

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

PROYECTO DE GRADUACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD”

TEMA:

**“MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO Y DE LA CALIDAD DE LOS
TUBOS DE ALIMENTACIÓN UTILIZADOS EN UNA COCINA
DOMÉSTICA A GAS”**

AUTOR:

FIGUEROA ALVARADO FREDDY FABIANNY

Guayaquil-Ecuador

AÑO

2016

DEDICATORIA

A Germania por estar siempre conmigo (†).

A Karina por su amor, comprensión y ayuda en mi vida.

A Carmelita por ser guía y luz en mi vida.

AGRADECIMIENTO

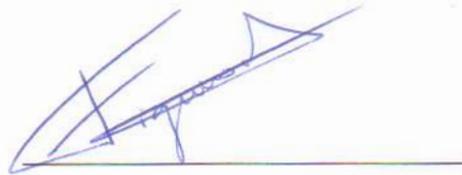
Al Ing. Pablo Araujo por su gran aporte en la realización de este tema.

A la MSc. Shirley Tigrero.

A la Ph.D. Sandra García.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

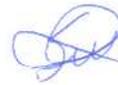


Ing. Freddy Fabianny Figueroa Alvarado

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Omar Ruiz Barzola, Ph.D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Sandra García Bustos, Ph.D.
DIRECTORA DEL PROYECTO



Alex Luque Letechi, MPC.
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Figueroa', is written above a horizontal line.

Ing. Freddy Fabianny Figueroa Alvarado

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	V
AUTOR	VI
CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS:	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS:.....	X
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVO GENERAL.	2
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.	2
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. LA MEJORA CONTINUA Y KAIZEN.....	4
2.1.1 DEFINICIÓN.	4
2.1.2 ANTECEDENTES DE LA MEJORA CONTINUA	4
2.2. EL CICLO P-H-V-A Ó CÍRCULO DE DEMING.	6
2.2.1. PLANIFICAR	7
2.2.2. HACER	8
2.2.3. VERIFICAR.....	8
2.2.4. ACTUAR.....	8
2.3 HERRAMIENTAS DE CALIDAD	8
2.3.1 HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE OPORTUNIDADES	8
2.3.2 HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	9
2.3.3 HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA EL ANÁLISIS DE CAUSAS.	16

2.3.4	HERRAMIENTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ACCIONES DE MEJORA	21
2.3.5	HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS.	23
2.4.	MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)	25
2.4.1.	ANTECEDENTES	25
2.4.2.	DEFINICIÓN.....	27
2.4.3.	TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA.	27
2.4.4.	MAPEO DE LA CADENA DE VALOR (VSM)	29
CAPÍTULO 3		33
3.	LA ORGANIZACIÓN Y SU PROCESO PRODUCTIVO.....	33
3.4.	PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PRODUCTO	35
3.5.	EL PRODUCTO Y SU NIVEL DE PRODUCCIÓN.....	36
CAPÍTULO 4		40
4.	METODOLOGÍA	40
4.1.	DEFINICIÓN.....	40
4.2.	MEDICIÓN.....	41
4.2.1.	TOMA DE DATOS DE LOS PROCESOS.....	42
4.2.2.	DEFECTOS DE FABRICACIÓN POR PROCESO.	72
4.3.	PLANIFICACIÓN	73
4.3.1.	DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.	75
4.3.2.	MAPEO DE LA CADENA DE VALOR ACTUAL.	75
4.3.3.	DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA SITUACIÓN FUTURO.	80
4.3.4.	MAPEO DE LA CADENA DE VALOR DE LA SITUACIÓN FUTURA.....	80
4.3.5.	ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	84
4.3.6.	PLANTEAMIENTO DE ACTIVIDADES.....	84
4.4.	IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN.....	85
CAPÍTULO 5		95
5.	ESTANDARIZACIÓN.....	95
5.1.	HOJAS DE TRABAJO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE ARMADO DE PLACA Y SOPORTE “U”.....	95
5.2.	HOJAS DE TRABAJO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE DOBLADO FINAL.....	95
5.3.	INDICADOR DE PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TUBO DE QUEMADOR SUPERIOR.....	96
CAPÍTULO 6		97

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
6.1.	CONCLUSIONES.....	97
6.2.	RECOMENDACIONES.....	97
	Bibliografía.....	99

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1	Diferentes tipos de histogramas dependiendo de la forma de sus datos.	16
Tabla 2	Tabla de componentes del producto.....	37
Tabla 3	Producción diaria, mensual y anual del producto.	38
Tabla 4	Reducción de la producción entre el año 2014 y 2016	41
Tabla 5	Requisitos del cliente.	42
Tabla 6	Datos del proceso de corte	43
Tabla 7	Datos del proceso de formación de anillo perimetral.....	46
Tabla 8	Datos del proceso de roscado.....	49
Tabla 9	Datos del proceso de acoplamiento de inyector	52
Tabla 10	Datos del proceso de colocación de Loctite.....	55
Tabla 11	Datos del proceso de ajuste de inyector	57
Tabla 12	Datos del proceso de primer doblado.....	59
Tabla 13	Datos del proceso de colocación de placa.....	61
Tabla 14	Datos del proceso de colocación de placa.....	63
Tabla 14	Datos del proceso de formación de bicono	64
Tabla 16	Datos del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 1	65
Tabla 17	Datos del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 2	66
Tabla 18	Datos del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 3	66
Tabla 19	Datos del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 4.....	67
Tabla 20	Datos del proceso de doblado final	70
Tabla 21	Datos del proceso de almacenaje en dispositivo	71
Tabla 22	Defectos de fabricación por proceso	72
Tabla 23	Resumen de los defectos de fabricación encontrados.	73
Tabla 24	Matriz de decisión para la selección de la mejor alternativa.....	74
Tabla 24	Familia de productos de la empresa ABC S.A.....	75
Tabla 26	Recopilación de datos en el proceso de fabricación.....	76
Tabla 27	Recopilación de datos en inventario.	77
Tabla 28	Tabla de capacidad de proceso actual para el armado de placa y soporte “U”, doblado final	81
Tabla 29	AMFE de la situación actual en el área entre el armado de placa y soporte “U” con el doblado final	84
Tabla 30	Acción de mejora para disminución del inventario de la empresa ABC S.A.	84
Tabla 31	Actividades a realizar para la implementación de la mejora.....	85
Tabla 32	Datos de la implementación en el proceso de armado de placa y soporte “U”.....	86
Tabla 33	Datos de la implementación en el proceso de doblado final.....	86
Tabla 34	Cálculo de los rangos y medias en el proceso de armado de placa y soporte “U”.....	87

Tabla 35 Cálculo de los rangos y medias en el proceso de doblado final.....	87
Tabla 36 Mediciones al inventario antes del doblado final.....	92
Tabla 37 Lead time de inventario en el proceso de doblado final después de la implementación	93
Tabla 38 Aumento de la rentabilidad de la implementación por nómina	94
Tabla 39 AMFE de la implementación en el área entre el armado de placa y soporte “U” con el doblado final	94

ÍNDICE DE GRÁFICOS:

