

UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MEJORA CONTINUA PARA EFICIENTAR UN PROCESO DE
PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA

T E S I S

PRESENTADA POR

RAMSES LUGO TELLES

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestro en Ingeniería

DIRECTORA DE TESIS
DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES NAVARRETE HINOJOSA

CODIRECTOR
DR. JORGE LUIS TADDEI BRINGAS

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

SEPTIEMBRE 2017

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



Hermosillo, Sonora a 15 de agosto de 2017

RAMSES LUGO TELLES

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, otorgamos a usted nuestra aprobación de la fase escrita del examen de grado, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería.

Por tal motivo este jurado extiende su autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTINUA PARA EFICIENTAR UN PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

Dra. María de los Angeles Navarrete
Hinojosa
Directora de tesis y Presidente del jurado

Dr. Jorge Luis Taddei Bringas
Codirector y Vocal del Jurado

Dr. Jaime Alfonso León Duarte
Secretario del Jurado

Dr. Jaime Olea Miranda
Vocal del Jurado



Ciudad Obregón, Sonora, a 14 de agosto de 2017.

RAMSES LUGO TELLES

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado de la Universidad de Sonora, otorgo a usted mi aprobación de la fase escrita del examen profesional, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería.

Por tal motivo, como sinodal externo y vocal del jurado, extiendo mi autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTINUA PARA EFICIENTAR UN PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

DR. RENÉ DANIEL FORNÉS RIVERA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Sinodal Externo y Vocal del Jurado



RESUMEN

La mayor parte del tiempo, en las empresas de giro industrial, la mejora continua es vista de dos formas, como una filosofía o como un conjunto de herramientas, sin embargo, para las industrias manufactureras es conveniente considerar a la mejora continua como una filosofía que contempla para sus operaciones, el empleo de un conjunto de herramientas.

En el presente proyecto se diseña un sistema de mejora continua, enfocado a mejorar procesos productivos, bajo una filosofía Kaizen, cuyo sistema aplica algunas herramientas, las cuales están descritas en el marco teórico del presente documento. Cabe mencionar que el proyecto nace de una necesidad por reducir costos que los productos defectuosos generan, personal sobrante en las líneas de producción y la necesidad por hacer los procesos más eficientes.

De la aplicación del sistema de mejora continua, o bien, mediante la utilización de la metodología propuesta en el proyecto, se obtuvieron respuestas para las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los beneficios de la implementación del sistema de mejora continua en un proceso productivo, en cuanto a la obtención de parámetro de calidad y productividad? ¿Qué herramientas de mejora continua pueden utilizarse para mejorar la eficiencia del proceso? Y por último ¿En que porcentaje se reducirá el nivel de desperdicios en las líneas de producción? Cada una de estas preguntas, y cualquier otra que se pudiera generar a lo largo del documento, tendrá respuesta en la aplicación y evaluación del sistema bajo cuestión.

ABSTRACT

The most part of the time, the industrial companies, continuous improvement has been seen in two ways, as a philosophy or as a group of tools, however, for the manufacturing companies is convenient consider to the continuous improvement as a philosophy which contemplate for their operations, the handle of that group of tools.

In this project it design a continuous improvement system, focus to improve productive process, under a kaizen philosophy, which system use some tools that are mentioned in the framework of the present document. It is important to mention that, this project it was borne of the need to reduce the cost that defective products generate, overpopulation of operative staff and the need to do the process more efficient.

Throughout the application of the methodology proposed, it obtain answers for the next questions: Which are the benefits of the continuous improvement system implementation in a productive process? What continuous improvement tools it can be used to improve the process? And, what was the percentage of waste reduced in the productive lines? Every single of these questions, and others that may arise along this document, it will have answer in the application and evaluation of the continuous improvement system.

DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo a mis padres Guadalupe Telles Acosta y Ramses Lugo Verdugo, así como también a mi hermano Rodrigo Lugo Telles, por ser una gran familia y darme la seguridad de saber que siempre podre contar con ellos en todo momento, además, de mostrarme siempre el cariño familiar.

Por otra parte, este trabajo también va dedicado a Daniela Luna Félix, por ser una magnifica pareja, y al igual que mi familia, siempre me mostró cariño, así como también el apoyo incondicional en cada una de mis decisiones.

Mis profesores, asesora de tesis y amigos del posgrado, también son parte de esta dedicatoria, ya que gracias a ellos el camino hacia este momento, fue satisfactorio. Gracias a Ma. De los Ángeles Navarrete, mi asesora, por apoyarme en este proyecto. Gracias a mis profesores del posgrado, por enseñarme todo lo visto en las clases. Gracias a mis amigos del posgrado, por ser buenos compañeros de clases, además, por ser las primeras personas con las que conviví socialmente en la ciudad de Hermosillo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora le agradezco, por ser la institución encargada de brindarme todo el conocimiento durante estos últimos dos años. Así como también a todos los profesores del programa del posgrado.

A la empresa TE Connectivity (división automotriz, Hermosillo), por dejar que me involucrara en sus procesos con el fin llevar a cabo este proyecto. También agradezco a Nestor R. Bustamante, por ser el encargado de guiarme durante mi estadía en la empresa.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Fortalecimiento de la Calidad en Instituciones Educativas (PFCE) por los apoyos económicos otorgados para realizar mis estudios de posgrado.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Objetivo general	3
1.4. Objetivos específicos	3
1.5. Hipótesis	3
1.6. Alcance y delimitaciones	3
1.7. Justificación.....	3
2. MARCO DE REFERENCIA.....	1
2.1 Industria Automotriz	1
2.2 Mejora continua.....	2
2.2.1 Herramientas de mejora continua.....	3
2.2.2 5S	3
2.2.3 Clasificación de desperdicios	4
2.2.4 Value Stream Mapping (VSM).....	6
2.2.4.1 Diagrama de recorrido.....	7
2.2.5 Diseño de planta.....	8
2.3 Filosofía Kaizen.....	8
2.3.1 Evento Kaizen.....	9
2.4 Reporte A3	10
2.5 Manufactura Esbelta	11
2.6 Balanceo de líneas.....	12
2.7 Estudios previos.....	13
2.7.1 Caso de estudio: “La mejora continua en cadenas de montaje”.....	13

2.7.2	Caso de estudio: “Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso”	15
3.	METODOLOGÍA	1
3.1	Identificar líneas de producción críticas	2
3.2	Elaborar Reporte A3 de las líneas de producción críticas	2
3.3	Evaluación.....	4
3.4	Retroalimentación	5
4.	IMPLEMENTACIÓN	1
4.1	Identificación de las líneas de producción críticas	1
4.2	Elaboración del Reporte A3 para las líneas bajo estudio	4
4.2.1	Reporte A3 para la línea 7854.....	4
4.2.2	Reporte A3 para la línea 1832195-6.....	15
4.2.3	Reporte A3 para las líneas RF’s	22
4.3	Evaluación.....	28
4.3.1	Evaluación de la línea 7854.....	28
4.3.2	Evaluación de la línea 1832195-6.....	30
4.3.3	Evaluación de las líneas RF’s.....	31
4.4	Retroalimentación	32
4.4.1	Retroalimentación del reporte A3 para la línea 7854.....	33
4.4.2	Retroalimentación del reporte A3 para la línea 1832195-6.....	33
4.4.3	Retroalimentación del reporte A3 para la línea RF’s.	33
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	35
5.1.	Conclusiones.....	35
5.2.	Recomendaciones.....	36
5.3.	Trabajos futuros	36
6.	REFERENCIAS.....	38
7.	ANEXOS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Íconos usados en un VSM (Rohac & Januska, 2014)	11
Figura 2. Reclamaciones de clientes vs Absentismo. Caso de estudio “La mejora continua en cadenas de montaje” (Dueñas, 2009)	18
Figura 3. Factores clave para la mejora continua (Marin-Garcia, et al., 2014)	20
Figura 4. Modelo de evolución de mejora continua (Marin-Garcia, et al., 2014) ...	22
Figura 5. Metodología propuesta (Elaboración propia, 2016)	24
Figura 6. Pasos a seguir para un reporte A3 (Shook, 2009)	27
Figura 7. Pasos para evaluar el estado futuro (Elaboración propia, 2016)	28
Figura 8. Número de defectos en el área bajo estudio (Elaboración propia, 2017).....	31
Figura 9. Candados abiertos por números de partes (elaboración propia, 2017).....	32
Figura 10. Evento Kaizen en curso (Elaboración propia, 2017)	33
Figura 11. Elaboración del VSM en un evento Kaizen (Elaboración propia, 2017).....	34
Figura 12. Línea de producción 7854 (Elaboración propia, 2017)	35
Figura 13. Tiempos de ciclo 7854 (Elaboración propia, 2017)	35
Figura 14. Oportunidades de mejora 7854 (Elaboración propia, 2017)	37
Figura 15. Oportunidades de mejora 7854 (Elaboración propia, 2017)	38
Figura 16. Oportunidades de mejora 7854 (Elaboración propia, 2017).....	41

Figura 17. Oportunidades de mejora 7854 (Elaboración propia, 2017)	41
Figura 18. Componentes del arnés (Elaboración propia, 2016)	43
Figura 19. Componentes del arnés (Elaboración propia, 2016)	44
Figura 20. Diagrama Pareto de Candado Abierto (Elaboración propia, 2017)	45
Figura 21. Serie de tiempo de defectos (Elaboración propia, 2016)	46
Figura 22. Diagrama Ishikawa para “candado abierto” (Elaboración propia, 2017).....	47
Figura 23. Cuña normal vs cuña 90 (Elaboración propia, 2016)	48
Figura 24. Dispositivo para clip 90 (Elaboración propia, 2016)	49
Figura 25. Distribución de planta actual y recorridos (Elaboración propia, 2017).....	51
Figura 26. Medidas de la distribución de planta (Elaboración propia, 2017)	52
Figura 27. Ejemplo de espacio libre continuo (Elaboración propia, 2017)	54
Figura 28. Distribución de planta de RF's optimizado (Elaboración propia, 2017).....	55
Figura 29. Comparación de espacios continuos (Elaboración propia, 2017)	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición de las 5S según los enfoques de Osada y Hirano (Osada, 1991) (Hirano, 1996)	8
Tabla 2. Definición de Muda, Mura y Muri (Southworth, 2010)	9
Tabla 3. Pasos de implementación en un evento Kaizen (Howell, 2011)	13
Tabla 4. Propósitos del evento Kaizen (Chaneski, 2015)	14
Tabla 5. Resumen de las variables de los casos (Marin-Garcia, et al., 2014) ...	20
Tabla 6. Resultados del estudio “Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso” (Marin-Garcia, et al., 2014)	22
Tabla 7. Productos más importantes (elaboración propia, 2017)	30
Tabla 8. Resultado del experimento de fuerza (Elaboración propia, 2016)	48
Tabla 9. Evaluación de la línea de producción 7854 (Elaboración propia, 2017)...	56
Tabla 10. Evaluación del A3 1832195-6 (Elaboración propia, 2017)	58
Tabla 11. Evaluación del A3 RF's (Elaboración propia, 2017)	59
Tabla 12. Indicadores de mejora según A3 (Elaboración propia, 2017).....	63

1. INTRODUCCIÓN

La industria automotriz se caracteriza por la búsqueda constante de métodos y procedimientos que impulsen la calidad y productividad en un sector que se considera altamente dinámico y competitivo. En este sentido, los desperdicios relacionados con la calidad del producto representan gasto monetario, debido a que por una parte, en la corrección de los productos defectuosos se gasta tiempo, recurso humano y materia prima, con la consiguiente pérdida de productividad y competitividad, sin embargo, la presencia de defectos puede no detectarse internamente, siendo el cliente quien se percató de su existencia con la pérdida de la confianza y gasto por garantías o devoluciones. Por estas razones, las industrias manufactureras buscan permanentemente mejoras en sus procesos para la reducción de los defectos relacionados con la calidad del producto.

1.1. Presentación

La empresa bajo estudio es TE Connectivity Automotriz, Planta 4 la cual se dedica a la fabricación de componentes automotrices. Dentro de la fábrica existen diferentes áreas donde hay procesos de carácter más específico. Los procesos con los que cuenta la planta automotriz son SAM, Luces y Coaxiales. El presente estudio se centra en el área de automotriz, específicamente en las líneas de producción de Coaxiales, en la cual, se fabrican arneses.

Como se mencionó en la sección introductoria, la planta TE Connectivity automotriz realiza actualizaciones y/o lanzamientos de nuevos productos de manera periódica, debido a los requerimientos de innovación constante de la industria automotriz. Acorde a los parámetros de este sector industrial, TE Connectivity ha definido una política para los nuevos productos con el fin de asegurar su confiabilidad a los clientes. La política de nuevos productos consiste en revisar dos veces los nuevos lanzamientos, una vez acabado la fabricación de los productos, la primera revisión se realiza en las líneas de producción, y la

segunda en un área especial para este tipo de productos llamada “Safe Launch”, la cual tiene como única tarea la revisión de los nuevos lanzamientos.

Los productos de lanzamiento dejan de ser revisados en esta área una vez que pasan 30 días en esta área sin ningún defecto, o que 25,000 unidades pasan por una segunda inspección sin ningún defecto. Cabe aclarar que las 25,000 unidades o los 30 días sin defectos son por producto, es decir, cada producto tiene que cumplir esa política, no todos en conjunto. TE Connectivity en especial el proceso de Coaxiales de Automotriz, muestra desperdicios y retrabajos que involucran un mayor uso de materiales y de mano de obra, debido a que las áreas de Safe Launch no desaparecen ya que los artículos manufacturados nunca cumplen con la política para los nuevos productos.

Lo ideal para la empresa es que los productos de lanzamiento no requieran ser revisados en Safe Launch a la vuelta de 30 días después que éstos son producidos por primera vez, es decir, dicha área de revisión siempre existirá debido al lanzamiento constante de nuevos productos, sin embargo los productos de lanzamiento no deberían de durar más de 30 días siendo revisados. Este estándar de calidad nunca se ha podido cumplir al primer intento por la presencia de varios problemas en las líneas de producción. Un claro ejemplo de problemas de calidad se origina en el caso del producto número 1832195-6, el cual tiene aproximadamente 4 meses (20 semanas) siendo revisado por Safe Launch. De 56,713 unidades de este producto 340 son defectuosas, lo cual representa 5995 partes defectuosas por millón (Nivel de 4 sigmas).

1.2. Planteamiento del problema

El proceso de coaxiales no es eficiente para elaborar nuevos productos con un bajo nivel de desperdicios, por consecuencia, se ha creado un área llamada Safe Launch donde se realiza una segunda verificación para asegurar que no tengan defectos, pero estos nuevos productos ya no deberían ser revisados en esta área a la vuelta de 30 días después de producir la primera unidad, sin embargo, esto no sucede por problemas de calidad relacionados al producto.

El área de Safe Launch representa una gran cantidad de desperdicios financieros, de retrabajo y de mano de obra, debido que los nuevos productos no pueden dejar de ser inspeccionados en esta área, pues no cumplen con los estándares de calidad propuestos por los mismos clientes.

1.3. Objetivo general

Incrementar la eficiencia del proceso de producción de cables coaxiales, mediante la utilización de herramientas de mejora continua.

1.4. Objetivos específicos

- Detectar las oportunidades de mejora y las herramientas de mejora continua que contribuyan a la reducción de desperdicios.
- Desarrollar una metodología que impulse la reducción de desperdicios.
- Implementar herramientas de mejora continua para incrementar la eficiencia del proceso de Coaxiales.
- Evaluar los resultados obtenidos de la aplicación de las herramientas de mejora continua.

1.5. Hipótesis

La implementación de un sistema de mejora continua en el proceso de coaxiales, incrementará la eficiencia del proceso.

1.6. Alcance y delimitaciones

El proyecto está enfocado en la empresa TE Connectivity Automotriz, en la problemática ya mencionada relacionada con el proceso y área de Coaxiales.

1.7. Justificación

El proyecto nace por la necesidad de la empresa de asegurar a los clientes que los nuevos productos son de buena calidad y contienen cero defectos, sin embargo, debido a distintas razones entre las que pueden mencionarse el factor humano (el error de las personas al fabricar componentes que no sean de las especificaciones del cliente) o tecnológico (la posibilidad de que fallen las

máquinas y generar desperdicios) se producen piezas defectuosas, pero TE Connectivity se asegura que esas piezas no le lleguen al cliente, inspeccionándolas dos veces, una en la línea de producción y otra en Safe Launch.

La empresa tiene como política interna el lograr que los nuevos productos sólo requieran ser inspeccionados en esta segunda área durante los primeros 30 días del lanzamiento del producto, lo cual no se ha logrado por las razones antes expuestas y que en este trabajo de investigación serán analizadas a detalle con el fin de proponer soluciones a través de las metodologías de mejora continua, todo lo cual tiene como propósito mejorar la eficiencia y por consiguiente la competitividad de la empresa.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Industria Automotriz

Sin temor a equivocarse, el automóvil vino a modificar criterios en torno al tiempo y el espacio, convirtiéndose en la mercancía “Ser del capitalismo” (Espinosa, 2014). Y es que la industria automotriz se mueve en un mercado globalizado, y cualquier cambio comercial, así como la repartición de los ciclos productivos entre países, implican una redefinición de las reglas del juego, donde el mejoramiento de la calidad y de la productividad aparece como imperativo (Lévesque, 2009).

De acuerdo con Martínez, et al. (2014), hoy en día el sector automotriz enfrenta importantes cambios sociales, económicos, tecnológicos y organizacionales, los cuales afectan a la producción, y a su vez, demandan un cambio en sus procesos. Algunos ejemplos de esos cambios son: la convergencia en la aplicación de nuevas tecnologías; la globalización de las economías que se expresa mediante la diversificación de alianzas estratégicas entre empresas y nuevas formas de cooperación que se apoyan en el diseño modular y la subcontratación de algunas actividades de manufactura y servicios.

