

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO FT DE LA
EMPRESA ABT

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

ELABORADO POR: MARCELO ARCE ALVARADO


TUTORA: MSC. GRACIELA FIGUEROA FIGUEROA

HEREDIA, DICIEMBRE 2018

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Marcelo Arce Alvarado, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 4-182-083 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 Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO FT, 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 22 días del mes de abril del año dos mil 19.



Firma del estudiante

Cédula 4-182-083



CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 20 de Abril del 2019

A quien corresponda
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Marcelo Arce Alvarado cédula de identidad número 401820083, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"Aumento de la eficiencia en la línea de producción del producto FT de la empresa ABT" durante el primer semestre del 2019**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de la Licenciatura en Ingeniería Industrial.

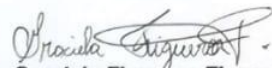
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	19%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		98%

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

Atentamente,



Graciela Figueroa Figueroa
107190744
Carné Colegio Profesional N, IPI-29722

CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR

CARTA DE LECTOR

Heredia, 26 de junio de 2019

Sres. Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores

El estudiante Marcelo Arce Alvarado, cédula de identidad 401090714, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Aumento de la eficiencia en la línea de producción del producto FT de la empresa ABT", el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

**Ana Catalina
Leandro
Sandí**  Firmado digitalmente
por Ana Catalina
Leandro Sandí
Fecha: 2019.06.26
22:58:00 -06'00'

MGA. Ana Catalina Leandro Sandí, Ing.
Cédula: 3-0398-0478
Carné: IPI 22762

CARTA DE APROBACIÓN DEL FILÓLOGO

San José, 10 de agosto del 2019

Señores
Universidad Hispanoamericana
Ingeniería Industrial

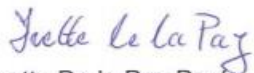
Estimados señores:

El sustentante Marcelo Arce Alvarado, número de identificación 401820083, presentó, para efecto de corrección de estilo en mi calidad de profesional graduada en Filología Española e incorporada al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica, el informe escrito denominado **“AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO FT DE LA EMPRESA ABT”**; el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura en la carrera de Ingeniería Industrial.

Por lo tanto, he revisado de acuerdo con los lineamientos de la corrección de estilo señalados por la Institución, los aspectos de estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y los vicios de dicción, que se trasladan al escrito.

Por consiguiente, este trabajo puede ser presentado oficialmente a la Universidad.

Atentamente,



Ivette De la Paz Durán
Cédula: 6-139-195
No. Colegiado: 10688

CARTA DE AUTORIZACIÓN

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
BIBLIOTECA
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN

San José, 29 Agosto 19

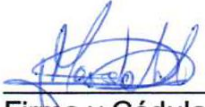
Señores:
Universidad
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Marcelo Arce Alvarado, con número de identificación 4-182-083
autor (a) del trabajo de graduación titulado
Aumento de la eficiencia en la línea de producción del producto
FI de la empresa ABT,
presentado y aprobado en el año 2019, como requisito para optar por el grado de
licenciatura en Ing. Industrial; (S/NO) autorizo a la Biblioteca de la
Universidad Hispanoamericana para que con fines académicos, muestre a la
comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos
Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


4-182-083
Firma y Cédula de Identidad

DEDICATORIA

Para mis dos tesoros más grandes, mis pequeñas bebés Fabiana y Natalia que iluminan mis días y llenan de amor mi existencia.

Las amo infinitamente.

A mi amada esposa Pamela, por ayudarme a buscar siempre la mejor versión de mí mismo, por todo el sacrificio, la paciencia durante este proceso y por todo el amor y la entrega que pones en tu familia.

Te amo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza y la sabiduría para encontrar siempre el camino correcto y por todas las bendiciones que recibo de él cada día.

A todos los colaboradores del producto FT en la empresa, operarios, líderes, supervisores, ingenieros, en especial al Ing. Edgar Carrera por su guía y buenos consejos.

Al gerente de manufactura Ing. Adrián Solís por creer en mi proyecto, los consejos y la oportunidad de colaborar en tan distinguida empresa.

A mi tutora de tesis Ing. Graciela Figueroa por la paciencia, la guía y el buen acompañamiento durante el proceso.

A mi esposa que fue apoyo incondicional, sin ella nada de esto hubiese sido posible, estaré eternamente agradecido.

Índice General

DECLARACIÓN JURADA	ii
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR	iv
CARTA DE APROBACIÓN DEL FILÓLOGO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	viii
Índice de Tablas.....	xiii
Índice de Figuras	xiv
Acrónimos y siglas	xv
Resumen Ejecutivo	xvi
CAPITULO I: INTRODUCCCIÓN	17
1.1 Introducción.....	18
1.2 Descripción de la empresa	19
1.3 Planteamiento del problema	24
1.4 Justificación del proyecto.....	25
1.5 Objetivos del proyecto	26
1.5.1 Objetivo General	26
1.5.2 Objetivos específicos	26
1.6 Alcance y limitaciones	26
1.6.1 Alcance	26
1.6.2 Limitaciones	27
CAPITULO II: MARCO CONCEPTUAL.....	29
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera.	30
2.1.1 Productividad	30
2.1.2 Eficiencia y eficacia.....	31
2.1.3 Diseño de métodos	31
2.1.4 Diagrama de flujo	34
2.1.5 Diagrama de Ishikawa.....	35
2.1.6. Los 5 ¿por qué?	36
2.1.7. Estudio de tiempos.....	37
2.1.8. Estadística básica	40
2.1.9 Diagrama de Pareto	41

2.1.10 Balance de línea	41
2.1.11 Manufactura esbelta (“lean manufacturing”)	42
2.1.12 Trabajo estándar (“standard work”)	44
2.1.13 Lluvia de ideas	44
2.1.14 Matriz de impacto y viabilidad	46
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	47
2.2.1 Metodología DMAIC	47
2.3. Marco conceptual referente al impacto del proyecto	49
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.....	50
CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO.....	53
3.1 Tipo de investigación	54
3.2 Metodología para la definición del problema.....	55
3.2.1 Definición del problema.....	55
3.3 Metodología para la medición y el respaldo cualitativo del proyecto	56
3.3.1 Descripción de herramientas para la medición y análisis del proceso	56
3.4 Metodología para la propuesta de mejora, construcción puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	58
3.5 Metodología para la implementación del proyecto	60
3.6 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados....	61
CAPITULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	63
4.1 Identificación de procesos en la elaboración del producto FT	64
4.1.1 Identificación del proceso general	64
4.1.2 Identificación del proceso de cambio de lote	66
4.2 Análisis de causas	70
4.2.1 Diagrama de Ishikawa.....	70
4.2.2 Análisis de los 5 ¿Por qué?.....	75
4.3 Estudio de tiempos	78
4.3.1 Plan de recolección de datos	78
4.3.2 Recolección de datos	81
4.3.3 Cálculo del tamaño de muestra.....	83
4.3.4 Recolección de datos necesarios.....	85
4.4 Diagrama de Pareto	88
4.5 Análisis comparativo entre turnos	90
4.6 Análisis de la capacidad del sistema	91
4.6.1 Tiempo disponible del turno	91

4.6.2	Tiempo de cambio de lote	92
4.6.3	Tiempos de fabricación unitarios y número de operarios.....	94
4.6.4	Modelo de capacidad de la línea del producto FT	97
4.7	Resultado del análisis.....	100
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN		101
5.1	Planteamiento de la propuesta de mejora.....	102
5.1.1	Metodología SMED	104
5.1.2	Lluvia de ideas	106
5.1.3	Matriz de impacto y viabilidad	108
5.2	Plan de mejora	110
5.2.1	Acciones basadas en el plan de mejora	112
5.2.1.1	Entrenamiento.....	112
5.2.1.2	Matriz de roles y responsabilidades	114
5.2.1.3	Optimización de tiempo de cambio de lote	115
5.2.1.4	Metas de cambio de lote basadas en el “standard work”	116
5.3	Resultados del plan piloto.....	118
5.3.1	Análisis de los datos	118
5.4	Resultado de la propuesta de mejora	122
5.4.1	Análisis de los resultados.....	122
5.5	Plan de control y seguimiento.....	125
5.6	Optimización del modelo de capacidad en base a los resultados de la propuesta de mejora	127
5.6.1	Modelo de capacidad con tiempos mejorados.....	128
5.6.2	Modelo de capacidad maximizado	129
5.7	Mejora del indicador de productividad	130
5.8	Impacto económico	132
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		134
6.1	Conclusiones y recomendaciones	135
6.1.1	Conclusiones	135
6.1.2	Recomendaciones	136
	Bibliografía	139
	Apéndices	142
Apéndice 1.	Registros del estudio de tiempos inicial del turno A.....	142
Apéndice 2.	Registros de observaciones de tiempos en el turno B	146
Apéndice 3.	Tablas de “standard work” por estación.....	150

Apéndice 4. Registro de observaciones del tiempo de cambio de lote después de la implementación.....	155
Anexos	160
Anexo 1. Formulario de despeje de línea del producto FT	160
Anexo 2. Tabla T Student	161
Anexo No. 3. Lista de chequeo para evaluar la verificación de despejes de línea.....	162

Índice de Tablas

Tabla 1. Definición del problema.....	55
Tabla 2. Medición, análisis y respaldo cualitativo.....	57
Tabla 3. Metodología de la propuesta de mejora	59
Tabla 4. Metodología para implementación	60
Tabla 5. Metodología para el control de resultados	62
Tabla 6. Análisis de los 5 ¿Por qué? de las causas	76
Tabla 7. Actividades y punto de corte durante el cambio de lote.	80
Tabla 8. Cálculo de muestra por estación.	85
Tabla 9. Resumen prueba de normalidad de Anderson-Darling de los datos por estación	87
Tabla 10. Cálculo del tiempo disponible para el turno de trabajo.	91
Tabla 11. Tiempo de cambio de lote teórico y real.	93
Tabla 12. Tiempo unitario y número de operarios por estación.	95
Tabla 13. Datos de capacidad para la línea del producto FT	97
Tabla 14. Resumen de propuestas y resultados de la implementación	104
Tabla 15. Lluvia de ideas.....	107
Tabla 16. Plan de acciones de mejora para reducir el tiempo de cambio de lote.....	111
Tabla 17. Matriz de roles y responsabilidades para el cambio de lote.	114
Tabla 18. “Standard Work” de cambio de lote por estación.....	115
Tabla 19. Metas de cambio de lote y operario coordinador por estación	117
Tabla 20. Cálculo de muestra por estación luego de correr el plan piloto.....	119
Tabla 21. Prueba de normalidad de datos obtenidos en el plan piloto	120
Tabla 22. Resultados del análisis de medias para cambio de lote	122
Tabla 23. Porcentaje de mejora en los cambios de lote.....	124
Tabla 24. Responsabilidades y acuerdo de seguimiento.....	125
Tabla 25. Lista de verificación de cumplimiento de las propuestas de mejora.....	126
Tabla 26. Tiempos de cambio de lote y unitarios teóricos, reales y mejorados	127
Tabla 27. Índice de productividad proyectado para el 2019	131
Tabla 28. Índice de productividad basado en la propuesta de mejora para el 2019.	132
Tabla 29. Conclusiones generales y específicas.....	135

Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama del área administrativa	20
Figura 2. Producto FT	22
Figura 3. Mapa del proceso del producto FT	23
Figura 4. Ahorros de tiempo a través de ingeniería de métodos y el estudio de tiempos.....	33
Figura 5. Simbología básica del diagrama de flujo	35
Figura 6. Diagrama de Ishikawa	36
Figura 7. Cronómetro para el estudio de tiempos.....	38
Figura 8. Tabla de apoyo de los formularios de tiempo	38
Figura 9. Etapas del muestreo y estudio de tiempos	39
Figura 10. Diagrama de Pareto.....	41
Figura 11. Matriz impacto y viabilidad.....	46
Figura 12. Ciclo DMAIC.....	47
Figura 13. Formulario para la toma de tiempos.....	58
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del producto FT	65
Figura 15. Diagrama de flujo del cambio de lote entre estaciones del producto FT.	67
Figura 16. Diagrama de Ishikawa para el cambio de lote.....	70
Figura 17. Tiempo promedio actual del cambio de lote por estación	81
Figura 18. Número de ciclos de observación de trabajo recomendados.	83
Figura 19. Resumen gráfico de prueba de normalidad de los datos	86
Figura 20. Diagrama de Pareto de las actividades durante el cambio de lote	88
Figura 21. Comparación de tiempos entre turnos.....	90
Figura 22. Modelo de capacidad de la línea del Producto FT.....	98
Figura 23. SMED para actividades de cambio de lote	105
Figura 24. Matriz de impacto y viabilidad de las ideas propuestas	109
Figura 25. Estación de entrenamiento en verificación de despejes de línea.....	113
Figura 26. Gráfica de cajas del cambio de lote antes y después de la mejora	121
Figura 27. Tiempos de cambio de lote antes y después de la propuesta de mejora	123
Figura 28. Modelo de capacidad del producto FT con tiempos de cambio de lote mejorados.	128
Figura 29. Modelo de capacidad del producto FT maximizado	129

Acrónimos y siglas

ABT: Empresa donde se llevó a cabo el proyecto.

BiD: Modalidad bidireccional. Referente a una de las variedades de modelos de fabricación del producto FT.

CL: Cambio de lote.

DHR: Device History Record (Registro histórico del producto por sus siglas en inglés).

DL: Despeje de línea.

Dymax: Equipo que funciona con luz ultravioleta utilizado en el curado de adhesivos.

FT: Producto involucrado en este proyecto.

MH: Material handler (Encargados del manejo de material por sus siglas en inglés).

OIT: Oficina Internacional del Trabajo.

SFA: Shop Floor Analytics (Sistema o programa de registro de tiempo y unidades producidas por operación).

UL: Utilización de la línea de producción.

UniD: Modalidad unidireccional. Referente a una de las variedades de modelos de fabricación del producto FT.

Resumen Ejecutivo

Arce, M. (2019). Aumento de la eficiencia en la línea de producción del producto FT de la empresa ABT. Universidad Hispanoamericana. Heredia. Tutor: Graciela Figueroa.

El proyecto se realiza con el fin de desarrollar una propuesta de mejora y un plan de implementación para el problema que existe en la línea de producción del dispositivo FT en la empresa ABT Costa Rica, la cual se dedica a la manufactura de dispositivos médicos. El objetivo primordial de este proyecto fue lograr reducir en al menos un 20% el tiempo que toma el cambio del lote, con lo cual se busca la maximización de recursos e impactar el indicador de productividad.

Para el abordaje metodológico se privilegió la metodología DMAIC, mediante la cual se definió el problema, el alcance y objetivos del proyecto, se hizo la medición de los datos y el análisis de causas a través de herramientas como diagrama de Ishikawa, 5 por qué y Pareto de las cuales derivaron tres propuestas principales, las cuales consistieron en el diseño de métodos, un plan de entrenamiento enfocado en la verificación del cambio de lote y la estandarización del proceso.

Posteriormente, se implementaron las propuestas y se corrió el plan piloto con resultados positivos ya que se logró reducir en un 46% el tiempo promedio que tomaba el cambio de lote entre todas las estaciones, logrando inclusive en algunas una reducción de hasta un 77%.

En términos de impacto económico se logró demostrar que la línea de producción puede prescindir de dos recursos en cada turno lo que significa un ahorro de \$48000 anuales. Esto generó una mejora del 5 % en el índice de productividad proyectado para el 2019 en el producto FT.

Cabe resaltar que las propuestas del proyecto fueron evaluadas y entregadas a los encargados del área y a la gerencia para su continuidad, seguimiento y control, cerrando de esta manera las etapas de la metodología DMAIC.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El proyecto se enfocará en la línea de producción del producto FT de la empresa ABT, ubicada en el Coyol de Alajuela. En esta línea, se trabaja con órdenes de producción por lotes de 86 unidades. Una vez finalizada la respectiva operación del lote, se procede a realizar despeje de línea en cada estación de trabajo. El despeje de línea es un requisito de calidad que es auditable y forma parte del manual del procedimiento de la operación respectiva.

El despeje de línea implica una serie de actividades de limpieza, documentación, chequeo de componentes y ajuste de equipos a utilizar en el siguiente lote.

El proceso para el despeje de la línea no posee un método estandarizado para su ejecución, en cuanto al orden para llevarlo a cabo en el menor tiempo posible. El despeje de la línea ha sido un proceso identificado por sus supervisores y demás colaboradores del área como un tanto desordenado en el uso y aprovechamiento del tiempo por parte de los operarios.

El proceso utilizado para el despeje de línea tiene una oportunidad de mejora, ya que según quienes supervisan las actividades del despeje de línea, se pueden organizar y mejorar de forma significativa el tiempo que toman en ejecutarlas.

A través del diseño de métodos, análisis de causas y en conjunto con las propuestas que se puedan generar dentro de la línea por parte de las personas que ahí laboran, se construirá una propuesta que permita solucionar el problema planteado.

Con la finalización del proyecto se generará un esquema de trabajo adecuado, que permita ejecutar las tareas correspondientes al cambio de lote con una correcta utilización del tiempo y asignación de tareas.

La línea de investigación en la que se basa este proyecto responde a la de Operaciones Industriales ya que, mediante el estudio de tiempos se buscará optimizar y mejorar la productividad, se analizarán las operaciones y procesos con la intención de que el área operacional de la empresa sea más eficiente en su trabajo.

1.2 Descripción de la empresa

Misión

“En ABT lo que más nos importa es ayudarte a vivir la mejor vida posible a través de una buena salud. Mantenemos su corazón sano, nutrimos su cuerpo en cada etapa de la vida, lo ayudamos a sentir y movernos mejor, y le brindamos información, medicamentos y avances para manejar su salud. Todos los días y en todo el mundo, estamos descubriendo nuevas formas de mejorar la vida.”

Visión

“Ser una organización multifuncional y competitiva, a través del talento de nuestra gente.”

Antecedentes históricos de ABT Costa Rica

La planta de ABT se ubica en Costa Rica desde diciembre del 2010, sin embargo, sus productos han permanecido en el mercado nacional por más de 80 años, a través de la distribución y venta de productos de diagnóstico, dispositivos médicos, suplementos nutricionales y productos farmacéuticos genéricos de marca. Es en el año 2016, se anuncia la compra de MJS por parte de ABT en una operación valorada en unos \$25.000 millones. Los inicios de las operaciones como ABT se dieron a partir de enero del 2017.

La unión de dichas empresas pretendía por parte de ABT crear el primer grupo de equipos médicos con una posición predominante en los mercados de dispositivos médicos.

La ubicación física de la planta es en la Zona Franca en el Coyol de Alajuela, donde cuenta con más de dos mil colaboradores consolidándola como una de las empresas empleadoras en el área de dispositivos médicos más grandes del país. Dentro de la planta se fabrica una variedad importante de dispositivos médicos bajo estrictos estándares de calidad y trazabilidad de sus procesos, lo que le ha dado prestigio a nivel mundial en dicha actividad.

Estructura organizativa

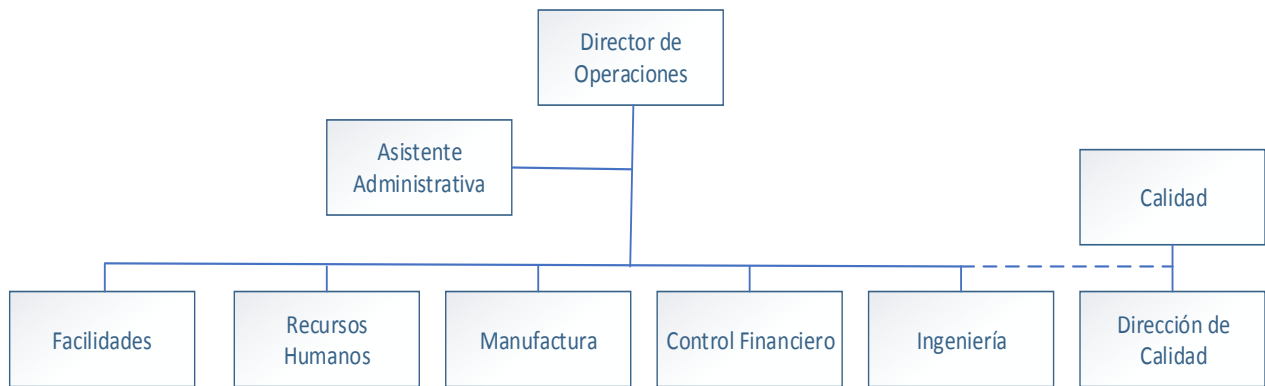


Figura 1. *Organigrama del área administrativa*

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- **Facilidades:** Es el grupo de personas encargado de mantener el buen funcionamiento, así como la seguridad del edificio o planta. Sus grupos funcionales son ingeniería de instalaciones, la planificación de construcción mantenimiento y construcción.
- **Recursos Humanos:** Encargados del reclutamiento y desarrollo del activo más importante de la empresa, la gente. Encargados del diseño de programas de recompensas y atención al empleado en general.
- **Manufactura e ingeniería:** Trabajan en la fabricación directa del producto en procura de la eficiencia y confiabilidad del proceso.
- **Control financiero:** Encargados del área de contabilidad, tesorería y finanzas y la preparación de estados financieros para todas las partes interesadas.
- **Calidad:** Se encargan de la estandarización de los procesos, asegurar la trazabilidad de estos, así como la conformidad de los productos con las regulaciones internas y externan que rigen a la compañía.

Las áreas de manufactura como las de ingeniería son lideradas por gerentes de área que supervisan distintas líneas de producción clasificadas según la familia de productos que fabrican, a su vez estos están a cargo de supervisores de línea que

supervisan a los líderes de producción y los grupos de operarios bajo su cargo. Cabe mencionar que el proyecto se desarrollará en una de las líneas de producción del producto FT a cargo uno de los supervisores de manufactura.

Número de empleados

La línea de producción del producto FT cuenta con un total de 51 empleados de los más de 2000 mil empleados con los que cuenta actualmente la empresa, de los cuales menos del 30% está dedicado a funciones administrativas el resto se dedica al proceso de manufactura de la planta.

Tipos de productos

La empresa cuenta con 19 productos subdivididos en 4 áreas que son: electrofisiología, manejo de fallas de corazón, estructura cardiaca y vascular. La electrofisiología es el área encargada del diagnóstico y tratamiento preciso de las arritmias y agilizar los flujos dentro del corazón.

Con respecto a este proyecto, el área en que se centra el mismo, corresponde a la del producto FT visto en la Figura No. 2, el cual es un catéter de ablación irrigado que pertenece al grupo de electrofisiología. Dicho catéter entra por la vena cava hasta el corazón para reparar arritmias cardiacas.

Mercado de exportación

La mayor parte de los mercados de exportación (distribución) se da al continente europeo y a los Estados Unidos, entre los principales mercados de venta se encuentra Roseville, Japón, Canadá, Australia, Brasil y Bélgica en su centro de distribución de ABT y al centro de distribución de la empresa TRM igualmente ubicado en Bélgica. Sin embargo, los productos llegan a casi todo el mundo (la empresa es catalogada como una empresa global), por medio de otros distribuidores que crean mayores conexiones llegando finalmente a hospitales y a médicos.



Figura 2. Producto FT

Fuente: Virtual Expo, (2019).

Descripción del proceso productivo

Tal como se muestra en la Figura No. 3 el proceso está compuesto de varias estaciones principales que corresponden a la línea, las cuales son 22 en total y una serie de estaciones que abastecen la línea llamadas subensambles, todas sirven al propósito de producir el producto FT.

Cada una de las estaciones iniciales desde SPI hasta SW se encargan del diseño de la punta del catéter. Posteriormente, la estación FEL se encarga de ensamblar la parte eléctrica y de transporte de fluidos del catéter. De las estaciones PS hasta TW se termina de dar forma a todo el cuerpo del catéter. Las estaciones posteriores de AS hasta HD son las que se encargan de ensamblar la parte con la que se manipula el catéter conocida como “*Handle*”. De la estación DAFF a VI son estaciones de control visual y de funcionamiento de la pieza, ya en la estación SP se empaqueta y se envía a su posterior esterilización para luego ser distribuida a los clientes.

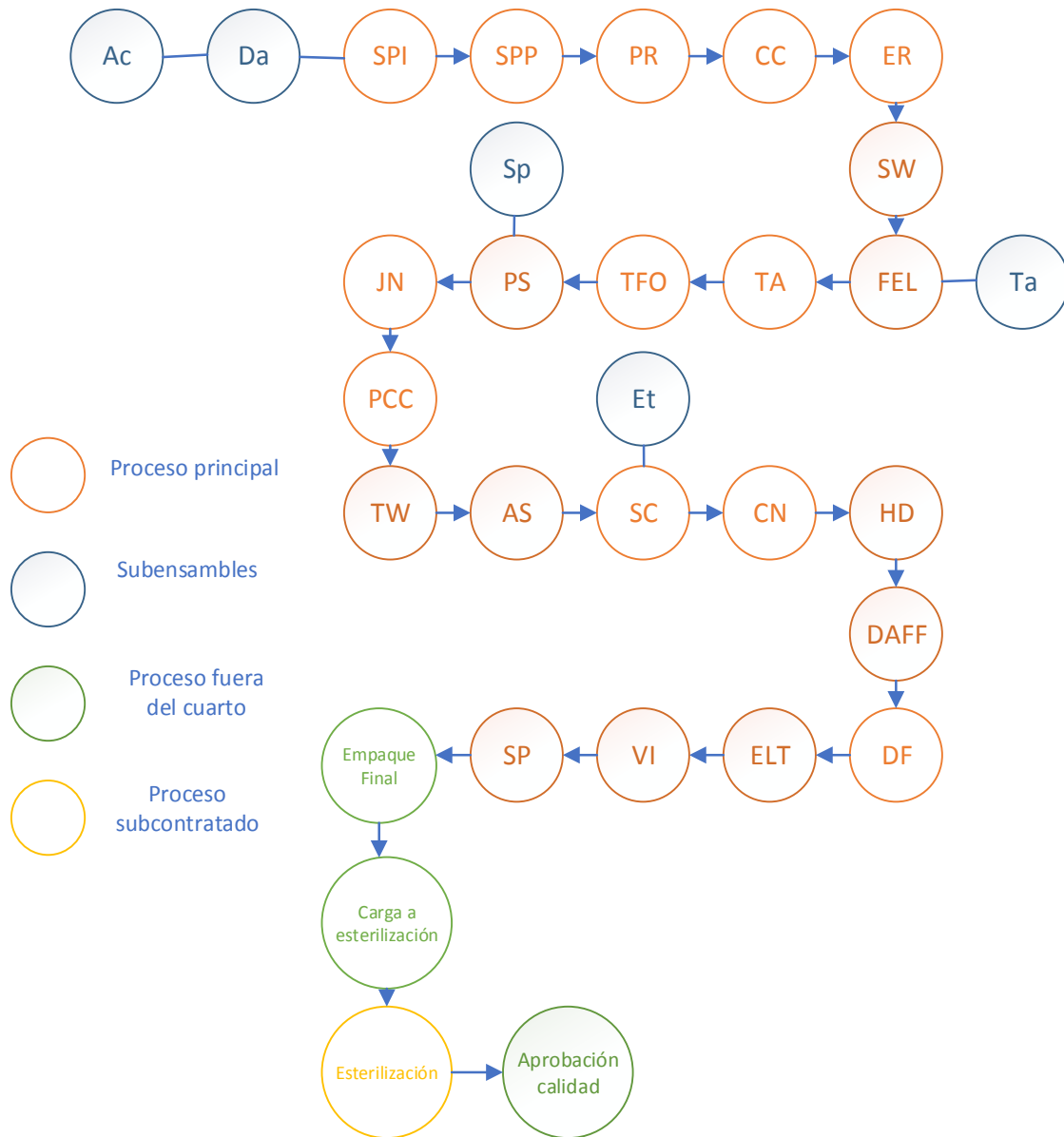


Figura 3. Mapa del proceso del producto FT

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Las estaciones mostradas en la Figura 3, son solo algunas de las estaciones de la línea del producto FT, las cuales se identifican con las siglas de su nombre completo por razones de confidencialidad, por ejemplo, HD son las siglas de “Handle”, estación donde se fabrica el manubrio del dispositivo. Más adelante, se hará un diagrama de flujo más detallado

de la línea de producción para los puntos donde ocurren los cambios de lote dentro de la línea que serán considerados en el análisis de este proyecto.

Por otro lado, cabe mencionar que esta línea de producción tiene dos modalidades en el diseño del producto FT una es la bidireccional y la otra unidireccional. La modalidad del producto indica en qué sentido gira la punta del catéter al momento de usarlo. Por ejemplo, en el caso del unidireccional la punta solo gira en un sentido mientras que en la bidireccional gira en sentidos opuestos. Actualmente el 80% de la producción corresponde al catéter bidireccional mientras que el 20% corresponde a unidireccional.

1.3 Planteamiento del problema

La empresa ha detectado una oportunidad de mejora en la línea de manufactura del producto FT, mediante la optimización del proceso del despeje de la línea.

Actualmente, en la línea de producción cuando se cambia de lote en cada una de las 22 estaciones de trabajo, es necesario hacer un despeje de línea que permita mayor control y cumplimiento con las normas de calidad establecidas. Esto implica una serie de actividades de limpieza, documentación y chequeo de los componentes y equipos a utilizar en el siguiente lote.

Este proceso, por mucho tiempo no ha seguido un método estandarizado para llevarlo a cabo en el menor tiempo posible y se ha identificado como ineficiente en el uso y aprovechamiento del tiempo por parte de los operarios.

Se ha identificado una oportunidad de mejora, ya que, según quienes supervisan la línea, actualmente el tiempo de cambio de lote se podría disminuir en hasta un 20% basados en observaciones y mediciones preliminares.

Si se logra mejorar este tiempo a través de un estudio de tiempos y el diseño de métodos, se estaría impactando los tiempos de procesamiento de cada unidad, generando un ahorro importante en los costos de producción.

Desde hace mucho tiempo el problema de tiempos prolongados en los despejes de línea había sido identificado tanto por los líderes de equipos, como por los supervisores de

la línea y el gerente de producción. convirtiéndose en una situación que se arrastra casi en todas las líneas de producción del área.

La gerencia considera que un método adecuado que permita reducir los tiempos en una de las líneas, como lo es la del producto FT, será de gran utilidad para emularlo en las demás líneas de producción.

Este problema ha sido considerado como tal, ya que a pesar de los balances de línea que se han hecho, no ha sido posible sacarles el máximo provecho, debido al gran tiempo que toman los despejes de línea.

El producto FT, posee alrededor de 30 estaciones de trabajo en donde cada una realiza su propio despeje de línea o cambio de lote, significando esto una gran parte del tiempo productivo durante la jornada laboral.

1.4 Justificación del proyecto

Para empresas de manufactura, cualquier costo que pueda reducir en sus líneas de producción —sobre todo ligado a tiempos— es muy significativo, ya que el tiempo representa un valioso recurso cuando se trabaja por metas de producción que satisfacen una demanda de clientes cuyas vidas dependen del producto fabricado.

En una industria tan especializada como la de los dispositivos médicos, el tiempo que se pueda ganar en las líneas de producción puede significar un mejor aprovechamiento en actividades como reentrenamiento, capacitación de sus colaboradores o liberación de personal a otras líneas de producción, ya que lo que están fabricando tiene serias implicaciones en la salud de sus clientes, por lo que la calidad y los costos de fabricación son de suma importancia.

Para el caso de los despejes de línea o cambio de lote el tiempo teórico asignado a esta actividad es alrededor de un 11,6% del tiempo total consumido en la elaboración de una unidad. Por lo tanto, si se logra reducir o estandarizar se estaría reduciendo directamente el tiempo requerido para alcanzar las metas de producción.

Por otro lado, el reducir el tiempo de cambio de lote, podría generar una reducción en el personal directo requerido para la fabricación del producto FT y trasladarlo a los costos operativos de otro producto que requiera contratar nuevo personal. Actualmente un operario le cuesta a la empresa alrededor de \$12000 al año, por lo que una reducción del personal sería de suma importancia en el ahorro de costos operativos.

1.5 Objetivos del proyecto

1.5.1 Objetivo General

- Mejorar la productividad en al menos un 5% mediante la reducción del tiempo de cambio de lote en la línea del producto FT, basado en el diseño de métodos y estudio de tiempos, logrando un impacto positivo en los costos de producción.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar las causas de la ineficiencia en el uso del tiempo durante los cambios de lote en la línea de producción.
- Realizar un estudio de tiempos para los cambios de lote en la línea de producción del producto FT.
- Identificar cuales estaciones de trabajo representan cuellos de botella y requieren mayor atención en cuanto al tiempo de cambio de lote.
- Reducir el tiempo del cambio de lote en al menos un 20% a través de distintas propuestas de mejora.
- Determinar el impacto económico del proyecto.

1.6 Alcance y limitaciones

1.6.1 Alcance

El proyecto se llevará a cabo en el área de electrofisiología de la empresa a la cual pertenece el producto FT y tendrá lugar en el turno A. El turno A, representa alrededor del 60% del tiempo total disponible de la semana.

Es importante destacar que el enfoque de este proyecto es la mejora continua por lo que pretende reducir desperdicios en el tiempo productivo, generados por actividades que son necesarias pero que a su vez no están involucradas directamente en la fabricación del producto como los cambios de lote o despejes de línea.

Por lo mencionado anteriormente, se aclara que el alcance para efectos de estudio de tiempos y análisis de la mejora será únicamente en las actividades involucradas en el cambio de lote o despeje de línea.

Para esto, el proyecto abarcará únicamente la línea de ensamble del producto FT en modalidad BiD debido a que representa el 80% de la producción. Se excluyen las estaciones de trabajo correspondientes a los subensambles.

Actualmente la línea de producción cuenta con 30 estaciones de ensamble de las cuales el 86% están dedicadas al producto en estudio, por lo que el análisis se enfocará en esas estaciones.

El proyecto se desarrollará en las fechas comprendidas entre el 11 de julio y el 21 de diciembre del 2018. Sin embargo, el proceso de las propuestas e implementación de las mejoras se llevará a cabo entre los meses de octubre a diciembre del 2018

Se parte del hecho de que los colaboradores que inician en el proyecto son los mismos que estarán en las etapas finales del mismo, también que los costos de mano de obra son los mismos durante y al final del proyecto.