Gráfico 1 Porcentaje de producción de acuerdo al tipo de gas utilizado	38
Gráfico 2 Porcentaje de producción de acuerdo al diámetro de salida del inyector.....	38
Gráfico 3 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario en el proceso de corte...	44
Gráfico 4 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación en el proceso de corte.....	44
Gráfico 5 Histograma de frecuencias de la longitud de corte.	45
Gráfico 6 Histograma de frecuencias de la cantidad de unidades en el corte	45
Gráfico 7 Histograma de frecuencia del tiempo del ciclo del operario de la formación de anillo perimetral	47
Gráfico 8 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación en el proceso de formación de anillo perimetral	47
Gráfico 9 Histograma de frecuencias de la cantidad de unidades en el proceso de formación de anillo perimetral	48
Gráfico 10 Histograma de frecuencias de la cantidad de defectos en el proceso de formación de anillo perimetral	48
Gráfico 11 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario 1 en el proceso de roscado	50
Gráfico 12 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario 2 en el proceso de roscado	50
Gráfico 13 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación para el roscado del operario 1	51
Gráfico 14 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación para el roscado del operario 2	51
Gráfico 15 Histograma de frecuencias de del tiempo de ciclo del operario en el proceso de acoplamiento de inyector para el operario 1	53
Gráfico 16 Histograma de frecuencias de del tiempo de ciclo del operario en el proceso de acoplamiento de inyector para el operario 2	53
Gráfico 17 Histograma de frecuencias de los defectos en el acoplamiento de inyector para el operario 1	54
Gráfico 18 Histograma de frecuencias de los defectos en el acoplamiento de inyector para el operario 2	54
Gráfico 19 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario en el proceso de colocación de Loctite	56
Gráfico 19 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación en la colocación de Loctite .	56

Gráfico 19 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario en el proceso de ajuste de inyector.....	58
Gráfico 18 Histograma de frecuencias del número de defectos en el ajuste del inyector.	58
Gráfico 23 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de primer doblado.....	60
Gráfico 24 Histograma de frecuencias de defectos en el primer doblado.....	60
Gráfico 25 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de colocación de placa.	62
Gráfico 26 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de colocación de tuerca.	63
Gráfico 27 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de formación de bicono.	65
Gráfico 28 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 1	67
Gráfico 29 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 2	68
Gráfico 30 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 3	68
Gráfico 31 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 4	69
Gráfico 32 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de doblado final	70
Gráfico 33 Histograma de frecuencias de la del tiempo de ciclo del operario para el doblado final	71
Gráfico 34 Diagrama de Pareto de los defectos de fabricación en los procesos	73
Gráfico 35 Diagrama de recorrido de la situación actual de la empresa ABC S.A.....	75
Gráfico 36 Diagrama de Pareto del inventario por área.....	78
Gráfico 37 Mapeo de la cadena de valor de la situación actual de la empresa ABC S.A.	79
Gráfico 38 Diagrama de recorrido de la situación futuro de la empresa ABC S.A.	80
Gráfico 39 Mapeo de la cadena de valor de la situación actual de la empresa ABC S.A. con la idea de mejora	82
Gráfico 40 Mapeo de la cadena de valor de la situación futuro de la empresa ABC S.A. con la idea de mejora	83
Gráfico 41 Prueba de normalidad para el tiempo de ciclo del operario 1 en el proceso de armado de placa y soporte “U”	88
Gráfico 42 Prueba de normalidad para el tiempo de ciclo del operario 2 en el proceso de armado de placa y soporte “U”	88
Gráfico 43 Prueba de normalidad par el tiempo de ciclo del operario en el proceso de doblado final	89
Gráfico 44 Carta de control para el proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 1 .	90
Gráfico 45 Carta de control para el proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 2 .	91
Gráfico 46 Carta de control para el proceso de doblado final.....	91
Gráfico 47 Prueba de normalidad para el inventario en el área entre el armado y doblado final.	92
Gráfico 48 Hoja de trabajo estándar para el ciclo de armado de placa y soporte “U”.	95
Gráfico 49 Hoja de trabajo estándar para el ciclo de doblado final	96

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1. Esquema del ciclo PHVA	6
Ilustración 2. Aplicación de la herramienta 5W y H (Trías et al., 2011)	7
Ilustración 3. Ejemplo de diagrama OTIDA	10
Ilustración 4. Ejemplo de un diagrama de recorrido	11
Ilustración 5. Ejemplo de un diagrama de proceso funcional	11
Ilustración 6. Hoja de control para la distribución de una característica de calidad (Arvelaez et al., 2001)	12
Ilustración 7. Hoja de control de ítem defectuosos (Arvelaez et al., 2001)	13
Ilustración 8. Hoja de control de ubicación de defectos (Arvelaez et al., 2001).....	14
Ilustración 9. Diagrama de Pareto de la recopilación de quejas del Hotel Hard Rock en Balí (Heizer & Render, 2007).....	15
Ilustración 10. Ejemplo de diagrama causa-efecto o Ishikawa (Chang & Niedzwiecki, 1999). 19	
Ilustración 11. Ejemplos de diagramas de dispersión con sus valores de correlación	20
Ilustración 12 Cartas de Control para atributos.....	24
Ilustración 13 Cartas de Control para variables	25
Ilustración 14. Mapeo de la cadena de valor de estado actual (Martínez, Rivera, Vásquez, & Martínez Garza, 2005)	31
Ilustración 15. Ejemplo de un mapeo de la cadena de valor de estado futuro (Martínez, Rivera, Vásquez, & Martínez Garza, 2005).....	32
Ilustración 16. Layout del área de fabricación de ABC S.A.	34
Ilustración 17. Estructura organizacional de la empresa ABC S.A.....	35
Ilustración 18. Diagrama OTIDA de la empresa ABC S.A.	35
Ilustración 19. Tubo de alimentación de quemador superior.	36
Ilustración 20. Lluvia de ideas para los problemas identificados.....	74

INTRODUCCIÓN

Las empresas en el Ecuador hoy en día buscan alternativas que les permita seguir en la competitividad, aumentando su eficacia y eficiencia. Dichas alternativas entre las que sobresalen son los ciclos de mejora continua como el proceso de manufactura esbelta. También el rediseño del producto se convierte en otra alternativa ya que el arancel impuesto a la materia prima y las disposiciones regulatorias con respecto al trabajador, hacen difícil manejar el costo del producto.

La manufactura esbelta se considera como aquella herramienta que ayuda a agregar valor al producto reduciendo o eliminando aquello que no se requiere. Esto es, reduciendo cualquier desperdicio y mejorando las operaciones manteniendo el respeto al trabajador.

La empresa de estudio, es una empresa que está especializada en el diseño y construcción de sistemas de combustión a gas para cocinas de uso doméstico. Inició sus operaciones el 14 de Abril del 2008. Su principal cliente es una empresa fabricante de cocinas a gas que destina el 90% de su producción a la exportación (Centro América, Colombia, Venezuela, Bolivia, Chile, Perú).

La manufactura de sus productos se desarrolla en varias etapas. Cada una de sus etapas tiene su procedimiento definido pero hay momentos en que se produce tiempos de espera sea por maquinaria o por necesidades humanas.

Debido a aquello, es indispensable reducir esas variables que afectan a la eficacia y eficiencia mediante una metodología enfocada a la mejora continua que disminuya esas paradas y defectos en el producto por maquinaria y error humano.

