Limpieza y despeje de línea	6:00:00	6:07:00	0:07:00	7	10%
Verificación de equipos	6:00:00	6:19:00	0:19:00	19	26%
Verificación de Químicos	6:00:00	6:07:00	0:07:00	9	12%
Configuración de línea general	6:00:00	6:19:00	0:19:00	19	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se muestra el lapso de tiempo de la realización de cada una de las tareas, tomando en cuenta el horario inicial y final, la cantidad de minutos correspondientes a cada actividad y la participación porcentual de las actividades.

4.2. Errores de documentación

Durante la anotación de los equipos en el formulario se comenten errores de documentación. Para identificar la cantidad de errores presentes en el proceso de producción se toma la línea de producción 2, dado que es la que tiene la mayor desviación estándar con 6.6 minutos, es decir, la mayor dispersión de tiempo con respecto del promedio acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2.
Tabla Desviación estándar de verificación de equipos de línea.

Área	Desviación estándar	Área	Desviación estándar
Línea 2	6.6 minutos	Línea 10	3.7 Minutos
Línea 3	4.5 Minutos	Línea 11	3.7 Minutos
Línea 4	5.6 minutos	Línea 12	5.5 Minutos
Línea 5	5.1 minutos	Línea 13	4.9 Minutos
Línea 6	5.8 Minutos	Línea 14	4.3 Minutos
Línea 7	6.3 Minutos	Línea 18	3.9 Minutos
Línea 9	5.0 Minutos		

Fuente: *Elaboración propia.*

En esta línea en los últimos 6 meses se corrieron 231 órdenes de producción, se realiza un muestreo aleatorio para definir la cantidad de DHR que se deben tomar para realizarles la verificación:

N= 231 DHR en 6 meses.

Z=1.96 Nivel de confianza del 95%

e=0.05

$$145 = \frac{431 \cdot 1.95^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}{(431 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.95^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}$$

4.3. ANÁLISIS

Para llevar a cabo el análisis de la información, se realizó un diagrama de Ishikawa, un diagrama de Pareto y se una tabla con los defectos presentes en una de las líneas de producción.

4.3.1. Diagrama de Ishikawa

Se realiza un diagrama de Ishikawa del problema proceso manual para anotar los equipos en formulario con el método de las 6 M's.

- Medio Ambiente. Se presentan dos causas relacionadas la primera es que durante las actividades de configuración de línea se utiliza alcohol por lo que las superficies se encuentran mojadas y lo que hace en algunos casos se mojen las hojas con la información de los equipos al generar formularios con información ilegible o pérdida total de la información. También al utilizar hojas se requiere tener superficies sólidas para anotar la información, sin embargo en ocasiones no se cuenta con ese estado dado que los equipos se deben anotar dependiendo de la ubicación de los mismos, algunos están ubicados debajo de las mesas otros en lugares incómodos que dificultan la correcta escritura al generar el efecto de información ilegible.

- Máquina. Cada equipo requiere que se le cambie la información de cuándo se acerca la fecha de vencimiento, esto genera errores de impresión, fallos constantes en la máquina y afecta estas etiquetas con información incorrecta.
- Mano de obra. Algunas de las causas presentes en la mano de obra son los errores de escritura, y la mala caligrafía de cada persona que genera información ilegible y NCR's estos son reportes de no conformidad que deben documentarse en el sistema de calidad.
- Material. En el área de materiales lo que genera es cambio en el tipo de materiales requeridos por cada producto, al impactar directamente la cantidad de equipos que se utilizan en cada línea de producción.
- Método. Se encuentra un proceso no estandarizado lo que genera que exista mucha variabilidad para anotar los equipos, por ejemplo en algunas líneas de producción solamente anota una persona y en otras hasta 5 operarios que anotan al mismo tiempo.

- Mediciones. No existen metas de tiempos para anotar equipos, generando que no se trabaje por cumplir con una duración constante.

Todas estas causas con sus respectivos efectos son los que están involucrados con el problema, por lo que se detalla a continuación el diagrama de Ishikawa correspondiente al proceso actual.

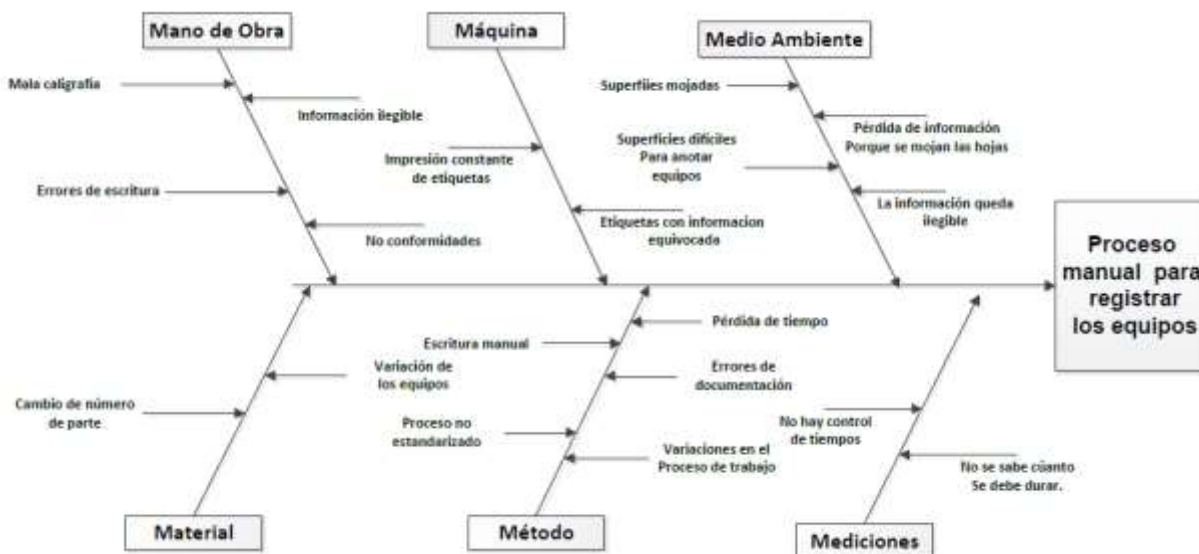


Figura 25. Diagrama de Ishikawa del proceso
Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama anterior se ven reflejadas las posibles causas y sus efectos que afectan directamente en el proceso, los cuales son encontrados mediante la información facilitada por los trabajadores y líderes de línea quienes regularmente realizan el proceso.

Después de obtener la información y diagramarla se realiza una reunión con los supervisores encargados del área de producción lo cuales consideran que las 2 razones más influyentes para la empresa son:

- La cantidad de errores de escritura que genera la información incorrecta y no conformidades las cuales cada una tiene un costo de \$500 cada una y en un año pueden ocurrir hasta 5.
- La escritura manual que genera errores de documentación que provoca que se no se cumplan las métricas del DHR. Además de pérdida de tiempo que disminuye la capacidad de producción.

4.3.2. Diagrama de Pareto

De acuerdo con los datos tomados, se realiza un diagrama de Pareto para dar a conocer cuál es la mayor cantidad de defectos presentes en la línea de producción.