En China, según Luthje (2014), la industria automotriz se ha convertido en un símbolo de prosperidad económica, ya que desde el 2009 el mercado automotriz chino es el más grande del mundo y su crecimiento dinámico representa seguridad frente a la sobrecapacidad y a la acumulación de capital en exceso en esta industria mundial, sin embargo, la inestabilidad se ha ido incrementando en este sector en lo que respecta precisamente a las relaciones laborales.

De acuerdo con Gachúz (2011), la crisis por la que atravesaba la industria automotriz en 2011 se podría calificar como una de las más graves en toda su historia, sin embargo este fenómeno no afectó de la misma forma a ciertos países, como lo es México, debido en buena medida a su cooperación con China.

2.2 Mejora continua

En los últimos años, hubo un incremento en la literatura académica acerca del análisis y difusión del concepto de mejora continua, (Suárez-Barraza, 2013). Según Jurburg, et al. (2014), las empresas se encuentran en una feroz competencia por sobresalir de sus competidores, y para ello es necesario desarrollar estrategias globales orientadas hacia la mejora continua. En este orden de ideas, Jiménez, et al. (2014), afirman que para fortalecer a las micro, pequeñas y medianas empresas se necesitan prácticas de mejora continua, pero adaptadas al tamaño y tipo de negocio.

Pérez-Vergara, et al. (2016) expresan que, “la mejora continua es una herramienta de incremento de la productividad que favorece al crecimiento estable y consistente en todos los procesos de la organización y permite organizar el trabajo de una forma más cómoda y simultáneamente productiva”.

Un contraste a lo anteriormente dicho, lo expresan Maron-Garcia et al. (2014) quienes comentan que hay evidencia de que muchas empresas no consiguen implantar un programa de mejora continua con éxito o algunas de ellas, en las que aún cuando se observa un éxito en etapas iniciales, no les es posible mantenerlo, o en otros casos, empresas en las que la implementación de la mejora continua no se refleja bien en los resultados financieros.

Monge et al. (2013) comparten una opinión similar a la anterior, al afirmar que la mejora continua no ha sido bien comprendida en el occidente, y como consecuencia, su implantación consiste únicamente en aplicar herramientas y/o técnicas esbeltas de manera aislada, y no como un proceso de manera continua, lo cual podría deberse a la carencia de compromiso y liderazgo de la alta administración de las plantas occidentales, además de la cultura de cada uno de los involucrados.

A pesar de las opiniones anteriores, Filho y Uzsoy (2013), afirman que desde la época de la revolución industrial, la mejora continua ha sido el mayor recurso de ventaja competitiva para las empresas manufactureras.

2.2.1 Herramientas de mejora continua

Las organizaciones que buscan el mejoramiento continuo, necesitan utilizar de manera apropiada una selección de herramientas y técnicas de calidad que deben aplicarse por un equipo de expertos junto con los líderes de la compañía, (Sokovic, et al., 2009).

De esta forma, las compañías multinacionales, se aseguran de crear un flujo continuo en la cadena de valor con el fin de mejorar la eficiencia y la efectividad de los procesos, usando herramientas de mejora tales como los elementos del sistema de producción de Toyota (Urbaniak, 2015).

Baker, et al. (2012) afirman que cada vez son más las organizaciones a través del mundo que utilizan herramientas de mejora continua con el fin de lograr métodos de producción más efectivos y eficientes, sin embargo, año tras año, las compañías gastan billones de dólares en programas de entrenamiento (de mejora continua), los cuales, en muchos casos, fracasan en su intento de éxito, creando problemas prácticos y legales para los negocios, por lo que es importante seguir las recomendaciones de Urbaniak (2015), en el sentido de asegurarse de crear de manera permanente un flujo continuo en la cadena de valor.

2.2.2 5S

La metodología de las 5S toma su origen del método de producción japonés, conocido como Kaizen, y fue lanzado por primera vez por Toyota en los años 70. Desde entonces, las 5S han probado ser la mejor forma para aplicar la innovación en el área de trabajo, mejorando la calidad y productividad de las empresas (Sharma, 2016).

De acuerdo con Boca (2015), la metodología de las 5S es una técnica de gestión avanzada, la cual es aplicada para la reducción de desperdicios y para lograr un lugar de trabajo seguro.

La metodología 5S es considerada como una las prácticas operacionales de desempeño que muestra los mejores resultados en estudios del mundo de la manufactura, esto debido a la contribución a la mejora de procesos enfocada en productividad, calidad, seguridad y ambiente de trabajo, con resultados rápidos y bajos costos de implementación (Hernández, et al., 2015).

Para Jaca, et al. (2014) la metodología de las 5S es una forma muy apropiada de iniciar y alcanzar los procesos de mejora continua. La tabla 1 muestra las definiciones que Osada (1991) y Hirano (1996) proponen para cada una de las 5S.

5S	Takashi Osada	Hiroyuki Hirano
Seiri	Organización: Poner las cosas en orden, distinguiendo entre lo necesario y lo innecesario.	Organización: Distinguir claramente los artículos necesarios de los innecesarios y eliminar estos últimos.
Seiton	Esmero: para tener las cosas en el lugar correcto. Esto evita las búsquedas inservibles.	Orden: Mantener los artículos necesarios en el lugar correcto para permitir su fácil e inmediato acceso.
Seiso	Limpieza: La auto inspección y la limpieza están enfatizadas en crear lugares de trabajo impecables.	Limpieza: Mantener el área de trabajo limpio.
Seiketsu	Estandarización: La continuidad mantiene el alcance del nivel de las primeras 3S.	Limpieza estandarizada: Esta es la condición que asegura que las primeras 3S sean mantenidas.
Shitsuke	Entrenamiento o disciplina: inculcar la habilidad de hacer lo que se supone hecho. Este es la "S" más crítica de implementar.	Disciplina: Crear el hábito de mantener los procedimientos establecidos.

Tabla 1. Definición de las 5S según los enfoques de Osada y Hirano (Osada, 1991) (Hirano, 1996).

2.2.3 Clasificación de desperdicios

“Los principales fundamentos de cualquier organización son la satisfacción del cliente, la eliminación de desperdicios, alcanzar el flujo continuo en la producción y la mejora continua” (Boca, 2015). De acuerdo con Southworth (2010), desde un

enfoque “esbelto” los desperdicios se clasifican en muda, mura y muri, que define según lo que se muestra en la tabla 2.

Desperdicio	Descripción
Muda	Este desperdicio engloba a 8 desperdicios más, los cuales son: Defectos, sobreproducción, esperas, personas no utilizadas, transporte, inventario, movimientos, y sobreprocesamiento.
Mura	La mayor parte del tiempo se refiere a este desperdicio como una desigualdad. Este ocurre cuando hay una interrupción en el suave y consistente flujo de materiales o información.
Muri	Es definido como “tensión o dificultad”. Muri ocurre cuando las personas o el equipo están siendo sobrecargados.

Tabla 2. Definición de Muda, Mura y Muri (Southworth, 2010).

Según la revista académica Contractor Magazine (2011) existen 7 principales Mudas, los cuales son:

- Defectos: Incluye hacer instalaciones erróneas, defectos en la fabricación. No cumplir con características requeridas es desperdicio.
- Sobreproducción: Fabricar bienes cuando hay los suficientes en el almacén.
- Transporte: Esto sucede cuando el material es movido por la planta.
- Espera: Incluye cuando un equipo de trabajo espera por instrucciones o materia prima; cuando la máquina de fabricación espera para ser cargada de materia prima.
- Sobre procesamiento: Incluye “sobre ingeniería”, requiriendo actividades u operaciones adicionales en una orden, múltiple mano de obra, duplicación de entradas en formas, y doblar y triplicar los estimados para los suministros.
- Movimientos: Sucede cuando el material es almacenado fuera del trabajo o cuando los trabajadores deben de buscar sus herramientas, materiales o información.
- Inventario: Incluye materiales en bruto, trabajo en proceso y productos terminados.

2.2.4 Value Stream Mapping (VSM)

De acuerdo con Schmidtke et al. (2014) un VSM es un método extensamente adoptado para la transformación del ambiente de producción en un estado de operación esbelto, además, un VSM comprende una completa guía para alcanzar el estado futuro esbelto de un proceso de producción. Por otro lado Bertolini, et al. (2013) afirman que, hoy en día el VSM es reconocido como la principal herramienta para la implementación de la manufactura esbelta.

Según Wolniak y Skotnicka-Zasadzien (2014), el VSM, en conjunción con el uso de técnicas como 5S y Kaizen, es una de las herramientas lean usadas para optimizar los procesos de producción en una empresa, y acorde a este concepto, la aplicación de estas herramientas pretende eliminar pérdidas en los procesos de producción.

A pesar del enfoque antes visto del VSM, Ives (2011) afirma que, hay personas que consideran al VSM como un problema de una dimensión desconocida, y se muestran inciertos a la hora de abordarlo, además, los trabajadores se preocupan que el VSM se está convirtiendo en una práctica cada día mas común entre los administradores, aún cuando hay evidencias encontradas en un estudio de un VSM relacionado con pérdidas.

“De acuerdo al VSM, los procesos se separan en dos grupos: Procesos de valor agregado (VA) y los procesos de valor no agregado (VNA)”, en otras palabras, en el VSM es posible identificar los lugares que acumulan inventario, calcular el tiempo guía (lead time) y poder darse cuenta del porcentaje del valor agregado, y del de no agregado; además, el VSM es un metodo gráfico, que utiliza una gran cantidad de íconos; cada uno de los íconos representa un importante elemento en la cadena de valor (Rohac & Januska, 2014). Ver figura 1.

Proveedor Comprador	Departamento	Compra	Almacen	Información electronica	Comunicación Operacional	Proceso	Inventario
							
Flujo de transporte	Consumo	Información	Señal suministro	Sistema Push	Sistema Pull	Trafico Kanban	Consumo Kanban
							
Producción Kanban	Lotes para expedición	Transporte terrestre	Manejo de Maquinaria	Manipulación de material	Conveyor	Linea de valor agregado	Jefe de turno
							

Figura 1. Íconos usados en un VSM (Rohac & Januska, 2014).

2.2.4.1 Diagrama de recorrido

Dentro de las empresas, los diagramas de recorrido se utilizan para entender procesos que son demasiado complicados, toman mucho para ser completados y cuestan mucho para producir resultados: un diagrama de recorrido es definido como un dibujo en 2 dimensiones basado sobre un plan de piso que incluye líneas, las cuales trazan el movimiento de un empleado a través de las áreas de manufactura (Erwin, 2008).

Cuando se implementa un enfoque 5S la mayoría de las personas involucradas siempre insiste en que las actividades vuelvan a ser como al principio y las herramientas vuelvan a donde estaban: una sugerencia es crear diagramas de recorrido que capturen los movimientos, de esta forma se pueden dar una impresionante visión de los mejores movimientos con la mayor eficiencia del proceso (Lockman, 2015).

2.2.5 Diseño de planta (distribución de planta).

La distribución de planta estudia y determina cómo localizar las instalaciones dadas en un espacio determinado, satisfaciendo varias restricciones geométricas y funcionales (Luo, et al., 2015). Azadeh y Moradi (2014) afirman que, la distribución de planta es un problema crítico en la productividad y rentabilidad, debido a que las condiciones actuales de intensa competencia, obligan a las empresas al rediseño, expansión o diseño permanente de los sistemas de manufactura.

En este orden de ideas, Tadic, et al. (2015) expresan que la distribución de las herramientas de trabajo (o accesorios de trabajo) juegan un importante rol en los escenarios de planeación de procesos, y que además, la optimización de la distribución de estas herramientas, es un aspecto crítico para el diseño.

2.3 Filosofía Kaizen

Kaizen es un concepto japonés el cual, en esencia, significa mejora continua. Los japoneses prefieren obtener su desempeño procesándolo con pequeños pasos. A este tipo de promoción de la innovación se le conoce como Kaizen. En un proyecto Kaizen para la mejora, todas las personas involucradas participan: los trabajadores, el capataz, los ingenieros y el gerente (Ghicajanu, 2009).

Para Vieira et al. (2012) la filosofía Kaizen es la llave para el éxito de las organizaciones, y además se asegura de la competitividad: en otras palabras la organización debería crear una cultura de mejora continua, en la que también se incluya el bienestar y la calidad de vida de los empleados.

Por su parte Agmoni (2016) menciona que aunque Kaizen empezó como una filosofía de vida japonesa que sugería que los ciclos de vida del ser humano podían ser mejorados constantemente, sin embargo, hoy en día, Kaizen es un proceso de mejora continua implementado en las organizaciones a lo largo del mundo.

2.3.1 Evento Kaizen

Un evento Kaizen es un taller planeado, organizado y facilitado para los retos, a través de un equipo formado de 5 a 10 personas, con el fin de diseñar o mejorar un proceso asignado (Howell, 2011). Para este taller llamado evento Kaizen se pueden seguir algunos pasos (ver tabla 3).

Paso	Descripción
1. Entrenamiento e inicio de actividades	Entrenamiento acorde a manufactura esbelta y mejora continua.
2. Analizar el estado actual del proceso	Se analiza el estado actual del proceso con el fin de localizar áreas de oportunidades y posibles problemas
3. Seleccionar áreas de enfoque	Se seleccionan las áreas a trabajar, pueden ser un número determinado o incluso todas las áreas del proceso.
4. Crear posibles soluciones	Entre todos los miembros del equipo proponen soluciones.
5. Seleccionar soluciones	De todas las soluciones propuestas, seleccionan las mejores opciones.
6. Establecer métricos para el éxito	Estos métricos ayudarán a medir los resultados de las soluciones que seleccionamos anteriormente.
7. Planear e implementar (repita si es necesario)	Hacemos un plan que nos ayude a implementar las soluciones que seleccionamos.
8. Estandarizar y sostener	Estandarizamos el proceso acorde a nuestros resultados, y lo mantenemos, es decir, no volver a caer a como estaba antes.
9. Reporte de resultados	Los métricos establecidos anteriormente nos ayudarán a elaborar un reporte de resultados, donde refleje el antes y el después.
10. Celebrar	Se considera como una recompensa para el equipo del taller.

Tabla 3. Pasos de implementación en un evento Kaizen (Howell, 2011).

Para Chaneski (2015), “un evento Kaizen puede ser empleado en todas las áreas de la organización, incluyendo administración, manufactura, control de calidad, almacén, compras y recepción, mantenimiento y áreas de servicio”. El mismo

Chaneski (2015) afirma que un evento Kaizen también puede ser usado para varios propósitos, pero los más comunes son los siguientes (ver tabla 4).

Propósito	Descripción
Enfoque 5S.	Para mejorar la organización y la efectividad del área de trabajo.
Área de trabajo visual.	Establecer ayudas visuales las cuales incluyen, señales, letreros, etiquetas, códigos de colores y otras técnicas que sean empleadas para comunicar y clarificar ciertas condiciones.
Mantenimiento total productivo.	El operador de la máquina se involucra en el proceso de mantenimiento a la máquina, con el fin de incrementar el tiempo de actividad.
Reducción del tiempo de preparación de las corridas de producción.	Todos los pasos incluidos en el cambio de herramienta de una máquina son revisados y analizados con el fin de reducir los tiempos entre trabajos.
Revisión de trabajo.	Se revisan las actividades de trabajos con el fin de desarrollar las mejores prácticas.
Poka-Yoke (a prueba de errores).	Tiene el fin de desarrollar herramientas o dispositivos (accesorios de trabajo) para reducir las probabilidades de que el trabajador se equivoque.

Tabla 4. Propósitos del evento Kaizen (Chaneski, 2015).

2.4 Reporte A3

El reporte A3 o simplemente A3, es una metodología desarrollada por Toyota, y llamada de esa manera ya que se basa en la utilización de una hoja formato A3 como herramienta de trabajo para la descripción, análisis, toma de decisiones, planificación y seguimiento en la resolución de problemas (Matias Escuder, 2015).

Por su parte Hopkins (2009) menciona que un reporte A3, describe un problema, analiza la situación y sus causas subyacentes, identifica el resultado requerido,

propone acciones correctivas, prescribe un plan de acción y crea un proceso de seguimiento, todo eso en un documento integrado. En otras palabras, un reporte A3 es una hoja dividida en varios cuadros en el que se detallan el planteamiento del problema, los antecedentes, la situación actual, análisis del problema, lo que se quiere lograr, las posibles soluciones y el seguimiento de estas (Axa Garzon, 2012).

2.5 Manufactura Esbelta

El término “Manufactura esbelta” fue introducido por primera vez en 1990, en un libro del Dr. James P. Womack, llamado “La máquina que cambió al mundo” (Womack, et al., 1990). Desde ese entonces, la manufactura se ha convertido muy competitiva en el mundo corporativo: la demanda de los clientes ha explotado, las expectativas se han incrementado muy rápido y las compañías buscan la manera de asegurar que las necesidades de sus clientes sean cumplidas y para lograr este propósito, las compañías están implementando la filosofía de manufactura esbelta (Thurston & Ulmer, 2016).

La manufactura esbelta se sustenta en la utilización de estrategias de producción, de calidad y mejora continua. Un proceso de manufactura es “esbelto” cuando logra el desarrollo de sus productos optimizando sus insumos, mano de obra, espacios de planta y mayor satisfacción de los clientes internos y usuarios externos (Cardozo et al., 2011).

Según Barbosa et al. (2014) la manufactura esbelta es una forma de especificar un valor, mejor alineado, una secuencia de acciones que crean valor, realizar estas actividades sin interrupción y todas las veces que alguien las solicite, y se realizan de una forma incrementalmente efectiva. Por otro lado Acharya (2011) menciona que una producción esbelta es esbelta, gracias a que usa menos de todo comparada con una producción en masa; la mitad del esfuerzo humano en la fábrica, mitad del espacio de manufactura, mitad de inversión en herramientas, mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto.

2.6 Balanceo de líneas

Una línea de ensamble es bien establecida como un sistema de producción en masa, la cual consiste en un número de estaciones en un orden seriado: en una línea de ensamble la cantidad de trabajo total que es necesaria para un producto es dividida en “piezas” llamadas tareas (Otto & Otto, 2014).