La misión de la manufactura esbelta es la de acortar el tiempo entre la orden y la entrega del producto disminuyendo los desperdicios. Esto lo hace especificando el valor del producto desde el punto de vista del cliente; luego se identifica la cadena de valor (Value Stream Mapping) para aplicar herramientas que eliminen aquellas actividades que no generan valor ya que el cliente no reconoce estas actividades ni contribuyen a la realización del producto.

CAPÍTULO I

1.1. PROBLEMÁTICA

En la actualidad por la contracción de la economía a nivel mundial y por no tener el país moneda propia (dolarizado), el nivel de competitividad de las empresas exportadoras ha disminuido. En el caso de su principal cliente, la producción se ha reducido en un 40% en el año 2015; por lo tanto todos sus proveedores (incluido la empresa en estudio) se han visto afectados.

La empresa ha disminuido la rentabilidad en su negocio de tal manera que se ha afectado el costo de la realización del producto en mención y no se tiene un registro apropiado para poder visualizar que actividades generan mayor costo.

Tampoco existe un control de inventario de los materiales e insumos, por lo cual genera un tiempo adicional para abastecerse de los mismos. Al no conocerse la cantidad exacta, se tantea la cantidad de materia prima por lo que a veces se necesita hacer paradas con el fin de abastecerse.

Los procesos en la fabricación del producto no están estandarizados. No existe un flujograma de las variables involucradas en el proceso (entradas vs salidas). Debido a esto, no se tiene tampoco estándares de producción lo que dificulta medir, controlar y mejorar.

Por último, la falta de procedimientos establecidos, políticas y principios organizativos, constituye una problemática ya que, si no se tiene los pilares fundamentales, la empresa no sabe cuál es su razón y hacia donde esperan llegar.

Lo que se busca es implementar las herramientas de manufactura esbelta con el fin de disminuir aquellas actividades que no generan valor y producen altos costos en el proceso. Es así que el cliente mantendrá su satisfacción manteniendo el mismo precio de venta.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación pretende identificar en detalle las actividades del proceso de fabricación del producto desde la materia prima, identificando que variables intervienen, los tiempos y los resultados preliminares.

Lo anterior mencionado permitirá ver los costos y las actividades que no generan valor en el proceso de fabricación del producto. Esto es un registro preliminar para ver la situación actual de la empresa en estudio. Una vez identificado aquello se trabajará en dichas actividades de manera particular.

Para lograr aquello se utilizarán herramientas de manufactura esbelta (Mapeo de la cadena de valor). También se utilizarán recursos estadísticos como diagramas de Pareto, histogramas, cartas de control, etc.

Con la aplicación de estas herramientas se podrá controlar el proceso de producción del producto, conocer los estándares de producción, lograr la satisfacción del cliente manteniendo estable el precio del mismo y tener un margen de utilidad mayor al 5%.

1.3. OBJETIVO GENERAL.

Mejorar el proceso de elaboración y de la calidad de la línea de fabricación del tubo de alimentación quemador superior.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

- Definir la situación actual de la producción del proceso de elaboración del tubo de alimentación quemador superior utilizado en una cocina doméstica a gas en un período máximo de una semana.
- Disminuir los estándares de tiempo en 10% en 3 meses.
- Aumentar la rentabilidad de la línea de fabricación (negocio) en un 5% en 3 meses.

1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La metodología se encuentra detallada en los siguientes capítulos.

En el CAPITULO DOS se realiza una descripción bibliografía del proceso de mejora continua, las técnicas de manufactura esbelta y las herramientas estadísticas aplicables en el desarrollo de la metodología.

En el CAPITULO TRES se realiza una breve descripción de la empresa, procesos, y capacidades operativas de las líneas.

En el CAPITULO CUATRO se despliega la metodología de manufactura esbelta aplicándola en el proceso de fabricación del producto como una propuesta que permita mejorar su producción.

En el CAPITULO CINCO se define una estandarización de la metodología para su continuidad en las operaciones de la Empresa.

En la parte final del estudio se definirá las conclusiones sobre la aplicación de la metodología y cumplimiento de los objetivos del proyecto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. LA MEJORA CONTINUA Y KAIZEN.

2.1.1 DEFINICIÓN.

La mejora continua es un concepto clave conocido en las organizaciones que han superado obstáculos y que han alcanzado metas acordes a su naturaleza. La mejora continua se basa en un trabajo arduo en busca del éxito. El trabajo en equipo es el pilar fundamental en estos tipos de trabajo bajo un espíritu Kaizen, que en sí es el verdadero motor del éxito en un sistema “Lean Manufacturing”¹.

El término “KAIZEN” muchos lo conocen como el “cambio para mejorar”, la traducción nace de las palabras japonesas KAI=cambio y ZEN=bueno (Hitpass, 2014, pág. 64). En síntesis, Kaizen es el cambio en la actitud de la gente, la actitud para la mejora, hacia el uso de las capacidades del personal logrando un sistema de gestión exitos. Obviamente este espíritu se transmite en toda la empresa y en la manera de dirigirla e implica una cultura de cambio continuo para crear nuevas y mejores prácticas llegando a sí a reflejarse la mejora continua. El significado de estos dos términos (mejora continua y Kaizen) pueden ser fáciles de imaginarse y hasta de entusiasmarse, pero la realidad muestra que en el entorno de una empresa la aplicación es muy difícil, si no hay un cambio de pensamiento y organización radical que perdure a cada momento a lo largo del tiempo.

2.1.2 ANTECEDENTES DE LA MEJORA CONTINUA

Los antecedentes de la mejora continua comienzan con los trabajos de Deming y Juran con lo que es calidad y control estadístico de procesos; a su vez estos trabajos sirvieron como puntos de estudio para los planteamientos de Ishikawa, Imai y Ohno, que se basaron

¹ “Lean manufacturing”, manufactura esbelta.

en la participación de los trabajadores en grupos o equipos de trabajo orientado a la resolución de problemas y al incremento de la responsabilidad personal. A partir de estas iniciativas, Kaizen es considerado como un elemento clave para la competitividad y el éxito de las empresas en Japón (Hernández Matías & Vizán Idope, 2013, pág. 27).

Es así que el espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” que trata de un estudio con innovaciones y mejoras realizado por los trabajadores y directivos, asegurando así una calidad con reducción de costes y entregando al cliente del producto o servicio en el tiempo acordado. Las innovaciones y mejoras a veces pueden ser radicales por ejemplo cuando se necesita mejorar el producto a través de reingeniería de procesos que involucre actualización de equipos y automatización. Sin embargo, el pensamiento Kaizen como indicamos tiene sus dificultades ya que no es fácil aprobar un cambio para la mejora ya que eso depende del cambio de mentalidad de los altos directivos y el resto del personal. Obviamente los trabajadores son el capital más importante de las organizaciones ya que están siempre en contacto con el medio de trabajo, son quienes conocen y perciben la presencia de un problema, y muchas veces son los más capacitados para dar soluciones de mejora.

Ante estas pautas se concluye que la mejora continua es el soporte básico del éxito creado en Japón es un factor importante a la hora de conseguir beneficios de implementación de cualquier herramienta Lean Manufacturing y que sea persistente en el tiempo.