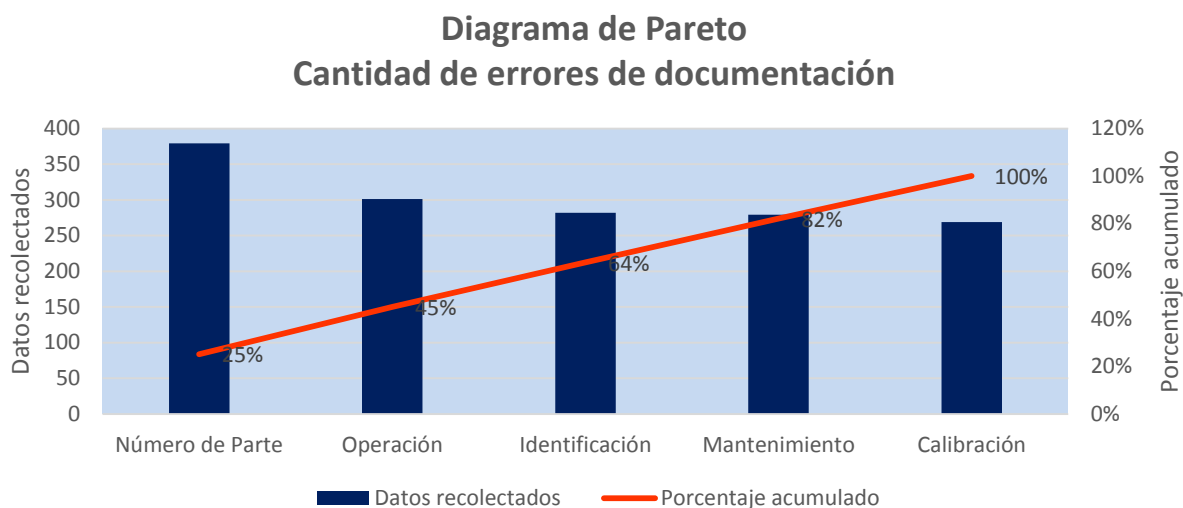


Figura 26. Gráfico de Gantt correspondiente a las actividades de configuración de línea
Fuente: Elaboración propia.

El anterior diagrama muestra como los errores en el número de parte, en la operación e identificación se encuentran dentro del 20% que se debe resolver para mejorar considerablemente el problema.

Es importante mencionar que la cantidad de errores encontrados en los DHR son aproximadamente 10 de todos los tipos existentes. En la siguiente tabla se menciona el total de errores encontrados por cada tipo y su media aritmética.

Tabla 3.
Tabla de Cantidad de defectos de DHR.

DHR	P/N	ID	Operación	Calibración	Mantenimiento preventivo	Total
Total	379	282	301	269	270	1501
Media Aritmética	3	2	2	2	2	10

Fuente: *Elaboración propia.*

Con esta información se puede decir que anualmente se encuentran 3002 errores por línea y si se mantiene esta tendencia en las demás líneas anualmente se generan 39026 errores de documentación, siendo esto una gran cantidad para una empresa de industria médica, ya que, la documentación es de vital importancia para generar confianza, uno de los valores más importantes de la organización.

CAPÍTULO V

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1. IMPLEMENTACIÓN

Se pretende introducir un nuevo software hecho a la medida para anotar equipos, sustituyendo el modelo actual por uno que sea de mayor eficiencia y con una mayor dificultad para cometer errores.

5.1.1. Software

El software es una herramienta tecnológica que busca generar una ventaja competitiva que se vea reflejada en el costo beneficio de la empresa.

Esta herramienta va a ser un prototipo no funcional en formato HTML, con código fuente, compilado de código binario, además contiene la aplicación instalable y con su respectivo manual de uso.

5.1.1.1. Tecnología

- Microsoft Visual Studio.Net 2017: C#
- .Net Framework 4.5.
- Microsoft SQL Server 2008 R2 or higher

5.1.1.2. Requerimientos técnicos

Servidor de base de datos:

- Microsoft Windows Server 2008 R2 o mayor.
- SQL Server 2008 R2 estándar o mayor.

- Microsoft.Net Framework 4.5.
- Memoria sugerida: 4 GB- 8 GB.

Servidor Web

- Microsoft Windows Server 2008 R2 o mayor.
- Microsoft.Net Framework 4.5.
- Servicio de información de Internet
- Memoria sugerida: 4Gb

Usuario Final

- Resolución de video mínimo de 1024/768

Sistema operativo

- Microsoft Windows 10.

La duración de la realización del software por parte del proveedor son 168 horas hábiles, por lo que estaría listo para iniciar el periodo de pruebas en un mes y quince días aproximadamente.

5.1.1.3. Funciones del Software

- Realizar una comparación de la información de cada equipo en el sistema SAP con la que se va a escanear, si toda la información coincide se envía a imprimir como un reporte con el mismo formato que se tiene en la actualidad, en donde el personal solamente debe ingresar la firma y fecha después de realizar el escaneo e impresión de la información.
- El Software debe enviar una alerta en si uno de los equipos no es requerido por el procedimiento y otro tipo de alerta en caso de que el equipo que se escanea cuente con una fecha de vencimiento anterior al día que se realiza el escaneo.
- Se requiere que el reporte se descargue de SAP con un tiempo de 5 años en el futuro para abarcar todas las próximas fechas de vencimiento de cada equipo. Este paso se estará realizando a través de una descarga a un correo de la empresa en formato HTML, el cual se estará actualizando diariamente a las 12 de la noche para que el software pueda extraer la información diariamente y con la última actualización de información que tenga SAP.

- El formato del formulario del nuevo proceso va a ser el mismo solo que con la información completada por el software y el personal solamente debe poner la firma y la fecha.
- La duración del nuevo proceso es de 5 segundos por equipo. Esto genera una mejora de un 80% del tiempo del proceso porque se estaría pasando de 20 segundos por equipo actualmente a 5 segundos.

5.1.2 Diagrama de flujo de proceso de implementación del Software

- Inicialmente de deben definir las funciones del software, entre las cuales se debe priorizar el cumplimiento con las normas de calidad, las rentabilidad del proyecto y la facilidad de utilización para el usuario.
- Seleccionar el proveedor: la empresa tiene una lista de proveedores inscritos, inicialmente se debe consultar esta lista para cubrir la necesidad, en caso de que no se encuentre alguno que pueda realizar el software hay que buscar en el mercado la mejor opción y luego inscribir el nuevo suplidor.
- En caso de que haya que inscribir el nuevo suplidor, se le pide al dueño de la empresa que llene un formulario con información básica de la empresa, se hace un contrato de confidencialidad y se completa el registro.
- Como siguiente paso, se realiza a través de una transacción de SAP la descarga de la información de cada equipo el cual la envía a un correo electrónico en donde se almacena diariamente y es de ahí de donde el nuevo programa va a adquirir la información.