De acuerdo con Kellegoz y Toklu (2015), un balanceo de una línea de ensamble consiste en asignar tareas en secuencias ordenadas de cada estación que precede relaciones entre las tareas hechas, en donde las medidas de desempeño son optimizadas.

2.7 Estudios previos

En la presente sección se analizan varios casos que muestran algunos resultados de la aplicación de metodologías de mejora continua.

2.7.1 Caso de estudio: “La mejora continua en cadenas de montaje”.

Un estudio llamado “La mejora continua en cadenas de montaje” de Dueñas (2009) resalta la importancia de la mejora continua para evitar que los trabajadores se transformen sólo en partes mecánicas de un proceso. Para desarrollar su investigación, analizaron un caso práctico de 57,018 reclamaciones de clientes para ver como disminuían en el tiempo y determinar si el ausentismo de los trabajadores expertos era relevante.

Los participantes del estudio forman parte de una línea de producción compuesta por 4000 trabajadores aproximadamente. Cada reclamación del cliente fue asignada al día en el que el producto fue producido, esto fue importante para comprender la relación entre el ausentismo diario y las reclamaciones de los clientes sobre aquellos productos del mismo día.

El primer paso fue identificar todos los productos de ese día. Se seleccionó uno de los modelos de producto más importantes de la empresa. Después, se observaron todas las reclamaciones recibidas de los clientes durante 17 meses desde que el producto fue entregado al cliente. Es necesario destacar que se trató de un análisis con una muestra de 100 días de producción. El total de los productos analizados fue de 63,608, que representa el 100% de la producción de ese modelo. Las reclamaciones valoradas y asignadas a los productos fueron de 57,018, que representan el 100% de las reclamaciones sobre esos productos en ese periodo.

Los resultados del análisis demostraron que no existe relación lineal entre las reclamaciones de clientes y el ausentismo (ver figura 2), de esta manera el autor

del estudio rechazó su hipótesis nula, la cual fue: “La sustitución de trabajadores expertos por trabajadores menos expertos lleva a un aumento del número de reclamaciones por parte de los cliente”.

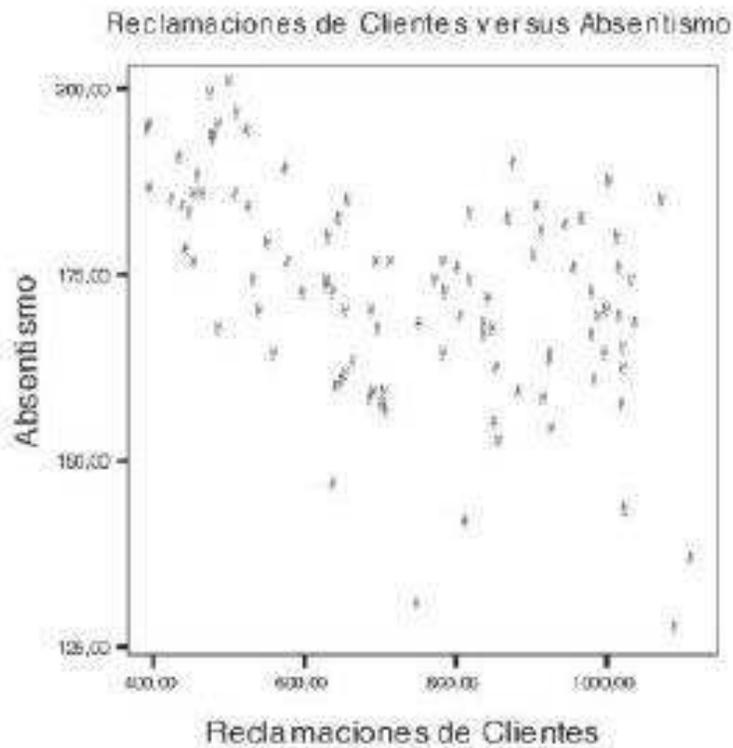


Figura 2. Reclamaciones de clientes vs Absentismo. Caso de estudio “La mejora continua en cadenas de montaje” (Dueñas, 2009).

El autor del estudio concluyó que los resultados confirmaron que los trabajadores expertos no pueden diferenciarse de los inexpertos en un trabajo mecánico y automatizado, sin embargo, sí pueden a través de la mejora continua generar valor económico, evitando ser reemplazados por otros más jóvenes que cobren menos.

Además, enfatizó que la investigación se realizó sobre miles de observaciones de un caso concreto y que conviene analizar nuevos estudios para confiar en su validez, sin embargo, también concluye que la falta de relación entre estas variables se debe a la transformación del trabajador en una parte mecánica del

proceso, donde lo relevante son las capacidades físicas del mismo. Dueñas (2009) también destacó la enorme capacidad de la organización para reducir las reclamaciones de los clientes durante el periodo observado.

2.7.2 Caso de estudio: “Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso”

En 2014, Marin-Garcia et al. realizaron un estudio cualitativo multicaso con 4 empresas medianas, líderes en sus sectores, y con recursos económicos. El estudio propone una definición conceptual diferenciada para los facilitadores y para las conductas de la mejora continua. También se recopiló y resumió un listado de los facilitadores que dan soporte al desarrollo de la mejora continua en la empresa y propone un modelo de cuándo y cómo se activan los facilitadores y el impacto que tienen esos facilitadores para ir avanzando en las diferentes etapas de evolución del programa de mejora continua.

El caso presentó una propuesta de relación entre facilitadores, etapas de evolución y sus conductas asociadas y pone de manifiesto que la evolución de la implantación de la mejora continua no se trata de un continuo incremental, que exige un cambio radical en el proceso de implantación.

Los facilitadores son acciones, políticas, estructuras, procedimientos o recursos que propone la empresa para permitir la implantación y evolución de la mejora continua (Bessant & Francis, 1999).

El autor del estudio propone que, bajo este enfoque, tanto las conductas como los facilitadores son factores clave para la mejora continua. Los facilitadores dan soporte para que se puedan adquirir y mantener las conductas necesarias para que exista mejora continua. Todo esto lo muestra en la figura 3.



Figura 3. Factores clave para la mejora continua (Marin-Garcia, et al., 2014).

En la tabla 5 el autor muestra el tipo de empresa, sector, antigüedad, tipo de propiedad de la empresa, plantilla y la posición competitiva. Esta tabla permite identificar la etapa de desarrollo de la empresa y el resultado del despliegue de rutinas de acuerdo con las entrevistas y cuestionarios empleados en el estudio. A todo esto el autor lo llamó “descripción del caos”.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Tipo	Industrial	Servicios	Industrial	Industrial
Sector	Alimentación	Distribución y marketing	Productos quirúrgicos	Empaquetados líquidos
Antigüedad de la planta	Más de 10 años	Más de 10 años	Más de 10 años	Más de 10 años
Propiedad	Familiar	Multinacional	Multinacional	Multinacional
Plantilla	200	120+125	200	262
Etapas de desarrollo mejora continua	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 3	Nivel 5
(1) Mejora continua básica	42%	13%	71%	92%
(2) Implicación de operarios en mejora continua	63%	31%	71%	92%
(3) Mejora enfocada	15%	20%	52%	97%
(4) Soporte a la mejora continua	75%	25%	73%	88%
(5) Integrar mejora continua y estructura	31%	3%	65%	90%
(6) Mejora extendida	15%	20%	55%	83%
(7) Mejora del programa	44%	6%	63%	92%
(8) Organización que aprende	18%	7%	51%	90%

Tabla 5. Resumen de las variables de los casos (Marin-Garcia, et al., 2014).

Durante la revisión de la literatura, el autor de este estudio encontró algunos facilitadores los cuales implementó en su proyecto. Los facilitadores son los siguientes:

1. Existe un líder o responsable de la mejora continua.
2. Estilo de dirección coherente con la mejora continua.
3. Estrategias que se concreten en objetivos medibles a medio-largo plazo.
4. Existencia de indicadores.
5. Mejorar canales de comunicación.
6. Metodología formal que de soporte a la mejora continua (ISO-9000, TQM, TPM, 6 sigma)
7. Establecer políticas de comprensión que aseguren la implicación de los empleados para participar en los programas de mejora.
8. Organizar los recursos humanos para facilitar la participación.
9. Recursos.
10. Formación.

Como resultado del estudio, el autor proporciona una tabla (tabla 6) la cual contiene la comparación entre las empresas y su estado con los 10 facilitadores ya antes mencionados. El último renglón de la tabla indica en qué etapa de desarrollo de mejora continua se encuentra la empresa. El autor dedujo su nivel de acuerdo a la información de la tabla 6 y tomando en cuenta el criterio de la figura 4.

Facilitador	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Existe un líder o responsable de la mejora continua	Sí, con poca autoridad	No	No	Varios
Estilo de dirección coherente con la mejora continua	Tradicional	Tradicional	Participativo	Muy participativo
Estrategias que se concreten en objetivos medibles a medio-largo plazo.	No	No	Sí	Sí
Existencia de indicadores.	Solo cantidad de sugerencias y ahorros	Solo indicadores financieros	Sí	Sí
Mejorar canales de comunicación	Poco	No	Bastante	Mucho
Metodología formal que de soporte a la	ISO + Protocolo de sugerencias	ISO	ISO + Lean Manufacturing	ISO + WCM

mejora continua (ISO-9000, TQM, TPM, 6sigma)				
Establecer políticas de comprensión que aseguren la implicación de los empleados para participar en los programas de mejora.	Recompensas proporcional al ahorro	Premio a la mejor idea	Recompensa proporcional a ahorros	Recompensas no monetarias
Organizar los recursos humanos para facilitar la participación.	Buzón de sugerencias y equipo de mejora. Bastante Aplicación	Buzón de sugerencias y equipo de mejora. Poca implicación. No desean volver a participar	Buzón de sugerencias y células semiautomáticas. Mucha aplicación en captura pero poca iniciativa de los operarios	Buzón de sugerencias, células semiautomáticas y equipo de mejora. Alta participación e iniciativa de todo el personal.
Recursos	Hora para el grupo de mejora	Escasos	30 minutos por turno para generar ideas.	2 horas semanales para los grupos de mejora.
Formación	Solo para los componentes del grupo de mejora.	Ninguna	Para todo el personal y participación en eventos Kaizen	Para todo el personal.
Etapas de desarrollo mejora continua	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 3	Nivel 5

Tabla 6. Resultados del estudio “Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso” (Marin-Garcia, et al., 2014).

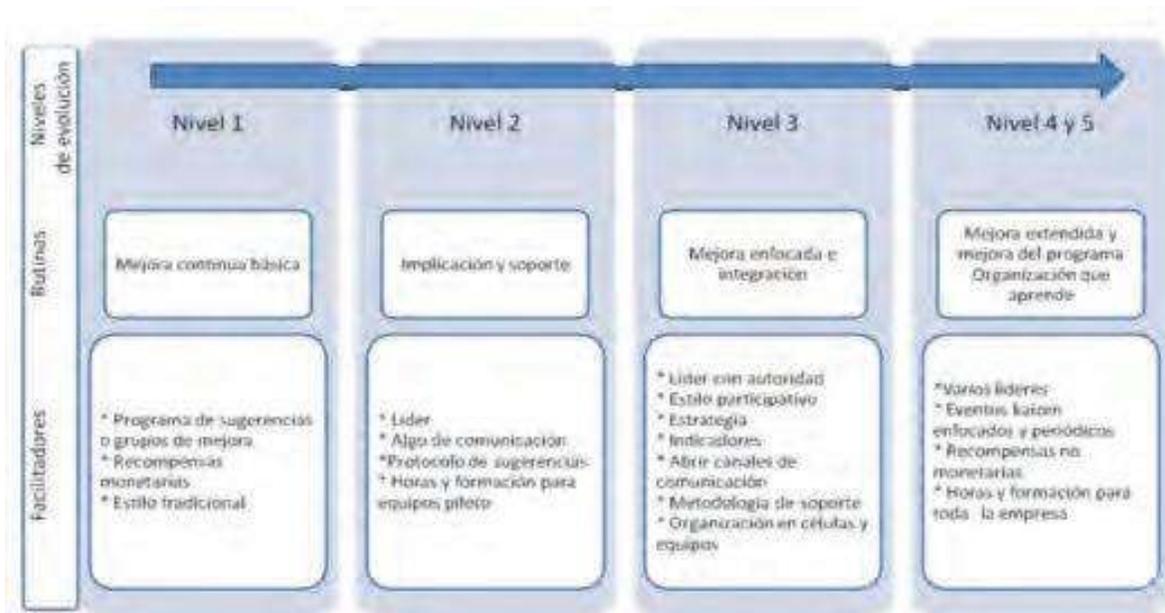


Figura 4. Modelo de evolución de mejora continua (Marin-Garcia, et al., 2014).

Por último, el autor concluyó que su estudio pretende ayudar a completar el modelo teórico de evolución de mejora continua basándose en los 10 facilitadores más comunes en la literatura revisada por él mismo.

3. METODOLOGÍA

De acuerdo con Sampieri et al. (2014) el presente proyecto es de carácter no experimental, ya que no se manipulan las variables deliberadamente ni de forma intencional, además, en un experimento el investigador prepara una situación en la cual puede ir involucrados uno o más individuos, lo cual, para esta investigación no es el caso. Lo que se hace en la presente investigación es, identificar la línea de producción crítica, conceptualizar la problemática y establecer objetivos, seleccionar las herramientas de mejora continua adecuadas, implementar las herramientas seleccionadas, para lo cual se utilizará la metodología del reporte A3, evaluar la línea de producción, y por último, una retroalimentación con las personas involucradas (ver figura 5).

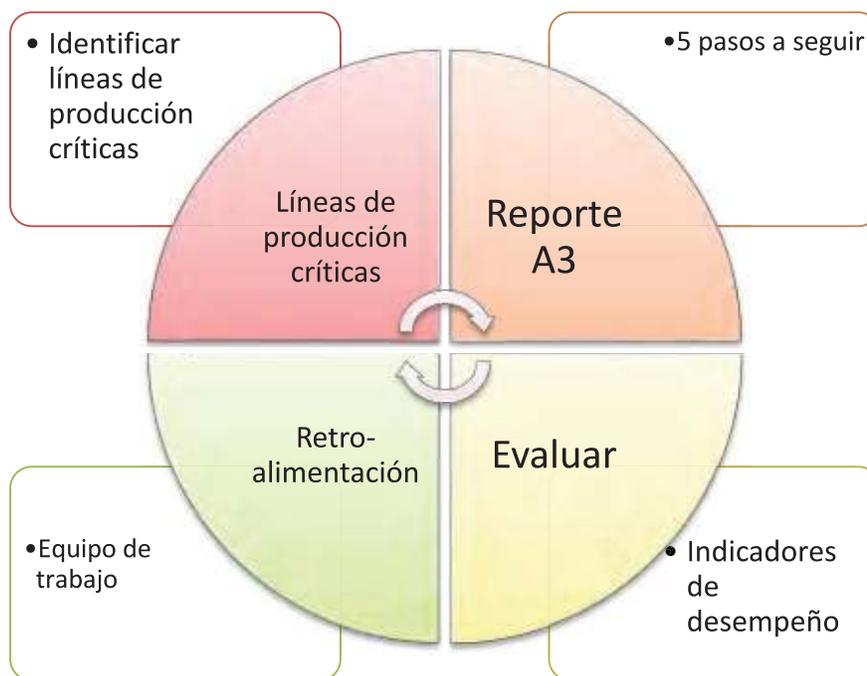


Figura 5. Metodología propuesta (Elaboración propia, 2016).

Las metodologías no experimentales se dividen en dos tipos: transeccional y longitudinal. La metodología presentada anteriormente es del tipo transeccional (también llamada transversal) ya que, durante la investigación se toman los datos en un solo momento, más específicamente en el paso de "Identificar líneas de producción críticas". A partir de estos datos se crea un estado actual de la línea de

producción. Las metodologías no experimentales, transversales, se dividen en 3 tipos: Exploratorias, descriptivas y correlacionales-causales. La presente metodología se centra en conocer ciertas variables y una situación actual, y a partir de eso pretende mejorarlas para un bien común, es por eso que se considera una metodología exploratoria.

De acuerdo a la problemática mencionada en el capítulo uno, se optó por una metodología que ayude a resolver el caso bajo estudio, y que a su vez incluya en su totalidad a las herramientas de mejora continua. La metodología está compuesta de la siguiente forma:

3.1 Identificar líneas de producción críticas

La empresa donde se realizó el proyecto, especialmente el área bajo estudio, produce una amplia gama de productos, y se observa que en la fabricación de todos ellos, por lo menos una vez se han producido defectos, de aquí la importancia de definir una línea de producción crítica. Para definir una línea de producción como crítica se toman en cuenta variables como: demanda del producto y cantidad de defectos producidos en un tiempo determinado. Además de los aspectos ya mencionados, otro factor que se puede considerar es el coeficiente de variación, el cual nace de la división de la desviación estándar entre la demanda promedio, en otras palabras, entre tengamos un coeficiente de variación más alto, la demanda de ese producto, será mas inestable.

3.2 Elaborar Reporte A3 de las líneas de producción críticas

En esta fase de la metodología se seguirán los procedimientos para elaborar un reporte A3, propuesto por Shook (2009). A continuación, los 5 pasos a seguir para elaborar un reporte A3:

- Paso 1. Antecedentes. Se trata de contar una historia, la cual, establezca de forma detallada y gráfica que está pasando con el proceso, o por qué se dice que está bajo problemas.
- Paso 2. Condiciones actuales. En este paso se debe mostrar con números, gráficas, y/o figuras el estado actual del proceso.
- Paso 3. Objetivos. Definir cuáles serán los objetivos a cumplir, o bien generar indicadores a mejorar, por ejemplo, calidad, entregas, costos, entre otros indicadores útiles.
- Paso 4. Análisis. Consiste en identificar la brecha entre el estado actual y el desempeño deseado. La causa raíz es identificada examinando la forma en que se desarrolla el trabajo y preguntando por qué ocurre el problema. Las causas identificadas en este paso deben de ser etiquetas con letras (Causa A, Causa B...Causa N).
- Paso 5. Contramedidas propuestas y seguimiento. Contramedidas se refiere a soluciones, las cuales son plasmadas en el A3 de acuerdo a las causas mencionadas en el paso anterior (Contramedida A, Contramedida B...Contramedida N). Cada una de las contramedidas debe ser descrita, mencionando sus beneficios y nominando a un responsable, además, como su nombre lo dice, se le da seguimiento a las contramedidas propuestas. En otras palabras, este paso se refiere a la implementación de las contramedidas.