1.6.2 Limitaciones

Una de las limitaciones del proyecto es la confidencialidad, ya que no permiten presentar los datos tal cual son en la realidad, como datos financieros, nombres de las estaciones, productos, procesos y formularios utilizados en el despeje de línea. Muchos de los formularios detallan las actividades contenidas dentro del despeje de línea lo que podría brindar información a terceros.

Otra de las limitantes es la frecuencia de los despejes de línea o cambios de lote. El cambio de lote sucede cada vez que los operarios en sus respectivas estaciones terminan

un lote completo. Esto representa una limitante ya que, por día, en cada estación se mueve un lote o dos y muchos de los cambios de lote suceden de forma simultánea en cada una de las 30 estaciones (ver Figura 3), dificultando la obtención de una muestra estadísticamente significativa para todas las estaciones de trabajo.

CAPITULO II: MARCO CONCEPTUAL

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera.

Para las empresas de manufactura y sus gerentes, su objetivo primordial es elaborar un producto de calidad, a tiempo y al menor costo posible, con inversión mínima de capital y con un máximo de satisfacción de sus colaboradores (Chacón y Cordero, 2009).

Por tanto, analizar sus procesos en busca de oportunidades de mejora es parte del día a día de las empresas manufactureras que buscan la optimización de sus indicadores de productividad.

Para entender las variables implícitas en los índices de productividad a continuación se detallan algunos conceptos relacionados a este indicador.

2.1.1 Productividad

Por productividad se puede entender como grado de eficiencia de un proceso o un conjunto de procesos. La manera más sencilla de cuantificar la intensidad de este atributo es a través de la siguiente definición: productividad es igual al cociente de las salidas y entradas totales de un sistema productivo (Mir, 2003).

El desarrollo de este proyecto utiliza el indicador de productividad como lo maneja la empresa.

Se puede entender la productividad como la relación que existe entre la cantidad obtenida de productos en un sistema productivo y los recursos necesarios para obtenerlos, siendo específico en las horas pagadas por mano de obra directa. Es decir:

$$\text{Productividad} = \text{Horas pagadas/Unidades producidas}$$

Este indicador se puede interpretar de dos formas, como está presentado en la fórmula o a la inversa. Como se presenta en la fórmula se lee así: entre menor sea el valor del indicador, mayor será la favorabilidad económica. Por el contrario, si se invierte la fórmula, se interpreta como el valor de las unidades producidas entre las horas pagadas, es decir, entre mayor sea el valor obtenido mayor será la favorabilidad económica.

La empresa ABT hace una revisión de este indicador de forma que, entre menor sea el valor del indicador de productividad mayor será la favorabilidad económica, dado el hecho de que se analiza el número de horas pagadas entre el número de unidades producidas.

2.1.2 Eficiencia y eficacia

Una mejoría en la eficiencia no necesariamente significa una mejoría en la productividad. La eficiencia es solo una condición necesaria pero no suficiente para lograr ser productivo que en combinación con la eficacia se complementa para alcanzar la productividad (Lefcovich, 2009).

La eficiencia es, la proporción de los resultados obtenidos en relación con los estándares de resultados prescritos. La eficacia, en cambio, es el grado en que se logran metas u objetivos de interés para la empresa (Lefcovich, 2009).

Siguiendo este planteamiento la empresa como cualquier otra, lo que busca es ser productiva balanceando todos estos aspectos, por lo tanto, como parte de sus actividades está desarrollar proyectos de mejora continua que le permita generar un mayor rendimiento en sus procesos a través de la aplicación de diversas técnicas, en cuenta, el diseño de métodos y el estudio de tiempos.

2.1.3 Diseño de métodos

Se pueden encontrar varios términos que son utilizados como sinónimos del diseño de métodos, como análisis de operaciones, diseño de trabajo, simplificación del trabajo e ingeniería de métodos. Sin embargo, todos ellos se refieren a técnicas para aumentar la producción por unidad de tiempo o reducir el coste por unidad de producción, en otras palabras, para mejorar la productividad (Niebel y Freivalds, 2009).

Sin embargo, la ingeniería de métodos debe hacer el análisis en dos tiempos diferentes durante la historia del producto, primero el ingeniero de métodos es el responsable del diseño y desarrollo de varios centros de trabajo dónde el producto será fabricado. Segundo, el ingeniero debe estudiar continuamente estos centros de trabajo en busca de una mejor forma de fabricar el producto y/o mejorar su calidad (Niebel y Freivalds, 2009).

Entonces, para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto o proporcionar un servicio, el ingeniero de métodos debe seguir un procedimiento sistemático el cual comprenderá las siguientes operaciones:

- Selección del proyecto
- Obtención de los hechos
- Presentación de los hechos
- Efectuar un análisis
- Desarrollar el método ideal
- Presentación del método
- Implantación del método
- Desarrollo de un análisis de trabajo
- Establecimiento de estándares de tiempo
- Seguimiento del método

Los objetivos principales de estas actividades son aumentar la productividad, la confiabilidad de producto y reducir el costo por unidad, permitiendo que se logre una mayor producción de bienes y/o servicios para un mayor número de personas (Chacón y Cordero, 2009).

Para el desarrollo del diseño de métodos se pueden tomar en cuenta una serie de herramientas y metodologías que permitan establecer una solución al problema planteado, entre las que destacan el estudio de tiempos, implementación de tiempos estándar, diagramas de flujo, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, los 5 por qué, principios de manufactura esbelta como el SMED, lluvias de ideas, matriz de impacto y viabilidad, matriz de roles y responsabilidades, análisis de modelo de capacidad, así como el análisis del indicador de productividad.

La ingeniería de métodos incluye el diseño, la creación y la selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para fabricar un producto con base en lo especificado por las áreas de ingeniería del producto (Niebel y Freivalds, 2009).

Una vez establecido el método en su totalidad, se debe determinar el tiempo estándar necesario para la fabricación del producto.

El procedimiento completo incluye la definición del problema; dividir el trabajo en operaciones; analizar cada operación con el fin de determinar los procedimientos de fabricación más económicos para la cantidad que se desee producir, considerando la seguridad del operador y su interés en el trabajo; aplicando valores de tiempo apropiados y luego dando seguimiento al proceso con el fin de determinar que el método establecido se haya puesto en operación (Niebel y Freivalds, 2009). La Figura No. 4 muestra una separación del contenido de trabajo donde se aprecian oportunidades de ahorros a través del diseño de métodos y el estudio de tiempos.

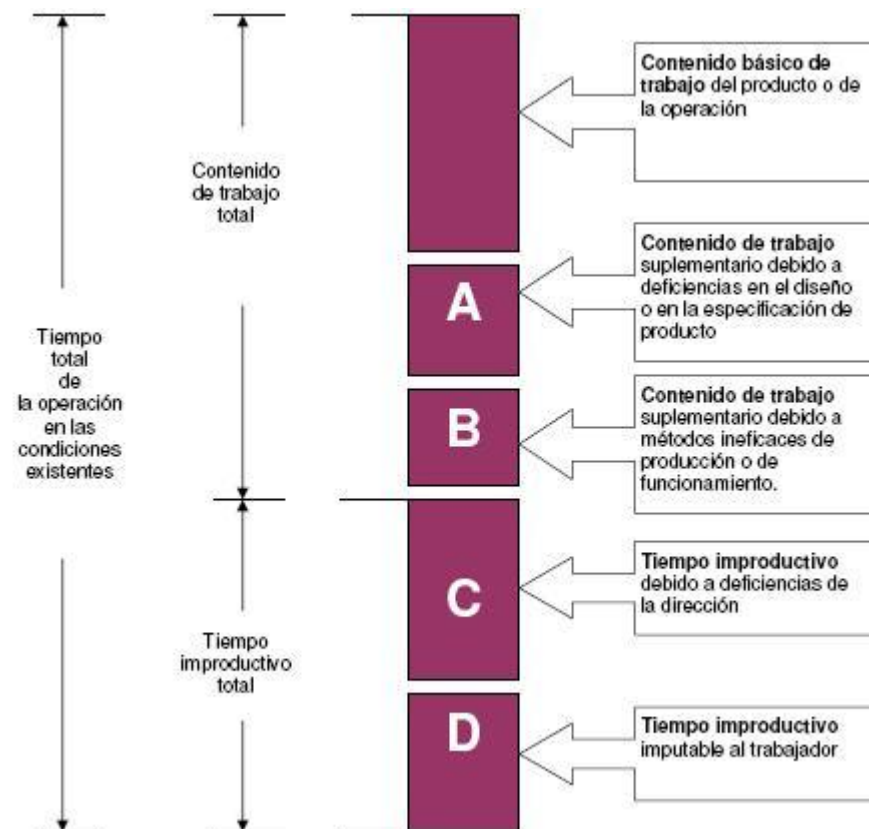


Figura 4. Ahorros de tiempo a través de ingeniería de métodos y el estudio de tiempos.

Fuente: Castillo, Y., (2014).

Para poder iniciar con el proceso del diseño de métodos es necesario reunir toda la información posible de la tarea que requiere un rediseño y las causas que hacen que dicha tarea sea ineficiente para lo cual se pueden tomar en cuenta herramientas como los diagramas de flujo, diagrama de Ishikawa, análisis de 5 por qué, el estudio de tiempos, el diagrama de Pareto, entre otros.

2.1.4 Diagrama de flujo

Existe una serie de herramientas para definir los procesos productivos entre las que destaca el diagrama de flujo, la cual es una herramienta que desglosa y/o documenta un proceso en la empresa o sus distintas áreas (Keller, 2011). La simbología básica se puede apreciar en la Figura No 5.

Los flujogramas o diagramas de flujo son importantes para el diseñador porque le ayudan en la definición formulación, análisis y solución del problema. El diagrama de flujo ayuda al analista a comprender el sistema de información de acuerdo con las operaciones de procedimientos incluidas, le ayudará a analizar esas etapas, con el fin tanto de mejorarlas como de incrementar la existencia de sistemas de información para la administración (Acosta *et al*, 2009).

Para una mejor comprensión del proceso, los diagramas de flujo permiten observar todos los pasos de un sistema o proceso sin necesidad de leer notas extensas. Dan las bases para escribir un informe claro y lógico permitiendo al analista asegurarse que ha desarrollado todos los aspectos del procedimiento (Acosta *et al*, 2009).



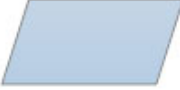
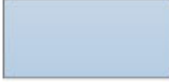

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Figura 5. *Simbología básica del diagrama de flujo*

Fuente: SmartDraw, (2019).

2.1.5 Diagrama de Ishikawa

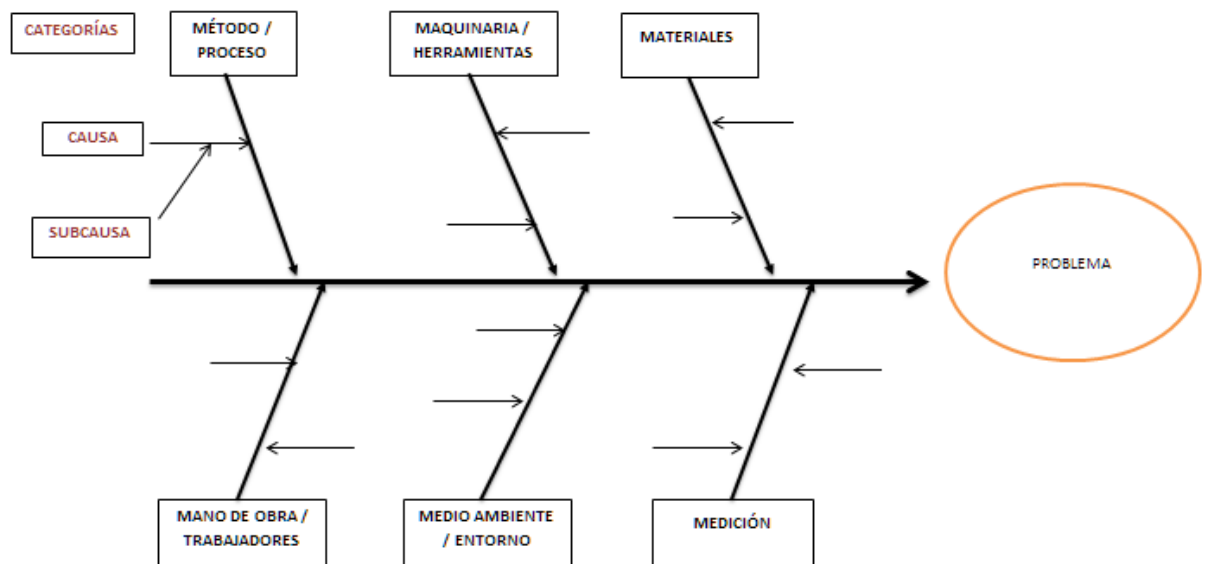
Siguiendo la metodología de abordaje del problema, una vez definido el proceso, una de las herramientas ingenieriles que aportan mucho en la identificación de la causa o causas raíz del problema es el diagrama de Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Lo que permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos (Walter, 2009).

La Figura No. 6 muestra la forma en que se elabora un diagrama de Ishikawa tomando en cuenta cada uno de los elementos que lo componen. Como se aprecia, existen 6 categorías en las que se puede agrupar las causas del problema conocidas como las “6 M”, que son:

- Mano de Obra
- Materiales
- Medio ambiente
- Método
- Medición
- Maquinaria

DIAGRAMA CAUSA –EFECTO O DIAGRAMA DE ISHIKAWA



Adriana Gómez Villoldo

<http://asesordcalidad.blogspot.com>

Figura 6. *Diagrama de Ishikawa*

Fuente: Gómez, A., (2019)

2.1.6. Los 5 ¿por qué?

Es una técnica que se ha utilizado para investigar la causa de un problema el objetivo principal es determinar la causa raíz. Primero pregunta, ¿Por qué? sobre el problema y luego pregunta: ¿Por qué? en respuesta a la respuesta y así sucesivamente. En base a la

experiencia que ha tenido la práctica de esta técnica, se ha demostrado que cinco son suficientes para determinar la causa raíz (Brue, 2015).

Los cinco por qué son de gran utilidad en el análisis de causas, pero es muy importante enfocarse en el proceso: ¿Por qué falló el proceso? La respuesta nunca debería ser las personas (Brue, 2015). Sin embargo, todas las evidencias deben ser contrastadas con los datos estadísticos, históricos o un estudio de tiempos para poder generar un análisis más profundo de las causas.

2.1.7. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es tanto un arte como una ciencia. Para que sea exitoso es necesario que el analista inspire confianza, ejercite su juicio y desarrolle un acercamiento personal con quienes tenga contacto. Debe entender a fondo y realizar distintas funciones relacionadas con el estudio: seleccionar al operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus elementos, registrar los valores de los tiempos, calificar el desempeño del operario, asignar los suplementos y holguras y llevar a cabo el estudio (Niebel y Freivalds, 2009).

El estudio de tiempos es, por lo tanto, la técnica de medición del trabajo utilizada para registrar tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea, efectuados bajo condiciones determinadas (Oficina Internacional de Trabajo, 2014).

Por otro lado, el muestreo de trabajo, que es parte del estudio de tiempos, es la técnica de medición del trabajo que permite determinar que parte del tiempo total de una tarea se dedica a las distintas actividades que componen dicha actividad (Niebel y Freivalds, 2009). Es importante ya que contribuye a identificar correctamente la utilización de máquinas, personas y las holguras.

Instrumentos para toma de tiempo: Según la OIT, los materiales necesarios para la realización de un estudio de tiempos son el cronómetro, un tablero y el formulario de estudio de tiempos (Oficina Internacional de Trabajo, 2014). La empresa es la encargada de proporcionar estas herramientas, se le hace entrega a los estudiantes o investigadores un cronómetro digital marca Oslo como el que se aprecia en la Figura No. 7.



Figura 7. Cronómetro para el estudio de tiempos

Fuente: SoloStocks, (2019)

Este cronómetro registra los tiempos en la modalidad de vuelta (“Lap”) lo que permite cortar y registrar los tiempos al momento que se requiere sin que deje de correr el tiempo total en el cronómetro.

En el caso del tablero la empresa facilita este material el cual es el mismo que se muestra en la Figura No. 8.



Figura 8. Tabla de apoyo de los formularios de tiempo

Fuente: Office Depot, (2019).

Una vez recolectados los datos preliminares se procede a calcular el tamaño de la muestra en base a la fórmula dada por Niebel y Freivalds, (2009). Como se muestra a continuación:

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

Donde:

\bar{x} = Promedio de las observaciones,

s= es la desviación estándar,

t= valor obtenido de la tabla t-student basado en grados de libertad para determinar un Alpha y

k= porcentaje de error aceptado durante el estudio.

Para el estudio de tiempos es necesario generar un plan de recolección de los datos el cual se puede resumir en varias etapas. La Figura No. 9 muestra un esquema de las etapas que puede seguir la recolección de datos en el estudio de tiempos. Hay que tomar en cuenta que una vez realizado un muestreo preliminar se podrá calcular tamaño de muestra.

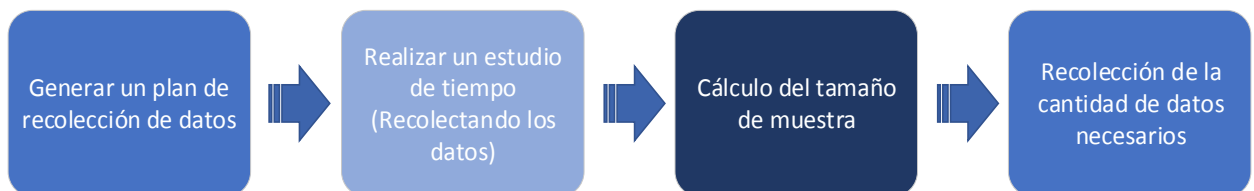


Figura 9. *Etapas del muestreo y estudio de tiempos*

Fuente: Elaboración propia, (2019).

2.1.8. Estadística básica

Para la realización del estudio de tiempos, es importante que los datos sean analizados a través de herramientas estadísticas básicas que permitan una correcta interpretación de los datos obtenidos durante la investigación. Las estadísticas básicas muestran la desviación mínima, máxima, media y mediana para un conjunto de datos (Minitab, 2018).

Gráficos y tablas: Son herramientas utilizadas para resumir datos cuantitativos, dentro de las que se encuentran algunas muy útiles para la interpretación de los datos como las gráficas de líneas y de barras.

Prueba de normalidad: Los resultados de esta prueba indican si se puede o no rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una población distribuida normalmente (Minitab, 2018).

T de 2 muestras: Se puede utilizar para comparar si las medias de dos grupos independientes son diferentes. Esta prueba se deriva bajo el supuesto de que ambas poblaciones están normalmente distribuidas y poseen varianzas iguales (Minitab, 2018). Para el caso de estudios de tiempos, es útil para encontrar si hay diferencias estadísticamente significativas entre los datos de antes y después de una propuesta de mejora.

$$H_0: \mu_A = \mu_B$$

H₁: al menos una es distinta

Nivel de confianza: El nivel de confianza representa el porcentaje de intervalos que incluirían el parámetro de población si usted tomara muestras de la misma población una y otra vez. Por lo general, un nivel de confianza de 95% funciona adecuadamente. Esto indica que, si se recogió cien muestras y creó cien intervalos de confianza de 95%, cabría esperar que aproximadamente 95 de los intervalos incluyeran el parámetro de población, tal como la media de la población (Minitab, 2018).

2.1.9 Diagrama de Pareto

Concluido el estudio de tiempos es preciso tomar los datos y analizarlos, siguiendo con el esquema de análisis de causas para lo cual el diagrama de Pareto es una herramienta muy útil.

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que ordena las causas de un problema de mayor a menor repercusión. Muestra como unas causas, “pocas y vitales”, son responsables de la mayor parte de los defectos (aproximadamente el 80%), y las separa de las, “muchas y triviales”, que son responsables, solamente del 20% (González, *et al*, 2013). La Figura No. 10 ilustra la forma gráfica en que se representa el diagrama de Pareto.

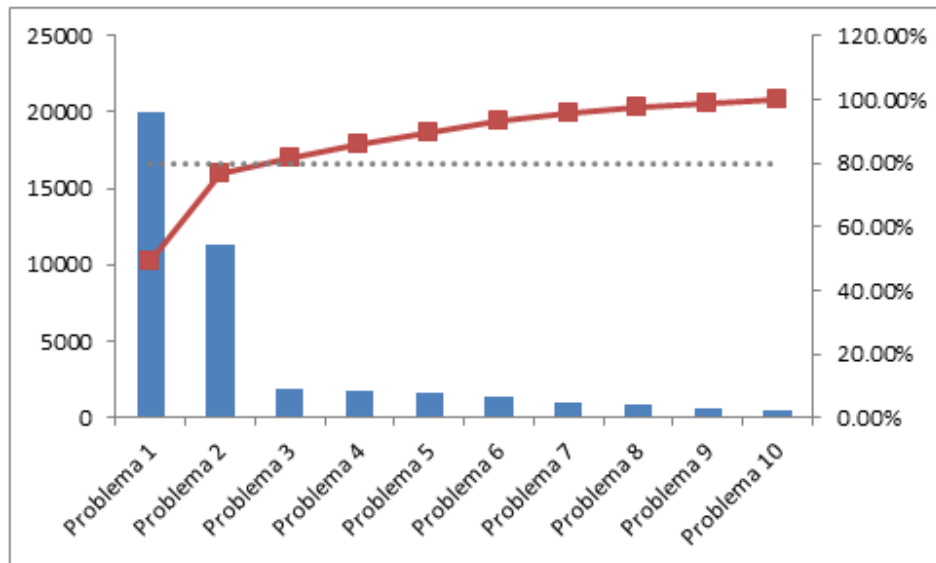


Figura 10. Diagrama de Pareto

Fuente: Excel Total, (2019).

2.1.10 Balance de línea

Como resultado de un estudio de tiempos es posible actualizar las bases de datos de tiempos y cargas de trabajo de la empresa, permitiendo crear nuevos modelos de capacidad y generar gráficas de balance de línea para analizar posibles cuellos de botella.

El objetivo del balance de línea es dar a cada operador lo que más se acerque a una misma cantidad de trabajo. Igual para celdas de trabajo, carga de los centros de trabajo y personas (García, 1998).

Por lo tanto, el balance de línea es la herramienta para determinar el número ideal de trabajadores que se deben asignar a una estación de trabajo. Se debe determinar un ritmo de trabajo y comparar cada estación/operación con dicho ritmo para realizar el cálculo. (Niebel y Freivalds, 2009).

$$N = \frac{\textit{Tiempo Estándar}}{\textit{Takt Time}}$$

De la ecuación anterior, se define N como el número de operarios necesarios en una estación, que es el cociente del tiempo estándar entre el ritmo de trabajo.

Takt time: Es el ritmo o la cadencia a la que hay que procesar los servicios para atender a la demanda en el tiempo establecido. Todas las personas o equipos participantes en el proceso han de ir sincronizados para adaptarse a este tiempo, con la intención de reducir los tiempos de espera y las ineficiencias (Tolosa, 2016).

Por lo tanto, es necesario formar y capacitar a los departamentos para que puedan seguir este ritmo. La fórmula para calcular el tiempo de proceso es la siguiente:

$$T_t = T_d/D.$$

- T_t: tiempo de proceso.
- T_d: tiempo disponible.
- D: se refiere a la demanda (Tolosa, 2016).

2.1.11 Manufactura esbelta (“lean manufacturing”)

Lean es una palabra inglesa que se puede traducir como “sin grasa, escaso, esbelto” pero aplicada a un sistema productivo significa “ágil, flexible, es decir, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente” (Rajadell y Sánchez, 2010).

Es la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio o todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar (Rajadell y Sánchez, 2010).

El “lean manufacturing” tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka, jidoka, etc.). Los pilares del “lean manufacturing” son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de toda la cadena de valor y la participación de los operarios (Rajadell y Sánchez, 2010).

De esta forma, se incluye en las propuestas de mejora de este proyecto metodologías como SMED que son parte de algunas de las herramientas de “lean manufacturing”.

SMED: Originalmente “single minute exchange of die”, significa que el número de minutos del tiempo de preparación tiene una cifra, o sea, que es inferior a 10 minutos.

Tiene por objetivo la reducción del tiempo de cambio, que para el caso del proyecto es aplicable al cambio de lote. El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B” que cumple con las especificaciones dadas (Rajadell y Sánchez, 2010).

Para lograr que la metodología SMED sea exitosa, se debe analizar el proceso de cambio e identificar sus actividades, una vez logrado esto se procede a clasificar dichas actividades en externas e internas. Las actividades externas pueden efectuarse tanto antes del cambio como en paralelo al cambio, logrando una reducción significativa del tiempo requerido para realizar el cambio (“setup”).

Para efectos de la reducción de tiempos es necesario entender 4 conceptos clave:

- Separar la preparación externa de la interna. Se entiende por actividades internas todas aquellas que hacen necesario detener la máquina, equipo o proceso. Las externas pueden efectuarse mientras el equipo o proceso está en funcionamiento.
- Convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa.

- Eliminación de los procesos de ajuste. Las actividades de ajuste pueden llegar a representar entre el 50 y el 70 por ciento del total de las actividades internas.
- Suprimir la propia fase de preparación. A los efectos de prescindir por completo de la preparación, pueden adoptarse dos criterios. El primero consiste en utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distintos productos; y el segundo enfoque consiste en producir las distintas piezas al mismo tiempo (Lefcovich, 2008).

2.1.12 Trabajo estándar (“standard work”)

En la metodología Lean, “standard work” es una herramienta que determina el máximo desempeño de un proceso con el mínimo de desperdicio a través de la mejor combinación de operador y maquinaria, lo que significa que cuando se ejecuta un proceso de acuerdo con el proceso estándar, obtenemos un resultado contra el cual comparar nuestras mediciones diarias y poder mejorar (Cotton, 2015).

Una vez el proceso de implementación de “standard work” ha comenzado, el dialogo en el piso empieza y el enfoque sobre el proceso analizado mejora notablemente. En otras palabras, el proceso de “standard work”, funciona como un dispositivo de análisis por medio del cual los procesos son expuestos a un constante análisis para identificar problemas y la causa raíz reduciendo o eliminando la variabilidad (Cotton, 2015).

El proceso de “standard work” incluye varios pasos simples: observar, mapear el proceso, analizar, proponer el estado optimizado, documentar, hacer visible y entrenar al personal (Cotton, 2015).

2.1.13 Lluvia de ideas

Como parte de las propuestas de mejora que pueden generar resultados positivos en cualquier proyecto de diseño de métodos, no se debe descartar herramientas muy útiles que toman en cuenta la experiencia y el conocimiento que tienen los operarios como la lluvia de ideas.

La lluvia de ideas, también conocida como “brainstorming” o tormenta de ideas, es una herramienta aplicada al trabajo en equipo, cuyo objetivo es la obtención de ideas originales en función de un tema determinado o para dar con soluciones prácticas a un problema, mediante la exposición libre de los conceptos o propuestas de cada uno de los integrantes.

Para llevarla a cabo se deben tomar en cuenta varios aspectos como:

- Hallar el espacio y tiempo para reunirse y exponer las ideas cómodamente sin interrupciones.
- Debe haber un ambiente relajado que permita el flujo de ideas.
- El facilitador del tema central debe estipular un tiempo determinado para el desarrollo de la actividad.
- Pasado el tiempo el integrante expone sus propuestas y el facilitador toma nota de cada una de ellas.
- Se establecen criterios para elegir las mejores ideas y evaluarlas en base a los mismos.
- Se presenta una lista con las aprobadas y en consenso se eligen las más favorables o viables.
- Luego se establece el procedimiento a seguir para ejecutar la propuesta elegida.

De las principales reglas que se debe seguir para la lluvia de ideas son:

- Ninguna idea es absurda todas son válidas.
- No se pueden criticar las ideas, no se aceptan burlas.
- Mejoras a las ideas ya expuestas se deben formular como una nueva idea.
- Se debe plantear un descanso en la sesión.
- Se deben presentar las ideas que resulten escogidas.

Hay quien dice que esta técnica puede ser realizada por una persona sola. Discrepamos de esa visión porque creemos que la mayor fuerza de la lluvia de ideas viene del proceso de interacción entre los componentes del grupo (Gutiérrez, 2014).

2.1.14 Matriz de impacto y viabilidad

La matriz de impacto y viabilidad es una herramienta que permite valorar las distintas ideas propuestas para determinar que ideas son viables y cuales generarán mayor impacto en la fase de ejecución del proyecto.

Impacto se puede definir como el efecto que tendrá cualquier iniciativa en caso de ser implementada mientras que la viabilidad toma en cuenta cuan compleja es la iniciativa y que recursos deben ser asignados para llevarla a cabo.

La Figura No. 11 muestra la forma más sencilla de crear una matriz de impacto y viabilidad.

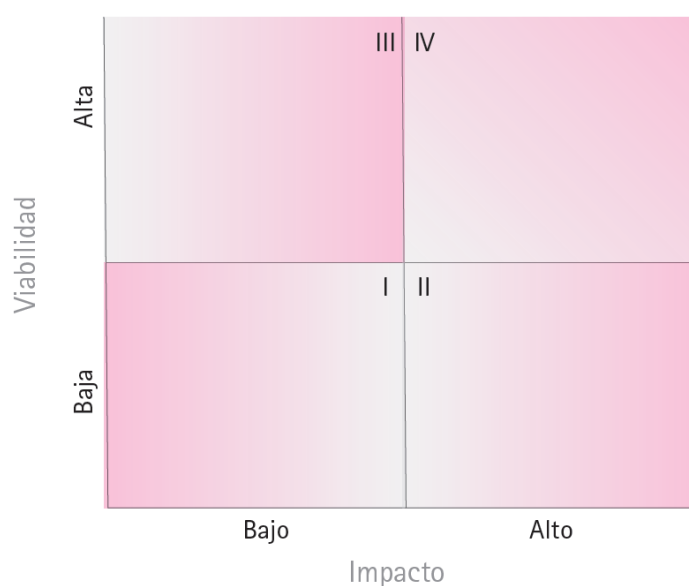


Figura 11. *Matriz impacto y viabilidad*

Fuente: Solís y Bucio, (2017).

Como se aprecia en la Figura No. 11 la matriz se divide en cuatro cuadrantes que se interpretan de la siguiente manera:

- Bajo impacto / Baja viabilidad / Cuadrante I: Son aquellas ideas que no se deben hacer ya que en su ejecución conllevan un alto grado de dificultad, además generan poco impacto.

- Bajo impacto / Alta viabilidad / Cuadrante III: Son las ideas que debemos se pueden llevar a cabo sin dificultades, sin embargo, no generan gran impacto, aunque si hay varias en el acumulado del cuadrante se podría generar un gran impacto entre todas.
- Alto impacto / Baja viabilidad / Cuadrante II: Son grandes ideas con mucho impacto, pero de difícil realización.
- Alto impacto / Alta viabilidad / Cuadrante IV: Son las que se deben llevar a cabo y aprovecharlas al máximo ya que son fáciles de ejecutar y el efecto es positivo al corto plazo.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1 Metodología DMAIC

El proceso de aplicación de la filosofía Seis Sigma, en general sigue un esquema o ciclo definido como DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) por sus siglas en inglés que quiere decir: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Figura No.12). Este esquema conforma un proceso estructurado en cinco fases en las que se desarrollan técnicas y herramientas estadísticas que llevan al cumplimiento de los objetivos del proyecto (Pérez, 2013).

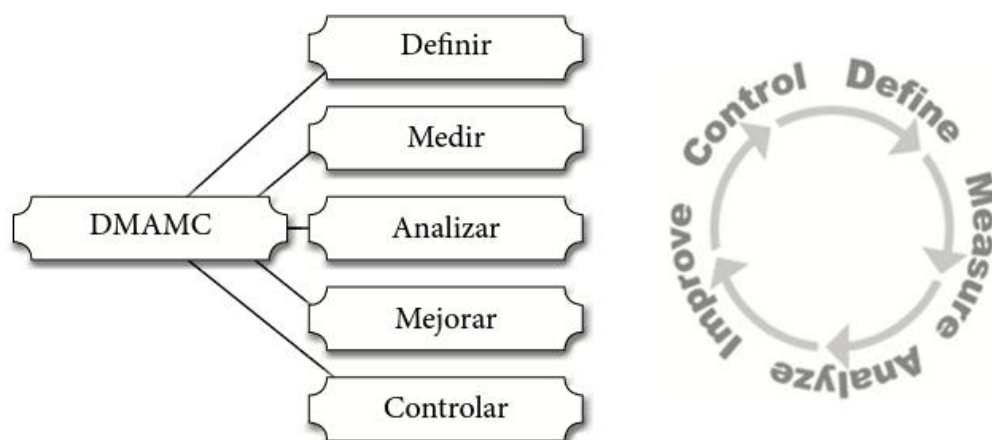


Figura 12. *Ciclo DMAIC*

Fuente: Pérez, (2013).

- **Definir:** Es la fase crítica para definir el éxito de un proyecto ya que depende de la adecuada identificación y selección del proyecto. Los criterios iniciales para la selección del proyecto de mejora deben permitir que estos tengan impacto en los clientes, produzcan algunos ahorros cuantificables, sean sencillos en su selección y no requieran de inversiones elevadas.
Es necesario identificar las características críticas de calidad las cuales pueden estar relacionadas con las necesidades o expectativas de los clientes, o también características de un producto o proceso. También, se debe identificar los problemas que presenta la compañía y comprobar la correlación entre las características críticas de calidad y con los problemas que presenta la compañía.
- **Medir:** Durante esta fase se mide el desempeño del proceso, se traza el plan de recolección de los datos y se establecen las hipótesis de causa-efecto. Las características críticas de calidad se ponen a prueba en esta etapa mediante el uso de herramientas estadísticas, para cuantificarlas con los problemas identificados y finalmente elegir la característica crítica de calidad adecuada para desarrollar el proyecto de mejora.
- **Analizar:** En esta tercera fase del ciclo se busca la causa raíz del problema. Se busca como eliminar la brecha entre el desempeño actual y el nivel de rendimiento deseado. Se lleva a cabo el análisis de la información recolectada y oportunidades de mejora, esto implica descubrir que defectos se generan mediante la identificación de variables clave de entrada que afectan las variables de respuesta del proceso.
- **Mejorar:** En esta fase del ciclo se define un plan de acción enfocado a atacar las causas raizales, proponiendo cambios en el proceso que es afectado por ella. Una vez planteadas las posibles mejoras, se validan mediante el monitoreo con las herramientas estadísticas para poder comprobar su efectividad.
Identificada la causa raíz, se procede a esbozar acciones correctivas que plantean la forma cómo se lleva a cabo la mejora al proceso. Estas acciones de mejora se definen después de hacer las siguientes preguntas: ¿La causa raíz está siendo atacada? ¿Existen efectos secundarios indeseables?