A continuación, se muestra 10 puntos claves del espíritu Kaizen (Hernández Matías & Vizán Idope, 2013, pág. 29):

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.

8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

2.2. EL CICLO P-H-V-A Ó CÍRCULO DE DEMING.

El ciclo “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” fue desarrollado inicialmente en la década de 1920 por Walter Shewhart, y fue popularizado luego por W. Edwards Deming a partir de los años 50, razón por la cual es frecuentemente conocido como “Ciclo o Círculo de Deming” (Gilberto, 2005).

Este ciclo puede desarrollarse en cualquier y en todos los procesos de la organización. Está asociado a la planificación, implementación, control y mejora continua en cualquiera de sus escenarios, sea esto para la realización de un producto o para cualquier proceso de apoyo para la realización del mismo. Un ejemplo básico es cuando una organización ve un problema para solucionarlo o una mejora, luego se planifica, lo realiza, verifica los resultados y, dependiendo de estos se estandariza o se empieza nuevamente con nueva información. La ilustración 1 muestra un esquema de este ciclo en un modelo de calidad del proceso de gestión.

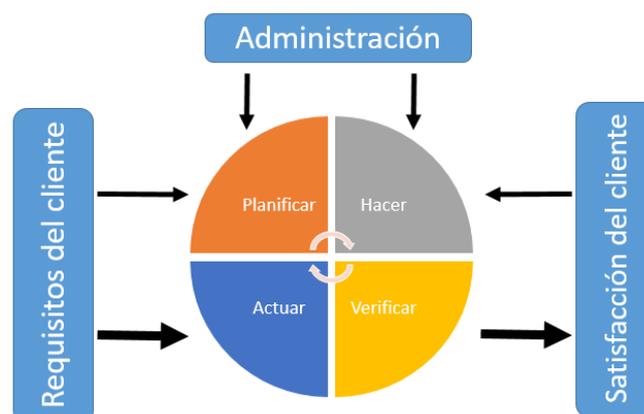


Ilustración 1. Esquema del ciclo PHVA
Elaborado por: Autor

El círculo de Deming lo componen 4 etapas de forma cíclica que son: planificar, hacer, actuar y verificar.

2.2.1. PLANIFICAR

Etapa que consiste en definir los planes y los objetivos que se pretende alcanzar en un tiempo determinado. Una vez definido aquello realizamos una evaluación para saber el estado actual de la organización y las áreas que se necesita mejorar. Se define el problema y el impacto que pueda tener. Después se hace una teoría de una solución viable para mejorar en una proporción para establecer una metodología de trabajo en el que se ensaya la teoría realizada.

LA REGLA DE LAS 5W + 1H

La 5W + H es una metodología de análisis organizacional que consiste en contestar seis preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW). Esta regla creada por Lasswell en 1979 puede considerarse como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar una mejora (Trías, González, Fajardo, & Flores, 2011).

Por lo general se aplica el ciclo P-D-V-A a un proceso específico para identificar las acciones con el fin de mejorar. Después se implementa la regla 5H + W para planificar dichas acciones. Por último, los indicadores medidos dirán que tan efectivo fueron las acciones tomadas. La ilustración 2 muestra la aplicación de esta herramienta en un proceso de auditoría interna.

Subproceso: Gestión del Programa de auditorías internas en LATU*						
Dimensión	Objetivo	Indicador	Meta	Medida	Análisis	Acciones
2004	Mejorar la gestión del Programa de auditorías internas	% de cumplimiento = (nº de auditorías realizadas/ nº de auditorías planificadas) x 100	80	65	No se logró la meta establecida aun pudiendo ser más exigente. Las auditorías no han sido realizadas en plazo debido al hecho que los recursos planificados (horas auditor) no fueron suficientes	Se cambia la meta a 90 % de cumplimiento. La fecha de la auditoría se planificará con mayor detalle. Se dará mayor seguimiento al cumplimiento del programa.
2005			80	77		
2006			90	88		
2007			90	90		

*Una evidencia objetiva de la mejora obtenida es el valor del indicador % de cumplimiento del Programa de auditorías internas luego de la mejora incorporada.

Ilustración 2. Aplicación de la herramienta 5W y H

Autor: Trías et al.

Fuente: Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos

2.2.2. HACER

En esta etapa se realiza la metodología de trabajo establecido en la etapa anterior. Se debe vigilar dicha metodología para que se lleve a cabo según lo acordado. Para la vigilancia se necesita tener un recorrido en el que incluyan los recursos y el tiempo con sus actividades. Por lo general se recomienda hacer una prueba piloto y ajustar los cambios si es necesario; una vez hecho cambios si existieran, se implementa a nivel general.

2.2.3. VERIFICAR

Etapa en la que se compara los resultados planificados con los que se obtuvo realmente. Primero se establece un indicador de medida ya que lo que no se puede medir, no se puede mejorar en una forma consecuente. Existen muchos ejemplos para explicar la verificación, pero en sí todo se resume en poner un objetivo medible y ver el avance para ver si realmente se lo está logrando.

2.2.4. ACTUAR

Etapa en la que se finaliza el Ciclo de Deming. Si al verificar se logra lo planificado entonces se sistematiza y documenta los cambios realizados; por otro lado, si al verificar nos damos cuenta que no se ha logrado lo deseado, se debe actuar rápido y corregir la teoría de solución y definir una nueva metodología de trabajo.

2.3 HERRAMIENTAS DE CALIDAD

Existen numerosas herramientas utilizadas en el campo de la calidad que dan soporte de acuerdo a su utilidad.

2.3.1 HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE OPORTUNIDADES

A. LLUVIA DE IDEAS

La lluvia de ideas o “brainstorming” es una herramienta en la que un grupo de personas se reúnen y dan ideas de forma espontánea con la finalidad de encontrar soluciones.

La ventaja principal que posee esta herramienta es que las ideas que van apareciendo no se critican. Todo es válido inclusive las ideas más absurdas y desbaratadas.

Las fases para esta herramienta son:

Preparación. En esta fase se establecen las condiciones para la realización de la reunión y provisión documental.

Calentamiento. Fase en la que se trata de que todos pierdan el miedo ya sea por sus sentimientos, deseos o capacidades.

Presentación del tema. Se presenta el tema y se establecen los límites para obtener una visión exacta del objeto de la reunión.

Registro de ideas. Cada participante da una idea y se registra.

Evaluación: se toma la decisión sea por el experto o por el grupo basándose por veredicto.

2.3.2 HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

A. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Es una herramienta de representación gráfica de un proceso en una organización. Cada etapa es representada por un símbolo que contiene los pasos y una descripción de la misma. Los símbolos gráficos del flujo de proceso se unen con flechas entre sí e indican la dirección del flujo del proceso.

En el diagrama de proceso se puede visualizar y comprender las actividades involucradas en el proceso y la relación existente entre ellas. También permite ver el flujo de información y materiales, las bifurcaciones en el proceso, los bucles de repetición y las operaciones entre diferentes departamentos. Ejemplo de estas actividades son el transporte, inspecciones, esperas, ensayos y reprocesos.