Para una representación gráfica de los 5 pasos ver figura 6.

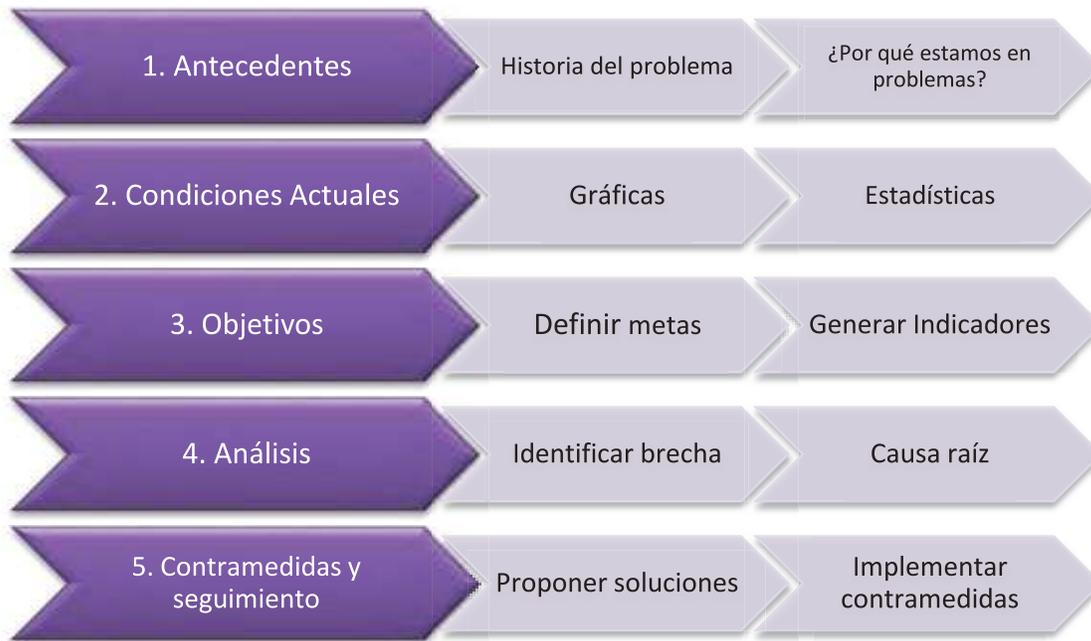


Figura 6. Pasos a seguir para un reporte A3 (Shook, 2009).

3.3 Evaluación

Una vez implementadas las contramedidas a los problemas identificados, que se enfocarán a la utilización de herramientas de mejora continua, se calculan los indicadores definidos de acuerdo a los objetivos establecidos, con el fin de evaluar y saber si en verdad las herramientas de mejora continua aplicadas ayudaron total o parcialmente a resolver la problemática. Para esta fase de la metodología es conveniente seguir los siguientes pasos (Ver figura 7):

- a) Obtención de información. Una vez implementadas las soluciones propuestas, se recolectan los datos necesarios para realizar la evaluación. Estos datos pueden ir desde tiempos de ciclo hasta cantidad de productos defectuosos.
- b) Comparación. Se contrastan los datos del estado actual con los del estado futuro.
- c) Análisis. De la comparación nacerá un análisis el cual dirá si se alcanzó el estado deseado, mencionado en la fase de A3.

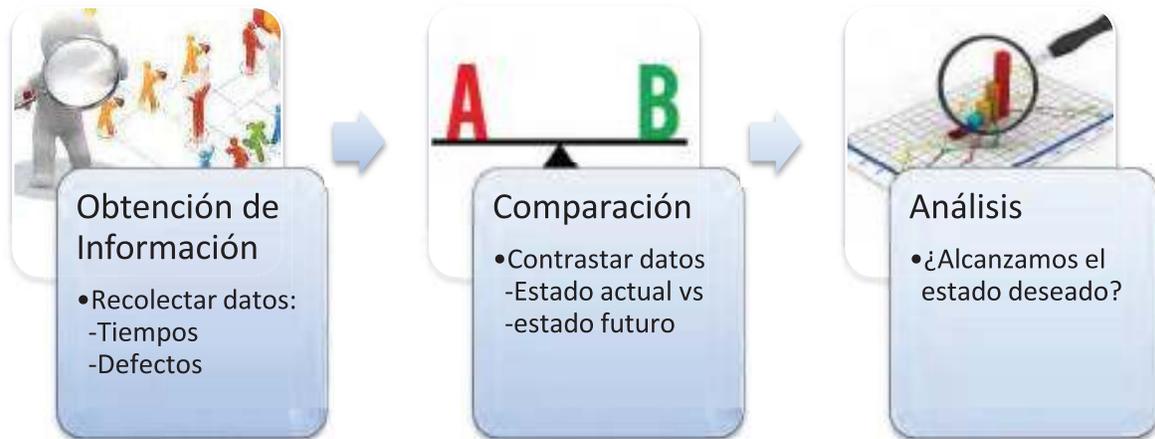


Figura 7. Pasos para evaluar el estado futuro (Elaboración propia, 2016).

3.4 Retroalimentación

Esta última fase de la metodología está enfocada a todas las personas involucradas en la aplicación de la misma. A todas estas personas se les conoce como equipo de trabajo. Este equipo realizará una retroalimentación acorde a su participación en algunos de los pasos de la metodología.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 Identificación de las líneas de producción críticas

Como se mencionó anteriormente en el punto 3.1, se clasifican como líneas críticas, las que tengan una demanda alta de producto y las líneas que tengan una cantidad alta de defectos producidos en un tiempo determinado. Las líneas de producción que se identificaron como críticas por su alta demanda y poco coeficiente de variación, fueron las siguientes: 7854, 7851 y 7869.

En la tabla 7 se puede observar que los números de parte correspondientes a las líneas 7854, 7851 y 7869, son los que tienen mayor demanda, además, tienen un coeficiente de variación considerablemente bajo, lo que significa que la demanda de estos productos es estable. Un punto a aclarar en este paso es que la línea de producción 7864 tiene dos números de partes que se consideran críticos por su alta demanda, sin embargo, debido a situaciones ajenas al autor y políticas de la empresa se decidió no trabajar con esa línea de producción.

También es preciso mencionar que, se tomará como ejemplo la línea de producción 7854, en la cual se aplicará la metodología propuesta, pero las líneas de producción 7851 y 7869 aún cuando fueron definidas como críticas no se plasmaron en el presente documento, ya que en gran medida las contramedidas propuestas son similares.

IMPLEMENTACIÓN

Numero de parte	Línea de producción	Demanda media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Volumen (%)	Volumen acumulado (%)
1557052-2	WC-7864	6999.54	6390.53	0.91	6.30%	6.30%
1557030-4	WC-7864	6327.69	1759.61	0.28	5.69%	11.99%
1557696-2	WC-7854	6041.54	1791.21	0.30	5.44%	17.43%
1557697-1	WC-7851	5942.31	1960.96	0.33	5.35%	22.78%
1557055-1	WC-7869	5238.46	2260.63	0.43	4.71%	27.49%
1557056-4	WC-7894	5230.77	2300.50	0.44	4.71%	32.20%
1557795-1	WC-7862	4912.00	3361.80	0.75	4.42%	36.62%
1832195-6	WC-7860	4045.38	1943.99	0.48	3.64%	40.26%
1557609-3	WC-7859	3513.23	445.15	0.13	3.16%	43.42%
1557756-1	WC-7859	2551.54	4395.20	1.72	2.30%	45.72%

Tabla 7. Productos más importantes (elaboración propia, 2017).

Cabe mencionar que en la tabla numero 7 solo se tomaron en cuenta los primeros 10 números de parte más importantes del área bajo estudio. El número total de productos que se producen en dicha área es de 169.

Por otra parte, se seleccionó al número de parte 1832195-6 como crítico por el gran porcentaje de defectos que presenta. En la figura 8 se puede observar que el tipo de defecto más común que es el candado abierto, se presenta con una mayor incidencia en el número de parte 1832195-6, contribuyendo con 229 candados abiertos de los 855 totales (ver figura 9).



Figura 9. Candados abiertos por números de partes (elaboración propia, 2017).

4.2 Elaboración del Reporte A3 para las líneas bajo estudio

En este paso de los resultados, se siguieron cada uno de los puntos contemplados para la elaboración de un reporte A3, para cada una de las líneas de producción bajo estudio, según se definió en la metodología.

4.2.1 Reporte A3 para la línea 7854.

Paso 1. Antecedentes.

La línea de producción 7854 es una de las más importantes del área bajo estudio por dos motivos, el primero es que, el arnés que se fabrica allí es el más caro de todos, ya que es un arnés doble y de gran longitud, es decir, lleva dos cables coaxiales en lugar de 1. La segunda razón es que, es el segundo con mayor demanda de toda el área.

En dicha línea de producción, sólo se produce un número de parte, el 1557696-2, y aunque la filosofía de 5S ya se aplica por los operadores en su área de trabajo,

sin embargo, aún queda oportunidad de mejora en ese aspecto. Por otra parte, cabe destacar que los dispositivos en esta línea de producción, son de carácter muy manual, es decir, no llegan a estar semiautomatizados.

Paso 2. Condiciones actuales.

Debido a que la línea de producción 7854 fue identificada como crítica, los gerentes de la planta en cuestión consideraron que era factible elaborar un evento Kaizen para encontrar y contrarrestar los problemas que se presenten en la misma. Ver figura 10



Figura 10. Evento Kaizen en curso (elaboración propia, 2017).

En un evento kaizen deben de estar involucradas todas las personas que estén en contacto con el proceso en cuestión, desde los operadores, hasta los ingenieros encargados del área.

El evento inició con una introducción, posteriormente el moderador brindó instrucciones para la elaboración del VSM del proceso, en este caso la línea de producción 7854 del área de coaxiales. En este punto se hizo hincapié, que cuando se involucra a operadores de producción es importante que a través del VSM se den cuenta que el proceso productivo (donde ellos se encuentran) es el único que le agrega valor a toda la cadena, ésto con el fin de que valoren la

importancia a su trabajo. En la figura 11 se muestra un aspecto del proceso de involucramiento de los empleados en la elaboración del VSM



Figura 11. Elaboración del VSM en un evento Kaizen (elaboración propia, 2017).

A través del VSM los involucrados en su elaboración se percataron de la importancia del proceso productivo y las deficiencias que la cadena de valor puede presentar, además, se obtuvo información importante para elaborar este reporte A3, por ejemplo: tiempos de ciclo de las estaciones de la línea de producción, cantidad de inventario que hay entre dichas estaciones, entre otros datos de interés. El VSM completo se muestra en el anexo 1.

A continuación se muestra la figura 12, en la cual podemos observar las condiciones actuales de la línea de producción. El anexo 1 muestra más fotos de manera mas detallada las condiciones actuales de la línea de producción.



Figura 12. Línea de producción 7854 (elaboración propia, 2017).

En la línea de producción 7854 laboran 6 operadores a una tasa de producción de 85 piezas por hora, por lo cual, su tiempo takt es de 42.35 segundos (el cual se obtiene de acuerdo a la fórmula 1, es decir, dividiendo 3600 segundos/hora entre 85 piezas/hora). Los tiempos de ciclo de cada operador se muestran en la figura 13.

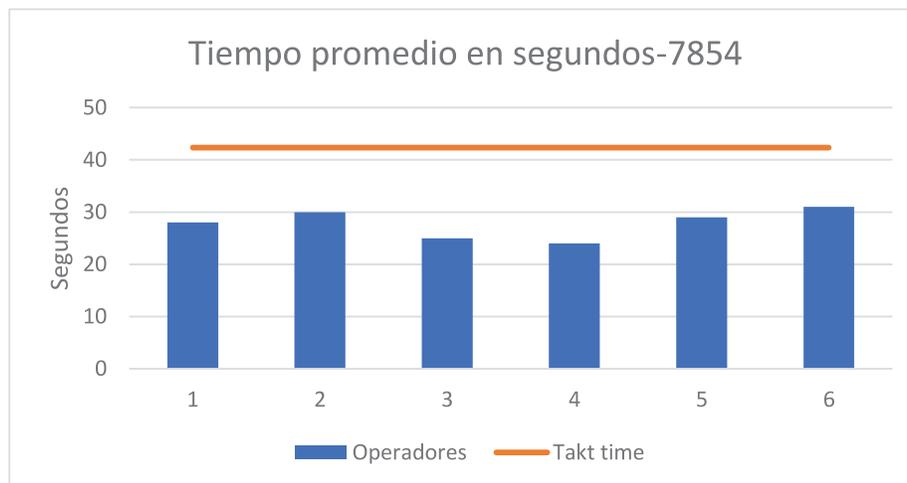


Figura 13. Tiempos de ciclo 7854 (elaboración propia, 2017).

Paso 3. Objetivos.

Los objetivos para esta línea de producción se resumen en, tener un balanceo de acuerdo al tiempo takt de un turno de la demanda del cliente, alcanzar la mayor productividad de la línea posible, y mejorar aspectos de 5S.

Paso 4. Análisis.

Para empezar el análisis se calculó el tiempo takt de acuerdo a la demanda del cliente. El tiempo takt se calculó de la siguiente manera:

$$Tiempo\ takt = \frac{Tiempo\ disponible\ en\ una\ semana}{Demanda\ semanal}$$

Fórmula 1. Tiempo takt.

La demanda promedio semanal de la línea es de 5,634 piezas. Por otro lado, el tiempo disponible en un turno es de 10 horas, sin embargo se descuentan 0.9 horas, debido a que no son laborables, en las cuales están considerados aspectos como comidas, desayunos, y juntas. En la empresa bajo estudio, el operador trabaja 5 días a la semana, por lo tanto se tienen 9.1 horas laborables que multiplicada por 5 días son 45.5 horas laborables a la semana.

$$Tiempo\ takt = \frac{45.5 * 3600}{5634} = 29.07\ Segundos$$

Fórmula 2. Tiempo takt de 1 turno de la línea 7854.

Para calcular el tiempo takt de dos turnos, se tendría que considerar el tiempo disponible laboral, en los dos turnos. El tiempo laboral disponible para el segundo turno es de 39.15 a la semana.

$$Tiempo\ takt = \frac{(45.5 + 39.15) * 3600}{5634} = 54.1\ Segundos$$

Fórmula 3. Tiempo takt de 2 turnos 7854.

Como puede observarse el tiempo takt calculado con la fórmula 3 no es igual al actual que se muestra en la figura 13, la cual dice que es de 42.35 segundos, en ninguno de los dos escenarios (1 y 2 turnos), debido a que este tiempo takt fue calculado tiempo atrás, cuando la línea bajo estudio tenía otra demanda. Gracias a esta observación se puede notar la importancia de mantener actualizado el cálculo del tiempo takt, es decir, el tiempo takt no dura para siempre, va ligado a la

demanda y tiempos disponibles de la línea. Cabe mencionar que la política de la empresa establece que cada 13 semanas se calcule de nuevo el tiempo takt, sin embargo, en este caso, hacía más tiempo que no se calculaba. Tomando en cuenta lo anterior, en la figura 14, se aprecian los tiempos promedio de cada operador de la línea, con los nuevos tiempos takt calculados.

Como se comenta en el objetivo del reporte A3 en cuestión, se quiere un balanceo de la línea que cumpla la demanda del cliente en un solo turno, entonces como puede observarse en la figura 14, un turno no es suficiente para cumplir la demanda actual, ya que los tiempos de ciclo de los operadores 2 y 6 sobrepasan al tiempo takt para un turno. Además, los tiempos de los operadores 1 y 5 son muy parecidos al tiempo del tiempo takt de 1 turno. Para resolver esta situación, existe la posibilidad de un nuevo balanceo de la línea de producción 7854, que sí cumpla la demanda del cliente en un turno, en otras palabras, se debe de adecuar el balanceo de forma que los tiempos de ciclo estén por debajo del tiempo del tiempo takt para un turno.

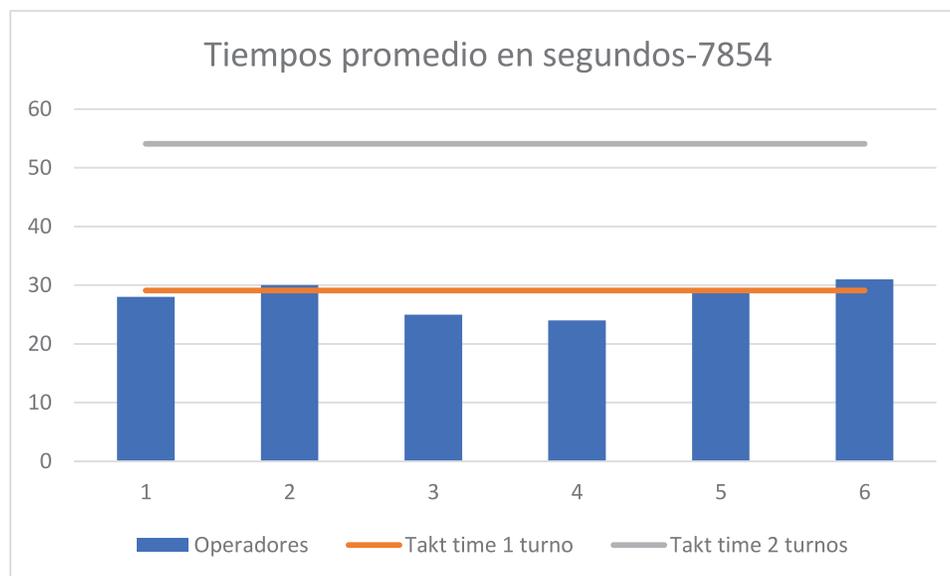


Figura 14. Oportunidades de mejora 7854 (elaboración propia, 2017).