Si alguna o las dos preguntas hechas anteriormente no fueron resueltas con claridad, y si no arrojan un resultado positivo, se deberán presentar de nuevo las mejoras hasta que sean resueltos los dos interrogantes satisfactoriamente.

- **Controlar:** En esta última fase del ciclo se procede una vez más a dirigir el proceso de mejora bajo herramientas estadísticas que monitoreen y controlen las mejoras presentadas y validadas. Es necesario saber que, si se han logrado los resultados esperados mediante la implementación de la filosofía Seis Sigma, el proyecto de mejora no debe parar ahí, al contrario, se debe tener presente la mejora continua hasta alcanzar resultados positivos (Pérez, 2013).

2.3. Marco conceptual referente al impacto del proyecto

Este proyecto pretende establecer bases teóricas y prácticas para implementar una propuesta de mejora que sea sostenible en el tiempo para la línea de producción del producto FT, a través de distintas herramientas ingenieriles y el abordaje de las principales causas del problema.

Uno de los objetivos fue generar un estudio de tiempos que permitiera a la empresa tener datos suficientes y así buscar cómo reducir costos a nivel de modelo de capacidad de la línea generando una mejora de sus indicadores de productividad.

Es importante considerar la relación que existe entre el costo y beneficio de todo proyecto, por ejemplo, si el costo de la solución sobrepasa el costo del problema entonces no se debe implementar (Castañer, 2014).

Para determinar la viabilidad del proyecto se puede considerar la relación beneficio/costo (B/C) en la que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- $B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.
- $B/C = 1$, aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.
- $B/C < 1$, muestra que los costos son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

La metodología por seguir se basó en DMAIC, utilizando distintas herramientas ingenieriles que permitieran una relación costo/beneficio favorable para la empresa en el desarrollo del proyecto.

Entre los beneficios esperados se puede mencionar:

- La estandarización del proceso para que el tiempo de operación, en este caso, cambio de lote, disminuya significativamente.
- Mejor flujo de trabajo entre operaciones a través de la aplicación del diseño de métodos.
- Mejor utilización de los recursos, especialmente la mano de obra.
- Mayor eficiencia de la línea en general.
- La disminución de costos mediante la reducción de mano de obra directa con un impacto positivo en los índices de productividad.
- Generar la información útil para implementar el proyecto en otras líneas de producción.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.

Para desarrollar un centro de trabajo eficiente es necesario establecer estándares de tiempo. Estos pueden determinarse mediante el uso de estimaciones, registros históricos y procedimientos de medición del trabajo. En el pasado, los analistas confiaban más en las estimaciones como medio de establecer estándares. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos solo con ver un trabajo y juzgar el tiempo requerido para terminarlo. (Niebel y Freivalds, 2009).

Con métodos como los registros históricos, los estándares de producción se basan en los registros históricos de trabajos similares que han sido realizados anteriormente. Algunos de estos registros o antecedentes pueden contener información valiosa que le permita al analista determinar que ruta puede o no seguir en el curso de su investigación.

En la industria médica, muchas empresas incluyen en sus procesos a colaboradores dedicados exclusivamente al desarrollo de propuestas de mejora e investigaciones en cada

una de sus áreas, lo que permite tener una base sólida de antecedentes sobre la cual sustentar muchos de los nuevos proyectos.

En el proyecto realizado por Jiménez (2018), en la empresa ABT, específicamente en el producto FT, se logró actualizar la base de datos de la empresa en cuanto a los tiempos por operación, logrando encontrar varios puntos de mejora. Este proyecto consiguió realizar un adecuado balance de la línea a través del estudio de tiempos, lo que generó una mejora en los indicadores de productividad debido a la reducción de personal directo.

Por otro lado, una de las conclusiones de Jiménez (2018), es que durante varios meses los indicadores dieron resultados por debajo de lo esperado debido a la presencia de tiempos muertos y la necesidad de ejecutar un cambio de lote más eficiente de lo que es actualmente. Sin embargo, quedó fuera del alcance del proyecto un estudio de tiempos que abarcara el cambio de lote, el cual es parte importante de las actividades de la línea de producción.

En el trabajo realizado por Valerio (2018), el cual consistió en la mejora de indicadores como el de productividad, la reducción de tiempos muertos y en general la mejora en la eficiencia de la línea de producción, se logró reducir el tiempo requerido en las operaciones mediante el estudio de tiempos. Esto permitió establecer estándares de trabajo sobre los cuales se debe guiar a las personas involucradas en la operación. Cabe resaltar, que el estudio fue llevado a cabo en la industria médica y tuvo como propósito mejorar el proceso de empaque de uno de sus productos.

En la investigación mencionada el autor logró reducir en un 10% los tiempos de ciclo del proceso y en un 10% los tiempos muertos.

En otra investigación llevada a cabo en la empresa Glaxo SmithKline Costa Rica, realizada por Araya (2014) se enfocó el trabajo en la reducción del cambio de lote en la línea de jarabes de la empresa, se logró una reducción de un 25% del tiempo de cambio de lote a través de la aplicación de la metodología SMED y la asignación de roles y responsabilidades. Estos resultados respaldan en gran medida el curso de acción tomado durante el proyecto a la hora de generar una propuesta de mejora.

De los proyectos expuestos en este apartado, se destaca que cada uno sustentó sus resultados en el estudio de tiempos y descomposición de las tareas para su posterior análisis y búsqueda de oportunidades de mejora. Por tanto, la recolección de datos con valor estadístico es primordial para darle mayor relevancia a los resultados en cualquier proyecto que busque mejorar la eficiencia de un proceso en particular.

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

Una vez definido el problema y conociendo bajo qué criterios se va a llevar a cabo la investigación se procedió a caracterizar el tipo de investigación y sus características.

El tipo de investigación se define según los siguientes criterios: De acuerdo con Hernández *et al* (2010), el presente proyecto se puede clasificar como un proyecto con finalidad práctica ya que se caracteriza por la aplicación o implementación de los conocimientos adquiridos. Se vincula a la investigación básica ya que depende de los resultados obtenidos de la misma, dejando claro que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico.

Este proyecto se realizó mediante la medición y muestreo del trabajo para su posterior análisis e implementación de las mejoras propuestas, por lo que esta categoría encaja con lo planteado durante su desarrollo.

La dimensión temporal tiene dos enfoques el transversal y longitudinal, el enfoque transversal tiene que ver con un período corto de desarrollo del proyecto mientras que la longitudinal abarca un periodo de mediano a largo plazo. Se puede decir entonces, que el desarrollo de este proceso se dio bajo un enfoque transversal.

También, se debe definir la naturaleza de la investigación la cual puede ser cualitativa, cuantitativa o mixta. Durante el proyecto, se emplearon mediciones de tiempo, definición de "Standard work", análisis de gráficas de balanceo de línea y cálculo de indicadores con su respectivo análisis por lo que, queda claro que la naturaleza de la investigación es cuantitativa.

Finalmente, se define el carácter de la investigación, la cual se puede categorizar en descriptiva, exploratoria o explicativa. El carácter descriptivo tiene por objetivo la descripción de fenómenos, utiliza la observación, estudios correlacionales y de desarrollo. (Hernández *et al*, 2010). Por lo tanto, este proyecto es de carácter descriptivo en tanto utiliza los datos observados y medidos para someterlos al análisis y generar una propuesta que dé solución al problema.

3.2 Metodología para la definición del problema

3.2.1 Definición del problema

Siguiendo la metodología DMAIC la definición del problema está en su primera etapa Definir. La Tabla No. 1 describe las actividades de definición del problema.

Tabla 1. Definición del problema

Actividad	Herramientas	Responsable	Plazo
Describir antecedentes y problema actual.	Revisión de documentos de la empresa y entrevista con el Supervisor del área.	M. Arce	11 al 31 de Julio del 2018
Reconocimiento del proceso.	Caminatas guiadas por la línea de producción, base de datos de entrenamientos de la empresa.		
Generar una descripción general del proceso.	Diagramas de flujo del proceso de producción y diagrama de flujo del cambio de lote.		
Descripción del problema e identificación de las causas	Entrevistas al Gerente, Supervisor, Líderes y operarios de la línea del producto FT. Diagrama de Ishikawa, 5 por qué.		
Definir el alcance, limitaciones y objetivos del proyecto.	Utilización de la guía para presentación de proyectos de la Universidad Hispanoamericana.		

Fuente: Elaboración propia realizado en octubre del 2018.

Aparte de las indagaciones propias del investigador, así como las observaciones hechas por los encargados de la línea de producción, se tomó como base en la definición del

problema la investigación hecha por Jiménez (2018), en la misma área, en la cual una de sus recomendaciones fue generar una mejora en los tiempos de cambio de lote, lo que permitiría mayor eficiencia en la línea y un modelo de capacidad más ajustado a la realidad.

3.3 Metodología para la medición y el respaldo cualitativo del proyecto

3.3.1 Descripción de herramientas para la medición y análisis del proceso

Para el desarrollo de esta etapa se utilizaron las siguientes herramientas. Cabe señalar que el tiempo que se utilizó en la aplicación de estas herramientas fue abarcado casi en su totalidad por el estudio de tiempos comprendido entre 1 de agosto al 28 de setiembre del 2018.

Tabla 2. Medición, análisis y respaldo cualitativo

Actividad	Herramienta	Tiempo de análisis	Muestreo requerido	Realizado por
Medir el proceso de cambio de lote por estación y sus actividades internas.	Estudio de tiempo	Agosto a Setiembre del 2018	Muestreo preliminar: 5 muestras Muestra: $n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$	M. Arce
Anotar las observaciones de tiempo con sus respectivas actividades del proceso.	Formulario de observaciones (Figura No. 13).	Agosto a Setiembre del 2018	2 meses	M. Arce
Graficar el tiempo de cambio de lote resultante en cada estación luego del estudio de tiempos.	Gráfico.	Agosto a Setiembre del 2018	2 meses	M. Arce
Identificar las actividades que más tiempo generan en el cambio de lote.	Pareto.	Agosto a Setiembre del 2018	2 meses	M. Arce
Prueba de normalidad de datos.	Minitab 18.	Agosto a Setiembre del 2018	2 meses	M. Arce
Graficar el modelo de capacidad de la línea con los tiempos de cambio de lote registrados en el estudio de tiempos.	Gráfico de Balance de Línea	Agosto a Setiembre del 2018	2 meses	M. Arce

Fuente: Elaboración propia, (2018).

La hoja para la recolección de datos se definió en base a el formulario recomendado por la empresa tal como se muestra en la Figura No 13.

Encabezado	Formulario de Observaciones de tiempo															
	Nombre del Proceso:				Período:											
Actividades por estación	Nombre del producto: FT				Nombre del operador:											
	No.	Descripción de la actividad	Punto de quiebre	Contenido del trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	Promedio
			Termina última und	Hombre/Auto/Espera												
	1	Pruebas funcionales	Termina de anotar el resultado	Hombre												
	2	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico final en la sig estación	Hombre												
	3	Traslada documentación al líder	Pone formulario de despeje de línea sobre la mesa	Hombre												
	4	Cambio de materiales	Coloca materiales en la estación	Hombre												
	5	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario despeje de línea	Hombre												
	6	Verificación del despeje de línea	Firma formulario despeje de línea	Hombre												
	7	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Hombre												
8	Pruebas funcionales	Toma pieza sig lote	Hombre													
			Total													
Notas																

Figura 13. Formulario para la toma de tiempos

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Durante esta fase, a través del uso las herramientas de medición, se reunió toda la información necesaria para su análisis y así identificar las oportunidades de mejora que fueron ejecutadas según su viabilidad en la fase de implementación.

3.4 Metodología para la propuesta de mejora, construcción puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

En esta etapa de la investigación se ejecuta la fase de implementar de la metodología DMAIC. Las propuestas derivaron de las personas involucradas en la línea, así como de las observaciones hechas por el encargado del proyecto, todas fueron filtradas a través de los departamentos de calidad, ingeniería y manufactura.

Tabla 3. Metodología de la propuesta de mejora

Actividad	Herramientas	Responsable	Plazo
Elaboración de una propuesta basada en SMED.	Observación y análisis del proceso. Consultas a todo el equipo funcional.	M. Arce	1-5 de octubre del 2018
Reunión con el equipo y clasificación de las ideas.	Lluvia de ideas.	M. Arce /Equipo funcional de la línea	1-5 de octubre del 2018
Someter ideas al análisis.	Elaborar una matriz de impacto y viabilidad para las ideas propuestas en la lluvia de ideas.	M. Arce /Ing. Manufactura /Ing. Calidad	8-12 octubre del 2018
Generar un plan de acción.	Generar los acuerdos en base a los resultados para llevarlos a la práctica.	M. Arce /Supervisor(a)	15-19 octubre del 2018
Crear un "standard work".	Con base al estudio de tiempos construyo un "standard work" a partir de los tiempos de cada actividad dentro del cambio de lote.	M. Arce	15-19 octubre del 2018
Crear metas por estación.	Basado en el "standard work" se crearon metas con tiempos definidos para cada estación.	M. Arce	15-19 octubre del 2018
Generar un plan de entrenamiento en cambio de lote.	Se utilizó una estación de entrenamiento enfocada en la verificación del despeje de línea para entrenar al operario coordinador.	M. Arce /Entrenadores	15-19 octubre del 2018
Crear la matriz de roles y responsabilidades.	Se creó la matriz de roles y responsabilidades en base al entrenamiento generado para los operarios coordinadores.	M. Arce	15-19 octubre del 2018

Fuente: Elaboración propia, (2018).

3.5 Metodología para la implementación del proyecto

En este apartado se define la etapa Implementar de la metodología DMAIC. Para la implementación se elaboró un estudio de tiempos para verificar que el plan propuesto fue capaz de alcanzar los objetivos planteados.

Tabla 4. Metodología para implementación

Actividad	Herramientas	Responsable	Plazo
Entrenar y alinear las propuestas con el equipo de trabajo.	Sesiones con cada una de las unidades de trabajo en la línea. Hojas de trabajo estándar, fijación de metas y matriz de roles y responsabilidades.	M. Arce / Entrenadores	22-26 octubre del 2018
Facilitar material documentado y herramientas de seguimiento a los líderes de la línea.	Entrenamiento a los líderes sobre el seguimiento de las actividades. Plan de acción, “standard work”, metas y roles y responsabilidades.	M. Arce / Líderes/ Entrenadores	22-26 octubre del 2018
Revisión de las actividades de implementación.	Reunión con el encargado de la línea para revisar todas las herramientas y actividades de implementación para su visto bueno.	M. Arce / Supervisor(a)	22-26 octubre del 2018
Ejecución del plan piloto.	Estudio de tiempos para medir la eficacia del plan de mejora implementado.	M. Arce	29 octubre- 07 diciembre del 2018
Dar seguimiento a las acciones de implementación.	Reuniones de seguimiento en la línea con el supervisor(a) del producto FT	M. Arce / Supervisor(a)	29 octubre- 07 diciembre del 2018

Fuente: Elaboración propia, (2018).

3.6 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.

Esta sección corresponde a la fase controlar de la metodología DMAIC. Para esta etapa del proyecto se llevó a cabo un análisis similar al realizado en la etapa de medir, ya que se realizó un estudio de tiempos para comparar los datos obtenidos con los datos previos a la propuesta de mejora con el fin de establecer si hubo o no diferencias estadísticamente significativas en los tiempos del proceso luego de la implementación.

Tabla 5. Metodología para el control de resultados

Actividad	Herramienta	Tiempo de análisis	Muestreo requerido	Realizado por
Medir el proceso de cambio de lote por estación y sus actividades internas una vez implementado.	Estudio de tiempos/ Formulario de observaciones.	Octubre a diciembre del 2018	Muestreo preliminar: 5 muestras Muestra: $n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$	M. Arce
Análisis de los resultados obtenidos en el plan piloto. Prueba t de dos muestras y prueba de normalidad.	Minitab 18.	Octubre a diciembre del 2018	1.5 meses	M. Arce
Crear gráfico comparativo del antes y después de la implementación.	Gráfico.	Octubre a diciembre del 2018	1.5 meses	M. Arce
Graficar el balance de línea con los datos resultantes de la implementación y otro maximizando los recursos.	Gráfico de balance de línea.	Octubre a diciembre del 2018	1.5 meses	M. Arce
Tabular el indicador de productividad proyectado por año en base a las horas pagadas, número de operarios y unidades producidas al año.	Tabla de proyección del indicador de productividad	Año 2019	Proyección basada en resultados del proyecto	M. Arce
Estimación del ahorro basada en la maximización de recursos de la línea. 1 operario menos= \$12000 ahorrados al año.	Análisis del impacto económico	Año 2019	Proyección basada en resultados del proyecto	M. Arce
Listar las actividades que se pueden monitorear en base a los acuerdos tomados en el plan piloto e implementación del proyecto.	Lista de verificación	Octubre a diciembre del 2018	1.5 meses	M. Arce

Fuente: Elaboración propia, (2018).

CAPITULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 Identificación de procesos en la elaboración del producto FT

4.1.1 Identificación del proceso general

El proceso de fabricación del producto FT, tal como se observa en la Figura No. 14, comienza con la planificación de la orden de producción por parte del encargado de planificar (“planner”) o quien carga la orden al sistema. Posteriormente, es el MH (“Material Handler”) quien se encarga de descargar la orden y alistar los materiales para el inicio de la producción.

Ya lista la orden, el líder de la línea es quien decide si la orden entra o no a la línea de producción, una vez aprobada la orden, los operarios proceden con la documentación de los materiales.

Cada orden de trabajo corresponde a un lote. Cuando la orden está en producción, cada vez que pasa completa de una estación a otra, se debe documentar en la misma un conjunto actividades que corresponden al cambio de lote, como limpieza, despeje de línea, remplazo de materiales entre otras. En la línea de producción, puede haber varias órdenes de forma simultánea.

En la Figura No. 14 se detallan algunas de las estaciones en el apartado que corresponde a producción. Todas siguen un flujo de trabajo lineal por lo que cada estación es alimentada por la anterior con las unidades terminadas de cada lote.

Cabe destacar que el estudio de tiempos se llevará a cabo entre las estaciones mencionadas en el apartado de producción de la Figura No. 14.

Posteriormente, las unidades terminadas, es decir, aquellas que ya pasaron por todas las estaciones de la línea principal son enviadas al área de empaque final.

Una vez finalizada la orden con todas las unidades conformes a los requerimientos de calidad esta es esterilizada y posteriormente aprobada por el departamento de calidad.

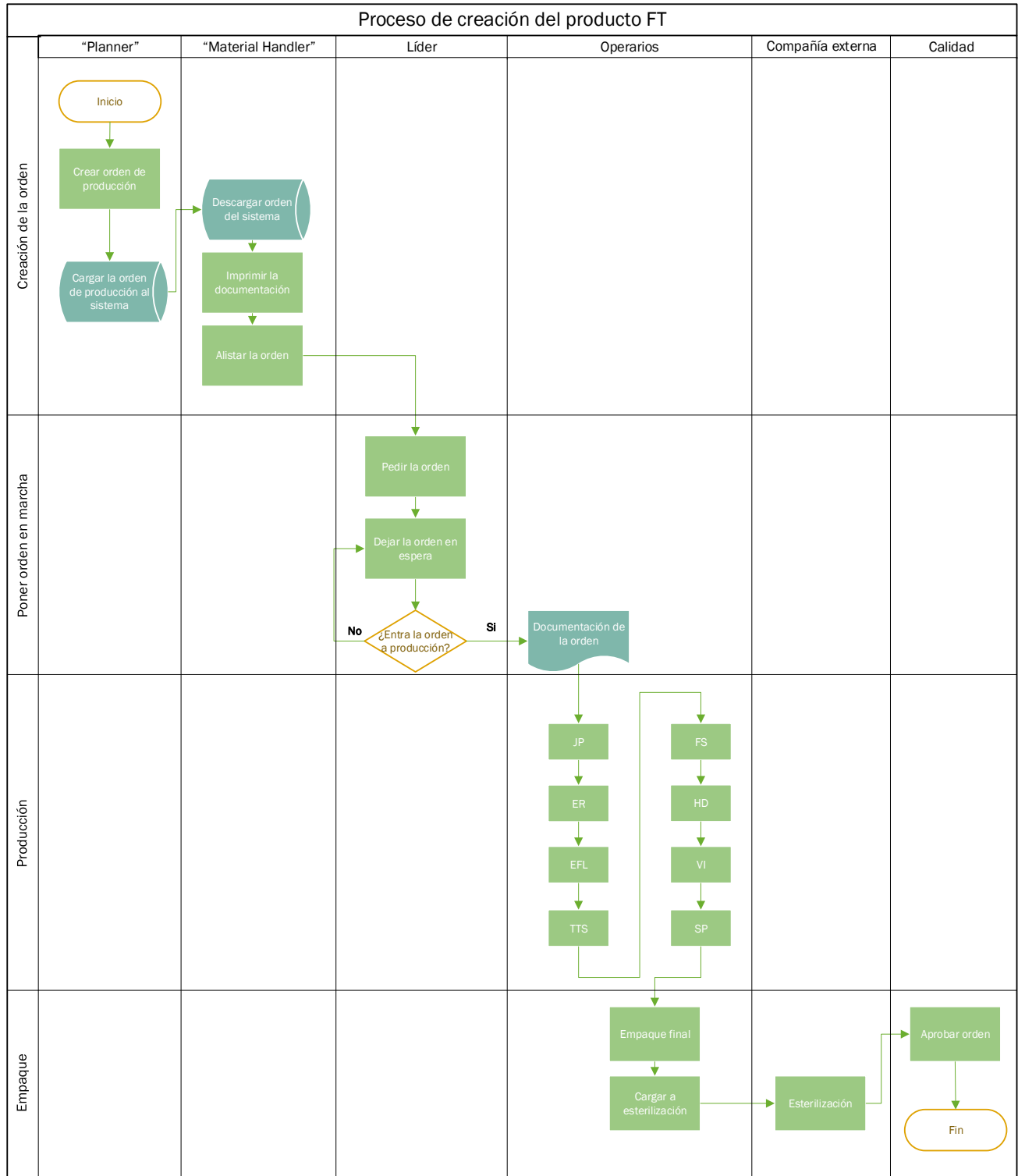


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del producto FT

Fuente: Elaboración propia, (2018).

4.1.2 Identificación del proceso de cambio de lote

Para una mejor comprensión del proceso, se procedió con la elaboración del diagrama de flujo correspondiente al cambio de lote tal como se muestra en la Figura No. 15.

Durante el cambio de lote de producto FT se dan 4 procesos a nivel macro que son básicamente los mismo que se siguen en casi todas las estaciones de la línea, los cuales son: el cierre de la documentación del lote anterior, la preparación de los materiales de la siguiente orden, la ejecución y verificación del despeje de línea y, por último, la preparación de la siguiente orden a nivel documental.

Tal como se observa en la Figura No.15 el cambio de lote es el proceso que inicia donde se cierra el lote anterior y finaliza con las actividades para prepararse para el siguiente lote u orden de producción.

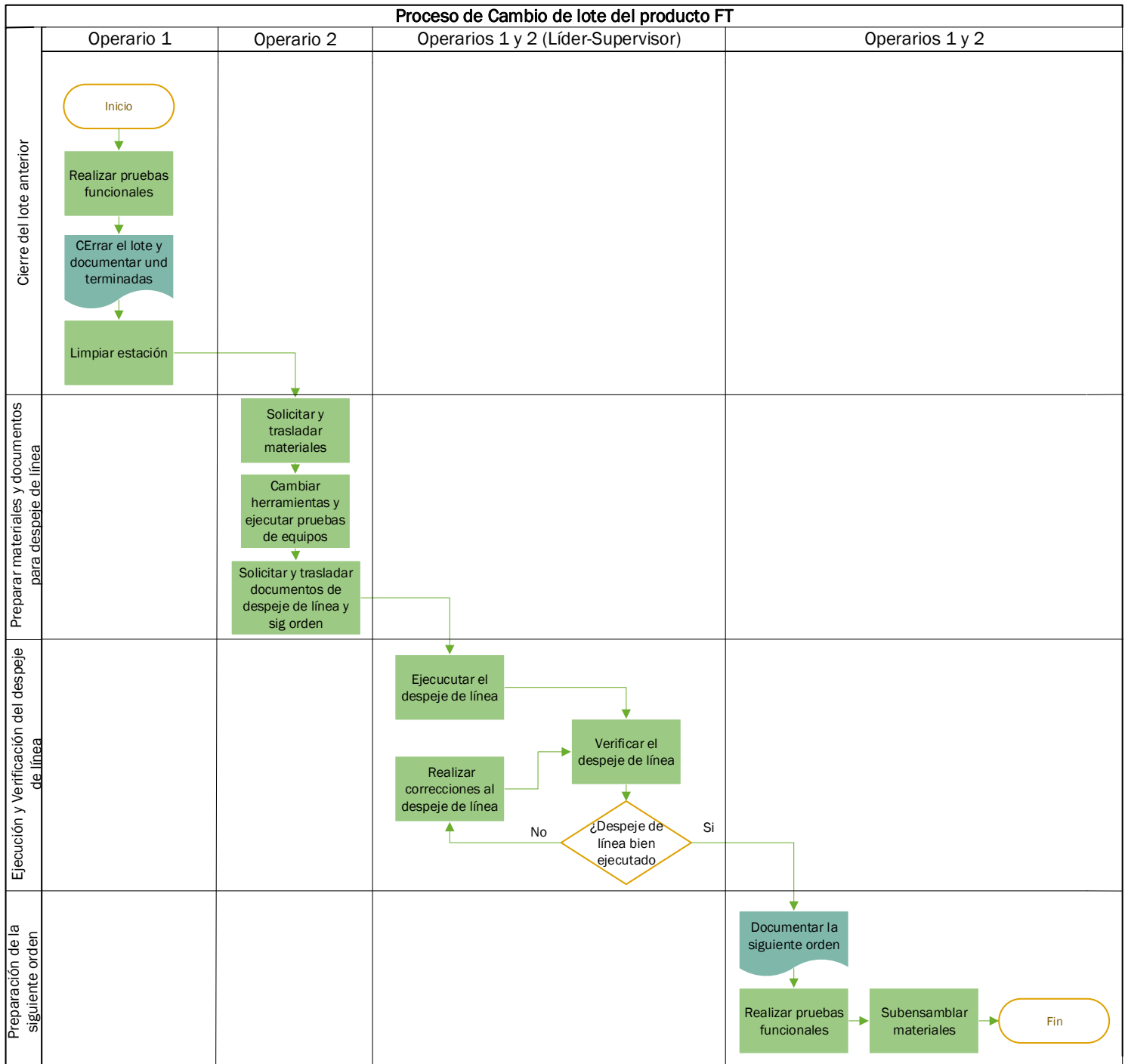


Figura 15. Diagrama de flujo del cambio de lote entre estaciones del producto FT.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Cabe resaltar, que el cambio de lote tiene lugar entre el momento en que el operario termina su trabajo con la última pieza del lote que esté trabajando y el momento que toma la primera pieza del siguiente lote. Todas las actividades que ocurren en el medio son actividades que corresponden al cambio de lote.

Las actividades que tienen lugar en el cierre de lote anterior implican documentar el número de unidades aceptadas y rechazadas que cada operario trabajó en la estación. Posteriormente o paralelo a este proceso, como ocurre en algunas estaciones con dos o más operarios, se da la limpieza de la estación, que asegura que no quede ningún documento, material, etiqueta, herramienta o equipo que correspondan al lote anterior con el fin de evitar errores de documentación o mezcla de materiales.

En algunas estaciones como el caso de la estación SP, se deben hacer algunas pruebas funcionales para medir parámetros como la resistencia de sellos de empaque, por ejemplo, razón por la cual, no se puede continuar con el despeje de línea hasta que esta operación haya concluido. Esto se hace con el fin de verificar que el equipo y los materiales son conformes a los requisitos especificados por calidad.

Una vez cerrado el lote anterior, se procede al traslado de materiales y suministros de la siguiente orden junto con la documentación contenida en la orden de producción o “router”. El traslado se realiza mediante un archivero portátil donde se va adjuntando toda la documentación de la orden por cada estación donde estuvo, además de los formularios para los despejes de línea.

Si fuera el caso en que la orden cambiara el producto de la modalidad Bidireccional a Unidireccional sería necesario hacer cambios de equipos y pruebas a los mismos, según se requiera en cada estación. Muchas estaciones tendrían que hacer pruebas de “Dymax” por ejemplo, cambio de herramientas o equipos. Sin embargo, en el alcance del proyecto solo se incluyó el cambio de lote cuando se procesan lotes continuos de producto en la modalidad Bidireccional por lo que ese proceso no afecta directamente a los tiempos de este proyecto.

Otro de los procesos en el cambio de lote sería la etapa de ejecución y verificación de los despejes de línea tal como se presenta en el Anexo 1, donde se especifica la lista de tareas que debe realizar el operario para asegurar que su estación está preparada para iniciar un nuevo lote.

Entre algunas de las actividades está, llenar el formulario de despeje de línea, verificar fechas de expiración de mantenimiento preventivo de los equipos así como las de calibraciones, que los equipos cumplan con las especificaciones, que no haya desechos del lote anterior, que los basureros estén limpios, que cuenten con los materiales correspondientes a la estación y orden de trabajo, que los materiales no estén expirados, que los manuales así como los formularios tengan la última versión del sistema de calidad, entre otras.

Una vez concluida toda la inspección anterior, se procede a la ejecución del despeje de línea. Esto implica, completar todas sus actividades haciendo una marca de chequeo en cada apartado y firmando el formulario correspondiente.

Posteriormente, la persona encargada de verificar el despeje de línea y su correcta ejecución revisa exactamente los mismos puntos en el formulario. Una vez asegurado que todo está conforme a las especificaciones procede a firmar el formulario de despeje de línea.

Cabe destacar que el despeje de línea puede ser verificado tanto por un operario calificado, el líder del área o cualquier supervisor de las diferentes líneas de producción.

Si se diera el caso que uno de los despejes de línea no cumple con alguno de los puntos como: material vencido o que no corresponde a la estación de trabajo, errores de documentación, formulario de despeje de línea sin firmar, basura del lote anterior, herramientas o equipos de otra estación o algún otro punto disconforme con el despeje de línea, el que verifica está en la obligación de notificarlo a quien corresponda para el remplazo o corrección.

Luego de finalizado el despeje de línea se realizan las actividades como, documentar los materiales de la siguiente orden de producción en el respectivo formulario, pruebas funcionales de equipos y materiales, inspecciones visuales y el subensamble de algunos materiales en el caso de estaciones como HD. Las inspecciones visuales se realizan con el fin de prevenir ensamblar materiales dañados.

En el formulario donde se documenta el siguiente orden de producción, así como en el formulario de despeje de línea, un segundo operario debe verificar que los números de lote de los materiales documentados correspondan a los números de lote en la etiqueta adherida

a cada material. Esta verificación se hace con el fin de no iniciar la producción con materiales que no cumplan las especificaciones y así prevenir un evento de calidad negativo.

4.2 Análisis de causas

4.2.1 Diagrama de Ishikawa

Para el análisis de causas se realizó un diagrama de causa y efecto o Ishikawa como se muestra en la Figura No.16, donde luego de hacer la consulta al equipo funcional de la línea (ingenieros de manufactura, calidad y supervisores), se determinó que se iba a trabajar solo en las causas marcadas en rojo y las que están en azul serían descartadas por distintas razones que se detallan en este capítulo.

Más adelante en el capítulo las causas seleccionadas por el equipo funcional fueron sometidas a análisis con la herramienta 5 por qué, lo que permitió priorizar de ahí en adelante las causas sobre las cuales se iba a trabajar en una solución, además este análisis permitió profundizar aún más en las causas identificadas en la lluvia de ideas generada en el Ishikawa.

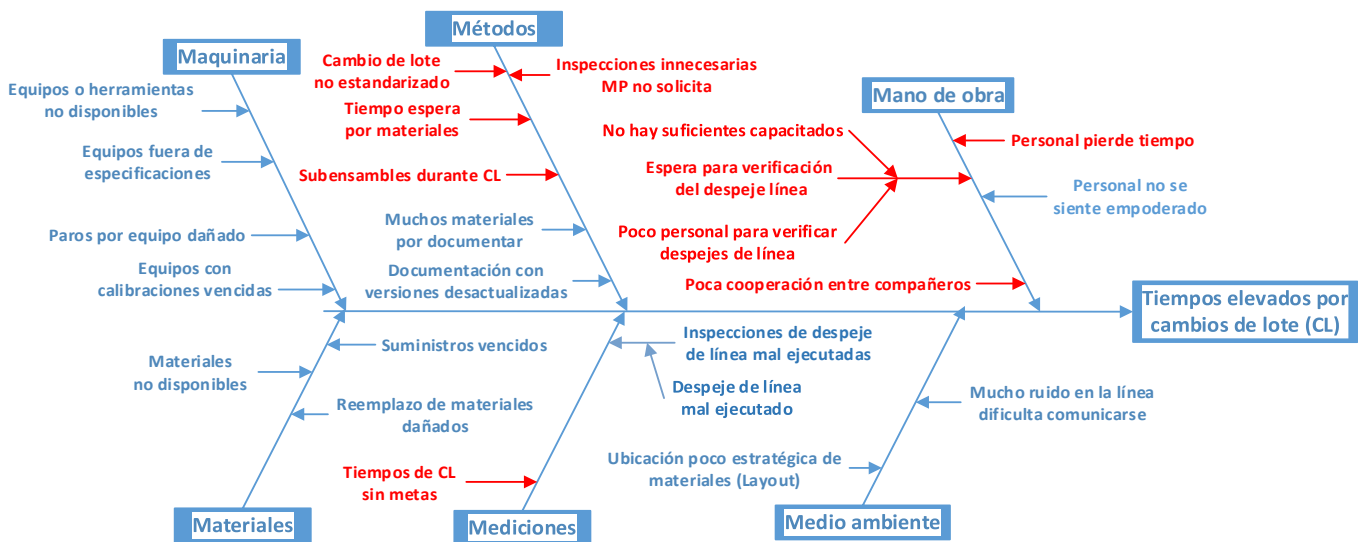


Figura 16. Diagrama de Ishikawa para el cambio de lote

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Para aquellas marcadas en azul se abordaron por medio de consultas a la supervisión de la línea, personal de calidad e ingeniería para determinar si estaban abiertas a cambios o podían ser trabajadas dentro de los alcances del proyecto.