- Generar un código QR para cada equipo. En conjunto con los departamentos de Mantenimiento y Calibración se acuerda utilizar el código QR que SAP crea automáticamente cuando se crea cada equipo para imprimirlo y adjuntarlo a los equipos.
- Realizar una impresión del código y pegarla en el equipo correspondiente. Esto a través de etiquetas que se adaptan a cada equipo según su tamaño, como responsables de esta actividad serían el departamento de mantenimiento y de calibración.
- Validar el software. Este proceso debe ir de acuerdo con el procedimiento conocido en la empresa como “software validation” y va a ser realizado por el departamento de ingeniería de calidad, encargado del proyecto y el creador del mismo para asegurarse el buen funcionamiento y que cumpla con la normativa de calidad.
- Realizar prueba piloto. Se toma la línea de producción número 2 para iniciar las pruebas del software, durante 2 semanas para encontrar las posibles oportunidades de mejora y asegurarse que

se cumple con las expectativas de mejora propuesta. En caso de requerir algún tipo de mejora se contacta al proveedor para que realice la misma.

- Cambiar los procedimientos en el sistema de calidad. Se realiza una actualización a través de ECN elaborados por el departamento de ingeniería, en donde se pone como nuevo procedimiento para anotar equipos y se deja el procedimiento manual como opción alternativa de uso opcional en caso de una eventualidad.
- Entrenamiento del personal. Se realiza una capacitación a los entrenadores para que aprendan cómo se utiliza el nuevo sistema y estos son los encargados de transmitirlo al personal por medio de los entrenamientos diarios.
- Definir la implementación del nuevo software. Se establece la fecha de inicio del nuevo proceso en todas las líneas y se hace un anuncio oficial en los medio de comunicación de la empresa.

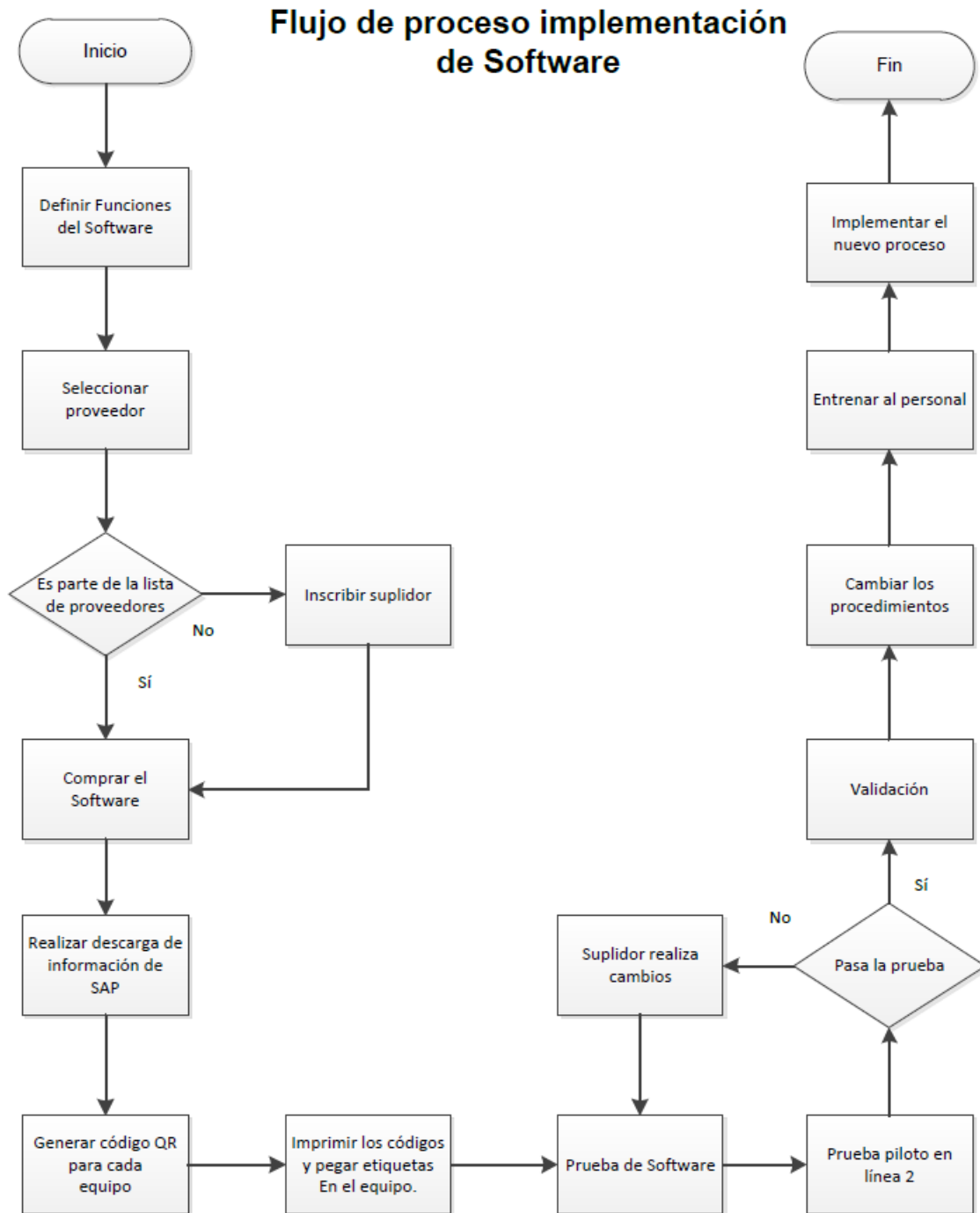


Figura 27. Diagrama de flujo del proceso de implementación
Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Equipos requeridos.

Para el correcto funcionamiento del software se requiere la utilización de diferentes equipos para complementar las funciones que no son parte de la herramienta. Los equipos necesarios son:

- Una computadora por línea. Es donde se tiene la aplicación, donde queda el registro y se envía a imprimir. Es importante mencionar que este recurso ya existe en la empresa para cada línea y está dedicada para las actividades de configuración antes de iniciar una orden de manufactura.
- Impresora. Se requiere una impresora de papel normal y se van a utilizar las que ya se encuentran en el piso, en donde cada área tiene asignada una impresora para las necesidades de línea. Por lo que no va a ser requerido comprar ninguna otra.
- Dos escáneres de código QR por línea. Debe ser inalámbrico, que cuente con amplia señal, de los cuales se debe invertir en 28 para cubrir la necesidad de producción, esto porque 26 son de uso regular y 2 para tener de respaldo.

5.1.4. Mantenimiento del Software

Se debe realizar un mantenimiento a la base de datos del servidor y a el área de imagen del software cada 6 meses, el cual tiene una duración de 1 hora, de acuerdo con la experiencia del departamento de tecnología de información de la empresa y del suplidor con softwares similares al de la propuesta.

Esta actividad va a ser parte de las funciones del departamento de IT de la empresa, ya que, el proceso no requiere una gran capacidad para realizarse. Sin embargo, se va a realizar una estimación de costos de mano de obra, en caso de que el departamento tenga que contratar un agente externo para que realice el mantenimiento.

5.2. Control

Se llevará un bitácora de control de tiempos de inicio de producción para ver cuánto tiempo se está durando ejecutando cada una de las actividades con el nuevo sistema. Ver apéndice A.

Se estará supervisando mensualmente el indicador de errores de DHR para verificar la cantidad que puedan salir.

Para reducir los riesgos se plantea un involucramiento del departamento de calidad para que durante la ejecución del proceso se sigan los procedimientos tal cual están establecidos, para eliminar algún tipo de desviación que pueda ser provocada por el desconocimiento del nuevo sistema.