Además de lo anteriormente visto, durante el análisis se puede observar que la línea de producción 7854 cuenta con varias áreas de oportunidad, desde 5S hasta

optimización de procesos, por otra parte, también se procuró la optimización de la distribución de planta.



Figura 15. Oportunidades de mejora 7854 (elaboración propia, 2017).

A continuación se describirá la figura 15 que resume cada una de las oportunidades de mejora detectadas en la línea 7854, enumeradas del 1 al 5, empezando desde el extremo superior izquierdo. En la oportunidad de mejora 1 se muestran varios cables amontonados antes de entrar a una estación, lo cual genera una gran cantidad de inventario en proceso (WIP). En la oportunidad de mejora número dos, se muestra un dispositivo que ayuda al operador a realizar un ensamble, sin embargo, a pesar de tener este dispositivo, sigue siendo un trabajo muy manual. Por otro lado, la oportunidad de mejora 3, se trata de una prueba HIPOT, en la cual se tienen que poner los dos extremos del cable. Con el propósito de mejorar esta operación, se analizó una forma alternativa para introducir sólo un extremo y así ahorrar varios segundos de tiempo por pieza. La oportunidad de mejora 4 va enfocada a la aplicación de las 5S en el área de trabajo de la línea, la cual más adelante se explica. La última oportunidad de mejora muestra que el espacio entre ciertas estaciones es notablemente grande, por lo cual se analizará la posibilidad de reducir este espacio.

Cabe mencionar que las oportunidades de mejora en general, tienen un enfoque de 5S.

- Seiri (Organización). Esto implica distinguir los artículos necesarios de los innecesarios, si bien uno piensa que un artículo A puede ser necesario y uno B innecesario, no siempre es así, ya que en veces A puede ser necesario, sin embargo 3 o más artículos A pueden ser innecesarios.
- Seiton (Orden): En esta “S” es necesario mantener todos los artículos ocupados en un lugar designado para cada uno de ellos. Como se puede ver en la oportunidad de mejora número 4 de la figura 15, cada estación tiene su propio tapete antifatiga designado, es decir, cada operador tiene uno de estos tapetes que acomoda como le resulta más útil, ocasionando – en muchas ocasiones- una apariencia de desorganización en el área de trabajo.
- Seiso (Limpieza). Si algo hay que destacar en aspectos de 5S es esta “S”, ya que a todos los operadores en la empresa bajo estudio se les inculca un término llamado “equipos autodirigidos” lo cual implica que, los equipos de trabajo cada arranque y final de su turno hagan una limpieza en su área de trabajo, realizando tareas como sacudir y barrer.
- Seiketsu (estandarización): Implica la tarea de estandarizar las 3 “S” anteriores, es decir, que con el paso del tiempo, éstas se lleven a cabo constantemente. Como se comentó en el punto anterior, de las 5S sólo una se aplica a la línea de producción, por lo tanto se hace necesaria la utilización de todas las anteriores.
- Shitsuke (Disciplina): Hablar de disciplina significa que tiene que inculcarse el hábito de mantener los procedimientos establecidos, es decir, las 4S anteriores. El desarrollo de un evento Kaizen es un buen momento para inculcar la cultura de los buenos hábitos a los operadores.

Paso 5. Contramedidas propuestas y seguimiento.

Las contramedidas están ligadas a las oportunidades de mejora, y por consiguiente a su seguimiento en la implementación. Una de las primeras contramedidas que se decidió tomar, fue controlar el inventario entre estaciones (Work in proces, WIP), después, se buscó semiautomatizar una estación para que

no sea 100% manual, además de simplificarla e incluir otra estación adyacente. Por el lado ergonómico, y de seguridad industrial, se encontró la forma en que los tapetes antifatiga no se movieran y se levanten, evitando así, tropezarse con ellos. Cabe mencionar que estas contramedidas van ligadas a una mejor distribución de planta.

A continuación, en la figura 16 se muestran las mejoras aplicadas a cada contramedida. La número 1 se adaptó para que el espacio donde se ubica el WIP sea relativamente pequeño, además, se le agregó una leyenda donde dice “MAX 4 PIEZAS” lo cual le indica a los operadores que no deben de poner más de 4 piezas. La segunda foto muestra como lo que antes era 100% manual ahora está semiautomatizado, el operador sólo tiene que introducir el housing primero para después meter los cables, y este dispositivo los detecta y hace el ensamble, mejorando aspectos como ergonomía y tiempo de ciclo.

La mejora número 3 redujo el tiempo de ciclo de la operación, ya que para esta operación antes era necesario meter los dos extremos el cable, y ahora es necesario introducir sólo un extremo, reduciendo así el tiempo de ciclo. En la cuarta mejora se optó por poner un tapete antifatiga nuevo, el cual está cortado a la medida justa de la celda de trabajo, y sujetos los tapetes entre sí, lo cual no permite al operador moverlo por ningún motivo. La última foto de la figura 16 muestra la mejora relacionada con la distribución de planta, la cual se disminuyó, esto con el fin de que el operador no estire su cuerpo para tomar un cable de una estación anterior, o bien, al dejar un cable de una siguiente estación.

En cuanto a una contramedida que solucione el problema de la falta de sincronización de las operaciones y resuelva los problemas mostrados en la figura 14, se optó por un nuevo balanceo, el cual cumpliera con los requisitos de uno de los objetivos del actual A3 en cuestión, es decir, satisfacer la demanda del cliente en un solo turno. El nuevo balanceo se muestra en la figura 17. Como puede observarse en la figura 17, existe un total de 8 operadores que llevan a cabo las tareas correspondientes para elaborar un cable, es decir, antes estas actividades las llevaban a cabo 6 operadores como lo muestra la figura 14. En otras palabras,

todas las actividades que antes se llevaban a cabo por 6 operadores en dos turnos, (12 operadores en total), ahora se llevan a cabo por 8 en un solo turno, y al mismo tiempo se logró que el tiempo de ciclo más grande del balanceo esté por debajo del tiempo takt de 1 turno. Posteriormente, en el punto 4.3.1 hay una tabla comparativa de las ventajas de la solución propuesta.



Figura 16. Oportunidades de mejora 7854 (elaboración propia, 2017).

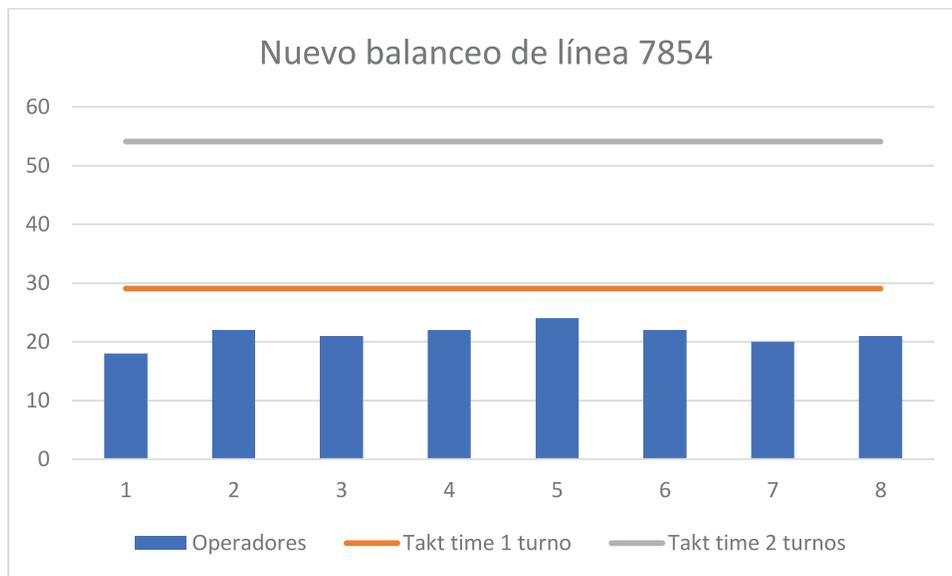


Figura 17. Oportunidades de mejora 7854 (elaboración propia, 2017).

Por otra parte, retomando los aspectos de 5S, a continuación se describe como cada una de las S fue implementada:

- Seiri (Organización). En el caso de la organización en el inventario entre estaciones se cree que un cable entre cada estación es necesario, incluso dos, tres o cuatro cables siguen siendo necesarios, sin embargo, más de cuatro ya no lo serían, ya que los inventarios entre estaciones crecerían notablemente. Por otra parte, en la oportunidad de mejora número 3 antes se tenían dispositivos que no eran necesarios, y quedaron en la estación porque en un tiempo sí lo eran, tal y como se observa en la figura 15 y 16.
- Seiton (Orden): Como se puede apreciar en la mejora 4 de la figura 16, se les designó un espacio corrido a los tapetes de fatiga, creando una apariencia de organización y limpieza.
- Seiso (Limpieza). Como se comentó anteriormente, de todas las S que establece la metodología, ésta es la única que se practicaba, sin embargo, el evento kaizen sirvió para reforzarla y para recordar a los operadores de la importancia de la metodología completa de las 5S.
- Seiketsu (estandarización): Un evento kaizen es un buen momento para que los empleados de soporte (ingenieros, técnicos, entre otros) tengan contacto directo con los empleados del proceso productivo (operadores de producción), y es aquí donde se aprovechó para comentarles el significado de la estandarización de acuerdo a las 5S para que ellos empiecen a aplicarla.
- Shitsuke (Disciplina): Por último, en el mismo evento Kaizen en cuestión, se les inculcó el hábito de la disciplina y se hizo énfasis en su importancia, ya que es el que mantiene con vida a las S's anteriores.

El reporte A3 de la línea de producción 7854 se muestra en el Anexo 3. Cabe mencionar que el formato de reporte A3 que se muestra en el anexo 3 ha sido elaborado por el autor, y puede presentar algunas diferencias con relación a otros que se muestran en la literatura, en donde también se puede agregar el apartado "Plan", el cual ayude a planificar la aplicación de las contramedidas propuestas, por otro lado, es posible separar el apartado de "contramedidas de mejora y seguimiento" en "contramedidas de mejora" y en otro apartado "seguimiento".

4.2.2 Reporte A3 para la línea 1832195-6.

En esta ocasión, para este A3 no fue necesario llevar a cabo un evento Kaizen, a diferencia del anterior. Esto significa que la metodología propuesta por el autor es aplicable para eventos Kaizen, o bien, para resolver una problemática particular.

Paso 1. Antecedentes.

Como se mencionó en el punto 4.1, en la empresa bajo estudio los diferentes tipos de defectos se pueden clasificar de 44 formas diferentes, sin embargo, unos se consideran más importantes que otros.

La figura 8 del capítulo 4, muestra que el defecto llamado “candado abierto” es el que ocurre con mayor frecuencia. Para comprender lo que es un “candado abierto” es necesario mencionar los componentes principales de un arnés. Un arnés está compuesto por 4 componentes principales, cable, subensamble, housing y cuñas.

Para que un arnés funcione, estos componentes deben de trabajar de la siguiente manera: los subensambles son adheridos al cable, una vez adheridos, un housing es ensamblado en el subensamble, y por último la cuña es atascada en el housing para evitar que el cable junto con el subensamble se separen del housing. Para comprender el funcionamiento del arnés, observe la figura 18.

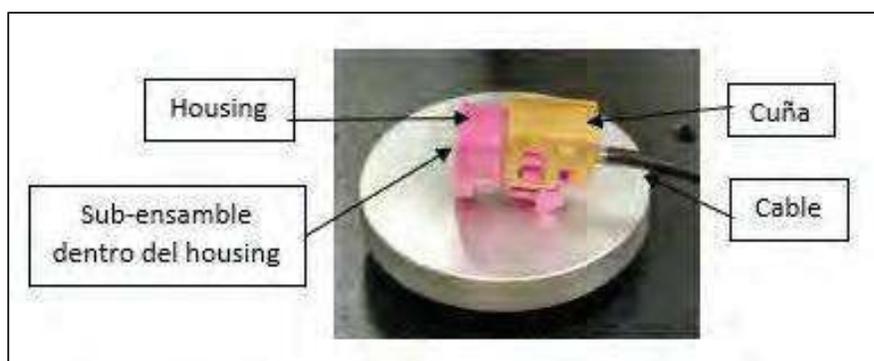


Figura 18. Componentes del arnés (Elaboración propia, 2016).

El defecto candado abierto se da cuando la cuña no alcanza a pasar la segunda pestaña del housing (Ver figura 19).



Figura 19. Componentes del arnés (Elaboración propia, 2016).

Una vez definido el defecto “candado abierto”, se identificó de qué producto (o número de parte) provenía más este tipo de defecto. En la figura 8 del capítulo 4, se muestra que, por mucho, el número de parte 1832195-6 con 229 defectos es el que más candados abiertos genera.

Paso 2. Condiciones actuales.

Para reforzar los fundamentos que se analizan en el punto 4.1 del presente capítulo, que establecen la razón por la que el número de parte 1832195-6 se considera como crítico, se elaboró un diagrama de Pareto (ver figura 20), donde se muestra que los primeros 9 números de parte de los 51 totales, aportan el 80% de los defectos de candado abierto, sin embargo, el número de parte con mayor tasa de ocurrencia de la gráfica es el que en este reporte A3 se analiza, es decir, el número 1832195-6.

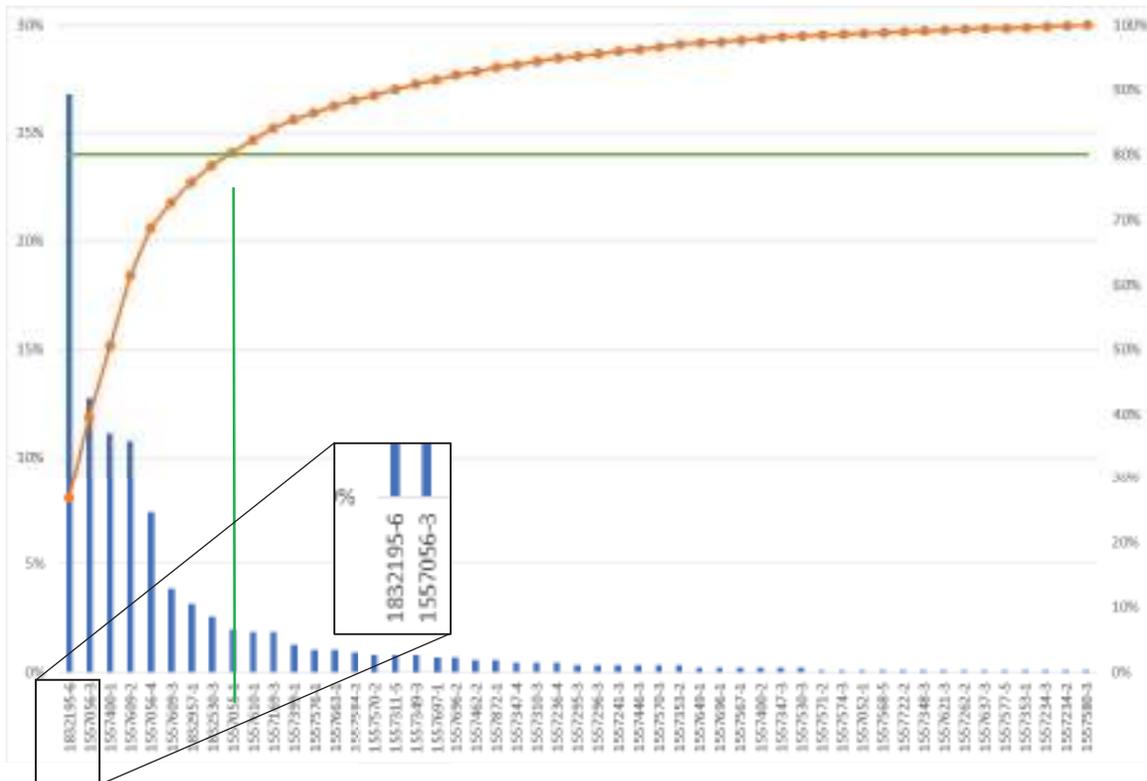


Figura 20. Diagrama Pareto de Candado Abierto (Elaboración propia, 2017).

Actualmente, el número de parte 1832195-6 se produce en la línea de producción 7860, la cual es el único número de parte que tiene cargado, es decir, en la línea de producción 7860 solo se produce el número de parte 1832195-6. Cabe destacar que esta línea de producción es muy artesanal, es decir, sus procesos son muy manuales y dependen mucho de las habilidades y capacidades del operador.

Se tiene información de unas semanas previas acerca de los candados abiertos presentados en el número en cuestión, la cual nos dice que el defecto bajo estudio se presenta más conforme pasa el tiempo (ver figura 21).

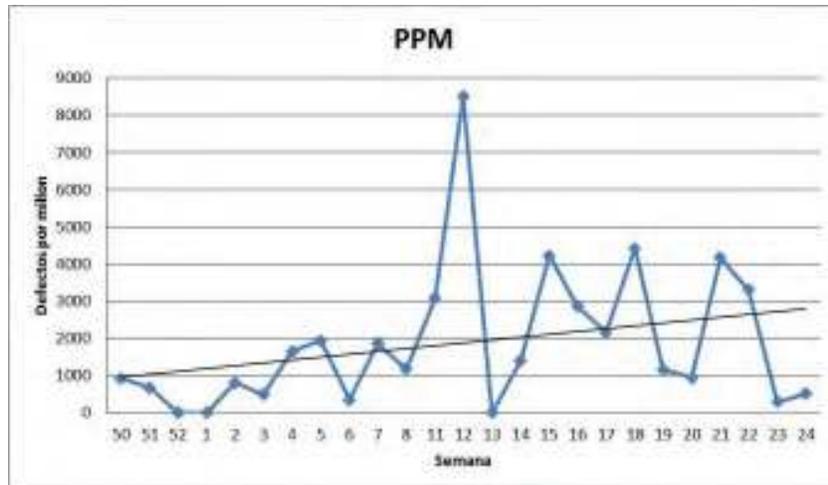


Figura 21. Serie de tiempo de defectos (Elaboración propia, 2016).