Descarte de las causas

Las causas que fueron marcadas en azul fueron causas que luego de ser filtradas con los equipos de trabajo en la línea, no se van a considerar para el análisis de los 5 por qué, por lo que, a continuación, se describen las razones que se encontraron para descartarlas.

Mano de obra

Personal no se siente empoderado: Que el personal no se sienta empoderado a la hora de hacer el despeje de línea o cambio de lote responde a que muchos de ellos han sido relevados por los líderes en muchas de las actividades correspondientes al cambio de lote, esto debido a muchos errores cometidos por los operarios en el pasado en temas de documentación y confusión con materiales.

Se descarta esta causa por tratarse de un factor subjetivo el cual depende de cada persona y dependerá de cada uno de ellos la forma en que percibe su trabajo.

Métodos

Documentación con versiones desactualizadas: La documentación, como formularios de despeje de línea con versiones desactualizadas podría afectar el tiempo que tarda el cambio de lote, pero solo si es detectada en el preciso instante en que se efectúa el despeje de línea, debido a que un despeje de línea solo se puede efectuar con documentación en su última versión en el sistema de calidad.

Sin embargo, los eventos que se han presentado son eventos aislados a lo largo del año con respecto a este punto y en todo caso es responsabilidad de los líderes de la línea de producción y operarios velar por la correcta ejecución del despeje de línea e identificar este tipo de situaciones, por lo que se descarta en el análisis temas de calidad como la documentación obsoleta.

Muchos materiales por documentar: Cuando se trata de documentar materiales durante el cambio de lote, el método que se utiliza es el llenado de un documento en forma manual.

Se registran los materiales con sus números de lote y la firma de quien revisa y de quien verifica, es importante destacar que esto toma mucho tiempo en el cambio de lote y es una de las actividades que toma más tiempo.

Se descarta como causa ya que se escapa del alcance del proyecto, debido a que es un proceso que cuenta con un equipo de trabajo que tiene como objetivo implementar un sistema computarizado que permitirá registrar la información de materiales en forma digital, lo cual agilizará el proceso.

Actualmente, la línea deberá seguir registrando los materiales de forma manual por lo que solo se podrá intervenir en el orden secuencial en que se realiza la documentación de materiales y no en el método por requisitos de calidad.

Maquinaria

Equipos con calibraciones vencidas: Los equipos con calibraciones vencidas podrían ser un atraso si se llega al punto en que se vaya a realizar un cambio de lote y estén vencidas sus fechas de calibración o mantenimiento preventivo.

Reportar este tipo de situación es responsabilidad del operario y además debe estar alineado con el soporte que da mantenimiento e ingeniería, por otro lado, no es una situación recurrente en la línea.

Se descarta esta causa por lo expuesto anteriormente, también porque durante el 2018 no se reportaron incidentes de este tipo.

Equipos fuera de especificaciones: Los equipos fuera de especificaciones ya han sido un problema recurrente y en algunos casos han levantado no conformidades pues han impactado al producto, sin embargo, este es un problema en el que ingeniería da soporte.

En dado caso, si sucediera que uno de los equipos se daña o está fuera de especificaciones, se debe parar la línea y es un tiempo que se reporta como tiempo muerto por lo que, no se considera en el tiempo de cambio de lote.

El cambio de lote se hará cuando ingeniería ya haya trabajado en la solución del problema e investigado las causas por esta razón es descartada esta causa del análisis.

Herramientas y equipo no disponibles: Si al momento de realizar el cambio de lote no se cuenta con las herramientas o equipos, se podría generar un atraso, sin embargo, es parte de las actividades del cambio de lote y de cómo se organicen, hacer el cambio de herramientas.

Las herramientas se están reemplazando con frecuencia ya que recientemente se implementó en la línea una revisión periódica para reemplazar herramientas desgastadas cada vez que se requiera, evitando que esto impacte el tiempo de cambio de lote, razón por la que se descarta esta causa en el análisis.

Materiales

Reemplazo de materiales dañados: Los operarios en la línea alegan que el reemplazo de materiales es un atraso si llegado el momento del cambio de lote no se cuenta con el material para terminar la pieza, lo cual es cierto ya que deben reemplazarlo y documentarlo, lo que toma mucho tiempo.

No obstante, el tiempo de cambio de lote está comprendido entre la finalización de la última pieza buena del lote y tomar una pieza buena del siguiente lote, descartando esta causa por quedar fuera del alcance del proyecto.

Suministros vencidos: Si durante el cambio de lote se encuentra un suministro vencido al igual que con los materiales este debe ser reemplazado por lo que, es parte del método en el cambio de lote.

Se descarta esta causa porque ya existen mecanismos que permiten detectar este problema a tiempo y es un asunto que requiere de la atención y responsabilidad de todos los que trabajan en la línea.

Materiales no disponibles: Al igual que con los suministros, existen mecanismos para mitigar esta causa. Es responsabilidad de los MH velar que no falte ningún componente para el ensamble de unidades para lo cual cuentan con un sistema de máximos y mínimos que facilita visualizar si se tiene o no el material necesario.

Por lo expuesto, se descarta esta causa en el análisis, además, se escapa del alcance del proyecto debido a que los encargados de los materiales, MH, son externos a la línea principal.

Mediciones

Despejes de línea mal ejecutados: Los despejes de línea mal ejecutados son un error muy recurrente en todas las líneas de producción. A pesar de lo expuesto, los despejes de línea mal ejecutados no inciden en el tiempo de cambio de lote, aunque si son una causa que incide en la calidad por errores de documentación que deben ser corregidos.

El tiempo que demora una corrección en la documentación es despreciable, no más de 30 segundos, dentro de un cambio de lote que puede durar hasta 20 minutos o más en algunas estaciones.

Por otro lado, los despejes de línea mal ejecutados son en la mayoría de los casos, detectados por Calidad cuando ya se ha ejecutado el despeje de línea, mientras revisan la documentación, quedando fuera del alcance del proyecto por lo que se descarta esta causa.

Medio ambiente

Mucho ruido ambiental: En la línea es difícil comunicarse sin tener que alzar la voz, dado que hay muchos equipos como hornos, cronómetros, gente conversando y equipos en funcionamiento que mantienen un espacio con mucho ruido, pero a la vez es una causa que no puede ser tratada debido a que las variables implicadas se escapan del alcance del proyecto.

Por esta razón, es una causa que queda descartada del análisis, ya que las condiciones de trabajo son intrínsecas al tipo de labor que se está ejecutando y modificarlas implica un cambio total de las condiciones del área de trabajo.

Ubicación poco estratégica de los materiales: La ubicación poco estratégica de los materiales en la estación provoca que se realicen muchos transportes dentro de la línea y sin duda se genera mayor tiempo en el cambio de lote a la hora de ir por los materiales durante el cambio.

Sin embargo, esta causa es descartada debido a que el diseño de la línea fue establecido en base al espacio disponible para producción. La línea está dividida en dos partes y cuenta con dos espacios para acomodar y suministrar los materiales a cada parte de la línea. La razón por la que los materiales son administrados por los líderes obedece a que en el pasado se han dado mezclas de materiales, por lo que, los operarios se deben trasladar a solicitarlos a sus líderes en el espacio correspondientes.

Por otro lado, la ubicación no implica recorrer largas distancias que resten mucho tiempo al cambio de lote, por lo que, el rediseño del espacio en la línea no se considerará para efectos de este proyecto.

4.2.2 Análisis de los 5 ¿Por qué?

Para el análisis de 5 por qué se tomó como base las causas que fueron marcadas en rojo durante el desarrollo del diagrama de Ishikawa, de modo que se profundizó aún más en el origen de estas causas y así poder determinar posibles acciones a tomar en el abordaje del problema.

Esto se llevó a cabo con la intención de llegar a un análisis de causa raíz más profundo del planteado en el diagrama de Ishikawa, donde solo se buscó plantear mediante lluvia de ideas un panorama general de las causas que afectaban al proceso.

Tabla 6. Análisis de los 5 ¿Por qué? de las causas

Problema	1. ¿Por qué?	2. ¿Por qué?	3. ¿Por qué?	4. ¿Por qué?	5. ¿Por qué?	Resultado del análisis
Tiempos elevados en los cambios de lote	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque hay poca cooperación entre compañeros	¿Por qué hay poca cooperación entre compañeros? Porque no hay responsabilidades definidas por operario durante el cambio de lote.	¿Por qué no hay responsabilidades definidas? Porque se asume que cada uno sabe lo que debe hacer durante el cambio de lote.	¿Por qué se asume que todos saben lo que deben hacer? Porque siempre se ha entrenado a cada operario en la ejecución de despeje.		Asignar un operario coordinador en cada estación o área definiéndole sus responsabilidades durante el cambio de lote
	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque hay poco personal capacitado para verificar despejes de línea.	¿Por qué hay poco personal capacitado? Porque se dejó de capacitar.	¿Por qué se dejó de capacitar? Porque se cometían muchos errores de verificación en los despejes de línea.	¿Por qué se cometían errores de verificación? Porque no se definió bien a los operarios el grado de responsabilidad al verificar los despejes de línea.	¿Por qué no se les definió bien la responsabilidad que tenían? Porque se pensó durante la capacitación que lo tenían claro y no habrían tantos errores.	Realizar un entrenamiento en la verificación de despejes de línea haciendo énfasis en las consecuencias por errores de verificación.
	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque el personal pierde el tiempo.	¿Por qué pierden el tiempo? Porque no se mide su labor durante el cambio de lote.	¿Por qué no se mide su labor durante el cambio de lote? Porque no hay metas de cuanto debe durar cada estación en el cambio.	¿Por qué no hay metas? Porque no se han establecido.	¿Por qué no se han establecido las metas? Debido a que no se ha realizado un estudio de tiempos y se desconocía a donde se asignaba ese tiempo y los costos asociados.	Realizar un estudio de tiempos para la creación de un "Standard Work" que funciones como referencia para metas de desempeño
	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque el cambio de lote no está estandarizado.	¿Por qué no está estandarizado? Porque no se ha realizado un análisis por estación de las tareas en los cambios de lote.				Mediante el estudio de tiempos diseñar un "Standard Work" para cada estación. Mediante diseño de métodos buscar mejorar el método de cambio de lote.
	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque hay tiempos de espera para la verificación del despeje de línea.	¿Por qué se dan tiempos de espera en la verificación de los despejes de línea? Porque hay subgrupos de estaciones sin operarios entrenados para la verificación.	¿Por qué hay subgrupos de estaciones sin operarios entrenados para la verificación? Porque el movimiento de personal ha causado que no se entrene los nuevos operarios en verificación de despejes de línea.			Que todo operario nuevo esté entrenado en ejecución como en verificación del despeje de línea antes de integrarse al equipo. También capacitar en dicho tema, al menos a un operario por subgrupo de estaciones en la línea actual.
	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque se hacen subensambles durante el cambio de lote..	¿Por qué se subensambla materiales durante el cambio de lote? Porque es necesario para iniciar producción y no hay otro método.	¿Por qué no existe otro método? Porque no se dispone de suficientes operarios para hacerlo paralelo a la producción.			Se realizará el sumensamble de materiales en la estación de HD paralelo a la documentación de materiales de modo que ambas actividades se traslapen.
	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque deben esperar a que les den los materiales.	¿Por qué deben esperar por los materiales? Porque solamente los líderes se los pueden dar y no siempre están desocupados.	¿Por qué solo los líderes les pueden dar los materiales? Porque existían errores por confusión de materiales.	¿Por qué se dan los errores o confusión de materiales? Por descuido de los operarios a la hora de revisar los formularios o atenderse a sus compañeros.	¿Por qué descuidan la verificación de los órdenes con los materiales correctos? Porque no se ha asignado un encargado por área capacitado y con responsabilidad asignada sobre el chequeo de los materiales correctos.	Que el operario coordinador sea el responsable del cambio de materiales, explicarle el grado de responsabilidad y las consecuencias en caso de hacer mal el chequeo. Además de alinear esta tarea con el diseño de métodos de modo que sea paralela al cambio de lote.
	¿Por qué hay tiempos elevados en los cambios de lote? Porque se deben realizar inspecciones innecesarias que el manual de procedimiento no especifica	¿Por qué se hacen inspecciones? Porque se ha hecho como rutina en estaciones como HD, verificar que el material venga en buen estado durante el cambio de lote.	¿Por qué se hacen inspecciones en el cambio de lote? Porque no se ha planteado otro método para hacerlo sin que esto llegue a impactar el tiempo de cambio de lote.			Las verificaciones de materiales se harán durante el procesamiento de unidades y no durante el cambio de lote luego de entrenar a los operarios en el nuevo método.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tal como se aprecia en la Tabla 6 de los 5 por qué, se pueden extraer varias propuestas resultado del análisis realizado, entre las que destacan, la realización de un “standard work”, la necesidad de fijar metas de tiempo, realizar entrenamientos para verificación de despeje de línea y definir roles y responsabilidades.

Gran parte de las demoras en los cambios de lote responden al hecho que los operarios nunca se habían sometido a una evaluación de desempeño durante el cambio de lote, de la misma manera, nunca se había medido ya sea por estudio de tiempos o algún otro instrumento, el tiempo que tomaba la realización de esta actividad.

Por lo expuesto, queda claro que tampoco se les había impuesto metas en cuanto al tiempo de duración del cambio de lote por estación, a pesar de que la empresa cuenta con un tiempo estándar para el mismo definido en sus modelos de capacidad, el cual se desconocía por parte de los operarios y líderes dejando fuera de control el tiempo que demora cada uno en su cambio de lote.

Como se mencionó, hay una brecha importante en temas de capacitación en lo que respecta a despejes de línea. Actualmente, al no haber roles definidos ni responsabilidades es común la desorganización y falta de cooperación entre compañeros, lo que dificulta la fluidez en las actividades de cambio de lote.

Los líderes o supervisores no siempre están a disposición para ayudar en las verificaciones de los despejes de línea, lo que genera tiempos de espera prolongados al no contar con operarios capacitados para estas tareas extendiendo el cambio de lote de forma innecesaria.

En la línea según lo consultado a los supervisores y líderes nunca se había realizado un entrenamiento específicamente enfocado en la verificación de despejes de línea a pesar de ser un entrenamiento que en ocasiones pasadas se había realizado en otras líneas de la planta.

Como consecuencia, se deja por fuera a los operarios de una actividad directamente relacionada con su trabajo, ya que lo mismo hace un operario que ejecuta el despeje de línea como el que lo verifica, tal como se aprecia en el Anexo 1 donde se definen las actividades del Formulario de despeje de Línea.

Esto plantea otra causa del problema y es la falta de un representante por área que se encargue de coordinar las actividades del cambio de lote y de soporte en los despejes de línea en la parte de la verificación lo que genera poca cooperación entre operarios.

Para estaciones puntuales como HD, una de las principales causas de los tiempos prolongados en el cambio de lote es la necesidad de sub-ensamblar materiales y verificarlos dentro del tiempo destinado al cambio de lote. En el capítulo V se analizará con más detalle que acciones se pueden desarrollar para una mejor ejecución de este proceso.

Los subensambles son necesarios para el arranque de la producción, sin embargo, los operarios lo han identificado como un proceso que se puede optimizar por lo que, será tomado en cuenta para generar la propuesta de mejora.

El hecho de revisar los materiales durante el cambio de lote es riesgoso ya que además de agregar tiempo al proceso, no es una actividad contemplada dentro del manual de procedimientos lo cual podría ser un problema a nivel de auditoría.

Por situaciones en el pasado con materiales dañados no se ha eliminado esta práctica, lo que ha venido agregando más tiempo del requerido al cambio de lote.

Con del análisis realizado, se identificaron varios puntos que permitirán generar una base para las propuestas de mejora que se harán en la fase de implementación, con la intención de dar una solución al problema y lograr reducir los tiempos de cambio de lote.

También, se suma a los objetivos del proyecto donde se plantea la realización de un estudio de tiempos y el diseño de métodos.

4.3 Estudio de tiempos

4.3.1 Plan de recolección de datos

Para esta tarea se recolectó la información necesaria de la línea con respecto a los operarios, los cuales en su totalidad estaban calificados al 100% en la curva de aprendizaje.

Las condiciones ambientales dentro de la línea eran aceptables u óptimas para el trabajo, todos contaban con el material y las herramientas necesarias para desempeñar sus funciones.

Documentos: Se hizo una revisión de toda la documentación referente al cambio de lote y despeje de línea para comprender cuales son los elementos y pasos para considerar en el estudio de tiempos.

Se analizó este punto en cada estación de trabajo ya que, aunque todas las estaciones comparten requisitos de documentación, algunas, por ejemplo, no documentan materiales o por el contrario se documentan muchos materiales.

Operario: Para el operario se tomó el nombre completo para consultar el estado de su curva de aprendizaje con el supervisor o para asegurarse que era un operario calificado. El nombre de los operarios se reserva por la confidencialidad de sus datos personales, sin embargo, para efectos de los análisis del proyecto se utilizará las siglas de sus nombres y apellidos.

Fecha y hora: El estudio se llevó a cabo entre el 23 de julio y el 3 de setiembre del 2018. Del 11 al 23 de julio del 2018 fueron días exclusivamente dedicados a el reconocimiento del proceso.

La aleatorización la definió el ritmo de la línea de producción, dado que en un mismo día podía haber 3 o más lotes corriendo en la línea. Se tomaba el tiempo de aquella estación que estuviese más próxima a realizar el cambio de lote y así se continuaba a la siguiente estación, que no necesariamente era la estación de al lado debido ya que aún podía tener unidades en proceso, por lo que se podía dar la toma de tiempo en una estación distante a la anterior.

La hora para la toma de tiempos siempre se dio dentro del turno A, que inicia a las 6:00 am y finaliza a las 3:30 pm, descontando las horas para el desayuno, almuerzo, estiramientos, idas al baño, reuniones u otras actividades programadas dentro de la línea. También, se tomó en cuenta el turno B para hacer un análisis comparativo, más no para realizar un estudio de tiempos como en el caso del turno A.

Condiciones ambientales: La empresa ha definido como rangos óptimos las temperaturas mínimas de 15 °C y máximas de 30 °C, que para los meses de estudio la temperatura rondó los 20 °C por lo que se mantuvo dentro de los parámetros aceptables.

Para el caso del porcentaje de humedad relativa la empresa establece rangos entre un 20% y 85% donde, durante los meses de estudio el comportamiento de la humedad dentro del área de trabajo rondaba el 49%. Por tanto, ambos parámetros tuvieron un comportamiento aceptable dentro del estudio.

Desglose de actividades del proceso de cambio de lote: Como parte del estudio de tiempos se hizo un desglose de las tareas del cambio de lote.

Con el fin de recolectar los tiempos de cada una de esas tareas y poder determinar cuales tenían mayor incidencia en el tiempo de cambio de lote, se hicieron observaciones de reconocimiento del proceso los primeros días, generando la información que muestra la Tabla 7.

Tabla 7. Actividades y punto de corte durante el cambio de lote.

Actividades por estación	No.	Descripción de la actividad	Punto de quiebre	Contenido del trabajo
			Termina última und	Hombre/Auto/Espera
	1	Pruebas funcionales	Termina de anotar el resultado	Hombre
	2	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico final en la sig estación	Hombre
	3	Traslada documentación al líder	Pone formulario de despeje de línea sobre la mesa	Hombre
	4	Cambio de materiales	Coloca materiales en la estación	Hombre
	5	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario despeje de línea	Hombre
	6	Verificación del despeje de línea	Firma formulario despeje de línea	Hombre
	7	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Hombre
	8	Verificación y ensamble de materiales	Toma pieza sig lote	Hombre
	9	Pruebas funcionales	Toma pieza sig lote	Hombre

Fuente: Elaboración propia, (2018). Basado en el formato de formulario de tiempos de la empresa.

Cabe resaltar que no todas las actividades descritas en la tabla se ejecutan en todas las estaciones, como se mencionó anteriormente cada estación tiene su particularidad, en algunas no hay cambio de materiales, no se hace cambio de herramientas, no hay o pruebas funcionales o no se traslada la documentación al líder.

Cada actividad tiene un punto de quiebre o “breakpoint”, el cual define el momento en que finaliza la tarea. El punto de quiebre de la actividad 7 está definido por dos acciones, ya

sea que el operario toma la siguiente unidad o simplemente firma la orden de producción. Esto se definió así, porque en algunos casos la estación anterior a la que estaba realizando el cambio de lote no tenía unidades procesadas que pasar.

4.3.2 Recolección de datos

Una vez generado el plan de recolección de datos se procedió con la toma de tiempos en el área de trabajo. En la Figura No. 17 se muestra los tiempos promedio obtenidos en el estudio de tiempos para cada una de las estaciones mientras que en el Apéndice 1 se muestra la evidencia documental de cada registro de los datos por estación durante el estudio.

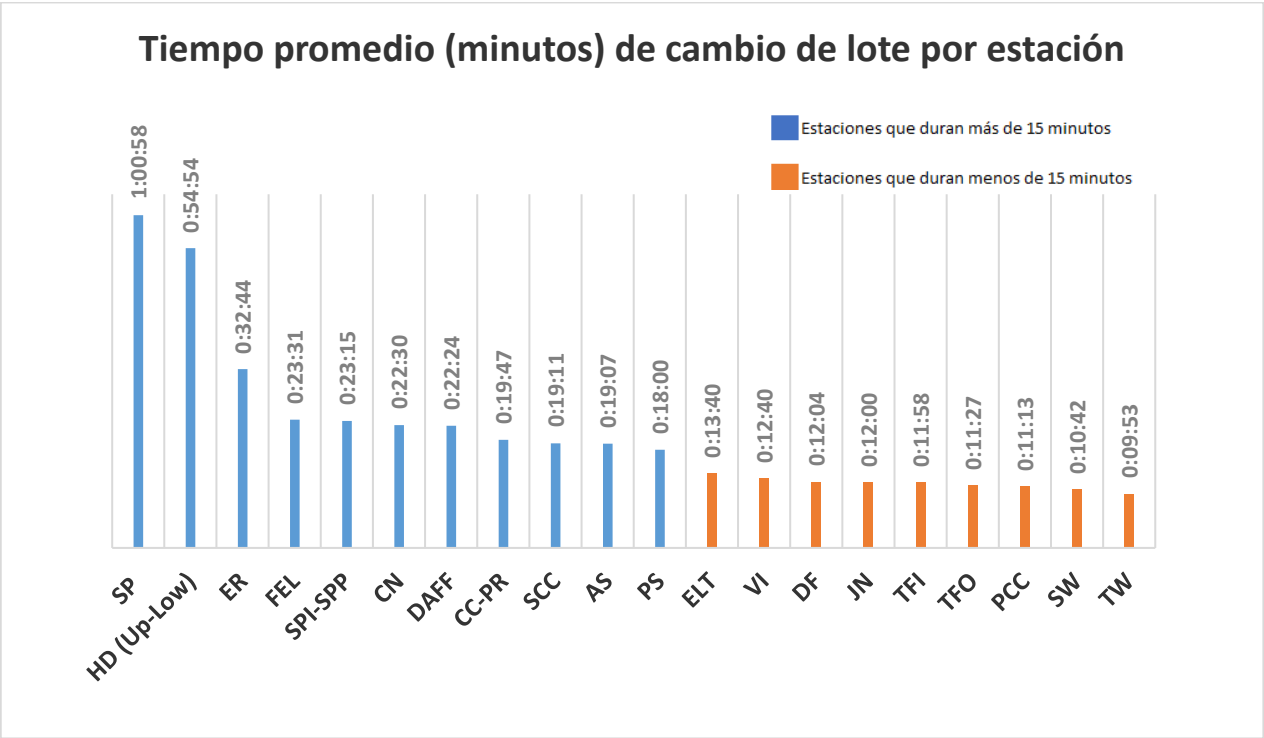


Figura 17. *Tiempo promedio actual del cambio de lote por estación*

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Como se observa en la Figura No. 17 las estaciones que presentan el mayor tiempo en relación con las demás, son las estaciones SP, HD y ER que sobrepasan los 30 minutos,

cabe resaltar que 30 minutos es el tiempo que la empresa ha establecido como teórico para la duración del cambio de lote. Basándose en observaciones preliminares al estudio de tiempo se consideró que el cambio de lote se podía reducir en al menos un 20% del tiempo con respecto al tiempo estándar que maneja la empresa.

Estaciones como HD contienen dos estaciones las cuales siempre realizan el cambio de lote al mismo tiempo ya que una depende de la otra a nivel operativo, por lo que, para efectos del análisis y construcción del modelo de capacidad se tomarán por separado, pero utilizando los mismos tiempos para ambas.

Lo mismo sucede con la estación FEL la cual cuenta con dos estaciones que por flujo de trabajo realizan el cambio de lote al mismo tiempo.

Estaciones como SPI, SPP, CC y PR también reciben un tratamiento y análisis por separado para la elaboración del modelo de capacidad o balance de línea esto porque son estaciones distintas pero que por conveniencia a nivel de flujo de trabajo siempre realizan el cambio de lote al mismo tiempo.

Las estaciones marcadas con color anaranjado como ELT, VI, DL son estaciones que corresponden a la inspección visual e inspecciones de prueba del producto terminado. Estas estaciones no tienen que documentar materiales en los formularios de la orden, lo cual agiliza mucho el tiempo de cambio de lote, razón por la que registran tiempos menores a 15 minutos, es decir, menos de la mitad del tiempo teórico del despeje de línea.

De la misma forma sucede con las estaciones SW y TW, aunque estas son estaciones que utilizan materiales, son estaciones sencillas que no documentan mucho material.

Las estaciones como JN, TFI, TFO y PCC son estaciones que poseen hornos para el curado de las piezas. El tiempo que el operario pasa ocioso en estas estaciones debido a la duración de los hornos le permite adelantar actividades como traer toda la documentación para su despeje de línea y la limpieza del área de trabajo. Además, son estaciones que solo registran suministros como adhesivos, lo cual agiliza el tiempo requerido en documentación.

Las estaciones con un tiempo menor a 15 minutos son estaciones que cuentan con un único operario en su estación, lo que las hace más inflexibles en cuanto a la posibilidad de trabajar en equipo con otros compañeros en las actividades relacionadas al cambio de

lote. En el resto de las estaciones no sucede esto ya que cuentan con más de un operario por estación lo que facilita el trabajo de cambio de lote a excepción de estaciones como AS, SCC, DAFF y SP que al igual solo cuentan con un operario y su tiempo es superior a 15 minutos.

La estación SP durante el cambio de lote contiene mayor número de actividades, ya que al ser la última estación debe revisar toda la documentación de la orden, además llenar cuatro formularios de despeje de línea, realizar pruebas funcionales al inicio y final de la línea, cuenta con un operario y se encuentra ubicada en un área completamente apartada de la línea de producción debido a que es la estación donde se hace el empaque estéril del producto y requiere de condiciones especiales.

Esta situación en la estación SP produce mayor cantidad de transportes de material y documentos que suman mucho tiempo a la operación, razón por la que esta estación registra el mayor tiempo de cambio de lote.

4.3.3 Cálculo del tamaño de muestra

Para realizar el cálculo de la muestra se hizo en base a la recomendación de ciclos de observación de la General Electric Company tal como se aprecia en la Figura No.18.

Se parte del hecho de que el valor teórico propuesto por la empresa es de 30 minutos para cada cambio de lote por lo que se define un muestreo preliminar de 5 observaciones según la Figura No. 18.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Figura 18. *Número de ciclos de observación de trabajo recomendados.*

Fuente: Niebel, (2009).

El cálculo de la muestra se hizo según la formula dada por Niebel y Freivalds (2009), que se describe a continuación:

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

Para obtener n se utilizaron 4 grados de libertad con un valor de t=2,7765 que representa el 97,5% de confiabilidad (ver Anexo 2), un porcentaje de error del 10% y un valor para la desviación estándar según las 5 observaciones realizadas, lo mismo para \bar{x} .

Se hizo con un 97% de confiabilidad dado que los tiempos eran extensos y en todas las estaciones presentaban muy poca variabilidad lo que resulto en tamaños de muestra relativamente pequeñas.

En la Tabla 8 se muestra el resumen de los cálculos efectuados para número de observaciones requeridas por estación basados en la fórmula dada en Capítulo II.

Tabla 8. Cálculo de muestra por estación.

Estación	S	\bar{x}	t	k	n	$\sim n$
SPP-SSI	150.8	1425.2	2.7765	0.1	8.63	9
CC-PR	114.3	1238.0	2.7765	0.1	6.57	7
ER	183.9	1971.6	2.7765	0.1	6.71	7
SW	59.5	594.2	2.7765	0.1	7.74	8
FEL	155.2	1490.0	2.7765	0.1	8.37	9
TFI	85.5	821.6	2.7765	0.1	8.35	9
TFO	63.2	711.4	2.7765	0.1	6.09	7
PS	101.1	1123.0	2.7765	0.1	6.25	7
JN	79.8	799.6	2.7765	0.1	7.68	8
PCC	76.4	715.0	2.7765	0.1	8.81	9
TW	65.7	617.4	2.7765	0.1	8.73	9
AS	107.2	1117.8	2.7765	0.1	7.09	8
SCC	92.2	1116.6	2.7765	0.1	5.26	6
CN	106.5	1307.2	2.7765	0.1	5.12	6
HD	317.5	3205.8	2.7765	0.1	7.56	8
DAFF	107.2	1311.6	2.7765	0.1	5.15	6
DF	75.0	720.0	2.7765	0.1	8.37	9
ELT	94.1	841.4	2.7765	0.1	9.64	10
VI	81.4	756.0	2.7765	0.1	8.94	9
SP	310.9	3490.2	2.7765	0.1	6.12	7

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Una vez completados los cálculos se redondeó el valor a su número más alto para mayor confiabilidad del muestreo.

Cabe resaltar que todos los datos recolectados están en segundos, con fines de una interpretación más clara en algunos cuadros se muestran en minutos, pero para el análisis se tomaron en segundos dada la facilidad de analizarlos en un formato más sencillo.

4.3.4 Recolección de datos necesarios

Una vez calculada la muestra se completó la cantidad de datos requeridos para el estudio.

Se realizó una prueba de bondad de ajuste afirmando que las variables en el estudio de tiempos siguen una distribución normal.

En la Figura No.19 se muestra un resumen de la distribución de los datos en forma gráfica y la prueba de normalidad de Anderson Darling elaborada en el programa Minitab 2018.

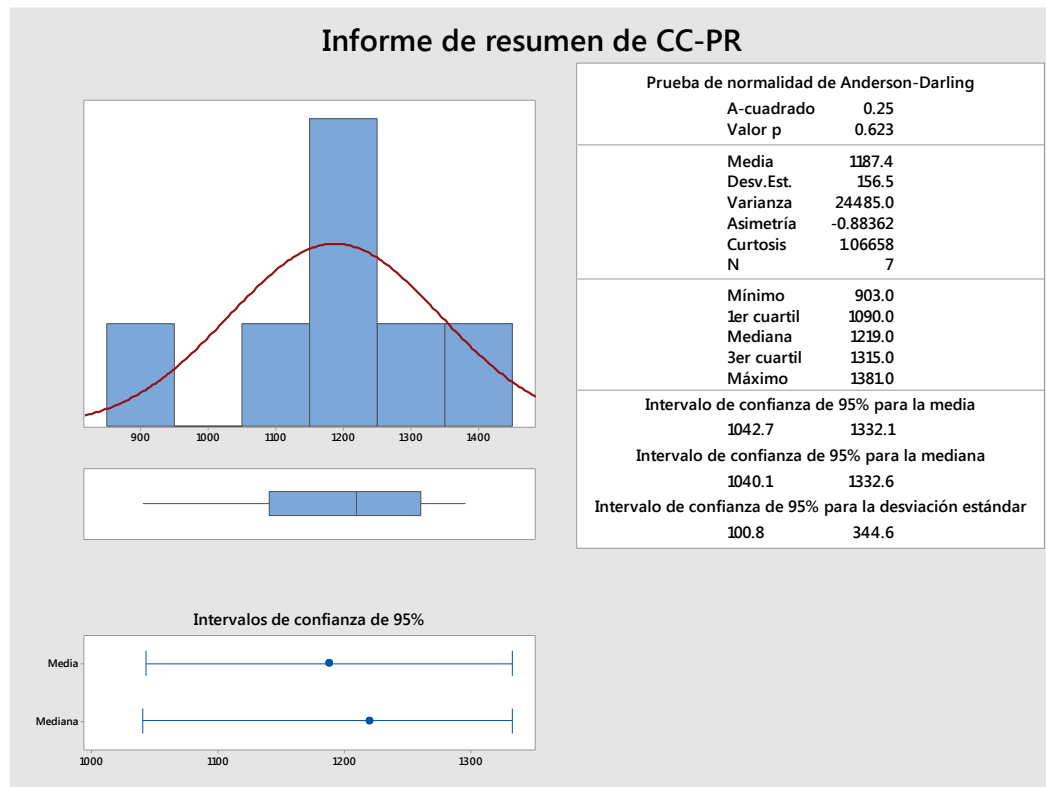


Figura 19. Resumen gráfico de prueba de normalidad de los datos

Fuente: Minitab, (2018).

La Figura No. 19 indica el resultado de la prueba de Anderson-Darling para la estación CC-PR, además de su gráfico, la figura se incluye con el fin de ilustrar los análisis realizados con el programa Minitab 18. La Tabla No. 9 nos muestra el resumen del resto de las pruebas de normalidad.