5.3. Análisis costo beneficio

Se realiza un análisis para dar a conocer cuáles son los principales costos y beneficios que se presentan para implementar la nueva propuesta mencionada en este proyecto.

5.3.1. Costos del proyecto

Para poder introducir este proyecto de mejora, la empresa debe adquirir el costo del nuevo software, el costo del hardware y la mano de obra indirecta que debe ser parte del proyecto. Detalladamente se presentan los costos en la tabla 4.

**Tabla 4.
Costos de Implementación.**

Costos	Cantidad	Precio
Software	1	\$ 7,500.00
Escáner	28	\$ 32,200.00
Mano de obra del proyecto	208 horas (52 horas de 4 personas)	\$ 1,824.56
Total		\$ 41,524.56

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se ve reflejado el costo de inversión inicial en el cual debe incurrir la empresa para que se pueda realizar este proyecto. También se va a incurrir en costos de mantenimiento del software por \$ 60 dólares semestrales, por la contratación de técnicos especialistas en IT, es decir, \$ 120 dólares anuales, adicionalmente se deben incluir los costos de validación del software, sin embargo, estos

costos no se consideran en el análisis porque no fue posible estimarlos y la empresa no pudo facilitar esa información por políticas de confidencialidad.

5.3.2. Beneficios

Con la implementación de esta propuesta se obtienen beneficios importantes, como el costo por oportunidad, en donde se cambia tiempo que se está utilizando en anotar equipos por tiempo de producción y esto aumenta la cantidad de unidades que se pueden producir con la misma cantidad de recursos. También como parte de los beneficios se logra un aumento en la capacidad de producción, ya que, la actividad de anotar equipos mejora en un 85 por ciento del tiempo.

Tabla 5.
Costos de Unidades que se dejan de producir.

Línea	Tiempo anotar equipos (Min)	Talk time en segundos Por línea	Unidades por hora	Mejora en segundos por línea	Unidades que se dejan de producir	Costo por unidad en dólares	Costo de unidades que se dejan de producir
Línea 2	25	28	129	1200	43	50	2132
Línea 3	24	30	120	1166	39	107	4162
Línea 4	22	25	144	1041	42	40	1662
Línea 5	19	47	77	925	20	64	1257
Línea 6	21	33	109	994	30	37	1122
Línea 7	20	32	113	952	30	48	1414
Línea 9	19	49	73	898	18	120	2204
Línea 10	13	11	327	624	57	60	3401
Línea 11	13	11	327	624	57	60	3401
Línea 12	14	13	277	658	51	132	6678
Línea 13	12	60	60	598	10	79	791
Línea 14	12	31	116	597	19	82	1575
Línea 18	13	76	47	634	3	20	60
						Costo Total	\$ 29,860.08

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 5, se pueden producir 417 unidades adicionales diarias con los mismos recursos que cuenta la empresa actualmente las cuales tienen un costo de \$29 860.08.

La tabla 6 contiene los costos de los beneficios que estaría generando la implementación del proyecto.

Tabla 6 .
Beneficios con la implementación

Beneficios				
Costos	Cantidad	Diario	Semana	Mensual
Costo por oportunidad, el personal inactivo pasa a ser activo.	610	\$ 2,236.00	\$ 13,416.00	\$ 53,664.00
Disminución de No Conformidades	5	\$ 9.00	\$ 54.00	\$ 216.00
Costo unidades que se dejan de percibir	1	\$ 29,860.08	\$ 179,160.48	\$ 716,641.92
Costo Total		\$ 32,105.08	\$ 192,630.48	\$ 770,521.92

Fuente: *Elaboración Propia*

Los beneficios que obtiene la empresa son 32105 dólares por día y estos son el reflejo de cambiar recursos inactivos a recursos activos, del aumento de la producción de unidades con los mismos recursos y la disminución de no conformidades en el sistema de calidad. Con esta implementación se pretende recuperar la inversión inicial del proyecto en el primer mes de la implementación.

Se proyecta que para el primer mes se obtenga una ganancia de 770,521.92 dólares y en un año 9 246 263.04 de dólares.

Plan de Acción

Como parte de la implementación se realiza un plan de acción mediante el cual se le da seguimiento a las actividades involucradas en el proyecto para lograr una introducción exitosa de la nueva herramienta.

En este plan se van a detallar cada una de las actividades, la persona responsable de cumplir con esta actividad, la fecha de vencimiento en la que cada acción debería estar completa para no afectar el tiempo de implementación y el estatus de cada actividad, si ya está completada o si se encuentra pendiente o con algún tipo de problema.

A la fecha se han completado doce de las diecinueve actividades del proyecto y cada una de ellas se ha logrado de forma satisfactoria por lo que se espera que el proyecto continúe con esa misma tendencia.

En la tabla número 7 se presenta el plan de acción del proyecto.

12	Generar código QR a todos los equipos.	Dep. Calibración	Junio 18	▲	Completado
13	Desarrollo de software.	Suplidor	Julio 18	○ Δ	A tiempo
14	Prueba en línea piloto (línea 2)	Equipo del proyecto	Agosto 18	○ Δ	A tiempo
15	Comprar los equipos	Supervisora	Agosto 18	○ Δ	A tiempo
16	Validación de software	Ingeniero de calidad	Setiembre 18	○ Δ	A tiempo
17	Cambiar los procedimientos de producción	Christian/Supervisora	Noviembre 18	○ Δ	A tiempo
18	Entrenamientos	Dep. de entrenamiento.	Diciembre 18	○ Δ	A tiempo
19	Implementación en todas las líneas	Supervisora	Diciembre 18	○ Δ	A tiempo
Plan:					
	Inicio esperado			○	
	Inicio real			●	
		Final esperado		△	
		Final Real		▲	

Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Con base en los resultados y el análisis de los tiempos se define que la actividad de verificación de equipos a través del sistema actual requiere la mayor cantidad de tiempo dentro de la configuración de línea.

Llenar el formulario con el método manual genera aproximadamente 10 errores documentales por orden de trabajo los cuales afectan las métricas de producción.

El uso de herramientas como el diagrama de Ishikawa, la estadística, diagrama de Gantt y diagrama de flujo tienen un papel fundamental para identificar las oportunidades de mejora presentes en el proceso.

Se concluye que con la implementación de este proyecto se reduce la cantidad de errores de escritura, la información ilegible, se estandariza del proceso y se disminuyen las posibilidades de cometer errores humanos, al beneficiar el sistema de calidad y mejorar considerablemente el proceso de producción.

La inversión aproximada esperada es de \$ 41 524.56 dólares y \$120 dólares anuales por costo de mantenimiento del software además se estima que la empresa pueda producir 417 unidades más con la misma cantidad de recursos después de la implementación y obtener una ganancia de \$ 770 521.92 dólares mensuales.

Con la implementación se logra disminuir en un 80% la cantidad de tiempo utilizado en la operación de verificación de equipos, ya que. en el proceso actual se dura 25 segundos para anotar un equipo y con la mejora se estaría durando 5 segundos.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la organización continuar con el plan de acción para concluir con la implementación.