Los principales beneficios de esta herramienta son:

- Da una visión transparente del proceso mejorando su comprensión. La diagramación hace posible concebir todas las actividades e implementar mejoras, conociendo aquellas actividades específicas y sus interrelaciones en los procesos y subprocesos.
- Es una ayuda para definir los límites de un proceso. Se identifican y distinguen los diferentes proveedores y clientes (internos y externos) involucrados.

- Permite identificar las necesidades de los clientes y ajustar el proceso hacia la satisfacción de sus expectativas y necesidades.
- Provee una forma de comunicación más eficaz ya que se estandariza un lenguaje común. Para esto es necesario la capacitación para comprender la diagramación.
- Permite establecer los valores agregados a cada una de las actividades.
- Es una excelente referencia para definir los controles y las mediciones de los procesos. También sirve como referencia para medir los objetivos propuestos.
- Ayuda a mejorar las variables de tiempo y costes de las actividades. Con esto se obtiene más eficacia y eficiencia.

Existen diferentes tipos de diagramas de flujo de procesos entre los que podemos mencionar:

- OTIDA
- Diagrama de Recorrido
- Diagrama de Flujo Funcional.

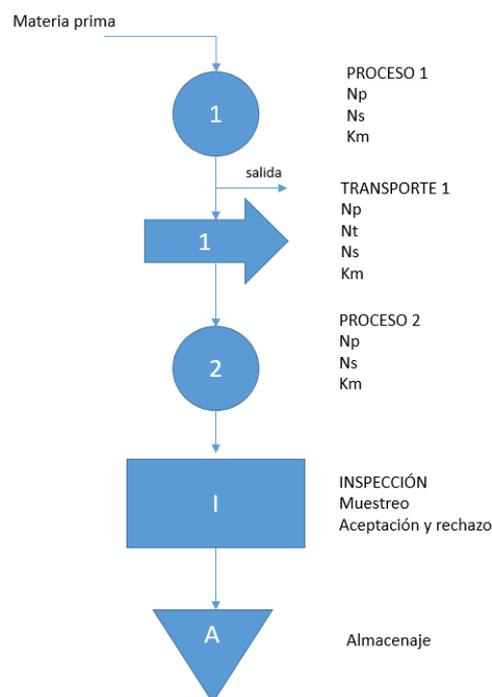


Ilustración 3. Ejemplo de diagrama OTIDA
Elaborado por: autor

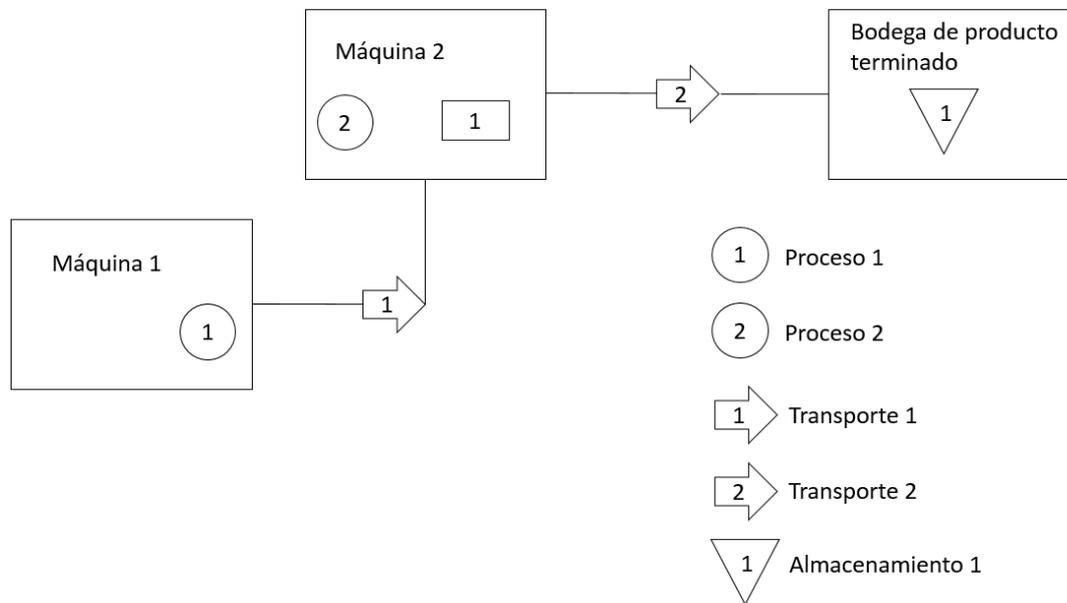


Ilustración 4. Ejemplo de un diagrama de recorrido
Elaborado por: autor

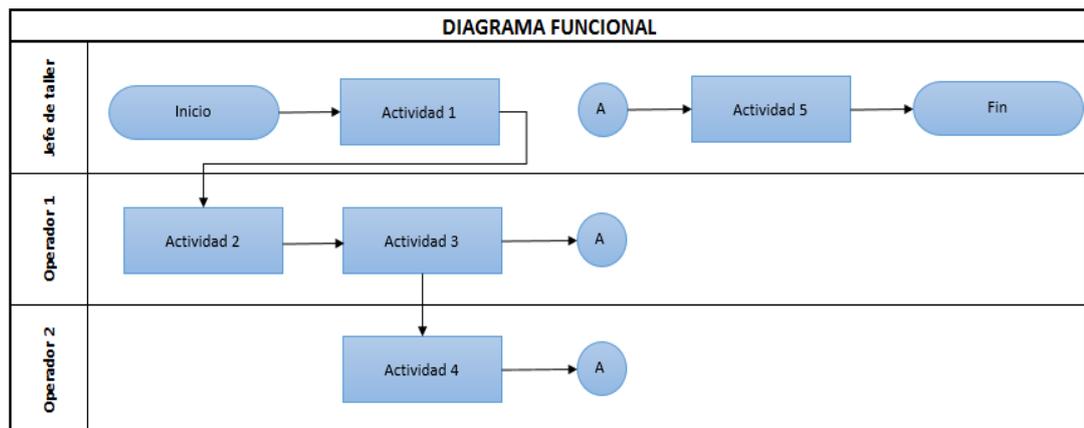


Ilustración 5. Ejemplo de un diagrama de proceso funcional
Elaborado por: autor

B. HOJA DE CONTROL

También denominada hoja de registro u hoja de recogida de datos. Es un formulario destinado a registrar información. Esta información en muchos casos pueden ser patrones de comportamiento. El objetivo principal de esta de la hoja de registro es identificar hechos o pautas que pueden ayudar en análisis posteriores. Estos hechos o pautas pueden ser:

- Fallas en el proceso
- Indicadores de gestión o desempeño
- Resultado de implementación de una acción correctiva o de mejora.

Entre los principales tipos de hoja de control tenemos (Arvelaez, Campbell, Ramirez, & Margely, 2011):

Hoja de control para la distribución de frecuencias. Sirve para agrupar datos en categorías excluyentes, es decir separados y clasificados por intervalos en el momento de la recopilación.