Tabla 9. Resumen prueba de normalidad de Anderson-Darling de los datos por estación

Prueba de normalidad de Anderson-Darling			
Estación	Desviación estándar	Media	Valor p
SPP-SSI	191.48	1394.89	0.889
CC-PR	156.48	1187.43	0.623
ER	215.54	1964.57	0.286
SW	101.88	642.71	0.903
FEL	163.22	1411.67	0.917
TFI	143.36	718.22	0.694
TFO	66.35	687.71	0.373
PS	110.42	1080.29	0.274
JN	128.36	720.88	0.591
PCC	76.02	673.33	0.479
TW	87.04	593.20	0.601
AS	121.06	1147.38	0.755
SCC	118.20	1151.17	0.810
CN	143.17	1350.83	0.897
HD	350.38	3294.00	0.070
DAFF	125.00	1344.33	0.759
DF	87.33	724.78	0.625
ELT	125.24	820.60	0.252
VI	94.07	760.50	0.754
SP	410.36	3659.00	0.901

Fuente: Elaboración propia realizado en octubre del 2018

La tabla muestra el resumen de la prueba de normalidad de Anderson Darling con el fin de determinar si los datos siguen una distribución normal. La hipótesis nula (H_0) plantea que las variables aleatorias siguen una distribución normal y la hipótesis alternativa (H_a) dice que las variables aleatorias en el estudio no siguen una distribución normal.

Para determinar si los datos no siguen una distribución normal se compara el valor p con el nivel de significancia que es denominado como α . Un α igual a 0.05 indica un riesgo del 5% de concluir que los datos no siguen una distribución normal.

Por lo tanto, un valor p menor a 0.05, la decisión es rechazar la hipótesis nula, concluir que los datos no siguen una distribución normal. Con un valor p mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula, por lo que no hay suficiente evidencia para decir que los datos no siguen una distribución normal (Minitab, 2018).

Tal como se muestra en la Tabla No. 9 todos los valores p obtenidos de la prueba de normalidad son mayores al nivel de significancia 0.05, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , por lo que, se puede afirmar que los datos observados por estación siguen una distribución normal.

4.4 Diagrama de Pareto

Una vez concluida la recolección y análisis de los datos se procedió a realizar un diagrama de Pareto tomando en cuenta cada una de las actividades ejecutadas durante el cambio de lote.

El estudio de tiempos fue llevado a cabo clasificando cada una de las actividades y midiendo el tiempo de cada actividad, cuya suma es el tiempo total del cambio de lote en cada estación.

Esto permitió identificar por medio del diagrama de Pareto las actividades que consumían mayor o menor tiempo en el cambio de lote de modo que esta información, permita determinar en qué actividades se debe tomar acciones de mejora.

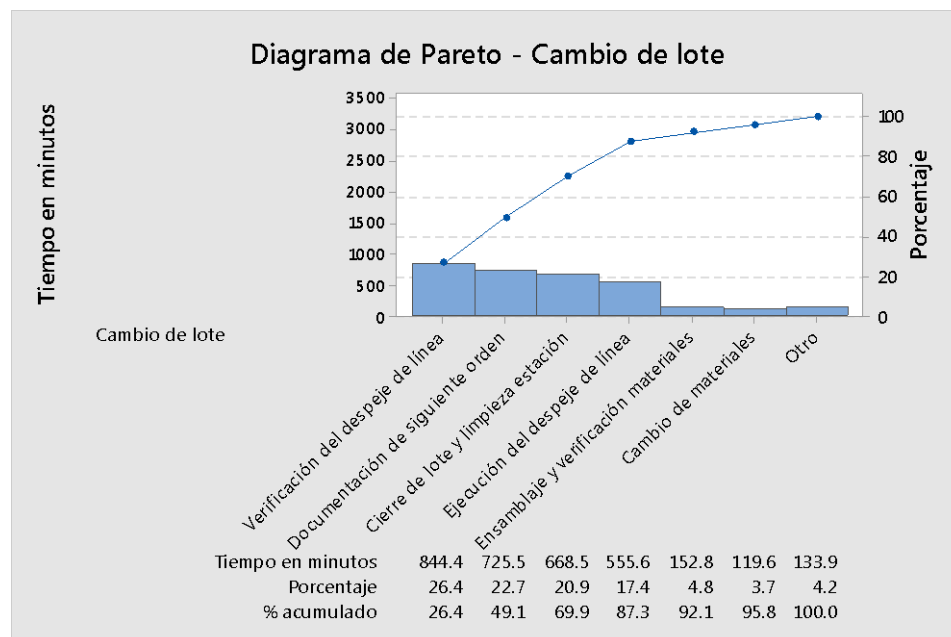


Figura 20. Diagrama de Pareto de las actividades durante el cambio de lote

Fuente: Minitab, (2018).

Como se aprecia en la Figura No. 20 las actividades relacionadas a la verificación del despeje de línea, la documentación de la siguiente orden, el cierre de lote y limpieza de estación consumen el 69.9% del tiempo de cambio de lote.

Anteriormente, en el análisis de los 5 por qué, se identificaron algunas actividades que generaban un aumento en el tiempo del cambio de lote. Por ejemplo, la falta de personas disponibles por estación para verificar el despeje de línea es un factor que afecta la eficiencia del proceso, de igual forma, la espera a que algún líder u operario llegue a verificar el despeje de línea.

El cierre de lote y limpieza de estación, así como la ejecución del despeje de línea son actividades que también pueden ser impactadas con las propuestas o cambios a nivel del método de trabajo.

Por el contrario, factores como la documentación de la siguiente orden, como se había mencionado en análisis de Ishikawa es un factor que fue descartado por el hecho de que ya existe un equipo de trabajo que impulsa la implementación de un sistema que permita documentar de forma digital por medio de un escáner.

En el caso de los demás factores, aunque no aporten mucho tiempo al cambio de lote de igual forma pueden ser trabajados en la propuesta de mejora o el diseño de métodos, debido a que muchos se pueden ejecutar en paralelo a otras actividades en estaciones que cuenten con más de un operario.

4.5 Análisis comparativo entre turnos

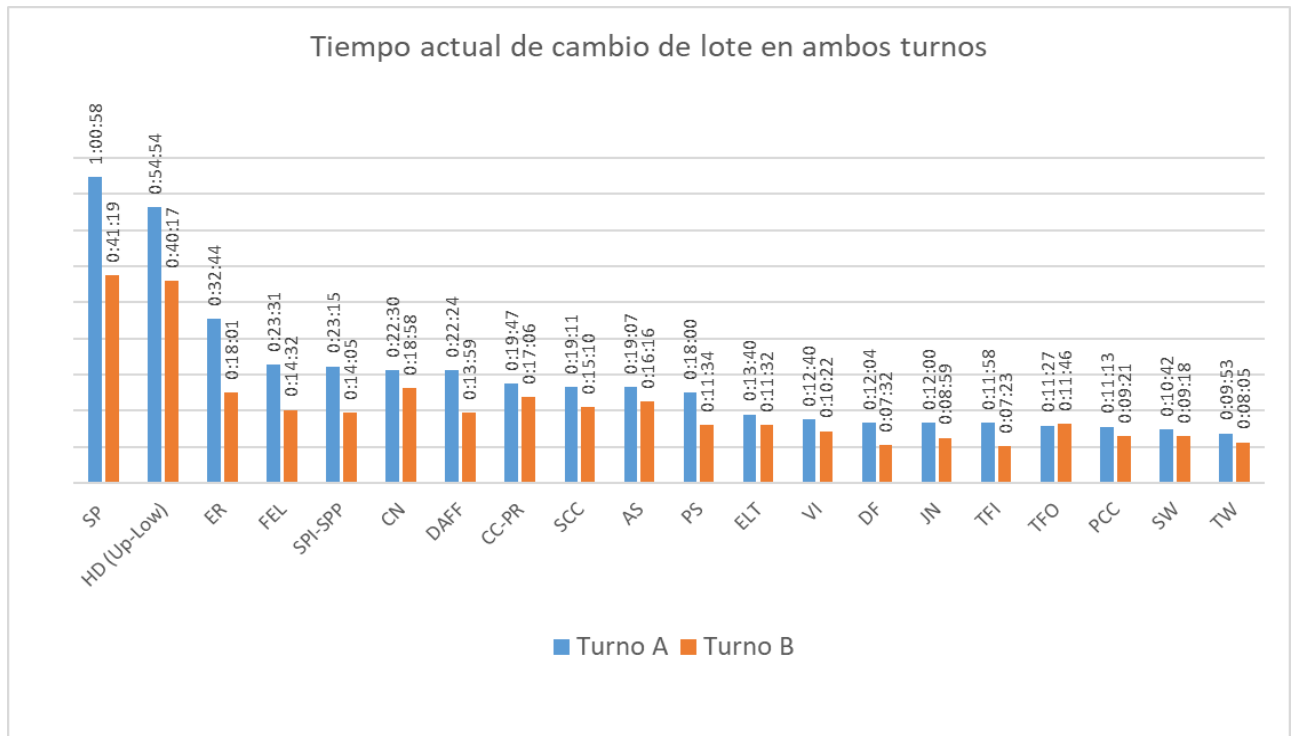


Figura 21. Comparación de tiempos entre turnos.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Para el análisis de causas se realizó la recolección de datos de los tiempos de cambio de lote del turno B con el fin de generar un análisis comparativo con el turno A. La Figura No. 21 muestra los resultados observados en ambos turnos, sin embargo, para el turno B solo se recolectó una cantidad de datos basada en la tabla de los de los “Erie Works” de General Electric Company que para este caso son 5 observaciones por estación.

Cabe resaltar, que en todas las estaciones del turno B, los tiempos registrados fueron menores a los tiempos del turno A. Para efectos de análisis, estos tiempos no serán considerados en el modelo de capacidad presentado en esta sección, sin embargo, si serán tomados en cuenta para la elaboración del “standard work” basado en los mejores tiempos registrados entre el turno A y B para cada una de las actividades del cambio de lote por estación. En el Apéndice No. 2 se muestra la evidencia del registro de los tiempos tomados por estación en el turno B.

Durante esta observación se tomaron en cuenta algunos elementos del método de trabajo del turno B que serán considerados en la propuesta de mejora del proceso, como el hecho de que en cada estación de trabajo había un designado para coordinar las tareas del despeje de línea y el mismo se encargaba de la verificación del despeje con una mayor eficiencia en las tareas en comparación con el turno A.

4.6 Análisis de la capacidad del sistema

4.6.1 Tiempo disponible del turno

Una vez registrados los tiempos del turno A del apartado anterior, se procedió a la elaboración de un análisis de capacidad de la línea tomando en cuenta los tiempos de cambio de lote más los tiempos de producción de la base de datos empresarial.

Para el análisis de capacidad de la línea de producción y sus estaciones, como se mencionó, es necesario tomar en cuenta varios factores como el tiempo disponible del turno de trabajo, el tiempo que se tarda por unidad y el tiempo que aporta el cambio de lote a cada unidad producida. En la Tabla 10 se muestra en detalle el tiempo disponible diario y semanal para la línea de producción del producto FT en el turno A.

Tabla 10. Cálculo del tiempo disponible para el turno de trabajo.

Tiempo		Turno A
		Diario
Duración del turno (min)		576
Reducciones (min)	Descansos (Desayuno, Almuerzo)	65
	Reuniones	5
	Estiramientos	10
	Otros	20
Tiempo efectivo diario (minutos)		476
Tiempo efectivo diario (segundos)		28560
Días a la semana		5
Tiempo efectivo 91eminal (minutos)		2380
Tiempo efectivo 91eminal (segundos)		142800

Fuente: Base de datos empresarial elaborado en el 2018

Además de los datos del tiempo disponible en el turno, es necesario determinar el tiempo que se debe durar procesando una unidad para cumplir con la demanda más los tiempos por cambio de lote.

4.6.2 Tiempo de cambio de lote

En la Tabla No. 11 se muestra un resumen comparativo del tiempo que toma el cambio el lote, donde se muestra el tiempo teórico propuesto por el departamento de ingeniería, el tiempo real dado por el estudio de tiempos y lo que cada uno de estos tiempos suma al tiempo de cada proceso, considerando que cada lote es de 86 unidades.

Se aclara que el tiempo que tarda en ser fabricado un lote contempla el tiempo que se dura ejecutando el cambio de lote. Por esta razón, es necesario dividir el tiempo de cambio de lote entre las 86 unidades para determinar cuánto aporta a cada unidad.

Tabla 11. Tiempo de cambio de lote teórico y real.

Tiempos de cambio de lote de 86 unidades				
Estación	Tiempo teórico (segundos)	Tiempo real (segundos)	Tiempo teórico/unidad (segundos)	Tiempo real/unidad (segundos)
SPP-SSI	1800	1395	20.9	16.2
CC-PR	1800	1187	20.9	13.8
ER	1800	1965	20.9	22.8
SW	1800	643	20.9	7.5
FEL	1800	1412	20.9	16.4
TFI	1800	718	20.9	8.4
TFO	1800	688	20.9	8.0
PS	1800	1080	20.9	12.6
JN	1800	721	20.9	8.4
PCC	1800	673	20.9	7.8
TW	1800	593	20.9	6.9
AS	2400	1147	27.9	13.3
SCC	1200	1151	14.0	13.4
CN	1800	1351	20.9	15.7
HD	1800	3294	20.9	38.3
DAFF	900	1344	10.5	15.6
DF	900	725	10.5	8.4
ELT	900	821	10.5	9.5
VI	900	761	10.5	8.8
SP	3220	3659	37.4	42.5

Fuente: Base de datos empresarial y elaboración propia realizado en el 2018.

En referencia a la Tabla No. 11 se puede decir que los tiempos de cambio de lote encontrados en la gran mayoría de las estaciones, no concuerdan con los tiempos teóricos.

En casi todas las estaciones el tiempo observado o real es menor al tiempo planteado por el departamento de Ingeniería a excepción de las estaciones ER, HD, DAFF y SP cuyo tiempo era mayor al teórico, lo cual no quiere decir que estas estaciones sean críticas sin antes haber analizado el modelo de capacidad.

4.6.3 Tiempos de fabricación unitarios y número de operarios

Para poder diagramar el modelo de capacidad de la línea del producto FT, se le sumó al tiempo que se tarda en elaborar una unidad el tiempo que aporta el cambio de lote por unidad en cada una de las estaciones.

Los datos de tiempo de fabricación por unidad en cada estación fueron proporcionados por los modelos de capacidad que maneja la empresa. Cabe resaltar que, los tiempos de fabricación de una unidad a diferencia de los tiempos por cambio de lote, habían sido actualizados recientemente como parte de un proyecto de balance de línea, por lo que son muy ajustados a la realidad.

La Tabla No. 12 muestra los datos de tiempo de fabricación por unidad tomando en cuenta lo que aporta el cambio de lote, también el número de operarios y el tiempo ponderado.

El tiempo ponderado es el cociente del tiempo que toma fabricar una unidad entre el número de operarios, este tiempo representa la capacidad que tiene cada estación para el procesamiento de unidades.

Por otro lado, en la Tabla No. 12 se detalla el número de operarios por estación, en algunos casos, por ejemplo, en la estación de CC el número de operarios es de 0.7 lo cual no significa que hayan 0.7 operarios en esa estación, sino que responde a un modelo propuesto por la empresa basado en el tiempo que cada operario debe permanecer en cada estación para lograr un correcto balance de línea.

Para comprender mejor el modelo es importante aclarar que hay estaciones que agrupadas, conforman una unidad mayor de trabajo o área dedicada a construir cada uno de los componentes principales del producto FT.

Por ejemplo, de la estación SPP a la estación PR se considera una unidad de trabajo que prepara la primera parte de del producto FT.

Entonces, de la estación SPP a la estación PR suman 3.5, desde ER hasta TFO suman 7.4, desde PS hasta TW es otra área que suma 3.9, desde AS hasta AL suma 8.6 y desde DAFF hasta SP suma 4,6 para un total entre todas las áreas de 28 operarios.

Es importante aclarar que entre algunas áreas hay operarios que están calificados para trabajar en más de una estación o unidades de trabajo lo que permite mayor flexibilidad para ser ubicados en distintas estaciones permitiendo modelar de la forma que se plantea en este análisis.

Tabla 12. Tiempo unitario y número de operarios por estación.

Estación	Tiempo por unidad Modalidad Bi-D (segundos)	Tiempo por unidad Modalidad Uni-D (segundos)	# operarios	Tiempo ponderado
SPP	168.50	105.05	1.0	156
SPI	198.44	191.34	1.0	197
CC	126.88	126.88	0.7	181
PR	147.29	147.29	0.8	184
ER	409.71	409.71	2.0	205
SW	209.99	209.99	1.2	175
FEL-1	184.50	184.50	1.0	184
FEL-2	181.16	181.16	1.0	181
TA	148.58	148.58	0.8	186
TFI	103.10	103.10	0.6	172
TFO	143.28	143.28	0.8	179
PS	309.72	309.72	1.7	182
JN	125.76	125.76	0.7	180
PCC	124.26	124.26	0.7	178
TW	129.94	129.94	0.8	162
AS	152.42	245.26	1.0	171
SCC	168.54	99.95	1.0	155
PA-1	0.00	143.02	0.2	143
PA-2	0.00	159.78	0.2	160
CN	525.95	646.51	3.0	183
HD (Low)	289.57	0.00	1.5	154
HD (Up)	169.44	0.00	1.0	136
HS	0.00	228.96	0.3	153
AL	0.00	332.90	0.4	166
DAFF	125.56	125.56	0.6	209
DF	257.75	257.75	1.5	172
ELT	150.00	150.00	1.0	150
VI	66.55	66.55	0.5	133
SP	167.55	167.55	1.0	168

Fuente: Base de datos empresarial realizado en octubre del 2018

Se aclara que la Tabla No. 12 fue elaborada tomando en cuenta las estaciones que son utilizadas en la fabricación de una de las modalidades del producto FT en este caso modalidad unidireccional (Uni-D) que abarca el 20% de la producción y que incluye a las estaciones PA-1, PA-2, HS y AL.

Las estaciones SPP, SPI, AS, SCC y CN son estaciones que según la modalidad de fabricación sus tiempos varían por las características del producto, las demás permanecen igual ya que indiferentemente de la modalidad que este siendo fabricada los tiempos de cambio de lote o de fabricación son los mismos.

En lo que respecta a las estaciones de HD, los tiempos son igual a 0 cuando se fabrica la modalidad Uni-D, ya que estas estaciones son dedicadas exclusivamente para la modalidad Bidireccional (Bi-D) del producto, que abarca el 80% de la producción, de la misma manera sucede con las estaciones PA-1, PA-2, HS y AL, solo que estas están dedicadas exclusivamente a la modalidad Uni-D.

Los datos de tiempo de las estaciones cuando se fabricaba la modalidad de menor demanda fueron tomados de los modelos de capacidad de la empresa tanto para el cambio de lote como para el tiempo de producción por unidad, por lo que, son muy representativos de la realidad. Para el resto se tomó los tiempos de producción por unidad proporcionados por la empresa más los tiempos por cambio de lote observados durante el estudio de tiempo.

La modalidad que abarca el 20% de la producción se dejó por fuera por las razones expuestas en la justificación del proyecto, sin embargo, se tomó en cuenta a la hora de generar el modelo de capacidad para darle mayor representatividad al mismo, y por el hecho de tratarse de un porcentaje menor no influirá de forma significativa el resultado del modelo.

De lo anterior, se extrajo el tiempo ponderado, que es el cociente de la suma de los tiempos por unidad multiplicados por cada porcentaje de la demanda entre la cantidad propuesta de operarios. Por lo que, es un tiempo que considera ambas modalidades a la hora de realizar un modelo de capacidad.

4.6.4 Modelo de capacidad de la línea del producto FT

El resto de los datos necesarios para poder diseñar el modelo de capacidad están representados en la Tabla No. 13.

Tabla 13. Datos de capacidad para la línea del producto FT

Tiempo disponible	"Yield"	Demanda	"Takt Time"	"Starts"	"Yielded Takt"	Utilización de la línea (UL)	"Takt Time" con UL
142800	95%	500	285.60	526.32	271.32	90%	244.19

Fuente: Base de datos empresarial realizado en el 2018.

La demanda puede ser cambiante, sin embargo, se elaboró un modelo de capacidad tomando en cuenta la demanda con la que cerró el año 2018 la línea de producción, que en este caso es de 500 unidades.

El "takt time" es el cociente del tiempo disponible entre la demanda. Por ejemplo:

$$\text{"Takt time"} = \text{Tiempo disponible} / \text{Demanda}$$

Los "starts" se refieren a unidades sobre estimadas en el proceso debido a que en el proceso puede haber fallos que obliguen al descarte de la unidad. Entonces, "starts" se refieren a la cantidad a fabricar tomando en cuenta el "yield", se entiende por "yield" al porcentaje de unidades buenas sobre el total, por lo que su resultado es el cociente de la demanda entre el "yield". Por ejemplo:

$$\text{"Starts"} = \text{Demanda} / \text{"yield"}$$

Por lo tanto, el "yielded takt" es el cociente del tiempo disponible entre los "starts". Por ejemplo:

$$\text{"Yielded takt"} = \text{Tiempo disponible} / \text{"starts"}$$

Una vez obtenidos todos los valores mencionados se procede con el cálculo del "takt time" con la utilización de la línea. La línea tiene un porcentaje de utilización del 90% por lo que el "takt time" es el producto de la utilización de la línea por el "yielded takt". Por ejemplo:

$$\text{Takt time con UL} = \text{UL} *$$

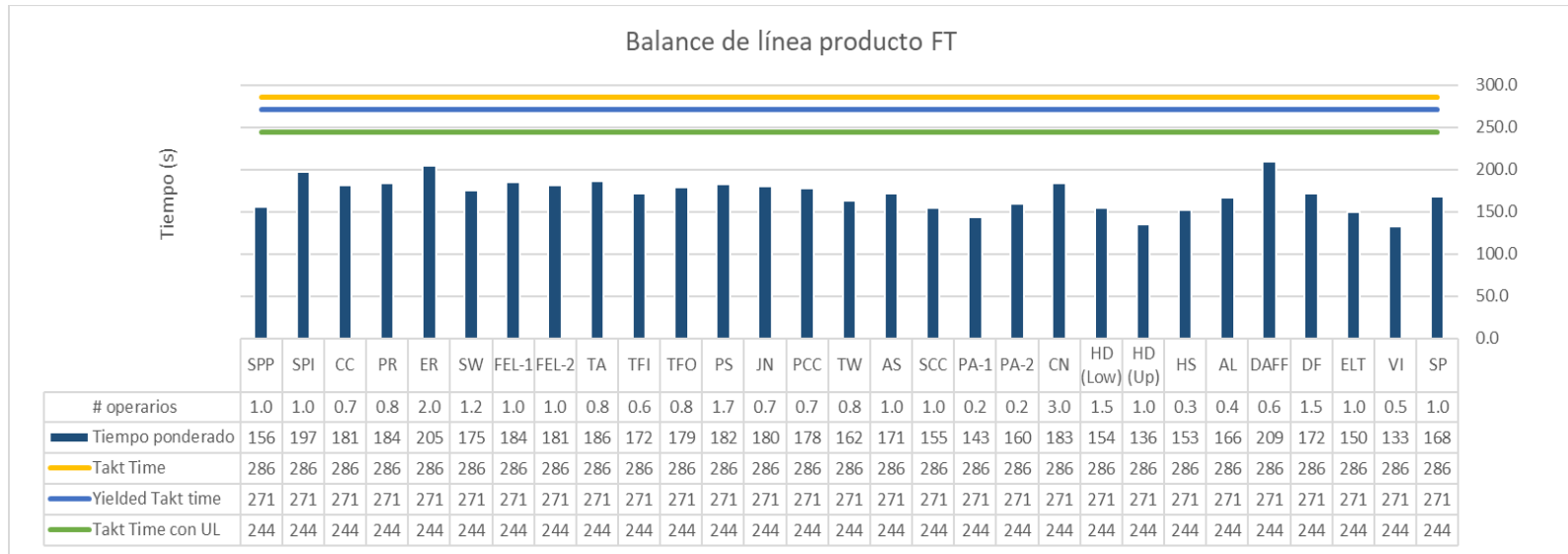


Figura 22. Modelo de capacidad de la línea del Producto FT

Fuente: Base de datos empresarial y elaboración propia realizado en octubre del 2018

Como se puede observar en la Figura No. 22 el tiempo ponderado es el tiempo estimado para cada unidad en sus respectivas estaciones. Considerando que estaciones presentan los tiempos de ciclo más altos o que podrían significar un cuello de botella, serían las estaciones SPI, ER, DAFF y SP respectivamente.

Todas las estaciones fueron sujetas a evaluación para lograr una reducción en el cambio de lote, sin embargo, estaciones como SPI están condicionadas al tiempo de cambio de lote de SPP por lo que, lograr reducir ese tiempo depende de la coordinación de ambas estaciones.

Para el caso de la estación ER por estar compuesta de 4 subestaciones realiza 4 despejes de línea que por requisitos de documentación y calidad no se pueden hacer al mismo tiempo, pero si se pueden coordinar para que la tarea sea más fluida. Además, es una estación cuyo tiempo de proceso por unidad es uno de los más altos en la línea.

La estación DAFF por su parte tiene un tiempo de ciclo y cambio de lote extenso, representando una estación crítica según se aprecia en el modelo de capacidad, sin embargo, es una estación cuyo tiempo de cambio de lote se extiende debido a que la estación anterior, en este caso HD, tiene un cambio de lote que toma alrededor de 50 minutos, lo que

genera tiempos de espera en el cambio de lote de la estación DAF. Esto se da por el hecho de que la estación DAFF logra terminar las unidades del lote actual antes de que la estación HD logre empezar con las unidades del siguiente.

Esta evidencia se utilizará en el análisis de las propuestas para encontrar de que forma el flujo de trabajo desde la estación HD a la estación DAFF sea más eficiente. En el Capítulo V se hará un mayor análisis de las propuestas para reducir el tiempo de cambio de lote de cada una de las estaciones.

Si se observa la Figura No. 22 se puede notar que hay un número de estaciones que no habían sido analizadas en los datos para cambio de lote como los son PA-1, PA-2, HS y Al ya que estas estaciones se utilizan solo en una modalidad del producto FT que abarca el 20% de la producción. Los tiempos que se utilizaron en el análisis corresponden a los tiempos propuestos por el departamento de Ingeniería.

Estas estaciones no se dejaron fuera del análisis debido a que comparten recurso humano con el restante 80% de la producción de modo que si se busca reducir personal o recursos tienen que ser tomados en cuenta.

Sin embargo, si se observa el modelo, las estaciones anteriormente mencionadas presentan tiempos ponderados más bajos que el resto, por lo que, no representan un punto de mejora significativo.

Con respecto al modelo, se observa que la línea está en capacidad de procesar un número mayor de unidades, lo cual le permitirá hacer frente a picos de producción en el futuro o prescindir de recursos como la mano de obra en caso de que baje la demanda de producto FT.

Luego de la propuesta de mejora en el capítulo V se elaborará un nuevo modelo de capacidad con las mismas variables presentadas en este apartado.

4.7 Resultado del análisis.

Una vez realizado el análisis de las causas y evaluado los modelos de capacidad con base al estudio de tiempos se procedió con el desarrollo de las propuestas para el abordaje del problema.

Se logró detectar del análisis realizado en este capítulo varias causas sobre las cuales se va a trabajar en la propuesta de mejora, entre los principales resultados destacan:

- La necesidad de crear un “Standard work” que delimite el tiempo en que se deben llevar a cabo las tareas del cambio de lote por estación.
- En el análisis comparativo entre turno se observa como el TB es más eficiente en la utilización del tiempo, muchos de los tiempos arrojados por el proceso de cambio de lote en este turno pueden ser considerados para la elaboración del “Standard work”.
- Se determina que para que haya una mejor coordinación por estación de trabaja a la hora del cambio de lote, es importante que haya un operario coordinador que esté a cargo de la verificación del despeje de línea. Al no existir esa figura es importante definir los roles y responsabilidades dentro del cambio de lote para todas las partes involucradas.
- Se concluye que la espera por parte de los operarios para que se les verifique el despeje de línea es la causa de mayor peso según muestra el diagrama de Pareto (Figura No. 20), por lo que, se debe entrenar a los operarios en este proceso para atacar el problema.
- Existen muchas actividades que en algunas estaciones se puede llevar a cabo de forma externa a la operación lo cual se puede analizar a través de la metodología SMED.
- El modelo de capacidad tiene importantes holguras en algunas operaciones desde TA hasta HD (Figura 22) por lo que, a través de las propuestas de mejora se puede buscar maximizar el modelo y reducir costos como la mano de obra.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Planteamiento de la propuesta de mejora

Para la implementación de las distintas propuestas elaboradas para este proyecto se desarrollaron metodologías como el SMED, se recurrió a la lluvia de ideas y el diseño de métodos, además del análisis de causas y los resultados del estudio de tiempos lo que permitió la ponencia de las propuestas.

Dentro de las propuestas destacan algunas que fueron derivadas de las metodologías mencionadas como, por ejemplo:

1. La reducción del tiempo al cambiar el orden de las actividades del cambio de lote derivado de la metodología SMED.
2. Generar una matriz de impacto y viabilidad para la implementación de las ideas más viables derivado de la metodología de lluvia de ideas.
3. De la lluvia de ideas, el SMED y el análisis generado en el capítulo IV, se esboza un plan de acción con tres ejes que son:
 - El entrenamiento en la verificación de despeje de línea.
 - El diseño del nuevo método.
 - La estandarización.
4. Derivado del plan de acción se propone una estación de entrenamiento para la capacitación en verificación de despejes de línea con operarios seleccionados de acuerdo con su desempeño.
5. Se crean metas de cambio de lote basadas en el “standard work”
6. Se propone una matriz de roles y responsabilidades para algunas de los cambios propuestos.
7. Se propone realizar un estudio de tiempos luego de entrenar e involucrar a todo el personal en las propuestas anteriores.
8. Con este nuevo estudio de tiempos se generará un modelo de capacidad nuevo.
9. Se realizará un análisis del impacto económico del proyecto.
10. Por último, se propondrá una lista de chequeo para el control y seguimiento de lo implementado durante este proyecto.

Para la realización de estas propuestas, se requirió el involucramiento de toda la línea, desde operarios, entrenadores, técnicos de calidad, líderes y supervisores con el fin de que las ideas propuestas fueran llevadas a cabo de forma expedita.

Fue necesario la elaboración de una estación de entrenamiento para lo que se solicitó, equipos, herramientas y materiales en desuso que sirvieran para la creación de esta.

El costo de la implementación, así como de todo el proyecto se detalla en el apartado de este capítulo correspondiente al análisis económico, sin embargo, el costo fue de \$4000 aproximadamente.

Por otro lado, se espera que este proyecto llegue a impactar de forma positiva el tiempo que toma el cambio de lote y por tanto el índice de productividad, así como una reducción en los recursos requeridos en la elaboración del producto.

En la Tabla 14 se detalla un resumen de las propuestas que se exponen en este capítulo, así como sus principales resultados. La misma contiene las causas del problema que se profundizaron en el análisis de causas mediante la técnica de 5 por qué.

Tabla 14. Resumen de propuestas y resultados de la implementación

Análisis de Causas 5 por qué/Causas del problema	Metodología a seguir	Plan de acción considerado	Resultado de la implementación
Desperdicios de tiempo en espera de la verificación del despeje de línea.	SMED Diseño de Métodos Trabajo estándar.	Ejecutar acciones propuestas en el plan de acción (Tabla No. 15).	<ul style="list-style-type: none"> Se logró una reducción promedio del 46% en el cambio de lote. Se alcanzó una mejora de un 5% en el índice de productividad de la línea. También se proyectó un ahorro de \$48000 por reducción de mano de obra en ambos turnos luego de la revisión del modelo de capacidad.
Cambio de lote no estandarizado.	Trabajo estándar Estudio de tiempos.	Establecer en la línea metas por estación basadas en el trabajo estándar. Maximizar el modelo de capacidad de la línea.	
Falta de entrenamiento en verificación de despejes de línea.	Entrenamiento en verificación de despeje de línea.	Montar una estación modelo, de entrenamiento para operarios seleccionados.	
Subensambles e inspecciones innecesarios	SMED Diseño de métodos.	Capacitar a los operarios en como ejecutar de forma paralela los subensambles e inspecciones en algunas estaciones (Tabla No. 15).	
Falta de cooperación entre operarios	Matriz de roles y responsabilidades.	Instruir operarios coordinadores, operarios y líderes en sus roles y responsabilidades en el cambio de lote. (Tabla No. 15).	

Fuente: Elaboración propia, (2019).

5.1.1 Metodología SMED

Según plantea la metodología SMED, la cual se tomó como base para una de las propuestas de mejora, es importante observar el proceso e identificar cada una de sus actividades de modo que se puedan clasificar como internas y externas.

En la Figura No. 23 se presenta una propuesta basada en la metodología SMED donde se puede observar las actividades del cambio de lote clasificadas como internas y externas según el análisis del proceso y la consulta que se hizo a los diferentes colaboradores que participan en la fabricación del producto FT.

Como se muestra en la Figura No. 23 las actividades 2, 3 y 4 son actividades que se pueden convertir en actividades externas que se pueden llevar de forma paralela al resto de las actividades en casi todas las estaciones de trabajo con excepción de aquellas estaciones

que cuentan solamente con un operario. En tal caso, será el operario que esté solo, el que tenga que realizar todas las actividades.

Para el caso de la operación 2 en algunas estaciones que poseen hornos o equipos de curado de piezas, es posible realizar las tareas de limpieza mucho antes de que se termine el proceso debido a que el tiempo de horneado genera esperas, tiempo que puede ser aprovechado en otras actividades.

Para el caso de estaciones con más de un operario este tipo de actividades se pueden realizar en paralelo mientras otro operario se encarga de las demás, cabe resaltar que para el proceso de implementación se definió de esta forma.

La Figura No. 23 también muestra otras actividades como la 9 y 10 que corresponden a subensambles e inspecciones hechas por estaciones como HD, en las cuales es necesario llevar a cabo estas dos actividades con ciertos materiales para poder iniciar la producción del producto FT.

Las actividades 9 y 10 son parte del cambio de lote, a pesar de esto, son actividades que pueden ser excluidas o realizadas de forma paralela al cambio según lo observado.