Apegarse a los documentos y cumplir con ellos tal cual están establecidos para no generar variabilidad, ni desviaciones que puedan generar efectos adversos.

Incluir dentro de las auditorías diarias del departamento de control de calidad, la verificación de que se esté cumpliendo con el procedimiento.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Acuña , J. (2012). *Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Anaya, J. (2011). *Logística Integral*. Madrid: Business & Marketing School.

Araya, A. (2014) *Análisis y desarrollo de propuestas de mejora para la reducción de tiempos de Set Up en la línea de jarabes del Departamento de Liquido de la Empresa GlaxoSmith Kline. Costa Rica*. (Tesis inédita de licenciatura).
Universidad Hispanoamericana, Costa Rica

Angulo, L. (2014). *Gestión de Proyctos con project, Excel, Visio Bajo el enfoque de PMBOK*. Lima, Perú: Macro EIRL.

Baca, G., Cruz, M., Cristobal , M., Gutierrez, J., Pacheco, A., Rivera, Á., . . . Obregón , M. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México: Grupo Editorial Patria.

Bersbach, P. (27 de Octubre de 2009). *Six Sigma Training Consulting*. Obtenido de Bersbach Consulting:
<http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-first-step-of-dmaic-%E2%80%93define/>

Brue, G. (2002). *Six Sigma For Managers*. United States Of America: McGraw-Hill.

- Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la Calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: Pearson.
- Cedano, M., Rubio, J., Cedano, A., & Vega, A. (2014). *Fundamentos de la computación para ingenieros*. México: Grupo Editorial Patria.
- Cedeño, J. (2014) *Diagnóstico y elaboración de propuestas para reducción del reproceso en el departamento de set up and stage de align technology*. (Tesina inédita de bachillerato). Universidad Hispanoamericana, Costa Rica.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2006). *Administración de operaciones Producción y cadena de suministros*. México: Mc Graw Hill.
- Cruelles, J. (2012). *Mejora de Métodos y Tiempos de Fabricación*. Barcelona.
- Felsing, E., & Runza, P. (Setiembre de 2002). Obtenido de Productividad: Un estudio de caso en departamento de siniestros: https://www.ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Felsing_MADE.pdf
- Galgano, A. (2004). *Las tres revoluciones. Caza del desperdicio: Doblar la productividad con la "Lean Production"*. Madrid.
- Gutierrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill.
- Henríquez, M. (2014) *Propuesta de diseño de sistema de gestión para introducción de nuevos productos de software de terceros y recomendaciones para implementación en la cadena de suministros de la empresa Hewlett Packard Costa Rica*. (Tesina inédita de bachillerato). Universidad Hispanoamericana, Costa Rica.

- Hernando, R. (2013). *Uso de códigos QR para la mejora en el acceso y disponibilidad de recursos educativo mediante realidad aumentada*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Herrera, P. (2011) *Aplicación de metodología DMAIC Six Sigma para el aumento de Productividad en la línea de Sensation en la empresa de dispositivos médicos Boston Scientific durante el periodo 2010 – 2011*. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Hispanoamericana, Costa Rica
- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L., & Gupta, P. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*. McGraw-Hill.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería Industrial*. Alfaomega.
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). Integrando la metodología DMAIC de seis sigma con la simulación de eventos discretos en flexsim. *Tenth LACCEI Latin American and Caribbean conference for engineering and Technology*, 10.
- Ugalde, J. (1979). *Programación de Operaciones*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

APÉNDICES

Apéndice B.