La figura 21 muestra una serie de tiempo de las partes por millón de candados abiertos, desde la semana 50 del 2015 hasta la semana 24 del 2016, además, muestra una línea de tendencia, la cual se puede ver que es creciente conforme pasa el tiempo.

Cabe mencionar que en las semanas que no aparecen en la gráfica (entre las semanas antes mencionadas) no hubo revisión de ese número de parte en el área de inspección.

Paso 3. Objetivos.

El objetivo principal para este reporte A3 es, encontrar la causa raíz que ocasiona los candados abiertos. Del objetivo principal se desprenden otros, por ejemplo, proponer y llevar a cabo acciones de mejora para atacar el problema bajo estudio.

Paso 4. Analisis.

Durante el análisis se cuestionó la forma en que los operadores realizaban el ensamble de la cuña al housing. El operador, para realizar este ensamble, en otros números de parte, no usa vendas en los dedos, sin embargo, en este número de parte la gran mayoría de ellos se venda los dedos para realizar dicha tarea, por otra parte, cada uno de ellos realiza esta tarea de forma distinta.

Para realizar un análisis más a fondo se realizó un diagrama Ishikawa para el defecto “candado abierto” (Ver figura 22).

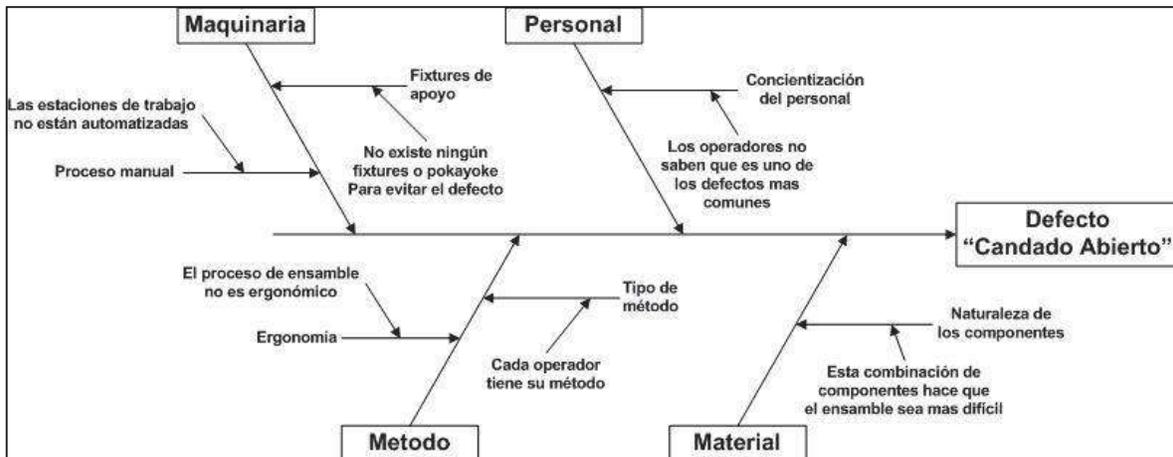


Figura 22. Diagrama Ishikawa para “candado abierto” (Elaboración propia, 2017).

Como puede observarse en la figura 22, cada uno de los aspectos del diagrama de Ishikawa está enlazado por una cosa: la complejidad del ensamble. *Maquinaria*: denota la falta de automatización para realizar una tarea que es 100% manual. *Personal*: esto incluye la concientización de los operadores, para saber que es un ensamble diferente a los demás. *Método*: este aspecto también hace referencia a la complejidad del ensamble, el cual no es ergonómico, además es un método no estandarizado, es decir, cada operador tiene diferentes formas de ejecutarlo. Por último, el aspecto de *Material*, habla que la combinación de los materiales usados en este ensamble es uno de los más complicados por hacerse.

Por otra parte, en una breve plática con los operadores, por separado, todos coincidieron que la cuña de este número de parte es más difícil de ensamblar, que la demás, debido a que ésta lleva un clip de 90 grados, el cual hace que el cable se doble a fuerzas 90 grados (ver figura 23).

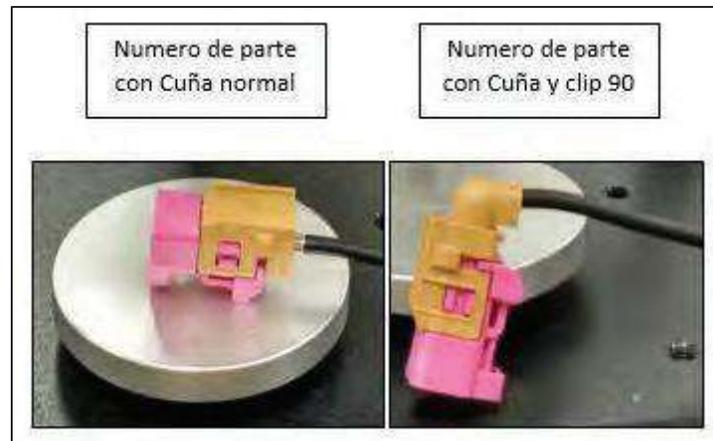


Figura 23. Cuña normal vs cuña 90 (Elaboración propia, 2016).

Debido a que se supuso que para el ensamble de estos componentes se ocupa más fuerza de lo normal, se elaboró una prueba de fuerza en el laboratorio de la misma empresa. El experimento consistió en elaborar el ensamble 3 veces con un forcé gauge (aparato electrónico para medir fuerza de empuje).

La primera vez, se realizó el ensamble solo con el housing y la cuña, es decir, sin el cable y el subensamble, la segunda, fue realizado de la misma forma, pero con el cable y el subensamble, y por último se realizó el experimento de forma normal, como se hace en las líneas de producción del número de parte estudiado, con todos los componentes, incluyendo el clip 90. Los resultados (en Libras fuerza) de dicho experimento, plasmados en la tabla 8, muestran que la fuerza de empuje utilizada en la operación cotidiana, es bastante superior a las otras dos opciones analizadas.

Ensamblado con:	LbF	Comentarios
Housing y cuña	8.06	Ningún número de parte lleva este tipo de ensamble.
Housing, cuña y cable con sub-ensamble	13.28	La mayoría de los productos (a excepción del estudiado) el ensamble es de esta forma.
Housing, cuña, cable con sub-ensamble y clip 90	54.28	Así es como se hace realmente en el número de parte estudiado.

Tabla 8. Resultado del experimento de fuerza (Elaboración propia, 2016).

Paso 5. Contramedidas propuestas y seguimiento.

Para minimizar este tipo de defecto, el equipo involucrado en este proyecto, decidió implementar un dispositivo, el cual se pretende que sea semiautomático, es decir, que el operador sólo coloque los componentes necesarios para esta operación de una cierta forma, y al activar un sensor, o bien un botón, este dispositivo haga la tarea empleada actualmente por el operador. Al implementar este dispositivo se estará evitando el desgaste de los dedos del operador, cuidando así su salud, además, también se reduciría el número de defectos de candado abierto, puesto que al ser un dispositivo quien elabore esta tarea, la variación del proceso baja, según los parámetros del dispositivo, que serían controlados por el departamento de ingeniería. Ver figura 24.



Figura 24. Dispositivo para clip 90 (Elaboración propia, 2016).

La figura 24 muestra el dispositivo creado especialmente para este tipo de ensamble, es decir, no se usa otro igual en ninguna otra línea de producción. Este dispositivo además de semiautomatizar la operación de ensamble, hace la tarea de otra estación, llamada “prueba hipot”, la cual es una prueba de alto voltaje para verificar que el arnés lo soporte. En otras palabras, el dispositivo en cuestión produjo dos beneficios: ergonomía gracias a la semiautomatización, y la

eliminación de un operador, debido a la fusión de dos estaciones. El reporte A3 para la línea 1832195-6 se muestra en el anexo 4. Para ver un análisis comparativo de las contramedidas propuestas ir al punto 4.3.2.

4.2.3 Reporte A3 para las líneas RF's

Como se mencionó anteriormente, las líneas de producción 8650, 9987, 9838, 7814 y 9988, serán conocidas como RF's (radiofrecuencia), ya que llevan el mismo nombre dentro de la empresa.

Paso 1. Antecedentes.

Las líneas de producción que engloban RF's son un subproceso de las líneas de producción restantes del área de coaxiales, de aquí la importancia que dichas líneas de producción estén dentro del área de coaxiales.

La empresa bajo estudio está en constante crecimiento, tanto así que, normalmente se hacen movimientos de la distribución de planta en todas las áreas. Actualmente existe un proyecto de gran magnitud, el cual ocupará mucho espacio. Dicho proyecto es un complejo de máquinas automatizadas las cuales elaborarán un cable, usando menor número de operadores. El espacio a usar del proyecto es de 72.5 metros cuadrados, con un alto de 5 metros y un largo de 14.5 metros.

Paso 2. Condiciones actuales.

Actualmente el área de RF's consta de 5 líneas de producción. Como se menciona anteriormente, esta área es un subproceso de las líneas de producción de coaxiales, sin embargo, los productos que se fabrican en RF's también son vendidos a clientes externos a la empresa bajo estudio. En la figura 25 se muestra la distribución de planta actual del área. En la misma distribución también se muestra el recorrido que ciertos operadores tienen que hacer a lo largo de su turno.

En la figura 25 se puede observar que hay tres tipos de líneas punteadas: líneas color azul, verde y amarillo. Las líneas azules representan los recorridos casuales del operador, éstos pueden presentarse durante 1 y 3 veces por turno. Por otra parte, las líneas de color verde representan el recorrido que el operador hace al centro de información digital, en el cual se actualizan los paros de línea por ir a desayunar y comer, así como también el inicio o finalización de una orden de producción. En otras palabras, el recorrido de la línea verde lo ejecutan de 3 a 5 veces por turno.

Por último, las líneas de color amarillo son los recorridos que los materialistas hacen para surtir materia prima y/o recoger contenedores de materia prima vacíos. Cabe destacar que un materialista nada más se dedica a las actividades anteriormente mencionadas. Sus recorridos pueden ser entre 6 y 12 veces por turno.



Figura 25. Distribución de planta actual y recorridos (Elaboración propia, 2017).

Paso 3. Objetivos.

El principal objetivo de este reporte A3 es la reducción y optimización de espacios en las líneas de producción que engloban RF's, con el fin de dar lugar a nuevos proyectos de gran magnitud.

Paso 4. Análisis.

Durante el paso 1 del reporte A3 presente, se mencionó que el espacio a utilizar para un nuevo proyecto era de 14.5 metros de largo y 5 metros ancho. El área de RF's tiene un largo de 15.13 metros y un ancho de 21.48 metros (para fines prácticos largo significará la medida horizontal, y ancho la vertical). Como se puede observar, en el área total de RF's cabe perfectamente las medidas que se están buscando de espacio, sin embargo, cabe recordar que las líneas de producción ya existentes deben de seguir en el área bajo estudio, en este caso el área de RF's, junto con el nuevo proyecto. Ver figura 26.

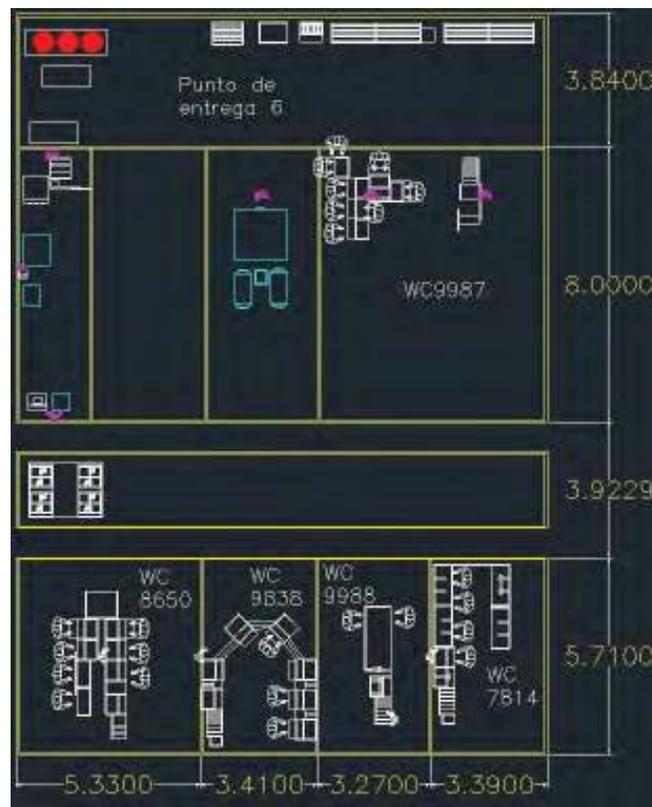


Figura 26. Medidas de la distribución de planta (Elaboración propia, 2017).

Por otra parte, en el rediseño de planta se tiene que cuidar que los recorridos que hagan los operadores o materialistas, no sean más largos de lo que actualmente son, sino más cortos.

Los recorridos que actualmente se emplean en el área bajo estudio, se consideran largos (ver figura 25): los recorridos de color verde son un aproximado de 82.15 metros, sin embargo, en el paso 2 se menciona que este tipo de recorridos pueden ejecutarse de 3 a 5 veces por turno, es decir que la distancia recorrida va desde los 246.45 metros a los 410.75. Por otra parte, las líneas azules suman un recorrido de 15 metros, y van de 3 veces al día, por consiguiente, suman 45 metros por turno. Por último, las líneas amarillas son recorridas entre 6 y 12 veces al día, y la suma de sus recorridos son de 66.88 metros, por lo cual los metros recorridos por turno van desde los 401 a los 802.56 metros.

Además del análisis de espacios y recorridos en la distribución del área bajo estudio, también se verificó la existencia de las demandas de cada una de las líneas de producción, esto porque puede suceder que algunas de ellas no tengan la suficiente demanda para estar ocupando un espacio tan grande con una cantidad superior de operadores a la que debería de ser. Si bien, en este reporte A3 el objetivo principal no es un análisis de demandas, esta vez fue necesario realizarlo, para caer en cuenta que, dos líneas de producción pueden ser combinadas en un solo espacio, ya que la cantidad de operadores necesarios para ambas no es superior a dos, es por eso que los espacios entre estaciones y toda la infraestructura de éstas, fue adecuado para una cantidad máxima de dos operadores, ocupando así, el espacio de 1 línea de producción, cuando antes eran dos. Las líneas de producción combinadas fueron las siguientes: 9938 y 9838.

Paso 5. Contramedidas propuestas y seguimiento.

Para poder decidir una nueva distribución para el área bajo estudio, además de los factores de espacio y distancia recorrida por los operadores, también se tomó en cuenta la cantidad de “espacio libre continuo”. El autor de esta tesis define como espacio libre continuo como: *El espacio libre continuo es todo aquél que en su*

extensión de territorio no tiene maquinaria o algún tipo de infraestructura la cual pueda interferir con los objetivos destinados para ese espacio libre continuo. Para ver un ejemplo ir a la figura 27.



Figura 27. Ejemplo de espacio libre continuo (Elaboración propia, 2017).

En la figura 27 se puede apreciar en un espacio con fondo blanco una línea de producción, la cual está ocupando un espacio dentro del área con fondo negro, por otra parte, los cuadros rojos representan los espacios libres continuos. Como se puede apreciar, los espacios libres continuos son de forma cuadrada, estos no pueden ser de otra forma geométrica.

A continuación, se presenta la figura 28, que muestra la distribución del área bajo estudio optimizada. En dicha figura se puede percatar que los tres tipos de línea que aparecían en la figura 25 han disminuido en longitud, y en ciertos casos algunas de ellas desaparecieron en su totalidad. En la parte superior de la distribución se muestra una infraestructura en donde todas las líneas amarillas llegan a ella, como se menciona en el punto de “condiciones actuales” de este reporte A3. Esas líneas pertenecen al recorrido que hacen los materialistas para surtir dichas líneas de producción, el cual, es el tipo de recorrido que más se lleva a cabo a lo largo del turno laboral, es por eso que se optó por acercar todas las líneas hacia ese punto, creando así un pasillo para las personas ocupantes de esa infraestructura.

Por otra parte, las líneas verdes, las cuales pertenecen al recorrido que el operador hace de 3 a 5 veces por turno para llegar al centro de información digital, no representaron un cambio tan significativo, ya que el centro de información digital también es utilizado por otras líneas de producción no pertenecientes al área de RF's, por lo tanto, éste no se pudo mover hacia el lado de las líneas de producción. En cuanto a las líneas de color azul mostradas en la figura 25, una de ellas se pudo eliminar en su totalidad, mientras que la otra se disminuyó casi en su totalidad, esto debido a que esa línea representaba el recorrido de un operador hacia una máquina apartada de la línea de producción, la cual en la nueva distribución se encuentra por un lado de la línea de producción. Para ver el reporte A3 ir al anexo 5. Para ver un análisis comparativo de las soluciones, ir al punto 4.3.3.