Part Name: Motor
 Characteristic: Reglaje de la Válvula de Admisión.
 Specification: 0.18 - 0.33

				5			10			15	Frecuencia
0.16											
0.17											
0.18	X										1
0.19	X	X									2
0.20	X	X	X	X							4
0.21	X	X	X	X	X	X					6
0.22	X	X	X	X	X	X	X	X			9
0.23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12
0.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X		10
0.25	X	X	X	X	X	X					7
0.26	X	X	X	X	X						5
0.27	X	X	X								3
0.28	X	X									2
0.29	X										1
0.30	X										1
0.31											
0.32											
0.33											
0.34											
0.35											
Total											63

Ilustración 6. Hoja de control para la distribución de una característica de calidad
 Autor: Arvelaez et al.
 Fuente: www.monografias.com

Hoja de control de defectos. Utilizada para cuantificar los defectos presentados en cada etapa de fabricación del producto. El fin de utilizar esta hoja de control es para crear las acciones correctivas en búsqueda de la mejora continua. Los datos pueden ser estratificados.

Hoja de registro

Producto: _____ Fecha: _____
 Etapa de manufactura: Insp. final _____ Sección: _____
 Tipo de defecto: rayones, incompleto, _____ Nombre del inspector: _____
 rajado, deformado _____ Número del lote: _____
 Número total inspeccionado: 1.525 _____ Número de orden: _____

Observaciones: Se inspeccionaron todos los ítems

Tipo	Registro	Subtotal
Rayas superficiales	/// //	17
Rajaduras	/// /	11
Incompleto	/// // // // // /	26
Deforme	///	3
Otros	///	5
	Total:	62
Total rechazados	/// // // // // // // // //	42

Ilustración 7. Hoja de control de ítem defectuosos
 Autor: Arvelaez et al.
 Fuente: www.monografias.com

Hoja de control de ubicación del defecto. Esta hoja es un complemento cuando no sólo se requiere ver la frecuencia y el estrato, sino también la ubicación que puede ayudar a encontrar la causa que lo genera. Por lo general, esta hoja de control contiene la figura del producto en donde se muestra los defectos ubicados en el mismo.

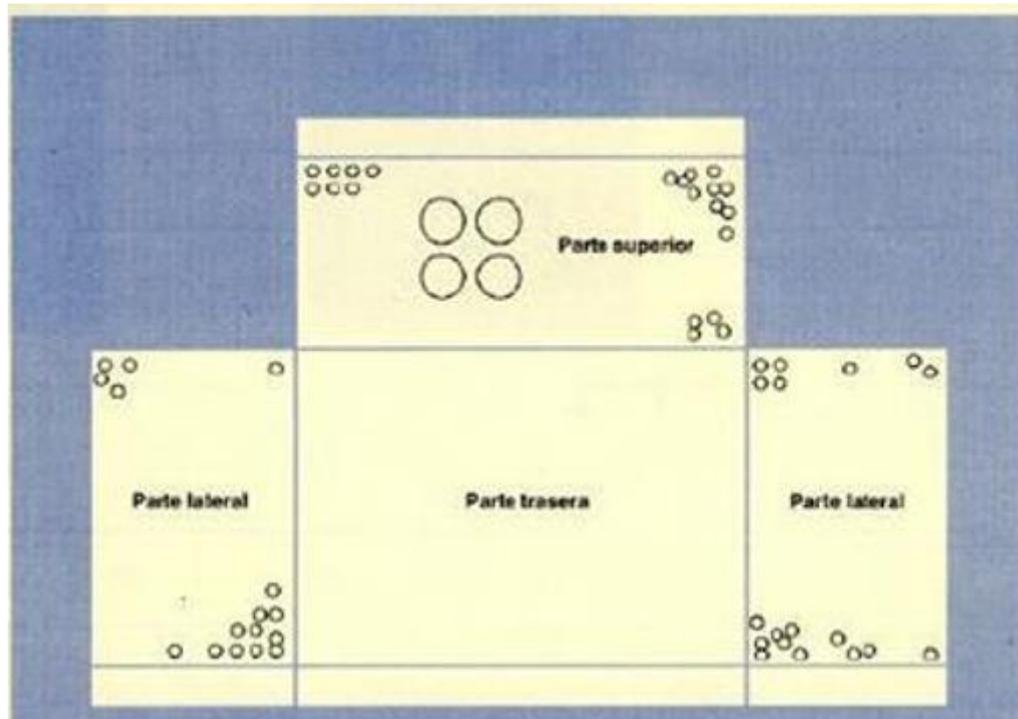


Ilustración 8. Hoja de control de ubicación de defectos
Elaborado por: Arvelaez et al.
Fuente: www.monografias.com

C. DIAGRAMA DE PARETO.

Un diagrama de Pareto es un método de clasificación de errores, problemas o defectos para ayudar a centrar los esfuerzos de resolución de problemas. Están basados en los trabajos de Vilfredo Pareto que sugirió que el 80% de los problemas de una empresa son resultado de sólo un 20% de causas.

La ventaja de utilizar esta herramienta es que indica que problemas, una vez resueltos, pueden producir mayor beneficio. También permite realizar una comparación en momentos de tiempo diferente.

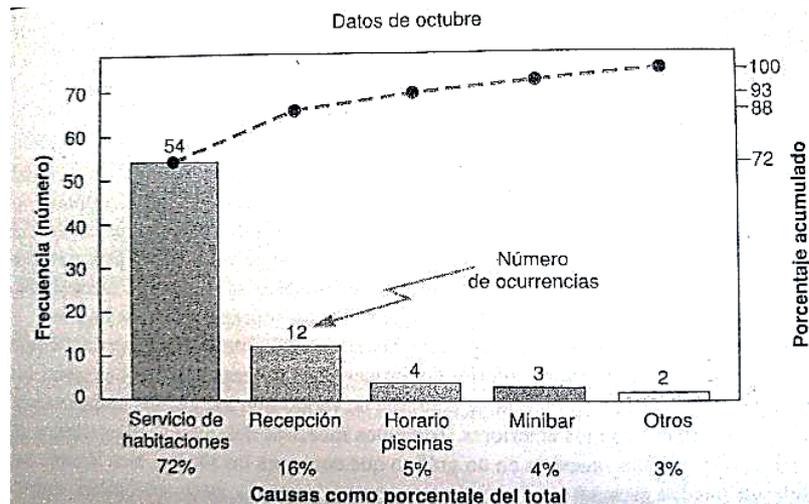


Ilustración 9. Diagrama de Pareto de la recopilación de quejas del Hotel Hard Rock en Balí
Elaborado por: Heizer & Render
Fuente: Dirección de la Producción y de Operaciones

D. HISTOGRAMAS.

Los histogramas muestran el rango de valores de una medida y la frecuencia con la que aparece cada valor. Indican los valores que se repiten más a menudo, así como las variaciones en la medida.