Tiempos configuración de línea																															
		Fecha 08 Enero 2018 al 05 de Mayo Cuarto de producción Turno 1 y 2																													
Línea	Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28		
Línea 2	Entrenamientos (Min)	18	18	15	13	20	19	20	22	12	25	18	14	11	6	17	20	16	18	21	19	15	14	17	20	20	23	22	21		
	Agile (Min)	5	3	6	6	8	5	8	13	12	10	11	7	7	9	10	8	11	9	7	5	11	13	9	7	6	9	10	11		
	Materiales y componentes (Min)	13	7	9	6	4	7	4	10	8	8	3	6	8	6	5	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	7	6		
	Instrucciones de trabajo (Min)	6	7	6	8	5	4	5	10	11	8	13	6	7	6	7	8	5	6	9	8	7	7	8	9	7	8	8	5		
	Limpieza y despeje (Min)	13	5	15	13	4	4	4	10	11	8	5	7	7	6	10	8	7	9	6	5	7	8	6	8	7	6	5	6	5	
	Equipos (Min)	25	20	33	25	23	29	23	24	21	26	25	27	26	21	28	27	25	22	20	24	29	28	27	26	30	32	35	29		
Línea 3	Químicos (Min)	5	9	9	10	15	7	10	12	11	8	6	7	10	12	10	8	9	6	7	8	10	12	8	9	10	7	5	6		
	Entrenamientos (Min)	10	9	10	12	20	3	12	25	18	14	11	6	17	20	16	18	21	19	15	18	22	23	21	19	21	25	18	17		
	Agile (Min)	10	10	5	8	8	11	12	10	11	7	7	9	10	8	11	9	7	5	11	8	11	8	7	6	11	9	10	10		
	Materiales y componentes (Min)	4	5	5	4	6	3	8	8	3	6	8	6	5	6	7	9	10	6	5	8	9	6	4	7	4	10	8	8		
	Instrucciones de trabajo (Min)	5	5	5	5	8	5	11	8	13	6	7	6	7	6	7	8	5	6	9	8	7	6	9	11	9	10	5	8	9	4
	Limpieza y despeje (Min)	14	10	10	10	8	22	11	8	5	7	7	6	10	8	7	9	6	5	7	4	6	7	8	5	5	6	4	6	6	
Línea 4	Equipos (Min)	27	29	25	35	27	26	21	26	25	27	26	21	28	27	25	22	20	24	29	20	25	25	22	25	27	25	27	15		
	Químicos (Min)	12	9	6	10	8	12	11	8	6	7	10	12	10	8	9	6	7	8	10	4	6	3	4	5	4	5	6	7	3	
	Entrenamientos (Min)	19	24	22	21	15	10	11	14	17	18	19	25	18	15	17	19	8	12	15	7	7	14	15	10	10	9	10	12		
	Agile (Min)	11	13	12	11	10	7	6	8	5	7	12	10	11	14	10	11	5	3	6	13	5	4	3	5	10	10	5	8		
	Materiales y componentes (Min)	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	8	3	12	6	7	8	4	8	5	3	8	8	7	4	5	5	4	4	
	Instrucciones de trabajo (Min)	10	7	8	5	7	9	11	6	7	9	5	8	13	7	9	5	3	7	7	3	5	5	7	6	5	5	5	5		
Línea 5	Limpieza y despeje (Min)	7	11	8	6	4	4	5	9	9	8	6	8	5	7	5	6	2	2	3	2	2	3	2	4	10	10	10	10		
	Equipos (Min)	15	15	13	15	10	20	22	24	18	16	26	25	15	19	22	20	25	25	22	25	25	22	25	27	27	29	25	35		
	Químicos (Min)	7	4	4	5	3	5	4	6	5	4	6	8	6	5	4	5	5	5	5	3	5	5	2	2	12	9	6	10		
	Entrenamientos (Min)	20	18	22	23	21	19	21	25	18	17	15	24	26	22	21	19	24	22	21	15	10	11	14	17	18	19	15	17		
	Agile (Min)	10	8	11	8	7	6	11	9	10	10	8	9	9	7	11	13	12	11	10	7	6	8	5	7	12	14	10	10		
	Materiales y componentes (Min)	13	8	9	6	4	7	4	10	8	8	9	7	8	6	9	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	12	6		
Línea 6	Instrucciones de trabajo (Min)	6	6	9	11	9	10	5	8	9	4	8	13	8	11	5	10	7	8	5	7	9	11	6	7	9	5	7	9		
	Limpieza y despeje (Min)	5	4	6	7	8	5	6	4	6	7	5	6	4	10	7	11	8	6	4	4	5	9	9	8	6	7	5	5		
	Equipos (Min)	26	20	25	25	22	25	27	25	27	15	15	13	15	10	20	15	15	13	15	10	20	22	24	20	18	16	15	19		
	Químicos (Min)	5	4	6	3	4	5	4	6	7	3	5	4	6	5	4	7	4	4	5	3	5	4	6	5	4	6	5	4		
	Entrenamientos (Min)	16	3	10	4	10	5	20	23	23	15	23	20	25	22	18	18	15	13	20	19	20	22	12	15	18	14	11	6		
	Agile (Min)	9	4	7	13	22	10	20	10	10	25	10	15	15	10	5	7	6	6	8	5	8	13	12	10	11	7	7	9		
Línea 7	Materiales y componentes (Min)	10	25	15	14	15	10	25	15	15	30	15	20	15	15	13	10	9	6	4	7	4	10	8	8	3	6	8	6		
	Instrucciones de trabajo (Min)	15	2	10	2	10	5	15	15	10	45	10	10	10	6	11	6	8	5	4	5	10	11	8	13	6	7	6	6		
	Limpieza y despeje (Min)	15	2	10	6	15	10	25	15	15	10	15	5	15	15	13	7	15	13	4	4	4	10	11	8	5	7	7	6		
	Equipos (Min)	15	25	20	10	15	15	15	15	13	15	15	15	15	15	25	20	33	25	23	29	23	24	21	26	25	27	26	21		
	Químicos (Min)	15	25	20	3	15	5	15	15	15	15	15	15	15	15	5	8	9	10	15	7	10	12	11	8	6	7	10	12		
	Entrenamientos (Min)	10	10	12	10	15	15	7	7	18	2	9	11	14	12	7	14	18	18	15	13	20	19	20	22	12	25	18	14		
Línea 9	Agile (Min)	7	7	10	10	15	7	7	7	9	7	9	9	10	5	10	5	9	6	6	8	5	8	13	12	10	11	7	5		
	Materiales y componentes (Min)	10	10	11	10	9	10	5	5	1	2	5	5	10	8	5	5	13	11	9	6	4	7	4	10	8	8	3	6	6	
	Instrucciones de trabajo (Min)	6	6	9	10	9	10	5	5	3	4	8	10	8	15	5	15	6	7	6	8	5	4	5	10	11	8	13	6	6	
	Limpieza y despeje (Min)	6	6	10	10	8	8	5	5	2	2	20	9	15	15	15	20	13	5	15	13	4	4	4	10	11	8	5	7		
	Equipos (Min)	10	17	20	15	16	12	13	10	13	23	15	15	13	15	10	20	25	22	33	25	23	29	23	24	21	26	25	27		
	Químicos (Min)	5	5	5	5	17	20	5	5	11	7	8	7	5	10	17	10	5	8	9	10	15	7	10	12	11	8	6	7		
Línea 10	Entrenamientos (Min)	6	13	18	11	17	15	26	22	21	19	24	22	21	15	10	11	14	17	18	19	15	17	19	17	20	18	22	23		
	Agile (Min)	3	8	7	6	13	7	9	9	7	11	13	12	11	10	7	6	8	5	7	12	14	10	11	7	10	8	11	8		
	Materiales y componentes (Min)	5	10	5	5	15	15	8	6	9	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	12	6	7	8	13	8	9	6	6	
	Instrucciones de trabajo (Min)	3	10	3	6	17	15	8	11	5	10	7	8	5	7	9	11	6	7	9	5	7	9	5	7	6	6	9	11		
	Limpieza y despeje (Min)	5	8	5	5	10	5	6	4	10	7	11	8	6	4	4	5	9	9	8	6	7	5	6	8	5	4	6	7		
	Equipos (Min)	19	5	19	18	25	20	15	10	20	15	15	13	15	10	20	22	24	20	18	16	15	19	22	24	26	20	25	25		
Línea 11	Químicos (Min)	9	17	19	15	25	25	6	5	4	7	4	4	5	3	5	4	6	5	4	6	5	4	5	4	5	4	6	3		
	Entrenamientos (Min)	2	5	6	4	4	5	6	5	5	15	8	8	8	11	8	5	5	15	8	6	5	6	5	5	5	15	4	4		
	Agile (Min)	2	9	5	3	8	7	8	5	7	9	5	7	11	15	7	7	9	9	11	8	5	5	7	9	7	9	3	3		
	Materiales y componentes (Min)	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19	8	5	2	12	10	6	10	4	5	2	5	12	5	5		
	Instrucciones de trabajo (Min)	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19	8	5	2	12	10	6	10	4	5	2	5	12	5	11		
	Limpieza y despeje (Min)	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19	8	5	2	12	10	6	10	4	5	2	5	12	5	7		
Línea 11	Equipos (Min)	3	9	9	10	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5	12	8	9	15	8	6	16	9	8	9	8	15	10	8		
	Químicos (Min)	7	8	6	7	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5	12	8	8	15	8	6	16	6	8	8	8	15	7	7		

Apéndice C.