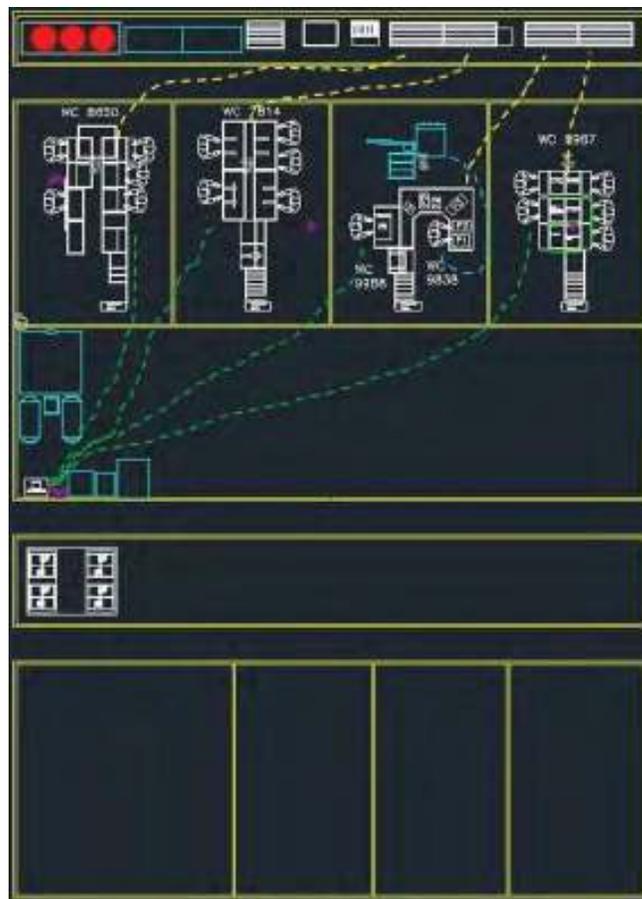


Figura 28. Distribución de planta de RF's optimizado (Elaboración propia, 2017).

4.3 Evaluación

A continuación se presenta la evaluación para cada reporte A3 realizado en el punto 4.2 del capítulo presente. Para que una evaluación sea certera y contenga datos útiles, es necesario recordar cuáles fueron los objetivos en los reportes A3 presentados anteriormente. De esta forma, se sabrá qué aspectos debemos evaluar (operadores, tiempos, desperdicios, etc.). Una evaluación que se apoya en tablas es más fácil de comprender.

4.3.1 Evaluación de la línea 7854

Como se recordará, el objetivo principal del reporte A3 para la línea de producción 7854 fue: tener un balanceo de acuerdo al tiempo takt de 1 turno de la demanda del cliente. La tabla 9, muestra cada una de las contramedidas empleadas para cumplir con el objetivo principal.

Rubro	WIP	5 S's	TC estación HIPOT	TC Ensamble de componentes	Operadores	Cumplimiento de la demanda
Antes	25 Unid.	1 S	24 Seg.	29 Seg.	12	NO
Después	4 Unid.	5 S's	13 Seg.	22 Seg.	8	SÍ
Beneficio	- 21 Unid.	Estandarización y organización en la línea de producción.	11 Seg.	5 Seg.	- 4 operadores	Cumplimiento de la demanda semanal

Tabla 9. Evaluación de la línea de producción 7854 (Elaboración propia, 2017).

La tabla 9 muestra diferentes rubros en los que se trabajó en la línea de producción, el primero de ellos, corresponde al WIP del cual se tiene una disminución de 21 unidades entre cada estación de trabajo de la línea de producción. Por otro lado, en el aspecto de 5S, analizado en el punto 4.2.1 (reporte A3 de la línea de producción 7854) se mencionó que los operadores de

producción solo llevaban a la práctica 1 de las 5S existentes, sin embargo gracias a la contramedida propuesta de 5S, hoy se emplean cada una de ellas. La reducción de tiempo de ciclo también estuvo presente en esta evaluación. La estación llamada HIPOT se redujo casi la mitad de su tiempo, y esto gracias al dispositivo implementado en el reporte A3 de dicha línea. Por otra parte, la estación ensamble de componentes redujo su tiempo en 5 segundos, esto gracias a la semiautomatización de un dispositivo ya existente, el cual antes era 100% manual a diferencia de que hoy en día no es una operación del todo manual.

El último rubro de la tabla 9 se hace llamar “cumplimiento de la demanda”. Este rubro es el más importante de todos, porque como se recuerda, el objetivo principal era balancear los tiempos de cada una de las estaciones para cumplir con el tiempo takt, el cual lo define la demanda del cliente. A pesar de ser el rubro más importante de todos, sería imposible cumplirlo sin llevar a cabo cada una de las contramedidas realizadas en este reporte A3, ya que todas ellas fueron ligadas y hechas para cumplir el objetivo. Detrás del cumplimiento de la demanda está el balanceo de la línea, el cual fue llevado a cabo repartiendo operaciones entre más operadores, sin embargo algunas de las estaciones no compartieron sus actividades con otras, sino que estas mismas fueron optimizadas gracias a las propuestas hechas en el reporte A3, ocasionado así, que su tiempo de ciclo bajara, quedando éste por debajo del tiempo takt.

Otro punto importante que cabe aclarar es que, si se hace una comparación entre las figuras 14 y 17, se observa que tienen 6 y 8 operadores, respectivamente, este es un claro indicador de que se tuvo que incrementar de 6 a 8 personas, lo cual representaría un costo monetario extra, sin embargo, la figura 14 muestra el balanceo de la línea de producción siendo esta corrida durante dos turnos, por lo cual se ocuparían otros 6 operadores, dando un total de 12 para ese balanceo. Por otra parte, la figura 17 muestra 8 operadores, corriendo tan solo un turno, ocasionando así un ahorro de 4 operadores.

4.3.2 Evaluación de la línea 1832195-6

El objetivo principal del reporte A3 para la línea 1832195-6 era encontrar la causa raíz que ocasiona los candados abiertos, para posteriormente proponer y llevar a cabo acciones de mejora para atacar el problema bajo estudio. Bajo ese objetivo se realizaron importantes ahorros. Ver tabla 10.

Rubro	Candados Abiertos	Ergonomía
Antes	229	Operación anti ergonómica.
Después	0 (18 semanas evaluadas)	Operación ergonómica.
Beneficio	Antes había un promedio de 32 defectos por semana, hoy 0.	El operador no elabora un esfuerzo físico fuerte.

Tabla 10. Evaluación del A3 1832195-6 (Elaboración propia, 2017).

En la tabla 10 se puede observar 3 rubros evaluados para el reporte A3 en cuestión: Candados abiertos, Ergonomía y Safe Launch. En el rubro de candados abiertos se evaluó cuántos de estos se tenía al momento de abordar este tema, el cual se hace mención por primera vez en el punto 4.1 del presente capítulo, donde en éste mismo se modela la figura 9, la cual muestra una gráfica de candados abiertos por número de parte, apareciendo el 1832195-6 con 229 defectos. Cabe recalcar que esos datos fueron tomados a lo largo de 27 semanas. Los candados abiertos fueron reducidos en su totalidad gracias al dispositivo propuesto por el autor.

El rubro de ergonomía es evaluado cualitativamente, ya que no se hizo un estudio ergonómico con ponderaciones a las actividades realizadas en el proceso que involucra al dispositivo, sin embargo, se sabe que la ergonomía fue mejorada

gracias a que la actividad que era considerada anti ergonómica fue eliminada por completo.

4.3.3 Evaluación de las líneas RF's

Recordando el objetivo principal del reporte A3 para la línea RF's: reducción y optimización de espacios en las líneas de producción. A diferencia de las 2 evaluaciones anteriores, donde se comparaban diferentes rubros, en esta evaluación solo existe un rubro, los metros recorridos. El punto 4.1.3 dice que existen 3 tipos de recorridos, previamente ya distinguidos por colores según el tipo, la tabla número 11 muestra el ahorro promedio en metros de cada uno de éstos.

Recorrido	Recorrido azul	Recorrido verde	Recorrido amarillo
Antes	45	328.6	601.78
Después	5.76	133.52	155.25
Ahorro	- 39.24 m (87.2%)	- 195.08 m (59.36%)	- 446.53 m (74.20%)

Tabla 11. Evaluación del A3 RF's (Elaboración propia, 2017).

Como se aprecia en la tabla 11, los ahorros en metros recorridos para cada uno de los tipos, fueron significantes. Se redujo 39.24 metros del recorrido azul, lo cual representa un 87.2% de ahorro. Por otra parte, el recorrido verde se redujo un 59.36% lo cual se traduce a 195.08 metros ahorrados. Por último, el recorrido de tipo amarillo se redujo 446.53 metros, lo que significa una reducción del 74.20%. Cabe aclarar que los datos mostrados en la tabla anterior son por cada turno transcurrido, es decir, al día ahorramos aún más metros recorridos.

Como se menciona en el paso 5 del punto 4.2.3, también se buscaba la obtención de espacio libre continuo en la distribución de planta bajo estudio. La figura 29 muestra dos espacios continuos que se tenían antes y que se tienen ahora. Como se aprecia, la parte izquierda de la figura 29 representa la distribución antes de las contramedidas implementadas, y el lado derecho la distribución de planta con las contramedidas implementadas. Cabe destacar que, después de las contramedidas

implementadas, la distribución de planta se muestra con espacios libres continuos más grandes y mejor acomodados, lo cual es bueno para la empresa bajo estudio ya que, ésta busca este tipo de espacios para que sean ocupados por más líneas de producción y/o máquinas, las cuales en su gran mayoría son de forma rectangular o cuadrada.



Figura 29. Comparación de espacios continuos (Elaboración propia, 2017).

4.4 Retroalimentación

Este último punto del presente capítulo está enfocado a las opiniones en general que el autor y su equipo de trabajo tuvieron durante la realización del mismo. Para dar una retroalimentación más específica, se separó en 3, para que cada reporte A3 tuviera comentarios más específicos.

4.4.1 Retroalimentación del reporte A3 para la línea 7854.

A consideración del autor, este fue el reporte A3 más difícil de llevar a cabo, pero a la vez el más completo y enriquecedor para la metodología. En este reporte A3 se usaron herramientas como el evento Kaizen, balanceo de líneas, VSM y 5S, es por eso que se considera como el más completo de los 3 reportes A3, por otro lado, fue considerado como el más difícil porque es el problema en el que más se trabajó con las personas directamente, específicamente con los operarios de producción, y cabe resaltar que un operario de producción siempre está sujeto a las mismas actividades o a la forma en que éste siempre las hace, rechazando así cualquier cambio sugerido por el autor y su equipo, sin embargo, el equipo responsable del proyecto, fue el encargado de compartir cada uno de los beneficios obtenidos con las contramedidas, a los operarios, y de esta forma convencerlos que todo el proyecto es para un bien común. De aquí la importancia de incluir a todo tipo de personal en los eventos Kaizen.

4.4.2 Retroalimentación del reporte A3 para la línea 1832195-6.

A través de la realización del reporte A3 para la línea 1832195-6 se encontró con un problema de carácter ergonómico. Si bien la ergonomía, no se había contemplado originalmente como parte de las herramientas de mejora continua a utilizar, en la solución de este problema, se requirió el uso de esta disciplina para encontrar la causa raíz del problema bajo estudio en dicho reporte A3. Esto da a entender que la metodología propuesta por el autor es de carácter versátil y si bien en este caso no incluyó métodos ergonómicos para atacar el problema, se llegó a la causa raíz gracias a las herramientas de la mejora continua.

4.4.3 Retroalimentación del reporte A3 para la línea RF's.

El reporte A3 para la línea 7854 se llevó a cabo gracias a que es una línea de producción sumamente importante en el área bajo estudio, por otra parte el reporte A3 para la línea 1832195-6 se llevó a cabo debido a las altas cifras de

productos defectuosos que en ella se generaban. Sin embargo, el último reporte A3 para la línea RF's, no nace de una problemática o una cuestión por mejorar, nace de la necesidad de la empresa de crear espacios libres continuos en una área seleccionada por ellos mismos. Esto da a entender que la metodología en cuestión se adapta cualquier necesidad propuesta por quienes vayan a aplicarla.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. Conclusiones

Debido a la cantidad de necesidades diferentes, en cada una de las empresas dedicadas a la industria manufacturera, se vio la necesidad de crear una metodología versátil, que se adaptara a cada una de las exigencias propuestas por el equipo de trabajo, y además, que se basara en una de las filosofías más importantes de la ingeniería, la mejora continua.

La metodología propuesta pudo cumplir con el objetivo general del presente documento, el cual se estableció de la siguiente manera: *“Incrementar la eficiencia del proceso de producción de cables coaxiales, mediante la utilización de herramientas de mejora continua”*. A continuación la tabla 12, muestra cada uno de los indicadores mejorados según el A3 aplicado, así como también cada una de sus herramientas usadas para poder lograr esto. Es por esto que afirmamos que, todos estos indicadores, en conjunto, incrementaron la eficiencia del proceso de coaxiales, en la empresa bajo estudio.

A3	7854	1832195-6	RF's
Indicadores mejorados.	WIP, 5S, tiempo de ciclo y número de operadores.	Numero de defectos.	Metros recorridos por los operadores.
Herramientas usadas	Evento Kaizen, VSM, balanceo de línea y 5S	Diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa.	Distribución de planta.

Tabla 12. Indicadores de mejora según A3 (Elaboración propia, 2017).

Además de cumplir con el objetivo general, la implementación de la metodología fue capaz de detectar las oportunidades de mejora e implementar las herramientas de mejora continua más apropiadas, así como también proceder a su

implementación. Además, la misma metodología mide los resultados, y los compara con una situación anterior a la implementación. Por consiguiente, se puede afirmar que se cubrieron cada uno de los objetivos específicos mencionados en el punto 1.4 de este documento.

Por lo anteriormente comentado, se afirma que, la implementación de un sistema de mejora continua en el proceso de Coaxiales, incrementó la eficiencia en dicho proceso, por lo tanto, puede concluirse que es verdadera la hipótesis establecida en el punto 5 del capítulo 1.

5.2. Recomendaciones

Es necesario recordar que, para que la implementación de la metodología presentada en el capítulo 3, tenga un resultado positivo, se deben de seleccionar las herramientas de mejora continua que más se adapten a la problemática a atacar, por ejemplo, la línea de producción 7854 (Punto 4.2.1 Reporte A3 7854) fue considerada crítica porque es una de las líneas más importantes del área, por consiguiente se usaron herramientas como el evento Kaizen y 5S. En el evento Kaizen se involucró al personal operativo, y se les hizo saber la importancia de que su trabajo fuera bien ejecutado, mientras que las 5S fueron escogidas para mantener el orden y la limpieza en la línea. Es por eso que se recomienda aplicar la metodología en cuestión a líneas de producción (o procesos) críticas dentro de una organización, o bien, aquellas que quieran ser mejoradas.

Entre otras recomendaciones: la importancia de involucrar al personal operativo es de suma importancia, ya que, la mayoría de las implementaciones de las herramientas de mejora continua tienen aplicación directa con el proceso operativo, o bien, representan un cambio en éste, por lo tanto, la aceptación del personal operativo es un punto muy importante a considerar.

5.3. Trabajos futuros

Como próximo trabajo, se pretende que los futuros problemas presentados en la empresa, o bien cualquier aspecto a mejorar, sean bajo la metodología que el

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

autor propone, sin embargo, no se espera que las personas a usar la metodología se memoricen cada uno de los pasos, si no que se haga de una forma casi natural, siguiendo la lógica de la fase central de la metodología, que es la elaboración del reporte A3.

Si cada uno de los problemas resueltos fueran documentados en un reporte A3 y a su vez controlados por el departamento de control de documentos de la empresa, y de manera digital, se tendría una gran base de datos para las próximas problemáticas a resolver en la empresa, es decir, los trabajadores podrían consultar como fue resuelto cada uno de los problemas presentados alguna vez en la empresa, y en caso de asemejarse a los problemas que ellos en su tiempo enfrentaran, podrían usar como base las ideas de mejora continua que alguna vez fueron empleadas.

6. REFERENCIAS

- Acharya, T. K., 2011. Material Handling and Process Improvement Using Lean Manufacturing Principles. *International Journal of Industrial Engineering*, pp. 357-368.
- Agmoni, E., 2016. The role of Kaizen in creating radical performance results in a logistic service provider. *Scientific Journal of Logistic*, 12(3), pp. 225-245.
- Armenteros, L. R. & Pérez, Y. S., 2014. Mejoras aplicadas al proceso de distribución de medicamentos en la Droguería La Habana. *Revista Cubana de Farmacia*, pp. 598-611.
- Axa Garzon, N. C. T. D. M. B., 2012. Diseño de un sistema de control de gestión aplicado al área de recursos humanos de un hospital basado en la herramienta Lean HealthCare, para la mejora Administrativa y Financiera, a través de indicadores de medición.
- Azadeh, A. & Moradi, B., 2014. Simulation optimization of facility layout design problem with safety and ergonomics factors. *International Journal of Industrial Engineering*, 21(4), pp. 209-230.
- Baker, F., Chow, A., Woodford, K. & Maes, J., 2012. Applying Continuous Improvement Techniques to Instructional Design Technology (IDT) for Greater Organizational Effectiveness. *Organization Development Journal*, 30(1), pp. 53-62.
- Barbosa, G. F., Carvalho, J. & Filho, E. V. G., 2014. A proper framework for design of aircraft production system based on lean manufacturing principles focusing to automated processes. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 1257-1273.
- Bertolini, M., Braglia, M., Romagnoli, G. & Zammori, F., 2013. Extending value stream mapping: the synchro-MRP case. *International Journal of Production Research*, 51(18), pp. 5499-5519.
- Bessant, J. & Francis, D., 1999. Developing Strategic Continuous Improvement Capability. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(11), pp. 1196-1119.
- Boca, G., 2015. 5S in quality management. *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, 24(1), pp. 1297-1306.
- Cardozo, E. R., Rodríguez, C. & Guaita, W., 2011. Las Pequeñas y Medianas Empresas Agroalimentarias en Venezuela y el Desarrollo Sustentable: Enfoque basado en los Principios de Manufactura Esbelta. *Informacion Tecnológica*, pp. 39-48.
- Chaneski, W., 2015. Benefits of a Kaizen Event. *Modern Machine Shop*, 87(10), pp. 34-36.
- Contractor Magazine, 2011. The seven Types of waste (Muda). *Contractor Magazine*, 58(10), p. 48.

Domínguez, J. D., 2006. Optimización simultánea para la mejora continua y reducción de costos en procesos. *Ingeniería y Ciencia*, 2(4), pp. 145-162.

Dueñas, R. M., 2009. La mejora continua en cadenas de montaje. *Revista Empresa y Humanismo*, 12(2), pp. 173-192.