Sus principales ventajas son:

- Comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas.
- Mostrar grandes cantidades de datos dando una visión clara y fácil de la distribución.
- Mostrar cada clase de la distribución por separado

De acuerdo a la distribución de la frecuencia de los datos, pueden tener las siguientes formas:

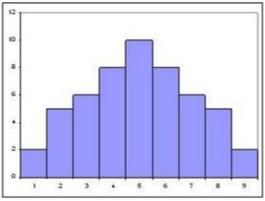
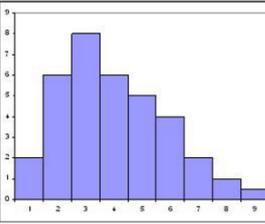
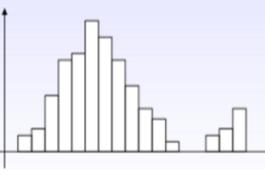
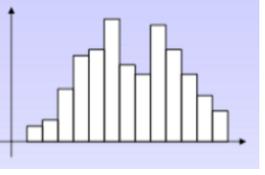
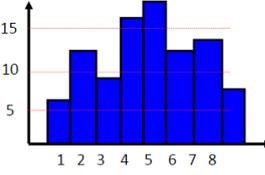
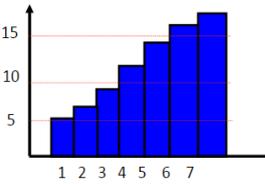
Histograma	Tipo
 <p>A histogram showing a normal distribution with 9 bars. The x-axis is labeled 1 to 9, and the y-axis ranges from 0 to 12. The bars are symmetric and centered around 5.</p>	<p>Normal o Campana de Gauss. Este tipo de histograma aparece cuando un proceso aleatorio está bien controlado. Los datos están agrupados alrededor del valor central.</p>
 <p>A histogram showing a right-skewed distribution with 9 bars. The x-axis is labeled 1 to 9, and the y-axis ranges from 0 to 9. The bars are higher on the left and taper off to the right.</p>	<p>Sesgado. Este tipo de histograma aparece cuando la tendencia de los valores está en un extremo. Un ejemplo aplicable es cuando se tiene un solo límite de especificación y no se desea producir ningún defecto.</p>
 <p>A histogram showing an isolated distribution with 9 bars. The x-axis is labeled 1 to 9, and the y-axis ranges from 0 to 9. The bars are clustered in the middle with a few outliers on both sides.</p>	<p>Aislado o con anomalía. Se presenta cuando se pierde control en el proceso por un corto período de tiempo. También si se tiene errores en la medición o en la toma de muestra, estos tienen esta forma.</p>
 <p>A histogram showing a bimodal distribution with 9 bars. The x-axis is labeled 1 to 9, and the y-axis ranges from 0 to 9. There are two distinct peaks, one around 4 and another around 6.</p>	<p>Bimodal. Este tipo de gráfico aparece cuando se tiene dos parámetros totalmente diferentes en un solo proceso, como por ejemplo datos de dos turnos diferentes, dos temperaturas diferentes.</p>
 <p>A histogram showing a comb distribution with 8 bars. The x-axis is labeled 1 to 8, and the y-axis ranges from 0 to 15. The bars are of varying heights, with some significantly higher than others, indicating outliers.</p>	<p>En peine o peineta. Se presenta cuando existen mediciones inadecuadas o registros favorecidos.</p>
 <p>A histogram showing a precipitous distribution with 7 bars. The x-axis is labeled 1 to 7, and the y-axis ranges from 0 to 15. The bars increase in height from left to right, indicating a process being adjusted towards a limit.</p>	<p>Precipicio. Parecido al tipo sesgado con la diferencia en que este tipo de gráfica existe alteración en parámetros con el fin de ajustar un proceso dentro de un límite de especificación o control establecido.</p>

Tabla 1 Diferentes tipos de histogramas dependiendo de la forma de sus datos.
Elaborado por: autor

2.3.3 HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA EL ANÁLISIS DE CAUSAS.

A. ANÁLISIS MODAL FALLO Y EFECTOS (AMFE)

El Análisis Modal de Fallo y Error AMFE es una herramienta de calidad que evita posibles fallos potenciales durante la fabricación de un producto. Los fallos potenciales

son clasificados para después priorizar cuales son los más importantes de solucionar sea por ser más peligrosos, más frecuentes, más incómodos para el usuario o más difíciles de detectar.

Para cuantificar estos fallos potenciales se utiliza el “número de prioridad de riesgo (NRP)”, el cual se lo calcula de la siguiente manera:

$$NPR = S \times O \times D$$

Donde:

S: Severidad o gravedad (probabilidad de falla percibido por el usuario)

O: Ocurrencia (probabilidad de que ocurra la falla)

D: Detección (probabilidad de no detectar el error antes de usar el producto)

Una vez conocido los valores de NRP de los fallos, se procede a priorizar los de mayor valor y se trabaja en las acciones para disminuir aquello. En ocasiones, además de guiarse por el NRP, utilizan el índice de gravedad también como referencia, aunque el NRP no sea prioridad.

B. DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO.

El diagrama causa-efecto fue creado en la década de los años 60 por Kaoru Ishikawa y lo definió como una herramienta que muestra los factores, elementos o variables que afectan un resultado (Campos Arenas, 2005). La representación se lo hace a través de una gráfica con todas las posibles causas que originen tal efecto en estudio.

Generalmente dicha gráfica toma la forma de una espina de pez por lo que toma el nombre de diagrama de espina de pescado (Galgano, 1995).

Existen tres métodos para el análisis respectivo y son:

- **Método de la clasificación de las causas.** En este método se definen las categorías de causas, las principales que servirán como punto de partida para el desarrollo del análisis. Las categorías de causas son: Máquina, Mano de obra, Materiales, Método, Medio ambiente y Moneda. A esta categorización se le denomina el de las seis M. A cada categoría se le asigna los factores posibles y se organiza las ideas estimulando la creatividad dejando de lado conceptos previos que impiden realizar el análisis.

- **Método por Fases del Proceso.** Este método consiste en poder examinar por separado cada fase del proceso de trabajo. Se construye una línea principal y sobre ella se establece las fases del proceso; una vez establecido aquello, se ramifica los factores que puedan ocasionar tal efecto o problema. Es de buena ayuda cuando se quiere detectar cuellos de botellas y problemas ocultos.
- **Método por Enumeración de las Causas.** Este método consiste en hacer una simple enumeración de todas las posibles causas. Dicha enumeración es lo más amplia y completa posible, recogiendo ideas de la técnica “tormenta de ideas” (brainstorming). Como segundas partes, las causas deben estructurarse poniendo de relieve las relaciones recíprocas, entre sí y respecto del efecto, en forma de diagrama. Así, el resultado final es similar a los precedentes, pero se ha partido de una simple enumeración. Una característica especial de este método radica en el libre proceso de enumeración de las causas. Sin embargo, pueden presentar problemas en las relaciones recíprocas entre las causas enumeradas, es decir, en su organización en el diagrama causa-efecto.

Las ventajas de utilizar estos tres métodos son:

Encuentran todas las causas posibles de un efecto o problema.

Permite la creatividad de los operarios del proceso dejando atrás toda creencia previa.

Facilita la explicación de las interacciones de los factores.