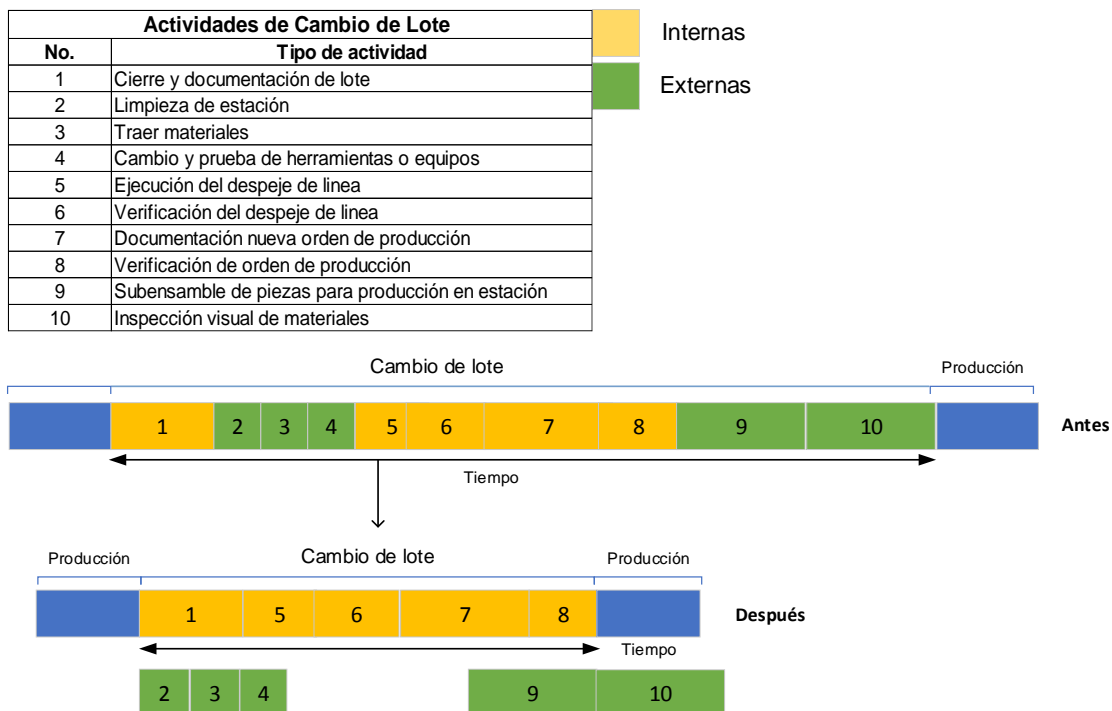


Figura 23. SMED para actividades de cambio de lote
 Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.1.2 Lluvia de ideas

Como parte del planteamiento de la propuesta de mejora, en el período comprendido entre julio y setiembre del 2018, se desarrolló una lluvia de ideas entre todas las personas involucradas en la fabricación del producto FT. Se enfocó en la reducción del tiempo de cambio de lote sin que la idea propuesta tuviera implicaciones negativas en la calidad del producto.

En la Tabla No. 15 se desglosan las principales ideas presentadas por los operarios, supervisores y demás personas encargadas de la línea de producción. Con el fin de dejar más claro el contenido de la propuesta las ideas se clasificaron y acomodaron según el eje temático de la idea para que fuera más sencillo realizar una evaluación de las ideas propuestas.

También, el enfoque de la lluvia de ideas se llevó a cabo con la intención de mitigar las causas que ya habían sido identificadas en el Diagrama de Ishikawa (Figura No. 16) y como complemento de algunas de las acciones generadas del análisis de 5 por qué.

Cabe resaltar, que todas las ideas propuestas fueron contrastadas con el análisis de causas, para evaluar su impacto en la mitigación de las causas principales, también fueron un complemento a lo planteado en la Figura No. 23 donde se muestra algunos principios relacionados a la metodología SMED.

Durante el desarrollo de la actividad de lluvia de ideas muchas de las propuestas fueron consultadas al equipo funcional, conformado por los supervisores de manufactura, los ingenieros de calidad e ingenieros de manufactura, con el fin de evaluar la viabilidad técnica y la conformidad de los requisitos del sistema de calidad antes de implementar algunas de las propuestas.

Tabla 15. Lluvia de ideas

¿Qué se puede hacer para que el cambio de lote sea más rápido, sin que afecte la calidad del proceso?
<p>Inspecciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la estación de HD se puede iniciar con la inspección visual de materiales y ensamble de los componentes previo al cambio de lote realizando un despeje de línea (DL) solo para esa actividad. • Eliminar del todo la inspección de materiales de la estación de HD. • Se propone que en las estaciones de HD se haga inspección visual de los materiales durante la elaboración de las piezas y no en el cambio de lote. • Para las estaciones de HD se propone hacer la inspección visual de los materiales únicamente previo a la finalización del lote con su respectivo DL. • Entrenar y permitir a uno más operarios por área a hacer la verificación de los DL de sus respectivas estaciones.
<p>Método</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la estación de HD se puede iniciar el proceso de piezas con un operario en la estación de HD (Low) mientras que el resto ensambla componentes, cuando finalicen de ensamblar se integran al procesamiento de piezas, esto lo pueden hacer alternando operarios entre cambios de lote. • Poner una marca visual en aquellos equipos y herramientas que deben ser verificados en cada estación para guiar al operario a la hora de verificar. • Mayor apoyo telefónico y respaldo (“back up”) para la estación de SP para retirar documentación de la orden y las piezas al área, verificación de DL, así como verificación de la documentación de materiales. • El operario(a) de SP debe hacer la llamada telefónica a quien va a verificar el DL antes de ejecutarlo para eliminar esperas en la verificación de este. • Antes de que la estación de SPI termine la última pieza los operarios de SPP deben adelantar el cierre de lote y marcar en el acrílico o rótulo de la orden, el número de la siguiente orden para agilizar en el cambio de lote. • Los operarios de SPP deben marcar el número de la siguiente orden de producción en las etiquetas y el acrílico previo al cambio de lote. • Que todos los operarios alerten a sus compañeros cada vez que realicen un cambio de lote. • Que un segundo o tercero para estaciones con más de un operario pueda realizar actividades en paralelo a la documentación del cierre de lote como traer materiales, limpiar la estación y alcanzar la documentación de la orden de producción, por ejemplo.

- Designar a algún operario o varios que tengan más tiempo ocioso para que prepare los materiales de cada estación próxima al cambio de lote, para que se los entregue al momento en que se va a hacer el cierre de la orden anterior y se necesite el cambio de material.
- Para el caso de ER se puede cerrar y abrir las tres estaciones que están juntas al mismo tiempo y abrir la cuarta estación, que se encuentra aparte, solo en caso de emergencia para terminar un lote, así las otras tres pueden hacer el cambio de lote coordinado y al mismo tiempo para arrancar antes que la cuarta estación.
- Que estaciones como TFI, TFO, JN y PCC que cuentan con hornos adelanten actividades de cambio de lote antes de terminar las últimas piezas como limpiar la estación o reemplazo de suministros agotados como el adhesivo.

Documentación

- Generar un solo formulario de DL para la estación SP en vez de cuatro.
- Que los encargados de materiales, MH, documenten en las órdenes de producción (HD, CN etc.) los lotes del material de aquellas estaciones con mucho material para que los operarios ahorren tiempo en la documentación.

Nueva tecnología

- Adquirir un software que permita escanear las órdenes de producción y materiales para agilizar los procesos y evitar errores de documentación.
- Poner un identificador visual como una luz parpadeante o dispositivo similar que alerte a toda la línea de producción cada vez que se va a hacer cambio de lote.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.1.3 Matriz de impacto y viabilidad

La Figura No. 24 muestra la matriz de impacto y viabilidad utilizada como instrumento para evaluar las ideas propuestas luego de ser consultadas con los equipos de trabajo como se mencionó en el apartado anterior.

La matriz de impacto y viabilidad es un compilado de las ideas expuestas anteriormente las cuales se le asignó un valor positivo o negativo con respecto a su impacto y viabilidad, algunas de las ideas propuestas también fueron consideradas a la hora de plantear la metodología SMED.

Las ideas seleccionadas a través de la matriz pasarán luego a formar parte del plan de acción que se ejecutará en la línea.

Matriz de impacto y viabilidad

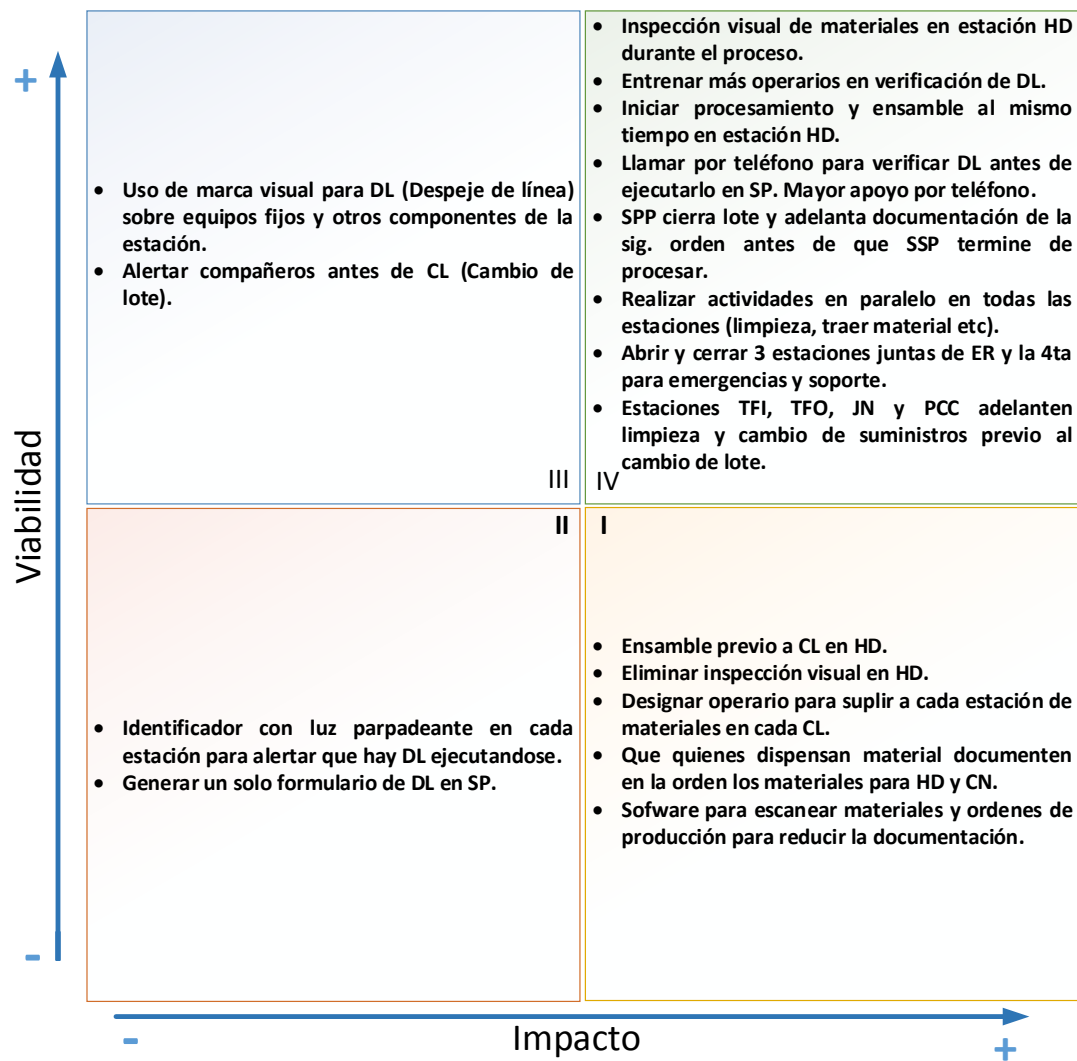


Figura 24. *Matriz de impacto y viabilidad de las ideas propuestas*

Fuente: Elaboración propia, (2018).

La matriz de viabilidad e impacto muestra 4 áreas o cuadrantes donde las propuestas ubicadas en el cuadrante IV son aquellas propuestas sobre las cuales se elaborará el plan piloto de la propuesta de mejora. El cuadrante III son ideas que a pesar de ser viables se

estimó que su impacto sería muy poco tras su implementación por lo que, no fueron consideradas.

En los cuadrantes de abajo, particularmente el II, se presentan aquellas ideas que son menos viables y presentan el menor impacto a nivel de implementación por lo que, quedan descartadas de la propuesta.

El cuadrante I, aunque su impacto es alto, su viabilidad es baja ya sea por un tema de presupuesto o por aspectos regulatorios del sistema de calidad de la empresa, por lo que, son ideas que se podrían en algunos casos considerar para otros proyectos de mejora continua, como el caso de la implementación de un software que permita agilizar los procesos de documentación en el piso de producción.

5.2 Plan de mejora

Como complemento a las ideas propuestas, se elaboró un plan con acciones de mejora el cual se esbozó con aquellas ideas que tuvieron, según la matriz de impacto y viabilidad, valor positivo en ambos puntos, con el fin de llevarlo a la implementación en la línea.

Cabe destacar que el plan de mejora derivó de las ideas expuestas a través de la metodología SMED y la lluvia de ideas que fue sometida a la matriz de impacto y viabilidad.

El plan también toma como base el análisis de 5 por qué y las conclusiones a las que se llegó, ya que de este análisis se generaron las principales causas del problema como la necesidad de estandarizar, de entrenamiento y de generar un diseño de métodos, no sin antes haber realizado un estudio de tiempos como el que se llevó a cabo.

Todas las acciones se desarrollaron en conjunto con el supervisor de la línea de producción, quien revisó que no tuvieran ningún problema de conformidad con los requisitos del proceso, con los tiempos productivos y se pudiera disponer de los operarios para coordinar las actividades derivadas del plan de mejora.

En la Tabla No. 16 se presenta el plan de acciones de mejora que será tomado como base para la implementación y con el cual se evaluará la efectividad de lo propuesto en cuanto a reducción de los tiempos de cambio de lote.

Tabla 16. Plan de acciones de mejora para reducir el tiempo de cambio de lote.

Plan de Acciones de Mejora			
Acciones de Mejora	Plan de Acción		
	Acuerdos tomados	Fecha de inicio-fin	Responsable
Elaboración de un plan de entrenamiento en verificación de Despejes de Línea (DL).	<ul style="list-style-type: none"> • Montar una estación de entrenamiento en DL. • Evaluar en la verificación del despeje a los operarios seleccionados. • Asignar responsables para la verificación de DL en base a lo evaluado en el entrenamiento (Operario coordinador) • Retroalimentar puntos de mejora y consecuencias de una mala ejecución en la verificación del despeje de línea. 	14 set 18 - 26 set 18	Supervisor(a), Pasante
Diseño de métodos en estaciones con mayor oportunidad de mejora.	<ul style="list-style-type: none"> • Operarios de la estación SPP deben cerrar lote y adelantar la preparación de la siguiente orden si la estación SPI no ha terminado, para que asista en el cambio de lote de SPI. Si las estaciones SPP y SPI terminan simultáneamente se coordinan las actividades entre operarios. • Se abrirán solo 3 estaciones de ER y se dejará una 4 estación solo para picos de producción, esto para coordinar un cambio de lote más eficiente entre 3 estaciones y no 4. • Estaciones con hornos como JN, TFI, TFO y PCC podrán adelantar actividades de cierre de lote como limpieza de estación o reemplazar adhesivos si es requerido, aún con piezas en el horno. • Para las estaciones de HD (Up y Low) se sacan las inspecciones de materiales del tiempo de cambio de lote, estas se harán durante el procesamiento de unidades. • En HD los ensambles de material los hará un operario paralelo a la documentación del resto de materiales de la orden y procesamiento de unidades del siguiente lote. • Apoyarse en la matriz de roles y responsabilidades para la ejecución del cambio de lote. 	3 oct 18 - 7 dic 218	Supervisor(a), Pasante
Optimización del tiempo de cambio de lote en general.	<ul style="list-style-type: none"> • Para todas las estaciones que cuenten con dos operarios o más, deberán coordinar cual compañero realiza el traslado de materiales, limpieza de estación y la documentación del despeje de línea, quien realiza dichas tareas será el que verifica los despejes de línea, es decir, un operario coordinador. • En estaciones con un operario, este deberá notificar con anticipación el momento en que necesite una verificación de despeje de línea, también se podrán apoyar en otros compañeros que dispongan del tiempo para el traslado de materiales durante el cambio de lote. • La estación de SP deberá llamar para la verificación del DL antes de ejecutarlo eliminando esperas. • Todas las estaciones deberán utilizar el “standard work” y las metas derivadas del mismo como guía y/o referencia del tiempo que debe durar el cambio de lote. 	3 oct 18 - 7 dic 218	Supervisor(a), Pasante

Fuente: Elaboración propia realizado en octubre del 2018.

El plan de mejora se basó en tres puntos y la mayoría de las propuestas derivaron de la matriz de impacto y viabilidad, del análisis de causas y el estudio de tiempos, así como de las observaciones hechas por todos los que colaboran en la línea de producción.

Dentro de los tres puntos a evaluar están la elaboración de un plan de entrenamiento sobre cómo se deben verificar los despejes de línea, sobre el diseño de métodos y las consideraciones hechas por los diferentes colaboradores, además de como optimizar el tiempo del cambio de lote basados en el estudio de tiempos y el “standard work”.

Las fechas acordadas para los dos últimos puntos de la propuesta de mejora, son las fechas en las que se correrá el plan piloto, donde se hará una nueva toma de tiempos del nuevo método de cambio de lote. Tales fechas están comprendidas entre el 3 de octubre y 7 de diciembre del 2018.

La responsabilidad de velar por la correcta ejecución de los acuerdos tomados quedó a cargo del gerente del área y del supervisor(a) de la línea de producción.

El costo de la implementación del plan fue el costo en mano de obra invertido por parte de la empresa en el encargado de desarrollar el proyecto, cuya suma es alrededor de \$4000 por los seis meses en que se llevó a cabo todo el proceso desde el reconocimiento del problema hasta la implementación y análisis de la propuesta.

5.2.1 Acciones basadas en el plan de mejora

5.2.1.1 Entrenamiento

De acuerdo con lo planteado en la Tabla No. 15 fue necesario realizar un entrenamiento en varios puntos principalmente en la preparación de los operarios en lo que respecta a la verificación de despejes de línea, para lo cual se elaboró una estación de entrenamiento.

La Figura No. 25 muestra la estación de entrenamiento que se construyó para poder capacitar a los operarios en la verificación de los despejes de línea ya que, durante el análisis de Pareto derivado del estudio de tiempos, ya había sido identificado el tiempo que se tardaba

en verificar el cambio de lote, como uno de los mayores consumidores de tiempo durante este proceso.



Figura 25. Estación de entrenamiento en verificación de despejes de línea
Fuente: Elaboración propia, (2018).

La estación fue construida con materiales que sobraron de otras operaciones y tenía la misma documentación solicitada para cualquier estación en la línea, así como los equipos y herramientas necesarios para procesar unidades.

Los operarios fueron sometidos a una prueba donde tenían que verificar que el despeje de línea estaba bien ejecutado en la estación de entrenamiento, para ello contaban con el formulario de despeje de línea de la empresa, así como los manuales de procedimiento y la orden de producción.

Durante la prueba debían identificar si había material vencido, equipos y materiales que no correspondieran con los solicitados en la estación, fechas de vencimiento de materiales y calibración, que no hubiera desperdicios de lotes anteriores y que la documentación estuviera completa según corresponde.

Como instrumento de evaluación se utilizó una lista de verificación completada por el evaluador, donde la nota tenía que ser perfecta para poder aprobar. En el Anexo No. 3 se muestra la lista de verificación con la que fueron evaluados los operarios seleccionados.

El criterio de selección de los operarios se basó en buscar a aquellos operarios que fueran entrenadores en cada una de sus operaciones y que no contaran con errores de documentación.

5.2.1.2 Matriz de roles y responsabilidades

Una vez pasada la prueba en la estación de entrenamiento y evaluado el desempeño individual de cada operario, se nombró a cada uno en sus respectivas áreas como operario coordinador. El operario coordinador se encargará de verificar los despejes de línea en su área, además de indicar a sus compañeros que actividades deben realizar durante el cambio de lote, buscando la optimización del proceso.

También, se les capacitó en los puntos expuestos en el plan de mejora para que cada uno estuviese alineado con lo planeado y pudiera transmitirlo a sus compañeros en sus respectivas áreas.

Como parte del diseño de métodos se realizó una matriz de roles y responsabilidades donde se establece o limitan las actividades y sus respectivos responsables.

En la Tabla No. 17 se presenta la matriz de roles y responsabilidades durante el cambio de lote, asignando diferentes responsables en cada una de las actividades que se dan durante el cambio.

Tabla 17. Matriz de roles y responsabilidades para el cambio de lote.

Tareas/Actividades	Roles			
	Operario coordinador	Operario	Líder	Supervisor
Cierre de lote	A	R		
Limpieza de estación	A	R		
Traer toda la documentación	R	A	A	
Traer los materiales	R	A	A	
Hacer pruebas a los equipos	A	R	A	A
Ejecutar el despeje de línea	A	R		
Verificar el despeje de línea	R	A	A	A
Documentar materiales del siguiente lote	A	R		
Verificar materiales documentados	R	A	A	A

R=Responsable

A=Asistente

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.2.1.3 Optimización de tiempo de cambio de lote

Como parte de la propuesta y del análisis de causas se elaboró un “standard work” que resultó del estudio de tiempos que se efectuó entre ambos turnos, así como del plan de mejora y el SMED desarrollado en este capítulo.

De acuerdo con el desglose de actividades que se presentó en la Tabla No. 7 donde se detallan las actividades del cambio de lote, se revisó cada uno de los tiempos promedio por actividad en cada estación, tanto para el turno A como el B y se eligió aquella que mostrara el menor tiempo entre turnos.

Según el planteamiento anterior la suma de cada actividad por estación permitió elaborar un “standard work” y poder utilizarlo para definir las metas de tiempo en cada cambio de lote entre las distintas estaciones.

La muestra recolectada para el turno B correspondió a lo planteado en el plan de muestreo, por lo que se recolectó un total de 5 observaciones por estación las cuales se contrastaron con las del turno A como se mencionó en el capítulo IV.

La Tabla No. 18 muestra un ejemplo del “standard work” creado para cada una de las estaciones, en este caso es el creado para la estación AS, donde el tiempo asignado a la categoría “Hombre” es el tiempo que debe durar el cambio de lote. Las actividades en la categoría “Auto” serán ejecutadas en paralelo a las demás actividades como, por ejemplo, el “cierre de lote y limpieza de estación”.

Tabla 18. “Standard Work” de cambio de lote por estación

Estación AS			
Standard work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	273	
2	Cambio de herramientas/Pruebas		223
3	Cambio de materiales		82
4	Ejecución del despeje de línea	137	
5	Verificación del despeje de línea	115	
6	Documentación de siguiente orden	205	
Totales		730	305

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En el Apéndice No. 3 se muestran las demás tablas creadas para el “standard work” de las otras estaciones, mientras que en la Tabla No. 18 se muestra un resumen de las metas por área y por estación del tiempo que debe durar cada equipo u operario en la ejecución del cambio de lote.

5.2.1.4 Metas de cambio de lote basadas en el “standard work”

Durante esta etapa con los datos obtenidos en el desarrollo del “standard work”, fue posible determinar metas específicas que le permiten al operario utilizar como base para controlar el tiempo requerido en un cambio de lote.

Tabla 19. Metas de cambio de lote y operario coordinador por estación

Área	Operario coordinador	Estaciones	Meta cambio de lote por estación (Min)
JP	M.J.	SPI	13:00
		SPP	
		CC	15:00
		PR	
ER / SW	D.P.	ER	18:00
		SW	9:00
FL	M.J.C.	FEL-1	13:00
		FEL-2	
TTS	A.R.	TFI	7:00
		TFO	10:00
FS	K.A.	PS	10:00
		JN	10:00
		PCC	10:00
		TW	8:00
CN	J.G.	CN	18:00
HD	J.C.	AS	12:00
		SCC	14:00
		HD-low	30:00
		HD-up	30:00
INS	A.D.	DAFF	13:00
		DF	8:00
		ELT	10:00
		VI	12:00
SP	H.V	SP	41:00

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Como se observa en la Tabla No. 19 hay varias estaciones agrupadas por área. Para cada área se asignó un operario coordinador, que por temas de confidencialidad no se escribió el nombre sino sus iniciales. El operario coordinador se seleccionó en base al entrenamiento realizado en despejes de línea, que fue parte de la propuesta de mejora, y los tiempos del “standard work” se utilizaron para generar las metas de cambio de lote en cada una de las estaciones.

Cabe resaltar que los tiempos propuestos como meta, son los tiempos del “standard work” redondeados. Los mismos se utilizaron como referencia después de plantear el plan de mejora y correrlo en la línea. Todos los operarios en todas las estaciones fueron evaluados contra las metas propuestas.

El operario coordinador se encargó de asignar las actividades a realizar a sus compañeros, de modo que el trabajo durante el cambio de lote fuera compartido y equitativo.

5.3 Resultados del plan piloto

Luego de la presentación de todas las propuestas y habiendo entrenado a los operarios en el nuevo método a seguir, se corrió un plan piloto con los cambios sugeridos.

Durante el plan se realizó un nuevo estudio de tiempos basado en los mismos principios que el estudio realizado para el análisis de causas.

En dicho estudio se realizó una toma de 5 muestras por estación para posteriormente determinar el tamaño de la muestra.

5.3.1 Análisis de los datos

Como se mencionó, se hizo un nuevo estudio de tiempos con el fin de hacer un análisis comparativo del tiempo de cambio de lote antes y después de la propuesta de mejora, además de validar que lo propuesto fue efectivo en la reducción del tiempo de cambio de lote.

La Tabla No. 20 resume el cálculo de la muestra después de correr el plan piloto, cabe resaltar que el número de muestra es menor debido a que los datos mostraron menos variabilidad que en el primer estudio de tiempos realizado.

Al igual que en el estudio de tiempos realizado antes de la implementación se realizó un muestreo base de 5 observaciones para luego determinar el tamaño de muestra. En el Apéndice 4 se adjunta la información de los datos recolectados para realizar este segundo estudio de tiempos.

Tabla 20. Cálculo de muestra por estación luego de correr el plan piloto

Cálculo de muestra por estación						
Estación	s	\bar{X}	t	k	n	$\sim n$
SPP-SSI	56.7	869.4	2.7765	0.1	3.28	4
CC-PR	58.2	606.2	2.7765	0.1	7.11	8
ER	67.4	1283.6	2.7765	0.1	2.13	3
SW	45.2	493.0	2.7765	0.1	6.49	7
FEL	67.6	724.8	2.7765	0.1	6.71	7
TFI	42.2	468.4	2.7765	0.1	6.25	7
TFO	30.35	430.4	2.7765	0.1	3.83	7
PS	48.9	658.8	2.7765	0.1	4.25	5
JN	36.9	511.2	2.7765	0.1	4.02	5
PCC	50.8	505.2	2.7765	0.1	7.78	8
TW	43.3	460.2	2.7765	0.1	6.83	7
AS	68.2	953.2	2.7765	0.1	3.94	4
SCC	64.6	951.8	2.7765	0.1	3.55	4
CN	85.4	1038.2	2.7765	0.1	5.22	6
HD	75.7	1967.8	2.7765	0.1	1.14	2
DAFF	36.2	953.6	2.7765	0.1	1.11	2
DF	51.6	556.6	2.7765	0.1	6.63	7
ELT	49.4	585.6	2.7765	0.1	5.49	6
VI	45.04	631.2	2.7765	0.1	3.92	4
SP	211.4	3087.0	2.7765	0.1	3.61	4

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Los tiempos registrados en el plan piloto también fueron sometidos a un análisis o prueba de normalidad de los datos tal como se resume en la Tabla No. 21 que muestra los resultados de la prueba de normalidad de los datos.

Para los datos obtenidos en la prueba de Anderson-Darling para el plan piloto, se puede apreciar que todos los valores p obtenidos son mayores al valor de referencia 0.05 por lo tanto se puede aceptar la hipótesis nula (H_0) y afirmar que los datos siguen una distribución normal.

Tabla 21. Prueba de normalidad de datos obtenidos en el plan piloto

Prueba de normalidad de Anderson-Darling			
Estación	Desviación estándar	Media	Valor p
SPP-SSI	63.40	869.40	0.847
CC-PR	82.11	651.38	0.391
ER	92.36	1312.17	0.843
SW	74.09	529.57	0.772
FEL	70.72	743.29	0.51
TFI	35.24	472.71	0.593
TFO	42.91	416.83	0.894
PS	83.01	630.00	0.58
JN	85.58	558.00	0.189
PCC	40.58	513.25	0.607
TW	43.51	458.29	0.092
AS	68.18	953.20	0.663
SCC	64.60	951.80	0.066
CN	72.64	1021.25	0.838
HD	75.72	1967.80	0.509
DAFF	36.19	953.60	0.720
DF	48.92	569.71	0.387
ELT	73.43	561.67	0.577
VI	45.04	631.20	0.556
SP	211.37	3087.00	0.355

Fuente: Elaboración propia realizado con Minitab 18, (2018).

En la Figura No. 26 se toma como ejemplo la estación SPI-SPP, donde se evidencia en la gráfica de cajas la mejora en el tiempo de cambio de lote, así como una reducción en la variabilidad de los datos producto del ordenamiento de las actividades durante la operación.

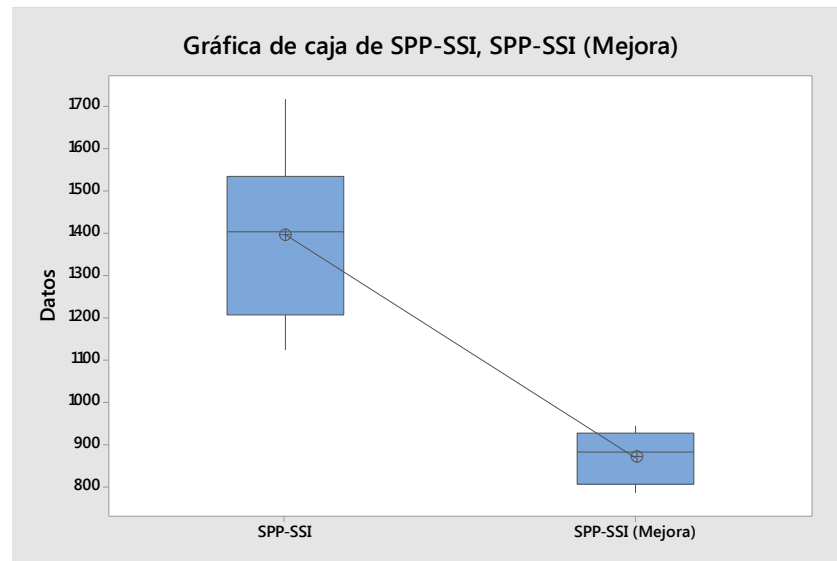


Figura 26. Gráfica de cajas del cambio de lote antes y después de la mejora

Fuente: Elaboración propia realizado con Minitab 18, (2018).

Para un mejor análisis de los datos se realizó una prueba t de dos muestras para determinar si las medias de los tiempos de cambio de lote del antes y el después difieren significativamente, tal como se mostró en la gráfica de cajas. La Tabla No. 22 presenta un resumen de los “valores p” obtenidos en la prueba. La prueba se realizó con un intervalo de confianza del 95%.

Como se puede confirmar en la tabla por los valores p obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (H_0) ya que en todas las estaciones la media de los valores del antes y después de la mejora muestran una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 22. Resultados del análisis de medias para cambio de lote

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Estación	Valor p obtenido
SPP-SSI	0.00002
CC-PR	0.00004
ER	0.00009
SW	0.016
FEL	0.0000007
TFI	0.001
TFO	0.000005
PS	0.00001
JN	0.013
PCC	0.0001
TW	0.001
AS	0.004
SCC	0.009
CN	0.003
HD	0.00001
DAFF	0.001
DF	0.001
ELT	0.0001
VI	0.008
SP	0.012

Fuente: Elaboración propia realizado con Minitab 18, (2018)..

5.4 Resultado de la propuesta de mejora

Como parte de la propuesta se realizará un análisis de los resultados obtenidos de la implementación de las propuestas.

5.4.1 Análisis de los resultados

En la Figura No. 26 se resume el resultado obtenido en los tiempos de cambio de lote luego de la implementación del plan de mejora y la fijación de metas a través del “standard work”.

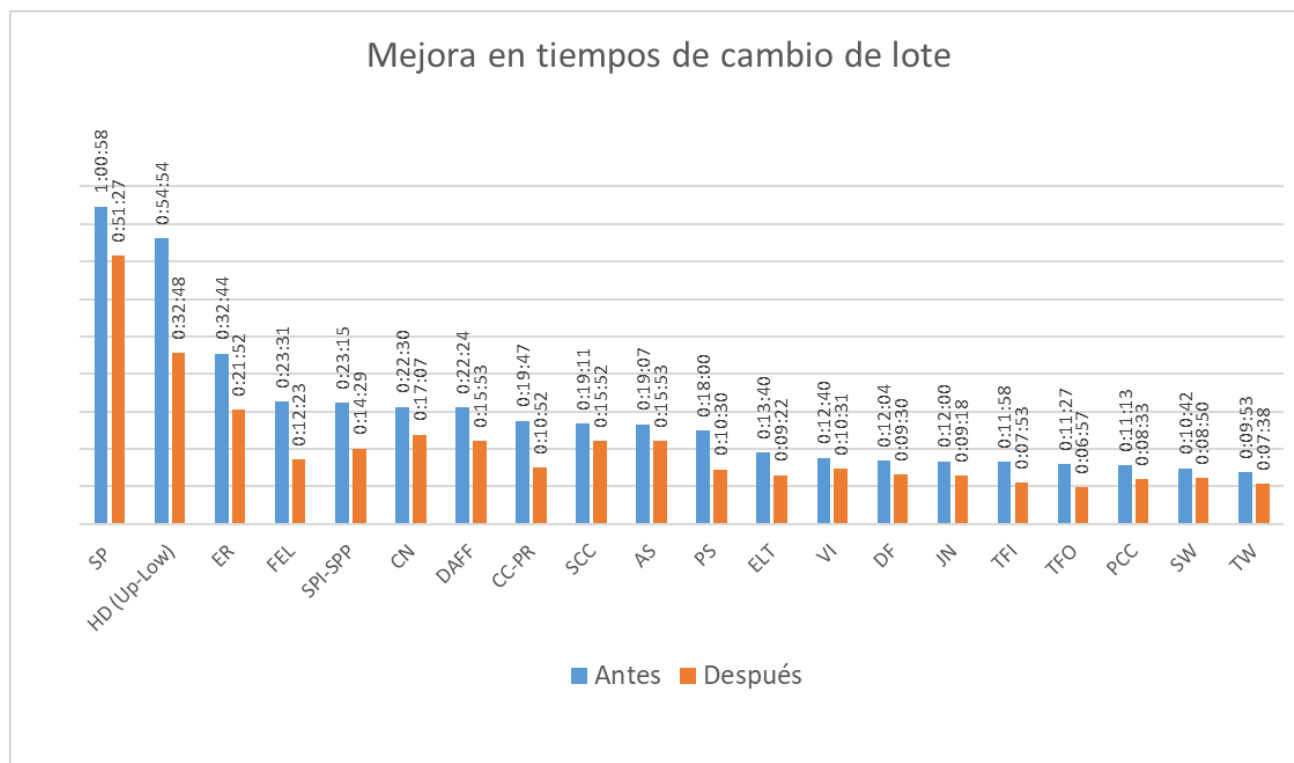


Figura 27. *Tiempos de cambio de lote antes y después de la propuesta de mejora*

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Como se puede apreciar en la Figura No. 27 los tiempos de cambio de lote se lograron reducir en todas las estaciones de trabajo de forma significativa. En algunas estaciones como FEL y CC-PR se logró reducir alrededor de un 45% el tiempo de cambio de lote.