Erwin, G., 2008. Lean Accounting Can Untangle Spaghetti Chart Processes. *United States business review*, 9(5), pp. 14-15.

Espinosa, A., 2014. Proceso de trabajo en el nuevo capitalismo. Alcance en la industria automotriz en México. *Administración y organizaciones*, 17(32), pp. 119-143.

Filho, M. & Uzsoy, R., 2013. The impact of simultaneous continuous improvement in setup time and repair time on manufacturing cycle times under uncertain conditions. *International Journal of Production Research*, 51(2), pp. 447-464.

Gachúz, C., 2011. LA crisis mundial en el sector automotriz, China: ¿aliado estratégico de Mexico?. *Análisis Económico*, 26(63), pp. 105-128.

Ghicajanu, M., 2009. The Kaizen Philosophy in Romania. *Annals of the University of Petrosani Economics*, 9(1), pp. 275-278.

Hernández, E., Camargo, Z. & Martínez, P., 2015. Impact of 5S on productivity, quality, organizational climate and industrial safety in Caucho Metal Ltda.. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 23(1), pp. 107-117.

Hirano, H., 1996. *5S for operators. 5 Pillars of the Visual Workplace*. Tokyo: Productivity Press.

Hopkins, M., 2009. Una Herramienta para Resolver Problemas. *MIT Sloan Management Review*.

Howell, V., 2011. Kaizen Events. *Engineering Project Portfolio Manager*, pp. 30-32.

Ives, R., 2011. Professionals' Needs in the United Kingdom for Effective VSM Intervention. *Substance Use & Misuse*, Volumen 46, pp. 134-139.

Jaca, C. y otros, 2014. Learning 5S principles from Japanese best practitioners: case studies of five manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 52(15), pp. 4574-4886.

Jiménez, C., Argueta, G. & Espinoza, B., 2014. Revisión de literatura sobre mejora continua en MIPYMEs oberoamericanas. *Nóesis*, 23(46), pp. 140-162.

- Jurburg, D., Tanco, M., Viles, E. & Mateo, R., 2014. La participación de los trabajadores: clave par el éxito de los sistemas de mejora continua. *Memoria Investigacions en Ingenieria*, Issue 13, pp. 17-32.
- Kellegoz, T. & Toklu, B., 2015. A prority rule-based constructive heuristic and an improvement method for balancing assembly lines with parallel multi-manned workstations. *International Journals of Production Research*, 53(3), pp. 736-756.
- Lévesque, C., 2009. La dinámica de las relaciones del trabajo en la era de la globalización: el caso de la industria automotriz en México. *Administración y organizaciones*, pp. 13-39.
- Lockman, L., 2015. Six Steps to 5S Succes. *Industrial Maintenance & Plant Operation*, 76(3), pp. 32-33.
- Luo, X., Ge, Y. Y. Z., Wen, X. & Guan, F., 2015. Maintainability-based facility layout optimum design of ship cabin. *International Journal of Production Research*, 53(3), pp. 677-694.
- Luthje, B., 2014. Regímenes de producción y relaciones laborales en el sector chino del automóvil. *Revista internacional del trabajo*, 133(4), pp. 583-612.
- Marin-Garcia, J., Bautista-Poveda, Y. & Garcia-Sabater, J., 2014. Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso. *Intangible Capital*, 10(3), pp. 584-618.
- Martínez, A., García, A. & Santos, G., 2014. Nuevas formas de organización laboral en la industria automotriz: los equipos de trabajo en General Motor, Complejo Silao. *Análisis Económico*, 29(70), pp. 157-184.
- Matias Escuder, M. T. A. S., 2015. Experiencia de Implementacion de Lean en un centro de Salud de Uruguay. *Memoria Investigaciones en Ingenieria*, Issue 13, pp. 79-94.
- Monge, C., Cruz, J. & López, F., 2013. Impacto de la Manufactura Esbelta, Manufactura Sustentable y Mejora Continua en la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental en Mexico. *Información Tecnológica*, 24(4), pp. 15-32.
- Osada, T., 1991. *The 5s: Five Keys to a Total Quality Enviroment..* Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Otto, C. & Otto, A., 2014. Extending assembly line balancing problem by incorporating learnings effects. *International Journal of Production Research*, 52(24), pp. 7193-7208.
- Pérez-Vergara, I. y otros, 2016. Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una empresa de confecciones. *Organización del trabajo y de la producción*, 37(1), pp. 24-35.

Rohac, T. & Januska, M., 2014. Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study. *Annals of DAAM & Proceedings*, 25(1), pp. 520-529.

Sampieri, R. H., Collado, C. F. & Lucio, P. B., 2014. *Metodología de la Investigación*. 6ta ed. Ciudad de México: Mc Graw Hill.

Schmidtke, D., Heiser, U. & Hinrichsen, O., 2014. A simulation-enhanced value stream mapping approach for optimisation of complex production environments. *International Journal of Production Research*, 52(20), pp. 6146-6160.

Sharma, N., 2016. A place for everything and everthing in its place. *DEMM: Engineering & Manufacturing*, p. 32.

Shook, J., 2009. Toyota's Secret: The A3 Report. *MIT Sloan Managment Review*, 50(4), pp. 30-33.

Sokovic, M., Jovanovic, J., Krivokapic, Z. & Vujovic, A., 2009. Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. *Journal of Mechanical Engineering*, 55(5), pp. 1-9.

Southworth, T., 2010. Muda, mura, muri. *Printing Lean*, 15(8), pp. 32-33.

Suárez-Barraza, F., 2013. Process Innovation in Local Governments: an empirical study of its continuous improvement efforts. *REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO DE NEGOCIOS*, 15(47), pp. 204-220.

Tadic, B., Todorovic, P., Novkinic, B., Buchmeister, B., Radenkovic, M., Budak, I. & Vukelic, D., 2015. Fixture layout design based on a single surface clamping with local deformation. *International Journal of Simulation Modelling*, 14(3), pp. 379-391.

Thurston, J. & Ulmer, J., 2016. The Pinciples of Lean Manufacturing. *Franklin Business & Law Journal*, 1(2), pp. 57-70.

Urbaniak, M., 2015. The role of the continuous improvement tools of procesess in building relationships in supply chain. *LogForum*, 11(1), pp. 41-50.

Vieira, L., Balbinotti, G., Varasquin, A. & Gontijo, L., 2012. Ergonomics and Kaizen as strategies for competitiveeness: a theoretical and practical in an automotive industry. *WORK*, Volumen 41, pp. 1756-1762.

Wolniak, R. & Skotnicka-Zasadzien, B., 2014. The use of value stream mapping to introduction of organizational innovation in industry. *METABK*, 53(4), pp. 709-712.

Womack, J., Jones, D. & Roos, D., 1990. *The machine that changed the world: The story of lean production systems*. 1 ed. New York: Rawson Associates.

7. ANEXOS

ANEXO 1

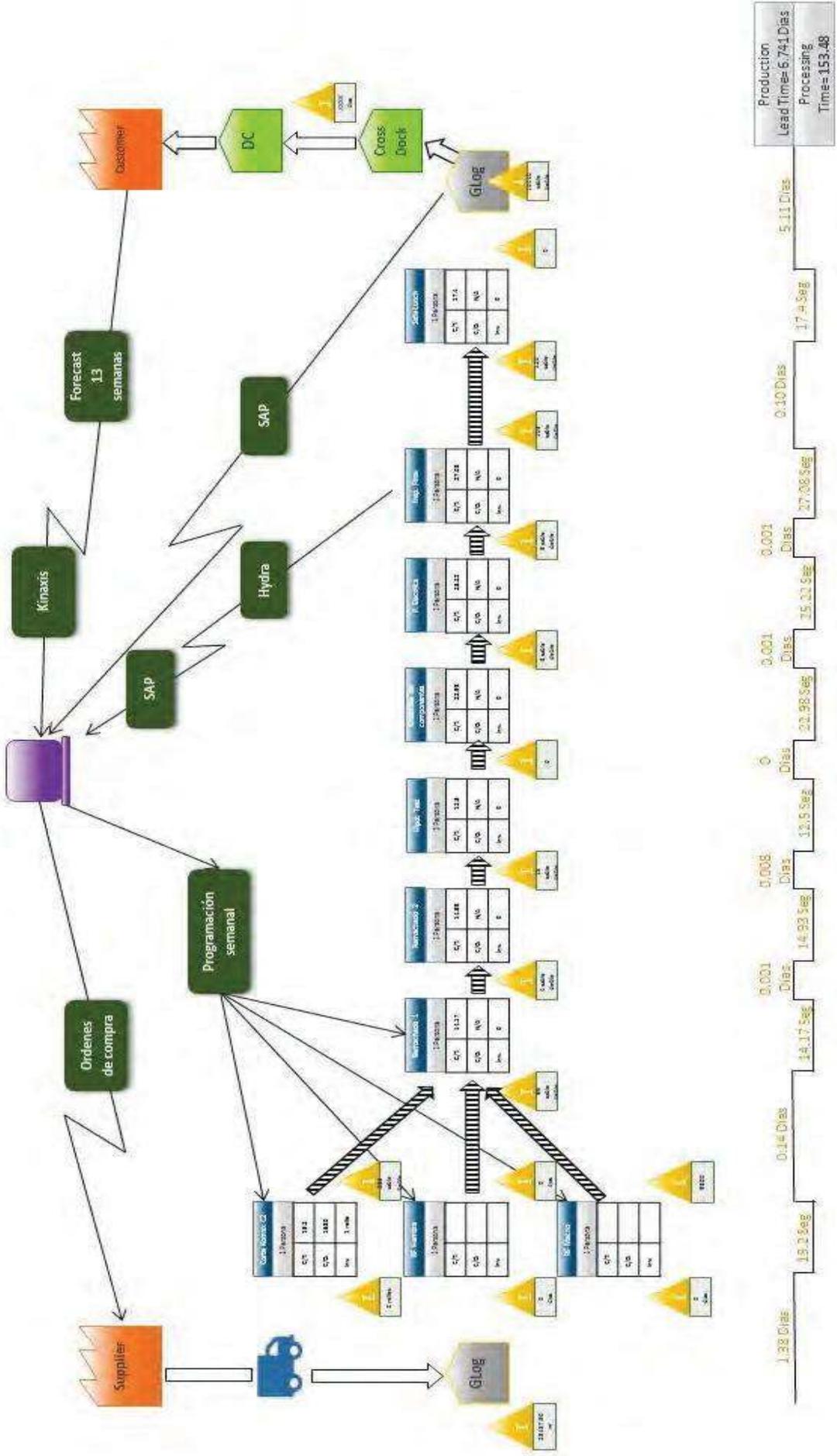
**Condiciones actuales de la línea de
producción 7854.**



ANEXO 2

Mapa del flujo de valor para la línea
7854
(VSM 7854)

VSM Actual



ANEXO 3

Reporte A3 para la línea 7854

Nombre de A3: 7854

Fecha de elaboración: DD/MM/AAA

Antecedentes

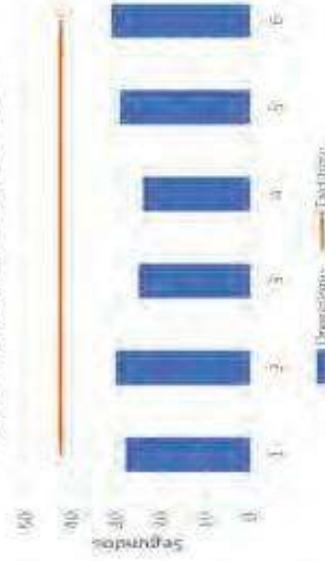
- Numero de parte que se fabrica: 1557696-2
- Línea de producción más importante del área.
 - o Arnés más caro del área.
 - o Arnés con más demanda del área.

Condiciones actuales

Evento Kaizen para la identificación de tiempos de ciclo e identificación de tareas.



Tiempo promedio en segundos-7854



Tiempos de ciclo y takt time

¿Takt time correcto?

Objetivos

tener un balanceo de acuerdo al takt time de 1 turno de la demanda del cliente, alcanzar la mayor productividad de la línea posible, y mejorar aspectos de 5S.

Análisis

Cálculo de Takt time: **27.07 segundos**

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible en una semana}}{\text{Demanda semanal}}$$

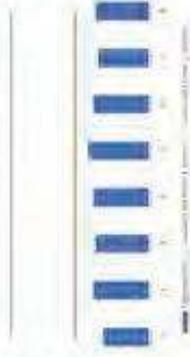


Oportunidades de mejora:

- WIP
- 0% Automatización
- Optimizar operaciones
- 1 S
- Oportunidad en layout

Contramedidas de mejora y seguimiento

Propuesta de balanceo del tiempo (RCA)



- Reducción de WIP
- Semi-automatización de actividades
- Optimización de operaciones
- 5S
- Reducción de layout

Nuevo balanceo para cumplir con la demanda actual.



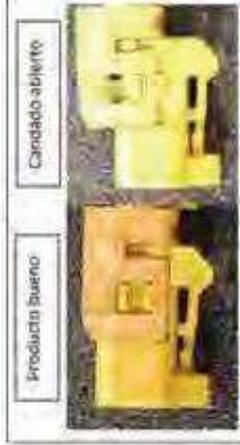
ANEXO 4
Reporte A3 para la línea 1832195-6

Nombre de A3: 1832195-6

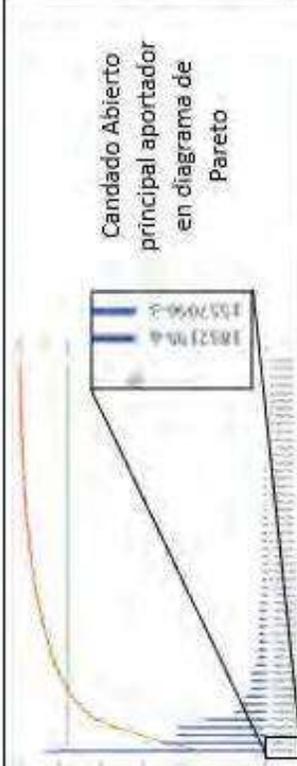
Fecha de elaboración: DD/MM/AAA

Antecedentes

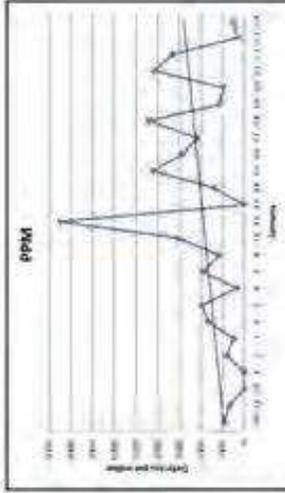
- 44 tipos de defectos en el área de Coaxiales
 - o Candado Abierto, el defecto más común.



Condiciones actuales



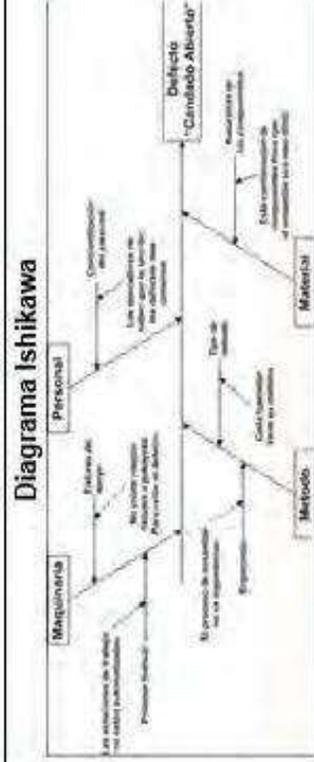
Partes por millón entre cada semana van a la alza



Objetivos

Encontrar la causa raíz que ocasiona los candados abiertos. Del objetivo principal se desprenden otros, por ejemplo, proponer y llevar a cabo acciones de mejora para atacar el problema bajo estudio.

Análisis



Defecto	8. UE	13. 2B	54. 2B
Housing y cable	8. UE	13. 2B	54. 2B
Housing, cable y cable con sub-enamblado			
Housing, cable, cable con sub-enamblado y cap. 80			

Menor número de partes serás apto de ensamblado.
 La mayoría de los productos la excepción del ensamblado se ensambló en de esta forma.
 Así es como se hace realmente en el número de partes ensamblado.

Análisis Ergonómico

Contramedidas de mejora y seguimiento



Fixture que evite las actividades anti ergonómicas, la cual es el ensamble donde se produce el candado abierto.

Defectos bajaron a 0 en unas semanas.

ANEXO 5

Reporte A3 para la línea RF's

Nombre de A3: RF's Fecha de elaboración: DD/MM/AAA

Antecedentes

- RF's es un sub proceso del área de coaxiales.
- El área de RF's es de 72.5 metros cuadrados, con un alto de 5 metros y un largo de 14.5 metros Línea de producción más importante del área.

Condiciones actuales



En el área de RF's existen 3 tipos de recorridos.

Amarillo: Representado por materialistas.

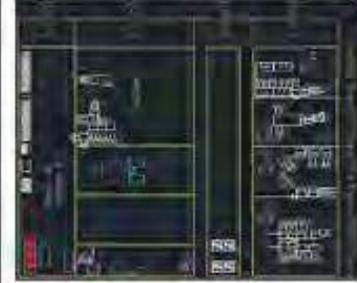
Verde: Es el recorrido al sistema de información

Azul: Recorridos casuales.

Objetivos

Reducción y optimización de espacios en las líneas de producción que engloban RF's, con el fin de dar lugar a nuevos proyectos de gran magnitud.

Análisis



Se analizo el espacio que se tenia, tanto en metros cuadrados, así como también cuales líneas de producción podrían ser modificadas o fusionadas con otras, con el fin de ahorrar espacios.

Contramedidas de mejora y seguimiento

Recomido	Recomido azul	Recomido verde	Recomido amarillo
Antes	45	328.6	801.78
Después	5.76	133.52	155.25
Ahorro	- 39.24 m (87.2%)	- 195.08 m (59.36%)	- 446.53 m (74.20%)