		Tiempos configuración de línea																											
		Fecha 08 Enero 2018 al 05 de Mayo										Cuarto de producción Turno 1 y 2																	
Línea 12	Entrenamientos (Min)	7	11	13	12	11	10	7	6	8	5	7	12	14	10	2	9	5	3	8	7	8	5	7	9	5	7	11	15
	Agile (Min)	21	19	24	22	21	15	10	11	14	17	18	19	15	17	2	5	6	4	4	5	6	5	5	15	8	8	8	11
	Materiales y componentes (Min)	9	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	12	6	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Instrucciones de trabajo (Min)	5	10	7	8	5	7	9	11	6	7	9	5	7	9	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Limpieza y despeje (Min)	10	7	11	8	6	4	4	5	9	9	8	6	7	5	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Equipos (Min)	20	15	15	13	15	10	20	22	24	20	18	16	15	19	3	9	9	10	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5
	Químicos (Min)	4	7	4	4	5	3	5	4	6	5	4	6	5	4	7	8	6	7	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5
Línea 13	Entrenamientos (Min)	21	19	24	22	21	15	10	11	14	17	18	19	15	17	2	5	6	4	4	5	6	5	5	15	8	8	8	11
	Agile (Min)	7	11	13	12	11	10	7	6	8	5	7	12	14	10	2	9	5	3	8	7	8	5	7	9	5	7	11	15
	Materiales y componentes (Min)	9	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	12	6	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Instrucciones de trabajo (Min)	5	10	7	8	5	7	9	11	6	7	9	5	7	9	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Limpieza y despeje (Min)	10	7	11	8	6	4	4	5	9	9	8	6	7	5	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Equipos (Min)	10	15	15	13	15	10	20	22	24	10	18	16	15	16	3	11	9	10	10	8	6	16	8	13	16	12	8	5
	Químicos (Min)	4	7	4	4	5	3	5	4	6	5	4	6	5	4	7	8	6	7	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5
Línea 14	Entrenamientos (Min)	21	19	24	22	21	15	10	11	14	17	18	19	15	17	2	5	6	4	4	5	6	5	5	15	8	8	8	11
	Agile (Min)	7	11	13	12	11	10	7	6	8	5	7	12	14	10	2	9	5	3	8	7	8	5	7	9	5	7	11	15
	Materiales y componentes (Min)	9	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	12	6	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Instrucciones de trabajo (Min)	5	10	7	8	5	7	9	11	6	7	9	5	7	9	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Limpieza y despeje (Min)	10	7	11	8	6	4	4	5	9	9	8	6	7	5	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Equipos (Min)	11	15	15	13	15	10	16	17	14	20	18	16	15	19	3	9	9	10	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5
	Químicos (Min)	4	7	4	4	5	3	5	4	6	5	4	6	5	4	7	8	6	7	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5
Línea 18	Entrenamientos (Min)	12	19	18	20	21	15	10	11	14	17	18	19	15	17	2	5	6	4	4	5	6	5	5	10	8	8	8	11
	Agile (Min)	7	11	13	12	11	10	7	6	8	5	7	12	14	10	2	9	5	3	8	7	8	5	7	9	5	7	11	15
	Materiales y componentes (Min)	9	6	7	9	10	6	5	8	10	8	8	6	12	6	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Instrucciones de trabajo (Min)	5	10	7	8	5	7	9	11	6	7	9	5	7	9	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Limpieza y despeje (Min)	10	7	11	8	6	4	4	5	9	9	8	6	7	5	3	2	4	5	5	5	6	10	9	12	5	8	10	19
	Equipos (Min)	17	15	15	13	15	10	15	19	16	18	16	16	15	17	12	9	9	10	10	8	6	16	8	15	13	15	10	7
	Químicos (Min)	4	7	4	4	5	3	5	4	6	5	4	6	5	4	7	8	6	7	12	8	6	16	8	15	18	12	8	5

Apéndice D.

Tabla: Muestreo de cantidad de errores de documentación

DHR	P/N	ID	OP	CAL	PM	Total
1	16	15	18	7	12	68
2	0	1	0	1	7	9
3	9	2	1	2	0	14
4	1	3	4	4	1	13
5	0	1	0	1	0	2
6	4	3	0	1	1	9
7	1	0	6	0	0	7
8	0	0	0	1	0	1
9	2	2	0	1	0	5
10	2	0	1	4	9	16
11	1	0	0	0	2	3
12	1	0	2	1	0	4
13	0	1	1	2	1	5
14	1	0	7	0	2	10
15	0	0	0	1	1	2
16	0	0	0	2	0	2
17	0	1	0	2	3	6
18	0	0	2	0	2	4
19	1	1	0	0	1	3
20	5	1	0	7	5	18
21	0	3	2	1	2	8
22	0	1	1	2	3	7
23	2	7	2	3	1	15
24	6	0	0	1	3	10
25	2	1	1	3	0	7
26	2	0	4	0	0	6
27	1	1	0	0	2	4
28	8	0	0	2	0	10
29	0	0	6	0	0	6
30	0	0	0	0	0	0
31	4	9	0	0	1	14
32	3	2	1	1	0	7
33	5	0	0	0	0	5
34	6	1	2	0	0	9
35	8	2	1	0	1	12
36	1	1	7	1	0	10
37	0	0	0	0	1	1

DHR	P/N	ID	OP	CAL	PM	Total
38	0	3	0	1	6	10
39	1	2	0	1	3	7
40	1	1	2	2	0	6
41	1	5	0	0	3	9
42	1	0	1	0	0	2
43	4	0	3	0	2	9
44	16	1	0	5	3	25
45	0	0	6	3	1	10
46	1	0	2	4	0	7
47	9	1	0	0	1	11
48	0	0	0	0	0	0
49	0	1	0	1	0	2
50	7	0	6	0	1	14
51	2	6	11	2	0	21
52	0	0	0	7	5	12
53	3	2	0	0	4	9
54	3	0	4	0	16	23
55	10	0	3	0	0	13
56	2	3	2	1	1	9
57	5	0	0	0	0	5
58	3	1	2	6	4	16
59	2	3	6	0	0	11
60	2	0	0	0	3	5
61	0	3	3	1	2	9
62	5	2	1	1	6	15
63	0	3	2	1	1	7
64	1	0	1	3	4	9
65	7	2	0	0	0	9
66	1	8	4	1	2	16
67	2	0	0	0	1	3
68	0	2	0	4	0	6
69	0	0	3	4	0	7
70	3	1	2	4	0	10
71	1	0	0	3	4	8
72	0	0	1	1	0	2
73	0	2	0	0	0	2
74	0	0	1	1	2	4
75	8	0	0	1	1	10
76	0	6	6	0	1	13
77	0	1	1	0	0	2
78	3	0	0	0	3	6
79	0	0	2	0	0	2

DHR	P/N	ID	OP	CAL	PM	Total
80	3	5	4	0	0	12
81	2	0	0	7	0	9
82	5	1	3	4	1	14
83	0	4	1	1	1	7
84	2	0	0	0	0	2
85	6	0	4	0	0	10
86	0	3	2	1	0	6
87	0	0	3	0	6	9
88	0	5	6	1	0	12
89	7	2	0	0	0	9
90	5	2	6	5	0	18
91	2	0	0	0	0	2
92	5	4	0	0	0	9
93	1	2	4	8	10	25
94	6	2	1	1	0	10
95	1	0	2	6	1	10
96	3	5	2	0	0	10
97	0	0	0	0	2	2
98	0	0	2	0	0	2
99	6	0	2	2	4	14
100	3	1	2	11	4	21
101	0	1	0	0	1	2
102	1	0	2	9	0	12
103	1	1	7	0	0	9
104	1	4	1	2	15	23
105	10	0	7	4	1	22
106	0	4	3	1	1	9
107	1	2	0	0	6	9
108	13	1	1	4	1	20
109	2	11	0	16	4	33
110	3	10	0	0	2	15
111	4	0	6	2	3	15
112	5	16	9	6	0	36
113	6	3	11	0	0	20
114	6	2	0	3	4	15
115	9	10	1	5	5	30
116	7	0	0	1	2	10
117	5	1	1	0	1	8
118	1	0	3	0	0	4
119	3	2	6	0	0	11
120	2	0	0	0	11	13
121	2	0	5	0	1	8

DHR	P/N	ID	OP	CAL	PM	Total
122	2	0	2	4	1	9
123	3	12	0	2	8	25
124	4	0	6	2	2	14
125	0	5	0	3	1	9
126	0	0	3	10	1	14
127	1	2	0	3	0	6
128	3	2	0	0	2	7
129	0	0	2	1	1	4
130	4	5	3	0	1	13
131	1	0	1	2	6	10
132	4	5	6	0	0	15
133	8	0	2	2	0	12
134	0	1	1	1	1	4
135	0	2	5	6	0	13
136	0	0	0	6	2	8
137	3	4	0	0	0	7
138	0	1	1	6	2	10
139	0	0	9	0	0	9
140	4	1	3	1	1	10
141	2	3	1	0	2	8
142	1	0	3	6	0	10
143	1	16	2	3	10	32
144	0	0	0	0	1	1
145	3	1		2	0	6

GLOSARIO

Glosario

SAP: Es el sistema en donde se tienen los datos de entrenamiento, la información de los equipos y de las ordenes de producción.