El estudio de tiempos se realizó entre noviembre y diciembre del 2018, cabe resaltar que todo el personal involucrado y no solo los operarios designados como coordinadores fueron instruidos en el nuevo método de trabajo lo que facilitó la ejecución del plan piloto.

Se pudo apreciar durante la toma de tiempos un mayor orden en la forma de ejecutar el cambio de lote, generando tiempos más constantes en cada cambio.

La Tabla No. 23 muestra información más detallada en cuanto a las mejoras del tiempo de cambio de lote por estación expuestas en la Figura No. 27.

Tabla 23. Porcentaje de mejora en los cambios de lote

Mejora en tiempos de cambio de lote (segundos)					
Estación	Tiempo teórico	Tiempo real	Tiempo luego de la implementación	ΔT(Teórico vs Implementación)	% de mejora
SPP	1800	1395	869	930.6	52%
SPI	1800	1395	869	930.6	52%
CC	1800	1187	651	1148.6	64%
PR	1800	1187	651	1148.6	64%
ER	1800	1965	1312	487.8	27%
SW	1800	643	530	1270.4	71%
FEL-1	1800	1412	743	1056.7	59%
FeI-2	1800	1412	743	1056.7	59%
TA	1800	718	473	1327.3	74%
TFI	1800	718	473	1327.3	74%
TFO	1800	688	417	1383.2	77%
PS	1800	1080	630	1170.0	65%
JN	1800	721	558	1242.0	69%
PCC	1800	673	456	1343.8	75%
TW	1800	593	458	1341.7	75%
AS	2400	1147	953	1446.8	60%
SCC	1200	1151	952	248.2	21%
CN	1800	1351	1026	773.7	43%
HD (Low)	1800	3294	1968	-167.8	-9%
HD (Up)	1800	3294	1968	-167.8	-9%
DAFF	900	1344	954	-53.6	-6%
DF	900	725	570	330.3	37%
ELT	900	821	562	338.3	38%
VI	900	761	631	268.8	30%
SP	3220	3659	3087	133.0	4%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla se aprecia una mejora en la mayoría de las estaciones que en promedio fue de un 46% entre todas con respecto al tiempo teórico. Esto excede lo planteado en el objetivo que era reducir en al menos un 20% el tiempo de cambio de lote. Este 20% fue el resultado de un análisis preliminar en la línea, donde se indica por parte de los encargados del producto FT, que se puede reducir en al menos un 20% los tiempos de cambio de lote.

La comparación se hizo con respecto al tiempo teórico dado que el tiempo teórico fue el tiempo con el que se hicieron los modelos de capacidad de la línea.

5.5 Plan de control y seguimiento

Para el control y seguimiento se elaboró una presentación donde se adjuntan todos los resultados y herramientas generados, para uso tanto de los supervisores como de los líderes en la línea, también se presentó la propuesta para su aprobación al gerente del producto FT.

Como punto adicional se elaboró una lista de verificación, la cual le sirve a los líderes y encargados en la línea para auditar el proceso y asegurarse que los acuerdos tomados se estén cumpliendo. La Tabla No. 25 muestra una lista de verificación que puede servir como guía para auditar el proceso.

Esta lista de verificación queda a cargo del líder quien asignará una frecuencia de auditoría de seguimiento.

La Tabla No. 24 muestra las responsabilidades o acuerdos de seguimiento por parte de los encargados de la línea para asegurar la continuidad del proyecto.

Tabla 24. Responsabilidades y acuerdo de seguimiento

Responsable	Acuerdo	Frecuencia
Líder	Auditar con la lista de verificación.	Una vez a la semana
Supervisor	Actualizar las metas de trabajo estándar ante cambios en procedimiento u otros. Subir el entrenamiento al "LMS".	Una vez al mes/ Una sola vez.
Gerente	Revisar el cumplimiento del indicador de productividad	Una vez al mes

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tabla 25. Lista de verificación de cumplimiento de las propuestas de mejora

Lista de verificación		
Actividad	Cumple	No cumple
Hay un operario coordinador por cada grupo de estaciones.	(✓)	()
Los operarios notifican al operario coordinador una vez ejecutado su despeje de línea.	()	()
El operario coordinador está verificando los despejes de línea cuando se le solicita.	()	()
Los operarios están realizando en paralelo actividades como la limpieza, traer los materiales y llenar la documentación de cierre de lote.	()	()
Los operarios están registrando en el SFA (“Shop Floor Analytics”) el tiempo de cambio de lote.	()	()
Se está durando el tiempo asignado en las metas por estación para el cambio de lote.	()	()
Se apoyan en la matriz de roles y responsabilidades durante el cambio de lote.	()	()
Hay coordinación y cooperación entre los compañeros.	()	()
Estaciones con hornos están ejecutando la limpieza de la estación previo al cambio de lote.	()	()
Estaciones como HD ya no inspecciona durante el cambio de lote y sub-ensambla durante la documentación.	()	()

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.6 Optimización del modelo de capacidad en base a los resultados de la propuesta de mejora

Con los datos obtenidos luego de la propuesta de mejora se elaboró un nuevo modelo de capacidad, tomando en cuenta los nuevos tiempos de cambio de lote. De esta forma se podrá realizar un análisis de las operaciones y su capacidad productiva maximizando los recursos.

El modelo de capacidad generado se construyó igual al planteado en el Capítulo IV. Con los datos de tiempo por unidad de la base de datos de la empresa los cuales fueron actualizados con los nuevos tiempos de cambio de lote después de la propuesta de mejora.

Tabla 26. Tiempos de cambio de lote y unitarios teóricos, reales y mejorados

Estación	Tiempo por unidad (Seg)	Tiempos de cambio de lote de 86 unidades							
		Tiempos de cambio de lote totales y unitarios (Segundos)						Tiempos totales (Segundos)	
		Tiempo teórico	Tiempo real	Tiempo mejorado	Tiempo teórico/unidad	Tiempo real/Unidad	Tiempo Mejorado/Unidad	Tiempo total Real/Unidad	Tiempo total Mejorado/Unidad
SPP	152.3	1800	1395	869	20.9	16.2	10.1	168.5	162.4
SPI	182.2	1800	1395	869	20.9	16.2	10.1	198.4	192.3
CC	113.1	1800	1187	651	20.9	13.8	7.6	126.9	120.6
PR	133.5	1800	1187	651	20.9	13.8	7.6	147.3	141.1
ER	386.9	1800	1965	1312	20.9	22.8	15.3	409.7	402.1
SW	202.5	1800	643	530	20.9	7.5	6.2	210.0	208.7
FEL-1	168.1	1800	1412	743	20.9	16.4	8.6	184.5	176.7
Fel-2	164.7	1800	1412	743	20.9	16.4	8.6	181.2	173.4
TA	140.2	1800	718	473	20.9	8.4	5.5	148.6	145.7
TFI	94.8	1800	718	473	20.9	8.4	5.5	103.1	100.2
TFO	135.3	1800	688	417	20.9	8.0	4.8	143.3	140.1
PS	297.2	1800	1080	630	20.9	12.6	7.3	309.7	304.5
JN	117.4	1800	721	558	20.9	8.4	6.5	125.8	123.9
PCC	116.4	1800	673	456	20.9	7.8	5.3	124.3	121.7
TW	123.0	1800	593	458	20.9	6.9	5.3	129.9	128.4
AS	139.1	2400	1147	953	27.9	13.3	11.1	152.4	150.2
SCC	155.2	1200	1151	952	14.0	13.4	11.1	168.5	166.2
CN	510.2	1800	1351	1026	20.9	15.7	11.9	525.9	522.2
HD (Low)	251.3	1800	3294	1968	20.9	38.3	22.9	289.6	274.2
HD (Up)	131.1	1800	3294	1968	20.9	38.3	22.9	169.4	154.0
DAFF	109.9	900	1344	954	10.5	15.6	11.1	125.6	121.0
DF	249.3	900	725	570	10.5	8.4	6.6	257.7	255.9
ELT	140.5	900	821	562	10.5	9.5	6.5	150.0	147.0
VI	57.7	900	761	631	10.5	8.8	7.3	66.6	65.0
SP	125.0	3220	3659	3087	37.4	42.5	35.9	167.5	160.9

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla No. 26 se presenta el tiempo de procesamiento por unidad y los tiempos teóricos, reales y mejorados del cambio de lote, que como se explica en el Capítulo IV al

dividirlos entre el número de unidades de un lote se tiene el tiempo de cambio de lote que se debe sumar al tiempo unitario para poder modelar la capacidad de la línea.

Con lo expuesto se procedió a la construcción de un modelo de capacidad basado en los nuevos tiempos, es decir, en el tiempo total por unidad mejorado y los valores previamente establecidos para la capacidad de la línea.

5.6.1 Modelo de capacidad con tiempos mejorados

Como se mencionó, con los tiempos mejorados se elaboró un modelo de capacidad basado en los datos obtenidos luego de correr el plan piloto. La Figura No. 28 presenta el modelo de capacidad actualizado con los resultados obtenidos del plan piloto.

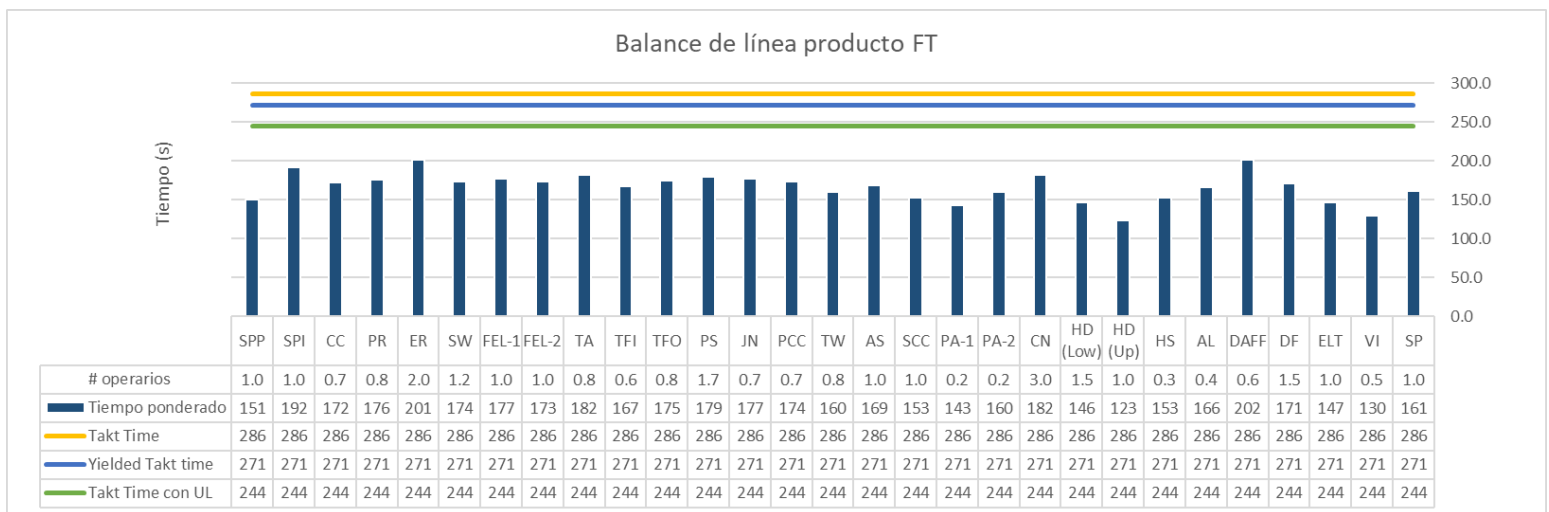


Figura 28. Modelo de capacidad del producto FT con tiempos de cambio de lote mejorados

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Si se compara el modelo mejorado con el modelo planteado en el Capítulo IV los cambios a nivel de tiempo ponderado no se aprecian de forma notable en la gráfica, sin embargo, para efectos de maximizar los recursos y buscar un ajuste del modelo las diferencias en el tiempo ponderado por pequeñas que sean pueden ser de mucha ayuda.

Este modelo contempla un total de 28 operarios en la línea, los cuales están distribuidos según la demanda y necesidades de cada operación. En la mayoría de las operaciones se aprecia una importante holgura entre el tiempo ponderado y el “takt time” con respecto a la utilización de la línea, lo que sugiere la posibilidad de reducir la cantidad de operarios en la distribución actual.

5.6.2 Modelo de capacidad maximizado

Basados en el modelo anterior la cantidad de operarios se redujo a 26, tal como lo muestra la Figura No. 29. Considerando que algunas operaciones en conjunto conforman una certificación, es decir, que hay varios operarios entrenados en un grupo de operaciones. Por ejemplo, la estación SPP hasta la estación PR corresponde a una certificación.

Del mismo modo, algunos operarios están certificados en más de un grupo de estaciones lo que hace al modelo de capacidad más flexible a la hora de redistribuir la mano de obra entre las operaciones, permitiendo que algunas operaciones más holgadas puedan ceder operarios a aquellas que representan mayor restricción o son cuello de botella.

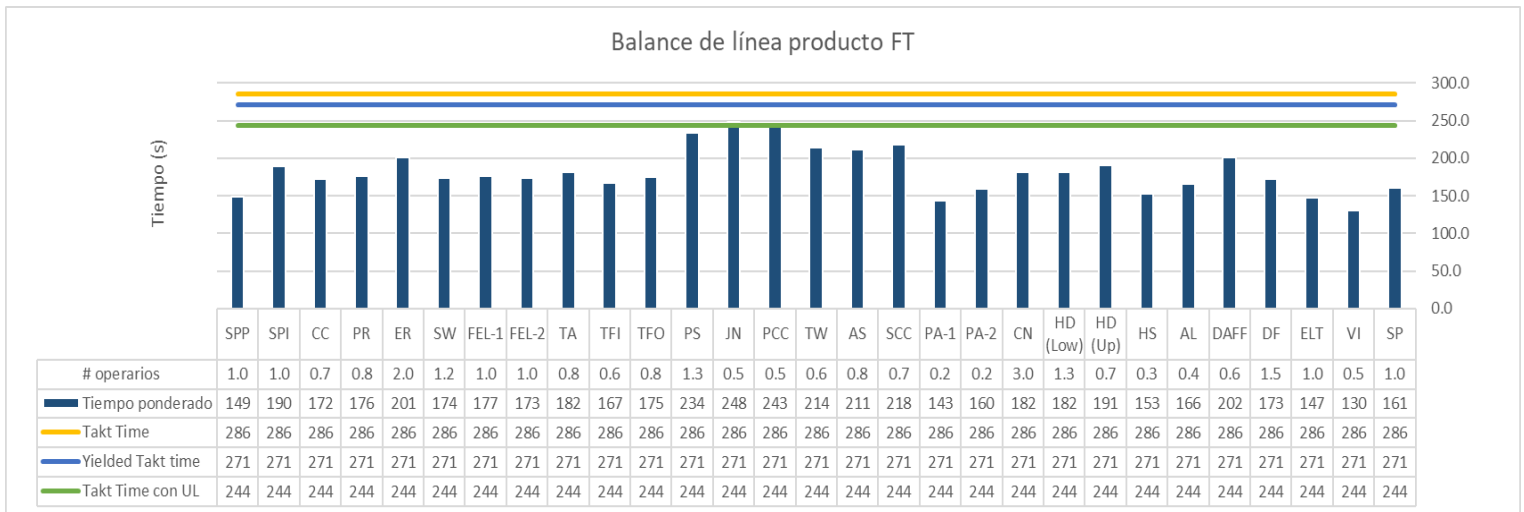


Figura 29. Modelo de capacidad del producto FT maximizado

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Este modelo de capacidad muestra el balance de línea con un operario menos en las estaciones que van desde PS hasta TW, que conforman una certificación y en la cual los operarios están capacitados en todas las operaciones.

En las estaciones que van de AS a AL se redujo un operario sin comprometer la línea de producción con respecto al ritmo de producción y la utilización de la línea, “takt time con UL”.

Estos cambios permiten un modelo de capacidad que permite que la línea de producción trabaje con 26 operarios, 2 menos que el modelo anterior y el propuesto por la empresa.

Aunque en algunas estaciones como JN y PCC pareciera que el tiempo ponderado compromete la operación por estar muy cerca del “takt time con UL” la línea no se compromete ya que aún presenta una holgura con respecto al “yielded takt time”.

También, se cuenta con la posibilidad de implementar entrenamiento cruzado con otras operaciones que siguen estando muy holgadas y que eventualmente podrían ceder operarios para dar soporte a las operaciones más ajustadas.

Cabe destacar que este modelo de capacidad tiene un impacto en los dos turnos de producción, es decir, tanto en el turno A como en el turno B, ya que ambos turnos son un espejo y las metas de producción para ambos son equivalentes a la capacidad por tiempo disponible y operarios de cada turno.

Por tal razón, a nivel de modelo, aunque se reduzcan solo dos operarios, al considerar ambos turnos la reducción sería de cuatro en total.

Para efectos de análisis de capacidad de la línea de producción por parte de los encargados, el modelo de capacidad maximizado fue entregado tanto al departamento de ingeniería, como al gerente y supervisores.

5.7 Mejora del indicador de productividad

De acuerdo con el resultado obtenido en el modelo de capacidad es necesario hacer un análisis comparativo de la proyección para el 2019 del índice de productividad de la

empresa, tomando en cuenta el modelo de capacidad actual y con la mejora planteada en este proyecto.

El indicador de productividad la empresa lo calcula basados en el total de horas pagadas por mes entre el total de unidades producidas por mes de acuerdo con la meta.

Debido a que el índice depende del número de operarios y las horas pagadas es posible ver una mejora en el mismo mediante la reducción de operarios o por medio de un aumento en la cantidad de unidades que es posible fabricar en la línea de producción.

El índice de productividad se calcula de acuerdo con lo que establece la empresa que son las horas pagadas entre las unidades producidas, por lo que, un número menor en el índice nos indica una mejoría ya que lo que indica es que se están pagando menos horas por las mismas unidades producidas o menos horas por más unidades producidas.

De este modo, entre mayor sea el valor del índice, más desfavorable es la relación entre horas pagadas y unidades producidas. La Tabla No. 27 muestra los datos de productividad proyectados para el 2019 según lo calculado por la compañía.

Tabla 27. Índice de productividad proyectado para el 2019

Producto FT	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
No. Operarios Turno A	43	43	48	49	49	49	49	49	49	49	49	49	48
Operarios en entrenamiento Turno A		5	1										
No. Operarios Turno B	42	43	47	48	48	48	48	48	48	48	48	48	47
Operarios en entrenamiento Turno B	1	4	1										
Total de operarios	86	95	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Volumen Mensual/Unidades	3336	3356	3577	3236	3747	3406	2895	3406	3577	3747	3577	2555	40415
Tasa semanal	758	839	852	852	852	852	852	852	852	852	852	852	852
Horas pagadas totales	17149.09	17238.08	18480.67	16720.61	19360.70	17600.64	14960.54	17600.64	18480.67	19360.70	18480.67	13200.48	208633.50
Productividad proyectada	5.14	5.14	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.16

Fuente: Base de datos empresarial realizado en diciembre del 2018.

Como se observa en la Tabla No. 27 la proyección de la productividad toma en cuenta el número de operarios entre ambos turnos y operarios que serán entrenados en la línea durante el año, pero que no necesariamente permanecen en la línea, sino que son trasladados a otro producto una vez terminado su entrenamiento. Durante el entrenamiento sus costos operativos son temporalmente absorbidos por el producto FT.

El índice tiene una proyección anual de **5,16 horas pagadas/unidad**, cabe destacar que la meta de productividad del producto FT es de 5,6 horas pagadas/unidad, por lo que, el índice proyectado se encuentra por debajo del límite favorable, lo cual es positivo.

Sin embargo, entre más favorable sea el índice con respecto a la meta mucho más fácil será para la línea afrontar situaciones durante el año como picos de producción o la necesidad de horas extra por situaciones extraordinarias.

La Tabla No. 28 muestra el índice de productividad tomando en cuenta la reducción de personal presentada en el modelo de capacidad maximizado, con lo cual se proyectaría un índice menor al calculado por la empresa.

Tabla 28. Índice de productividad basado en la propuesta de mejora para el 2019.

Producto FT	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
No. Operarios Turno A	41	44	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	45
Operarios en entrenamiento Turno A	3	2											
No. Operarios Turno B	40	42	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	44
Operarios en entrenamiento Turno B	2	3											
Total de operarios	86	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	
Volumen Mensual/Unidades	3336	3356	3577	3236	3747	3406	2895	3406	3577	3747	3577	2555	40415
Tasa semanal	758	839	852	852	852	852	852	852	852	852	852	852	852
Horas pagadas totales	17185.34	16512.96	17338.61	15687.31	18164.26	16512.96	14036.02	16512.96	17338.61	18164.26	17338.61	12384.72	197176.61
Productividad proyectada	5.15	4.92	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.88

Fuente: Base de datos empresarial realizado en diciembre del 2018.

La Tabla No. 28 muestra los datos de productividad con una reducción de 4 operarios en cada mes con relación a la tabla anterior, con un índice de productividad estimado en **4,88 horas pagadas/por unidad** lo cual es menor a lo proyectado por la empresa. Este resultado representa un 5% de mejora en el índice de productividad con respecto al proyectado por la empresa.

5.8 Impacto económico

Según lo presentado en el análisis del índice de productividad, la reducción del número de operarios sería de 2 en cada turno, aunque el análisis se llevó a cabo en el turno A, las acciones se pueden trasladar al turno B, el cual, como se menciona, es un espejo del turno anterior por lo que las propuestas aplican para ambos turnos.

Cada operario tiene un costo aproximado de \$12000 al año por lo que reducir 4 operarios significa un ahorro de \$48000 anuales.

El costo del proyecto en términos materiales no fue considerado ya que todas las propuestas no implicaron gastos materiales o cambios a nivel de equipos o estructura física de la línea, ya que se trabajó en el método de trabajo con los recursos ya existentes, el costo del proyecto fue dado por el costo de la mano de obra del investigador que para efectos de este proyecto ronda los \$4000. Por lo tanto, la relación costo beneficio se detalla como se muestra a continuación:

$48000/4000=12$, por tanto, el $B/C > 1$ por lo que se puede afirmar que el proyecto si debe ser considerado por la empresa.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones y recomendaciones

6.1.1 Conclusiones

En la Tabla 29 se detallan las conclusiones generales y específicas del proyecto se presentan a modo de tabla con el fin de comparar si se logró cumplir con cada uno de los objetivos planteados.

Tabla 29. Conclusiones generales y específicas

Objetivo General	Conclusión general
<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la productividad en al menos un 5% mediante la reducción del tiempo de cambio de lote en la línea del producto FT, basado en el diseño de métodos y estudio de tiempos, logrando un impacto positivo en los costos de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se logró mejorar en un 5% el indicador de productividad. Además de facilitar una serie de herramientas e información a los supervisores y líderes, que permitirán controlar y operar con mayor eficiencia a la hora de ejecutar el cambio de lote y despejes de línea.
Objetivos específicos	Conclusiones específicas
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las causas de la ineficiencia en el uso del tiempo durante los cambios de lote en la línea de producción. • Realizar un estudio de tiempos para los cambios de lote en la línea de producción del producto FT. • Identificar cuales estaciones de trabajo representan cuellos de botella y requieren mayor atención en cuanto al tiempo de cambio de lote. • Reducir el tiempo del cambio de lote en al menos un 20% a través de distintas propuestas de mejora. • Determinar el impacto económico del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Una de las mayores causas del tiempo prolongado en la ejecución del cambio de lote era la espera por parte de los operarios de personal entrenado para realizar la verificación de lo ejecutado durante el despeje de línea. Esto fue mitigado mediante la figura de un operario coordinador encargado de esta función y el entrenamiento enfocado en la verificación del despeje de línea. • Se realiza un estudio de tiempo y se concluye a través del análisis del modelo de capacidad que la línea de producción puede trabajar con 2 operarios menos por turno, generando un ahorro significativo en los costos operativos. • Mediante el estudio de tiempos se determinó que estaciones como HD, SP y ER requerían de estrategias más elaboradas para reducir el tiempo que tomaban en la ejecución del cambio de lote,

	<p>sin embargo, a través del diseño de métodos y la aplicación de la metodología SMED, se logró reducir en un 40% ,16% y 33% respectivamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se logró estandarizar el tiempo de cambio de lote por operación por medio del “standard work”, dando resultados positivos en todas las operaciones. Se concluye que el método propuesto fue efectivo en la reducción del tiempo, dejando definidas las metas y responsabilidades de cada operario en la ejecución del cambio de lote. • El impacto económico fue favorable ya que se logró demostrar que la línea es capaz de producir los mismos resultados con 2 operarios menos por turno, lo que significa un ahorro de \$48000 anuales • Se logró reducir en un 46% el tiempo requerido del cambio de lote con respecto al tiempo planteado en los modelos de capacidad de la empresa.
--	---

Fuente: Elaboración propia, (2019).

6.1.2 Recomendaciones

Diferencias entre turnos

Durante el estudio de tiempos fue posible determinar que existen diferencias entre el rendimiento que tiene el turno A con respecto al del turno B. Lo esperado es que ambos turnos tengan un rendimiento similar por el hecho de tratarse del mismo proceso y producto, sin embargo, no es lo que ocurre para el producto FT.

Por tal razón, se recomienda que el turno A y B alineen sus criterios en cuanto a las buenas prácticas de manufactura. De esta manera se podría tener un mejor control sobre las variables que afectan el tiempo de cambio de lote y poder tomar mejores decisiones sobre cómo mejorar la eficiencia de dicho proceso.

Plan de control

Basándose en los resultados del proyecto de los cuales se generó una serie de herramientas de trabajo como las metas por estación, definidas en el “standard work”, la matriz de roles y responsabilidades y diseño de métodos, se recomienda establecer auditorías periódicas de seguimiento sobre el cumplimiento de las metas de tiempos de cambio de lote establecidas a través de estas herramientas, esto permitirá darle sostenibilidad en el tiempo.

Ya definidas las metas y ajustado el nuevo proceso de cambio de lote se puede utilizar herramientas como el SFA (Shop Floor Analytics) que permitirán llevar un mayor control del cumplimiento de las mejoras propuestas.

Seguimiento de indicadores

Como parte del seguimiento al indicador de productividad y su cumplimiento se recomienda revisar periódicamente en las reuniones del equipo funcional si se está cumpliendo con los acuerdos pactados y si se mantiene un indicador de productividad positivo de acuerdo con los resultados y proyección del proyecto de mejora.

Entrenamientos en despeje de línea.

Para definir cuál iba a ser el operario coordinador en cada operación, se estableció un entrenamiento enfocado en la verificación del despeje de línea, por lo que, se recomienda incluirlo en el plan de entrenamientos básicos para todo nuevo operario a través del sistema de entrenamientos de la empresa. También, es necesario reentrenar en este punto a todos los operarios que vayan a ser asignados como operario coordinador y que ya se encuentren trabajando para la empresa. Es importante que el entrenamiento sea incluido en el LMS (“Learning Management System”) que es el sistema de administración de aprendizaje de la empresa.

Sistema de documentación electrónico

Como se pudo observar en el Pareto del capítulo IV, una de las principales causas que generaban tiempos prolongados en el cambio de lote, era la documentación de

materiales del siguiente lote a manufacturar. Esta causa, sin embargo, quedaba fuera del alcance del proyecto debido a que actualmente la empresa cuenta con otro proyecto en el que la documentación de materiales será efectuada a través de un escáner de forma electrónica.

Mientras este proyecto no se integre a la línea de producción, se recomienda que los encargados de mover el material, MH, adelanten parte de la documentación de materiales en las ordenes de trabajo, ya que ellos tienen mayor visibilidad de lo que hay en inventario y se va a consumir, de modo que agilicen los procesos de documentación durante el cambio de lote.