Agile: Es el sistema en donde se encuentra la información de los procedimientos utilizados en la empresa.

MPI: Es el documento que contiene todas las instrucciones de manufactura.

Coblation: Tecnología de los dispositivos médicos utilizados por la empresa.

ANEXOS

Anexo 1. Información del Software facilitada por el proveedor

Software Requirements

Contents

INTRODUCTION	5
ACTIVITIES AND SCOPE	5
ASSUMPTIONS AND RESTRICTIONS	6
DELIVERABLES	7
TECHNICAL FEATURES.	7
TECHNOLOGY	7
TECHNICAL REQUIREMENTS	7
<i>Database Server</i>	7
<i>Web Server</i>	7
<i>End User</i>	7
<i>Supported operating systems</i>	7
PROJECT MANAGEMENT	7
RESPONSABILITIES	7
COMUNICATION	8
FINALIZATION CRITERIA.	8
TOTAL AMOUNT	8
PAYMENT METHOD	8
CONTACT	9

INTRODUCTION.

The Supplier presents this proposal **TO** submit to Smith and Nephew's assessment, called "The Client", a software development project to automate the process of "**EQUIPMENT** Scanner". The estimation of activities, effort and cost are based on the requirements expressed by the users in face-to-face interviews and by teleconference.

ACTIVITIES AND SCOPE.

Next, the activities that this quotation contemplates are indicated:

Tasks	Work
Smith & Nephew – Equipment Scanner Software	168 hrs
Initialization	24 hrs
Creating non-functional prototype - For acceptance	12 hrs
Work plan update.	2 hrs
Configuration environment development	8 hrs
Project Kickoff	2 hrs
Development	104 hrs
ETL "Schedule Maintenance plan"	18 hrs
Data Extraction	16 hrs
ETL Execution	2 hrs
ETL "Maintenance Scheduling Overview"	18 hrs
Data Extraction	16 hrs
ETL Execution	2 hrs
Web Application	60 hrs
Creating Base HTML	4 hrs
Login Form	4 hrs
General Settings	8 hrs
Definition of users - administrators - per transaction	16 hrs
Work Orders Filter Form	8 hrs
Work Order Form	16 hrs
Work Order Report – Print Preview	4 hrs
General User Manual	8 hrs
Testing	32 hrs
Internal MDG Testing	16 hrs
Integration Testing	8 hrs
Acceptance Testing	8 hrs
Go Live	8 hrs
Production environment installation	8 hrs

DELIVERABLES.

Non-Functional Prototype in HTML Format. Source code.

Compiled binary code. Installer of the Application. General Manual

TECHNICAL FEATURES.

TECHNOLOGY.

Microsoft Visual Studio .Net 2017: C#.

.Net Framework 4.5.

Microsoft SQL Server 2008 R2 or higher.

TECHNICAL REQUIREMENTS.

Data base Server.

Microsoft Windows Server 2008 R2 or higher.

SQL Server 2008 R2 Standard or higher.

Microsoft .Net Framework 4.5.

Suggested Memory: 4Gb – 8Gb

Web Server.

Microsoft Windows Server 2008 R2 or higher.

Microsoft .Net Framework 4.5

Internet Information Services.

Suggested Memory: 4Gb

End User.

1. Minimum video resolution: 1024/768.

Supported operating systems.

Microsoft Windows 10.

PROJECT MANAGEMENT.**RESPONSABILITIES.****The responsibilities of the provider during the development of the project are as follows:**

Designate a single person as Project Leader, so that the client has a single official communication channel.

The provider agrees to keep the confidentiality of the information provided by the client, protected by a "Confidentiality Agreement".

The provider agrees to have a weekly meeting with the counterpart of the client's project, with the aim of giving an adequate follow-up to the tasks, identifying risks and resolving situations that could threaten the success of the project. This meeting can be via tele-conference and from it a report with the status of the project will be released.

The client's responsibilities in the project are as follows:

Assign a person responsible for the project. This person must have the power to make decisions about the project and its requirements. In addition, it should be responsible for providing the resources assigned to the project with the necessary information and documents, as well as coordinating the relevant meetings with the internal collaborators of the client.

The client must respond to requests related to the project by the supplier within a period of no more than one business day. In case the request cannot be solved in its totality in this period, it must indicate the date in which it is going to conclude the request, being a reasonable time and that does not impact the delivery time of the project.

COMUNICACION.

Any communication regarding the project must be made via email through the respective Project Directors of each party.

The main monitoring tool will be the weekly minutes of the control meetings. In these meetings the progress will be reviewed, the risks will be identified, and the incidents will be documented. Likewise, the minutes of the previous week will be reviewed with the objective of following up on the project events documented there.

FINALIZATION CRITERIA.

The project will be terminated once the following conditions are met:

The system programming process is completed and passes the unit, integral and end-user tests.

Delivery of:

Non-Functional Prototype in HTML Format.

Source code.

Compiled binary code.

Installer of the Application.

General Manual

TOTAL AMOUNT.

Expressed in USD Dollar currency

\$7.560.00

PAYMENT METHOD.

To be agreed between the parties.

Anexo 2. Cotización de equipos



Q Source Inc.
227 Knickerbocker Avenue
Bohemia, NY 11716
US
631-563-0600

QUOTATION

Order Number	
1067017	
Order Date	Page
1/22/2018	1 of 1

Quote Expires On 2/21/2018

B I L L T O	Arthrocare Costa Rica SRL 502 Parkway, Global Park La Aurora Heredia, CR CR (506)209-1500 Attn: Invoice Submission	S H I P T O	ARTC - COYOL ArthroCare Costa Rica B32.1, 652 St 2, Coyol Free Trade Zone & Bus Park Alajuela Costa Rica, CR CR
--	--	--	---

BUYER	CUSTOMER #	PO # / REF #	TERMS
Luis Gutierrez	15072		Net 60 Days
SALESPERSON	SHIP VIA	F.O.B.	
Costa Rica Reg S. Arguello / J. Toro	TBD	Origin	

Please note: Any hazardous material requiring air or ocean service will be shipped directly from the manufacturer

QTY	ITEM	DESCRIPTION	PRICE	U/M	EXT'D PRICE
1.00	MC2180-MS12E0A-M056	MC2180 1D Laser Scanner – 27-Key Keypad - Bluetooth/Wi-Fi (802.11a/b/g/n) Interfaces - Color Touch QVGA Screen - Windows CE 6.0 Pro - 256MB	1,150.000	EA	1,150.00