Bibliografía

- Acosta, R.; Arellano, M., y Barrios, F. (2009). *Flujograma*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- 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 Líquidos de la empresa GlaxoSmithKline, Costa Rica*. Tesis para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial. Universidad Hispanoamericana. San José.
- Brue, G. (2015). *Six Sigma for Managers* (2a. ed.). New York: McGraw-Hill Professional.
- Castañer, J. (2014). *Análisis de costos beneficio. Estudios Técnicos Inc.* Recuperado de: <https://bit.ly/33skyXR>
- Castillo, Y. (2014). *La ingeniería industrial - Métodos y tiempos (diseño y medida del trabajo)*. Recuperado de: <https://bit.ly/2YluMof>
- Chacón, M., y Cordero, C. (2009). *Estudio de métodos*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Cotton, M. (2015). *Excelencia en procesos: Standard Work*. Recuperado de: <https://bit.ly/2KspaWm>
- Excel Total. (2019). *Diagrama de Pareto en Excel*. Recuperado de: <https://exceltotal.com/diagrama-de-pareto-en-excel/>
- García, A.A. (1998). *Conceptos de organización industrial*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Gómez, A. (2019). *Diagrama Causa-Efecto herramienta de control y mejora de procesos*. Recuperado de: <https://bit.ly/2TnsLYK>
- González, G.C.; Domingo, N.R., y Sebastián, P.M.Á. (2013). *Técnicas de mejora de la calidad*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Gutiérrez, C.A.T. (2014). *La creatividad y tu negocio*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>

- Hernández, S.R.; Fernández, C.C., y Baptista, L.M.D.P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Jiménez, M. (2018). *Diseño de propuestas para la mejora de indicadores de productividad del producto F con el fin de reducir el recurso de mano de obra directa*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago.
- Keller, P. (2011). *Six Sigma Demystified®* (2a. ed.). New York: McGraw-Hill Professional.
- Lefcovich, M.L. (2008). *Gestiópolis. SMED, Single Minute Exchange Die. Conceptos fundamentales*. Recuperado de: <https://bit.ly/2KGRymM>
- Lefcovich, M.L. (2009). *Gestión total de la productividad*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Minitab. (2018). *¿Qué es un nivel de confianza? Soporte Minitab 18*. Recuperado de: <https://bit.ly/2wnGV0N>
- Minitab. (2018) *Interpretar todos los estadísticos y gráficas para Prueba de normalidad. Soporte Minitab 18*. Recuperado de: <https://bit.ly/2ZXHJXW>
- Minitab. (2018). *Prueba t de 2 muestras. Soporte Minitab 18*. Recuperado de <https://bit.ly/303GmqV>
- Mir, P. (Ed.). (2003). *Producción, productividad y crecimiento*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (10a. ed.). México: McGraw-Hill.
- Office Depot. (2019). *Tabla Sablón*. Recuperado de: <https://bit.ly/2OM6y7V>
- Oficina Internacional del Trabajo. (2014). *Introducción al estudio del trabajo I*. México: LIMUSA
- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de métodos: Movimientos y tiempos*. (2a. ed.). Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Pérez, U.M.L. (2013). *Seis sigma: Guía didáctica para pymes*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

- Rajadell, C.M. y Sánchez, G.J.L. (2010). *Lean manufacturing, la evidencia de una necesidad*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- SmartDraw. (2019). *Símbolos de diagrama de flujo*. Recuperado de: <https://bit.ly/2EbXgg9>
- Solis, A. y Bucio, S. (2017). *Diseño de una política de ciencia, tecnología e innovación a partir de métodos cualitativos*. Recuperado de: <https://bit.ly/2YDwiYV>
- SoloStocks. (2019). *Cronometro digital oslo 30/30*. Recuperado de: <https://bit.ly/2YFtD0U>
- Tolosa, L. (2016). *Técnicas de mejora continua en el transporte*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Valerio, L. A. (2018). *Mejoramiento del diseño de proceso de empaque secundario en la compañía Allergan Costa Rica en el primer cuatrimestre del 2018*. Proyecto de graduación para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial. Universidad Hispanoamericana. Heredia.
- Virtual Expo. (2019). *Catéter de Ablación por Radiofrecuencia / Cardíaco*. Recuperado de: <https://bit.ly/2MZillb>
- Walter, S.S. (2009). *Identificación de la problemática mediante pareto e ishikawa*. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com>

Apéndices

Apéndice 1. Registros del estudio de tiempos inicial del turno A

Observation form															
Header											Period: Jul-Set 2018				
Process Name: SPP/SPI											Operator Name: M J / J M / N P				
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
			Man/Auto/Wait												
		Termina última und	Man												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	222	265	253	390	405	364	301	292	257		65.56	305.44
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0.00	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	129	110	200	247	58	30	31	62	77		75.61	104.89
4	Ejecución del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	380	331	180	500	151	235	52	138	78		148.98	227.22
5	Verificación del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	368	800	690	143	195	298	614	724	486		240.96	479.78
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	305	97	180	183	344	198	225	501	465		137.10	277.56
Total				1404	1603	1503	1463	1153	1125	1223	1717	1363		201.68	1394.89

Observation form															
Header											Period: Jul-Set 2018				
Process Name: CC/PR											Operator Name: M J / J M / N P				
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
			Man/Auto/Wait												
		Termina última und	Man												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	265	350	241	324	265	185	174				65.31	257.71
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	153	36	0	47	96	0	34				55	52.29
4	Ejecución del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	89	121	180	300	210	67	122				80.64	155.57
5	Verificación del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	344	215	780	184	204	174	590				238.2	355.86
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	325	368	180	460	453	477	299				107.6	366.00
Total				1176	1090	1381	1315	1228	903	1219				156.5	1187.43

Observation form															
Header											Period: Jul-Set 2018				
Process Name: ER											Operator Name: G M / D P / N N / G R				
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
			Man/Auto/Wait												
		Termina última und	Man												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	332	379	472	481	394	360	420				55.74	405.43
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0				0.00	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	28	60	450	153	60	52	67				148.9	124.29
4	Ejecución del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	301	324	355	401	240	490	505				97.89	373.71
5	Verificación del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	702	874	445	599	663	445	900				183.2	661.14
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	421	343	447	503	431	333	322				68.36	400.00
Total				1784	1980	2169	2137	1788	1680	2214				215.5	1964.57

Observation form															
Header											Period: Jul-Set 2018				
Process Name: SW											Operator Name: G M / D P / N N / G R				
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
			Man/Auto/Wait												
		Termina última und	Man												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	134	184	147	122	203	308	315	263			77.14	209.50
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
4	Ejecución del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	145	178	187	64	118	160	220	276			64.07	168.50
5	Verificación del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	224	213	150	295	110	159	178	178			55.98	188.38
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	78	88	97	156	78	90	98	47			30.69	91.50
Total				581	663	581	637	509	717	811	764			101.9	642.71

Observation form															
Header											Period: Jul-Set 2018				
Process Name: FEL											Operator Name: M S / M J C				
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
			Man/Auto/Wait												
		Termina última und	Man												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	208	308	330	400	375	420	233	315	252		74.38	315.67
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	101	119	258	255	60	63	104	202	65		80.69	136.33
4	Ejecución del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	245	375	422	202	227	213	441	336	320		91.44	309.00
5	Verificación del despeje de linea	Firma formulario DL	Man	450	358	354	325	306	228	267	318	304		62.4	323.33
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	400	285	344	398	345	272	287	312	303		47.66	327.33
Total				1404	1445	1708	1580	1313	1196	1332	1483	1244		163.2	1411.67

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: TFI											Operator Name: G H / A R						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	315	196	242	302	196	120	144	107	157		75.34	197.67	
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	230	400	450	368	276	190	149	269	176		105.9	278.67	
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	300	143	213	225	252	233	223	287	301		50.43	241.89	
Total					845	739	905	895	724	543	516	663	634		143.4	718.22	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: TFO											Operator Name: G H / A R						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	205	213	194	183	195	174	270					31.5	204.86
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	236	130	112	253	95	104	116				66.01	149.43	
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	197	360	362	275	261	273	186					69.5	273.43
	6	Colocación del DHR en el acrílico	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	69	56	46	57	58	60	74				9.147	60.00	
Total					707	759	714	768	609	611	646				66.35	687.71	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: PS											Operator Name: K A / M N / M A / T U / B V						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	272	379	370	346	320	208	368					62.89	323.29
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	110	75	67	60	125	89	120					26.28	92.29
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	60	250	157	264	127	160	125					72.07	163.29
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	163	138	155	277	140	228	138					54.3	177.00
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	450	300	305	345	360	301	210					73.11	324.43
Total					1055	1142	1054	1292	1072	986	961				110.4	1080.29	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: JN											Operator Name: K A / M N / M A / T U / B V						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	88	121	167	98	67	69	75	91				33.3	97.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	119	130	280	299	150	165	205	81				77.38	178.63
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	425	199	182	155	133	111	199	118				101	190.25
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	229	304	279	176	397	210	180	265				73.49	255.00
Total					861	754	908	728	747	555	659	555			128.4	720.88	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: PCC											Operator Name: K A / M N / M A / T U / B V						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	99	99	80	76	65	132	126	111	98			22.38	98.44
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	213	209	235	244	276	225	61	141	137			67.26	193.44
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	269	344	103	196	98	103	206	149	201			83.27	185.44
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	160	178	210	187	234	188	192	200	215			21.79	196.00
Total					741	830	628	703	673	648	585	601	651		76.02	673.33	

Header		Observation form														
Process Name: TW		Period: Jul-Set 2018														
Product Name: FT		K A / M N / M A / T U / B V														
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
			Termina última und	Man/Auto/Wait												
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	121	145	107	124	127	143	145	167	198	93	30.09	137.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	141	98	123	156	115	72	76	66	83	145	33.07	107.50
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	244	173	217	236	130	78	78	156	267	163	66.71	174.20
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	157	185	240	103	145	123	234	207	159	192	45.32	174.50
Total				663	601	687	619	517	416	533	596	707	593	87.04	593.20	

Header		Observation form														
Process Name: AS		Period: Jul-Set 2018														
Product Name: FT		Operator Name: G M/D U/J C/J R/A P/G Z														
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
			Termina última und	Man/Auto/Wait												
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	295	320	375	353	330	315	203	209			62.88	300.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man			233		240	345	327				57.98	286.25
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	65	67	79	66	100	78	94	109			16.87	82.25
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	77	120	130	87	60	199	125	298			77.71	137.00
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	299	237	231	213	304	148	98	483			116.5	251.63
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	259	344	119	345	241	124	194	241			86.24	233.38
Total				995	1088	1167	1064	1275	1209	1041	1340			121.1	1147.38	

Header		Observation form															
Process Name: SCC		Period: Jul-Set 2018															
Product Name: FT		Operator Name: Guisella M/Douglas U/Jefferson C/Jorge R/Adriana P/Gabriela Z															
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	210	250	260	201	274	286						34.39	246.83
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0						0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	70	19	158	15	210	199						88.44	111.83
	5	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	153	170	123	291	315	257						79.77	218.17
	7	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	274	240	176	279	229	321						49.83	253.17
	8	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	294	360	496	361	155	261						114.6	321.17
Total				1001	1039	1213	1147	1183	1324						118.2	1151.17	

Header		Observation form															
Process Name: CN		Period: Jul-Set 2018															
Product Name: FT		Operator Name: J R/ S A															
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	310	332	308	325	344	300						16.67	319.83
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0						0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	269	157	165	68	60	306						101	170.83
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	331	182	245	181	127	297						77.69	227.17
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	234	136	265	219	329	180						67.01	227.17
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	285	369	403	528	364	486						88.39	405.83
Total				1429	1176	1386	1321	1224	1569						143.17	1350.83	

Header		Observation form															
Process Name: HD		Period: Jul-Set 2018															
Product Name: FT		Operator Name: G M/D U/J C/J R/A P/G Z															
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	263	335	240	298	395	431	313	374				65.77	331.13
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0					
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	97	60	90	80	60	169	59	156				43.39	96.38
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	256	174	139	230	314	344	280	310				71.4	255.88
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	292	268	660	315	134	437	332	952				262.1	423.75
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	910	1025	1109	1050	1029	954	1276	973				113.2	1040.75
7	Ensamblaje y verificación materiales	Toma pieza sig lote	Man	1200	1386	751	1770	1099	985	835	1143				323.1	1146.13	
Total				3018	3248	2989	3743	3031	3320	3095	3908				350.4	3294.00	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: DAFF											Operator Name: A D / R A / M U						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	150	180	173	280	176	154						47.87	185.50
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0						0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0						0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	333	393	232	397	158	123						119	272.67
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	609	711	750	700	964	1163						206.9	816.17
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	89	80	68	65	50	68						13.37	70.00
Total					1181	1364	1223	1442	1348	1508					125	1344.33	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: DF											Operator Name: A D / R A / M U						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	293	267	186	217	254	195	191	248	187			40.04	226.44
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	89	75	99	201	114	182	246	214	186			62.38	156.22
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	167	156	137	211	256	137	179	234	182			41.73	184.33
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	155	200	196	189	138	135	116	194	97			38.55	157.78
Total					704	698	618	818	762	649	732	890	652		87.33	724.78	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: ELT											Operator Name: A D / R A / M U						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	191	178	267	118	215	148	272	237	240	134		54.99	200.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	201	68	257	167	216	179	167	131	177	266		58	182.90
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	258	479	377	541	241	240	184	262	437	510		131.1	352.90
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	115	68	65	92	93	88	69	79	89	90		15.07	84.80
Total					765	793	966	918	765	655	692	709	943	1000	125.2	820.60	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: VI											Operator Name: A D / R A / U						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	310	330	365	370	209	252	177	180				80.07	274.13
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	147	127	275	156	272	206	170	60				72.75	176.63
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	111	119	181	127	200	327	145	548				149.9	219.75
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	124	120	69	78	90	65	123	51				28.97	90.00
Total					692	696	890	731	771	850	615	839			94.07	760.50	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: SP											Operator Name: H V						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cambio de herramientas/Pruebas	Termina de anotar el resultado	Man	240	356	360	416	325	327	323					53.17	335.29
	2	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico final en la sig estación	Man	660	679	794	788	875	992	891					118.53	811.29
	3	Traslada documentación al líder	Pone formulario de DL sobre la mesa	Man	680	433	711	385	401	667	899					194.18	596.57
	4	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0					0.00	0.00
	5	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	455	403	440	389	432	500	527					49.68	449.43
	6	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	626	384	465	444	891	540	740					180.76	584.29
7	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	524	495	475	435	599	465	616					68.60	515.57	
8	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man	309	401	396	385	400	340	335					37.70	366.57	
Total					3494	3151	3641	3242	3923	3831	4331				410.36	3659.00	

Apéndice 2. Registros de observaciones de tiempos en el turno B

Observation form																	
Header										Period: Jul-Set 2018							
Process Name: SSP/SSP										Operator Name: C.S/A.T/C.C							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	199	178	187	166	200							14.40	186.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0								0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	63	33	30	68	45							17.20	47.80
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	168	248	211	223	201							29.41	210.20
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	189	200	166	234	145							33.86	186.80
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	297	117	200	225	233							65.14	214.40
	7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man													
Total					916	776	794	916	824	0	0	0	0	0	447.96	845.20	

Observation form																	
Header										Period: Jul-Set 2018							
Process Name: CC/PR										Operator Name: C.S/A.T/C.C							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	214	350	245	198	250							59.19	251.40
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0								0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	66	81	55	61	54							10.97	63.40
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	220	240	210	187	203							19.74	212.00
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	145	200	156	177	189							22.77	173.40
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	388	315	311	291	325							36.8	326.00
	7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man													
Total					1033	1186	977	914	1021						100.8	1026.20	

Observation form																	
Header										Period: Jul-Set 2018							
Process Name: ER										Operator Name: J.V/V.D/S.M/K.S							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	200	301	233	265	206							42.27	241.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0								0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	35	57	44	91							33.11	45.40
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	180	174	214	200	195							15.99	192.60
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	393	394	278	299	356							53.45	344.00
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	269	277	216	250	278							26.03	258.00
	7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man													
Total					1042	1181	998	1058	1126						72.39	1081.00	

Observation form																	
Header										Period: Jul-Set 2018							
Process Name: SW										Operator Name: J.V/V.D/S.M/K.S							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	178	143	237	226	196							37.8	196.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	171	100	123	130	125							25.76	131.00
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	120	145	134	145	136							10.27	136.00
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	100	123	67	90	101							20.29	95.00
	7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man													
Total					569	511	561	591	558						29.27	558.00	

Observation form																	
Header										Period: Jul-Set 2018							
Process Name: FEL										Operator Name: M.A/J.A							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	245	163	184	199	211							30.71	200.40
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0								0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	67	72	78	72	69							4.159	71.60
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	155	205	195	190	222							24.7	193.40
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	123	89	110	145	133							21.59	120.00
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	263	290	295	285	301							14.57	286.80
	7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man													
Total					853	819	862	891	936	0	0	0	0	0	460.7	872.2	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: TFI											Operator Name: J.C/A.P						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	230	233	220	177	277							35.68	227.40
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	114	161	102	124	104							24.02	121.00
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	70	97	114	102	89							16.38	94.40
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man														
Total					414	491	436	403	470	0	0	0	0	0	234.9	442.80	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: TFO											Operator Name: J.C/A.P						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	301	354	288	312	300							25.50	311.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	259	190	211	226	277							35.33	232.60
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	201	155	167	190	101							39.04	162.80
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man													
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man														
Total					761	699	666	728	678						38.54	706.40	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: PS											Operator Name: A.S/O.C/L.B/E.C						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	173	153	190	208	161							23.51	177.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	45	178	67	78	92							58.95	92.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	156	97	144	182	165							35.57	148.80
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	160	90	112	177	134							40.59	134.60
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	68	238	117	147	143							71.51	142.60
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man														
Total					602	756	630	792	695						80.63	695.00	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: JN											Operator Name: A.S/O.C/L.B/E.C						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	77	84	75	80	89							3.916	81
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0	0
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0	0
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	111	144	167	120	160							25.2	140.4
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	107	133	129	170	135							26.13	134.8
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	358	233	145	176	94							94.02	201.2
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man														
Total					653	594	516	546	389	0	0	0			289.1	539.6	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: PCC											Operator Name: A.S/O.C/L.B/E.C						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	101	111	98	99	112								104.20
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	126	236	122	101	166							53.42	150.20
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	212	117	122	123	123							40.66	139.40
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	175	169	166	256	182							37.62	189.60
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man														
Total					614	633	508	579	471						69.33	561.00	

Observation form															
Header										Period: Jul-Set 2018					
Process Name: TW										Operator Name: A.S/O.C/L.B/E.C					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	120	87	99	128	128						18.84	108.5
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0						0	0
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0						0	0
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	92	58	102	112	91						23.47	91
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	159	142	190	144	158						22.17	158.75
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	114	143	132	118	126						13.3	126.75
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man												
Total				485	430	523	502	503	0	0	0	0	0	258.6	485

Observation form															
Header										Period: Jul-Set 2018					
Process Name: AS										Operator Name: J.V/D.M/G.R/A.B					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	233	301	298	256	277						28.78	273
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man		245		211	213						19.08	223
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	111	106	128	68	98						22.05	102.2
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	187	110	198	142	150						35.58	157.4
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	146	88	100	120	122						22.17	115.2
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	195	224	245	161	200						31.71	205
7	Ensamblaje de piezas	Toma pieza sig lote	Man												
Total				872	1074	969	958	1060						82.59	986.6

Observation form															
Header										Period: Jul-Set 2018					
Process Name: SCC										Operator Name: J.V/D.M/G.R/A.B					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	233	316	211	208	254						44.13	244.40
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0						0.00	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	68	102	82	86	97						13.34	87.00
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	100	125	144	132	137						16.92	127.60
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	137	214	203	146	188						34.37	177.60
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	390	242	265	210	264						68.48	274.20
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man												
Total				928	999	905	782	940						79.92	910.80

Observation form															
Header										Period: Jul-Set 2018					
Process Name: CN										Operator Name: O.C/L. B/E. C					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	322	367	301	287	299						31.58	315.20
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0						0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	63	45	65	99	74						19.7	69.20
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	260	247	198	188	207						31.65	220.00
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	186	166	156	199	134						25.44	168.20
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	400	320	344	377	388						33.02	365.80
7	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man												
Total				1231	1145	1064	1150	1102						62.48	1138.40

Observation form															
Header										Period: Jul-Set 2018					
Process Name: HD										Operator Name: J.V/D.M/G.R/A.B					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	360	480	365	350	387						52.97	388.40
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0						0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	180	50	67	56	70						53.94	84.60
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	393	220	245	233	245						71.08	267.20
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	302	377	301	315	287						35.3	316.40
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	843	998	955	856	887						66.48	907.80
7	Ensamblaje de piezas	Toma pieza sig lote	Man	857	400	188	422	399						245	453.20
Total				2935	2525	2121	2232	2275	0	0	0			1275	2417.60

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: DHRSI											Operator Name: A.J./N.S.						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	230	286	225	240	264							25.55	249.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	320	270	253	288	332							33.18	292.60
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	190	274	215	241	242							31.61	232.40
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	78	57	55	68	65							9.236	64.60
	7	Ensamblaje de piezas	Toma pieza sig lote	Man													
Total					818	887	748	837	903						61.49	838.60	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: DF											Operator Name: A.J./N.S.						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	300	166	156	98	180							73.99	180.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	60	61	105	133	89							30.88	89.60
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	70	68	110	118	94							22.72	92.00
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	98	88	65	102	98							15.01	90.20
	7	Ensamblaje de piezas	Toma pieza sig lote	Man													
Total					528	383	436	451	461	0	0	0	0		241	451.80	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: EAF2											Operator Name: A.J./N.S.						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	179	315	205	341	256							69.25	259.2
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0	0
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0	0
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	129	154	184	199	175							27.31	168.2
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	199	134	179	150	144							26.96	161.2
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	62	84	112	145	116							31.83	103.8
	7	Ensamblaje de piezas	Toma pieza sig lote	Man													
Total					569	687	680	835	691						94.53	692.4	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: VI											Operator Name: A.J./N.S.						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	320	205	260	255	270							57.52	261.67
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	154	184	135	157	145							24.70	157.67
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	77	145	89	101	98							36.30	103.67
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	84	112	101	104	94							14.11	99.00
	7	Ensamblaje de piezas	Toma pieza sig lote	Man													
Total					635	646	585	617	607	0	0	0			320.36	622.00	

Observation form																	
Header											Period: Jul-Set 2018						
Process Name: SP											Operator Name: M.N						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cambio de herramientas/Pruebas	Termina de anotar el resultado	Man	282	290	304	315	341							23.14	306.40
	2	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	867	796	804	823	819							27.54	821.80
	3	Traslada documentación al líder	Pone formulario de DL sobre la mesa	Man	120	125	106	114	110							7.62	115.00
	4	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	5	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	394	375	333	354	299							36.95	351.00
	6	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	208	195	214	188	230							16.46	207.00
	7	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	229	324	345	300	317							44.40	303.00
8	Pruebas de empaque	Toma pieza sig lote	Man	313	491	354	411	305							77.36	374.80	
Total					2413	2596	2460	2505	2421	0	0				1211	2479.00	

Apéndice 3. Tablas de “standard work” por estación

Estación SPI-SSP			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	186	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales		48
4	Ejecución del despeje de línea	210	
5	Verificación del despeje de línea	187	
6	Documentación de siguiente orden	214	
Totales		797	48

Estación CC-PR			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	251	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales		52
4	Ejecución del despeje de línea	156	
5	Verificación del despeje de línea	173	
6	Documentación de siguiente orden	326	
Totales		906	52

Estación ER			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	241	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	45
4	Ejecución del despeje de línea	193	
5	Verificación del despeje de línea	344	
6	Documentación de siguiente orden	258	
Totales		1036	45

Estación SW			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	196	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	131	
5	Verificación del despeje de línea	136	
6	Documentación de siguiente orden	92	
Totales		555	0

Estación FEL			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	200	
2	Cambio de herramientas/Pruebas		
3	Cambio de materiales		72
4	Ejecución del despeje de línea	193	
5	Verificación del despeje de línea	120	
6	Documentación de siguiente orden	287	
Totales		800	72

Estación TFI			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	0	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	198	
5	Verificación del despeje de línea	121	
6	Documentación de siguiente orden	94	
Totales		413	0

Estación TFO			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	205	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	149	
5	Verificación del despeje de línea	163	
6	Documentación de siguiente orden	60	
Totales		577	0

Estación PS			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	181	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales		92
4	Ejecución del despeje de línea	145	
5	Verificación del despeje de línea	135	
6	Documentación de siguiente orden	143	
Totales		604	92

Estación JN			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	81	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	141	
5	Verificación del despeje de línea	135	
6	Documentación de siguiente orden	201	
Totales		558	0

Estación PCC			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	98	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	150	
5	Verificación del despeje de línea	139	
6	Documentación de siguiente orden	190	
Totales		577	0

Estación TW			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	109	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	91	
5	Verificación del despeje de línea	159	
6	Documentación de siguiente orden	127	
Totales		486	0

Estación AS			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	273	
2	Cambio de herramientas/Pruebas		223
3	Cambio de materiales		82
4	Ejecución del despeje de línea	137	
5	Verificación del despeje de línea	115	
6	Documentación de siguiente orden	205	
Totales		730	305

Estación SCC			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	244	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales		87
4	Ejecución del despeje de línea	128	
5	Verificación del despeje de línea	178	
6	Documentación de siguiente orden	274	
Totales		824	87

Estación CN			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	315	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales		69
4	Ejecución del despeje de línea	220	
5	Verificación del despeje de línea	168	
6	Documentación de siguiente orden	366	
Totales		1069	69

Estación HD			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	331	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales		85
4	Ejecución del despeje de línea	256	
5	Verificación del despeje de línea	316	
6	Documentación de siguiente orden	908	
7	Ensamble de materiales		453
Totales		1811	538

Estación DAFF			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	186	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	273	
5	Verificación del despeje de línea	232	
6	Documentación de siguiente orden	65	
Totales		756	0

Estación DF			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	180	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	90	
5	Verificación del despeje de línea	92	
6	Documentación de siguiente orden	90	
Totales		452	0

ELT			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	200	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	168	
5	Verificación del despeje de línea	161	
6	Documentación de siguiente orden	85	
Totales		614	0

Estación VI			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Cierre de lote y limpieza estación	262	
2	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
3	Cambio de materiales	0	
4	Ejecución del despeje de línea	158	
5	Verificación del despeje de línea	104	
6	Documentación de siguiente orden	90	
Totales		614	0

Estación SP			
Standard Work-Producto FT		Tiempo/Actividad (Segundos)	
Secuencia	Descripción	Hombre	Auto
1	Pruebas funcionales	306	
2	Cierre de lote y limpieza estación	811	
3	Traslada documentación al líder	115	
4	Cambio de herramientas/Pruebas	0	
5	Cambio de materiales	0	
6	Ejecución del despeje de línea	351	
7	Verificación del despeje de línea	207	
8	Documentación de siguiente orden	303	
9	Pruebas funcionales	367	
Totales		2460	0

Apéndice 4. Registro de observaciones del tiempo de cambio de lote después de la implementación.

Observation form																	
Header		Period: Oct- Dic 2018															
Process Name: SPP/SPI		Operator Name: M. J / J. M / N. P															
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	132	132	215	189	164							36.21	166.40
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0.00	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	165	299	167	157	188							59.15	195.20
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	259	204	103	176	194							56.34	187.20
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	350	248	300	306	399							56.83	320.60
Total				906	883	785	828	945							63.40	869.40	

Observation form																	
Header		Period: Oct- Dic 2018															
Process Name: CC/PR		Operator Name: M. J / J. M / N. P															
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	120	111	122	90	103	189	178	130				37.94	130.38
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	79	106	93	123	140	167	212	142				46.14	132.75
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	215	68	180	70	148	126	188	140				57.5	141.88
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	189	268	185	307	314	268	190	250				56.89	246.38
Total				603	553	580	590	705	750	768	662				88.57	651.38	

Observation form																	
Header		Period: Oct- Dic 2018															
Process Name: ER		Operator Name: G. M/ D. P/ N.N / G. R															
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrilico en la sig estación	Man	346	239	240	189	150	243						65.98	234.50
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man												#####	#DIV/0!
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man												#####	#DIV/0!
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	315	492	348	288	405	553						104.3	400.17
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	300	266	193	525	541	492						150.7	386.17
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	322	310	410	259	280	167						80	291.33
Total				1283	1307	1191	1261	1376	1455						92.36	1312.17	

Observation form																	
Header										Period: Oct- Dic 2018							
Process Name: SW										Operator Name: G. M/ D. P/ N.N / G. R							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
				Termina última und	Man/Auto/Wait												
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	226	238	189	157	115	116	192				49.08	176.14	
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man											#####	#DIV/0!	
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man											#####	#DIV/0!	
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	177	144	98	170	167	342	207				76.36	186.43	
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	99	116	95	101	122	123	118				11.82	110.57	
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	38	37	49	52	75	66	78				16.8	56.43	
Total					540	535	431	480	479	647	595				74.09	529.57	

Observation form																	
Header										Period: Oct- Dic 2018							
Process Name: FEL										Operator Name: M. S / M. C							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
				Termina última und	Man/Auto/Wait												
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	120	93	160	145	111	126	168				27.05	131.86	
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00	
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00	
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	65	207	235	268	280	289	189				77.5	219.00	
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	85	77	140	189	129	122	286				11.68	146.86	
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	360	299	244	168	249	199	200				66.11	245.57	
Total					630	676	779	770	769	736	843				70.72	743.29	

Observation form																	
Header										Period: Oct- Dic 2018							
Process Name: TFI										Operator Name: G. H / A. R							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
				Termina última und	Man/Auto/Wait												
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man											#####	#DIV/0!	
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man											#####	#DIV/0!	
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man											#####	#DIV/0!	
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	175	165	145	140	173	160	188				16.99	163.71	
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	165	112	110	146	192	167	120				31.71	144.57	
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	135	181	190	141	172	155	177				21.01	164.43	
Total					475	458	445	427	537	482	485				35.24	472.71	

Observation form																	
Header										Period: Oct- Dic 2018							
Process Name: TFO										Operator Name: G. H / A. R							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
				Termina última und	Man/Auto/Wait												
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	181	137	167	129	127	99					29.63	140.00	
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man											#####	#DIV/0!	
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man											#####	#DIV/0!	
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	88	152	134	82	216	141					48.79	135.50	
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	94	107	98	102	98	64					15.26	93.83	
	6	Colocación del DHR en el acrílico	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	28	16	35	132	29	45					42.47	47.50	
Total					391	412	434	445	470	349					42.91	416.83	

Observation form																	
Header										Period: Oct- Dic 2018							
Process Name: PS										K.A / M. N / M. A / T. U / B.V							
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
				Termina última und	Man/Auto/Wait												
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	240	183	213	194	300	122					59.54	208.67	
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man											#####	#DIV/0!	
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man											#####	#DIV/0!	
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	226	120	57	233	79	122					74	139.50	
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	66	137	115	70	89	132					30.92	101.50	
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	195	240	213	161	163	110					45.75	180.33	
Total					727	680	598	658	631	486					83.01	630.00	

Observation form															
Header										Period: Oct- Dic 2018					
Process Name: JN										K.A / M. N / M. A / T. U / B.V					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	100	153	120	88	98	91	111				22.46	108.71
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man											#####	#DIV/0!
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man											#####	#DIV/0!
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	76	92	60	143	117	241	259				79.26	141.14
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	62	107	100	83	97	81	119				18.89	92.71
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	214	196	249	188	213	253	195				26.12	215.43
Total				452	548	529	502	525	666	684				85.58	558.00

Observation form															
Header										Period: Oct- Dic 2018					
Process Name: PCC										K.A / M. N / M. A / T. U / B.V					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	101	127	120	67	116	93	110	104			18.74	104.75
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.00
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	96	77	88	200	93	130	114	100			38.98	112.25
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	97	44	45	89	203	90	94	108			49.26	96.25
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	195	221	208	165	174	229	199	209			21.89	200.00
Total				489	469	461	521	586	542	517	521			40.58	513.25

Observation form															
Header										Period: Oct- Dic 2018					
Process Name: TW										K.A / M. N / M. A / T. U / B.V					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	94	123	100	70	100	118	79				19.12	97.71
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	181	110	180	199	99	170	233				47.65	167.43
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	150	195	99	142	150	67	133				40.85	133.71
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	48	69	47	90	55	55	52				15.31	59.43
Total				473	497	426	501	404	410	497				43.51	458.29

Observation form															
Header										Period: Oct- Dic 2018					
Process Name: AS										Operator Name: G .M/D.U/J.C/J.R/A.P/G.Z					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	183	242	245	265	231						30.63	233.20
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man											#####	#DIV/0!
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	238	222	200	160	210						29.36	206.00
4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	178	149	96	220	150						45.36	158.60
5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	180	93	187	196	170						41.47	165.20
6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	195	176	175	215	190						16.36	190.20
Total				974	882	903	1056	951						68.18	953.20

Observation form															
Header										Period: Oct- Dic 2018					
Process Name: SCC										Operator Name: G .M/D.U/J.C/J.R/A.P/G.Z					
Product Name: FT															
No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)
		Termina última und	Man/Auto/Wait												
1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	246	307	222	210	265						38.32	250.00
2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0							0	0.00
3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	194	129	76	45	160						60.65	120.80
5	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	174	120	209	161	220						39.96	176.80
7	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	100	218	269	141	196						66.01	184.80
8	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	194	200	137	351	215						79.29	219.40
Total				908	974	913	908	1056						64.6	951.80

Observation form																	
Header											Period: Oct- Dic 2018						
Process Name: CN											Operator Name: J.R/ S. A						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	268	299	309	232	266	182	107	218				46.66	259.33
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	266	371	217	241	300	272	362	370				53.67	277.83
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	145	83	91	125	133	128	78	138				24.72	117.50
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	388	391	399	312	355	385	421	318				32.87	371.67
Total					1067	1144	1016	910	1054	967	968	1044			81.76	1026.33	

Observation form																	
Header											Period: Oct- Dic 2018						
Process Name: HD											Operator Name: G .M/D.U/J.C/J.R/A.P/G.Z						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	189	278	343	356	248							68.95	282.80
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man	0	0	0	0	0								
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man	0	0	0	0	0							0	0.00
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	234	255	229	239	338							45.23	259.00
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	432	448	182	345	329							106	347.20
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	1009	999	1166	1100	1120							72.44	1078.80
7	Ensamblaje de piezas	Toma pieza sig lote	Man	0	0	0	0	0							0	0.00	
Total					1864	1980	1920	2040	2035						75.72	1967.80	

Observation form																	
Header											Period: Oct- Dic 2018						
Process Name: DAFF											Operator Name: A.D/ R.A / M.U						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	103	108	89	109	102							7.981	102.20
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man												#####	#DIV/0!
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man												#####	#DIV/0!
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	411	274	474	371	408							73.5	387.60
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	402	479	281	389	355							72.08	381.20
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	89	51	83	90	100							18.69	82.60
Total					1005	912	927	959	965						36.19	953.60	

Observation form																	
Header											Period: Oct- Dic 2018						
Process Name: DF											Operator Name: A.D/ R.A / M.U						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	188	150	180	142	242	252	197					41.92	193.00
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man												#####	#DIV/0!
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man												#####	#DIV/0!
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	122	151	173	54	202	158	217					54.29	153.86
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	103	163	143	167	104	102	147					29.02	132.71
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	98	92	124	138	47	72	60					33.17	90.14
Total					511	556	620	501	595	584	621				48.92	569.71	

Observation form																	
Header											Period: Oct- Dic 2018						
Process Name: ELT											Operator Name: A.D/ R.A / M.U						
Product Name: FT																	
Work Station Input	No.	Activity Description	Breakpoint	Work Content Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	STD	AVG (Sec)	
			Termina última und	Man/Auto/Wait													
	1	Cierre de lote y limpieza estación	Coloca acrílico en la sig estación	Man	203	129	278	105	81	109						74.96	150.83
	2	Cambio de herramientas/Pruebas	Toma formulario DL	Man												#####	#DIV/0!
	3	Cambio de materiales	Coloca Materiales en la estación	Man												#####	#DIV/0!
	4	Ejecución del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	166	70	118	243	171	142						58	151.67
	5	Verificación del despeje de línea	Firma formulario DL	Man	178	273	94	216	169	71						75.24	166.83
	6	Documentación de siguiente orden	Toma pieza sig lot o firman la orden	Man	66	116	83	79	90	120						21.4	92.33
Total					613	588	573	643	511	442					73.43	561.67	

Anexos

Formulario de Despeje de Línea

Número de Orden Producción/Lote: _____ Número de Parte: _____ Número de Operación: _____

Instrucción General: Complete la información relacionada al número de orden de producción/lote, número parte y número de operación. Luego, marque con un check (✓) la casilla después de completar cada actividad. Firme la ejecución y verificación del despeje de línea.

Instrucciones	Ejecución	Verificación
Limpieza de Estación		
<ul style="list-style-type: none"> Asegurar que no queden desechos del lote anterior (Scrap, basura). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Documentación e Identificación		
<ul style="list-style-type: none"> Asegurar que los Formularios/ DHR/ SFP/Lot Traveler/Router y el MP estén disponibles en la celda de trabajo en su versión aprobada (Released). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Verificar que las etiquetas y señalizaciones correspondan al nuevo lote/orden. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materiales/ Si la operación no utiliza materiales marque N/A <input type="checkbox"/>		
<ul style="list-style-type: none"> Asegurar que los materiales requeridos para el nuevo lote correspondan solo a los indicados por el DHR/ SFP/Lot Traveler/Router y MP. * 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Verificar que los materiales no estén expirados. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Verificar que los materiales estén identificados con la etiqueta de aceptados. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Equipos y Herramientas		
<ul style="list-style-type: none"> Asegurar que equipos/herramientas/fixtures sean los requeridos por el MP y número de parte a manufacturar. * 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Verificar que las etiquetas con fechas de calibración y mantenimiento preventivo no estén expiradas ni dañadas. 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Verificar que los sellos de calibración no estén rotos (si aplica). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Verificar que los parámetros de equipos sean los indicados por el MP (si aplica). 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ejecutado por (Firma):		
Verificado por (Firma):		

Anexo 1. Formulario de despeje de línea del producto FT

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500

Anexo 2. Tabla T Student.

Check List para Despeje de Línea

Descripción	Si	No
Completa el encabezado del despeje de línea correctamente		
Revisa si se encuentran desechos que no corresponden al lote		
Utiliza el DHR para verificar los componentes que necesita.		
Remueve las herramientas que no son necesarias		
Se asegura que los componentes que están disponibles corresponden al número de parte a manufacturar.		
Verifica la fecha de expiración de los componentes		
Verifica el equipo y sus calibraciones		
Verifica que los sellos se encuentren en buen estado.		
Contesta correctamente a la pregunta: ¿Que haría si encuentra algo incorrecto?		
Persona <u>auditada:</u>	Fecha:	
Auditoria <u>realizada por:</u>	Fecha:	
<u>Comentarios:</u>		

Anexo No. 3. Lista de chequeo para evaluar la verificación de despejes de línea.