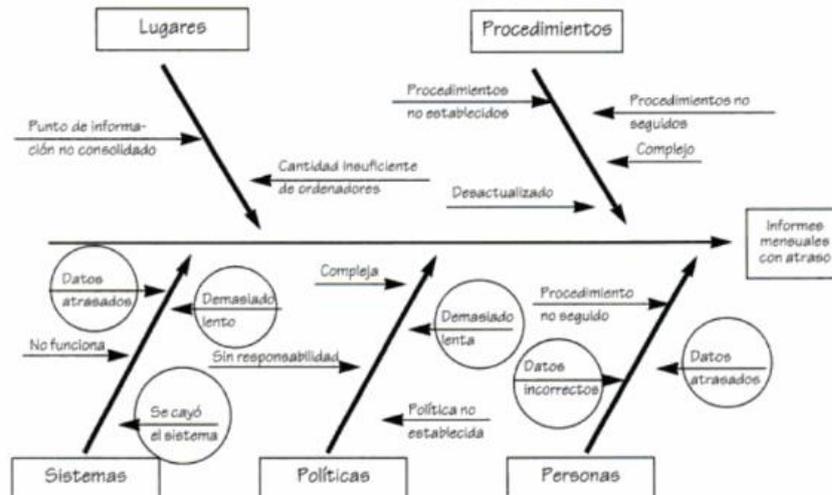


Ilustración 10. Ejemplo de diagrama causa-efecto o Ishikawa
 Elaborado por: Chang & Niedzwiecki
 Fuente: Las herramientas para la mejora continua de la calidad

C. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

El diagrama de dispersión es una herramienta que permite ver la relación entre dos variables de forma gráfica. Dicha relación puede estar relacionada de tal manera que, si aumenta el valor de una, el valor de la otra en estudio también puede aumentar o disminuir. Cuando el valor de una variable aumenta y la otra también aumenta, este tipo de correlación se llama correlación positiva. En cambio, si el valor de una variable aumenta y la otra disminuye, la correlación es negativa. Por último, si no existe ninguna de las dos tendencias mencionadas, las variables se revelarían independientes, por lo que no hay correlación.

Además, también se puede hablar de que tan fuerte es la correlación entre estas dos variables mediante el coeficiente de correlación. Este coeficiente toma valores entre -1 y +1, considerando los valores positivos entre 0 y +1 como una correlación positiva siendo +1 una correlación fuerte positiva; mientras que los valores negativos entre 0 y -1 corresponden a una correlación negativa siendo -1 una correlación fuerte negativa. Cuando el coeficiente de correlación toma el valor de 0 se dice que no existe relación, pero no necesariamente quiere decir que son independientes.

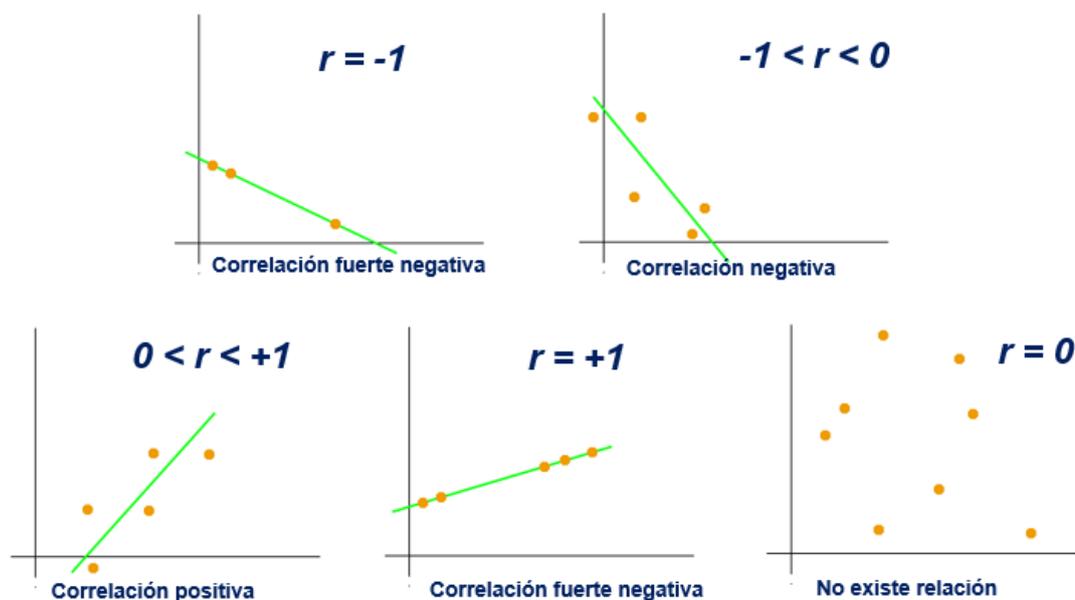


Ilustración 11. Ejemplos de diagramas de dispersión con sus valores de correlación
Elaborado por: autor

D. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Una hipótesis según la RAE es una suposición de algo posible o imposible para sacar de ello una consecuencia. (Real Academia de la Lengua, 2016)

Una prueba de hipótesis estadística es una técnica que se utiliza para determinar si existe suficiente evidencia estadística en una muestra para inferir que cierta condición es válida para toda una población.

Los elementos de una prueba de hipótesis son los siguientes:

- Hipótesis nula, denotada por H_0
- Hipótesis alterna, denotada por H_a
- Contraste de hipótesis, que es la contraposición de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. Bajo las condiciones que se han planteado solo existen dos decisiones que la hipótesis nula sea verdadera o la hipótesis alternativa sea verdadera.
- Región crítica de la prueba, es aquella región donde la hipótesis nula deba ser rechazada.

- Estadístico de prueba, que es una función que depende de los elementos de muestra, cuya regla de correspondencia permite decidir si la hipótesis nula deba ser rechazada o no.

La prueba de hipótesis posee dos tipos de errores que pueden darse. Estos errores son:

- Error Tipo I. Es el evento de rechazar la hipótesis nula sabiendo que es verdadera; la probabilidad de cometer este tipo de error se denota por α .
- Error Tipo II. Es el evento de que no se rechaza la hipótesis nula sabiendo que es falsa; la probabilidad de cometer este tipo de error se denota por β .

Existen diferentes tipos de pruebas de hipótesis dependiendo de lo que se quiere analizar.

Estas pruebas son:

- Prueba de hipótesis para la media.
- Prueba de hipótesis para la varianza.
- Prueba de hipótesis para proporciones.

2.3.4 HERRAMIENTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ACCIONES DE MEJORA

A. DISEÑO DE EXPERIMENTOS (DOE)

Es una herramienta utilizada en el diseño ideal de un producto, proceso o servicio con el fin de cumplir las expectativas o necesidades usando el mínimo de pruebas o experimentos (Jimeno Bernal, 2012). Aquello consiste en investigar el efecto de las variables de entrada llamados factores sobre una variable de salida conocida como respuesta al mismo tiempo.

Las etapas para diseñar un experimento con una configuración lo más próximo posible a lo deseado y a lo disponible son (Universidad de Granada, 2016):

1. Planteamiento general del problema y de los objetivos que se persiguen.
2. Selección y definición de la variable respuesta.
3. Elección de los factores y niveles que han de intervenir en el experimento.

4. Determinación del conjunto de unidades experimentales (personas, elementos físicos, etc.) incluidas en el estudio.
5. Determinación de los procedimientos por los cuales los tratamientos se asignan a las unidades experimentales.

B. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO.

Es una herramienta importante en la toma de decisiones. Toma en cuenta si un proyecto conviene o no realizarlo. Para esto se utilizan numeraciones y valoraciones en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente del proyecto.

Los pasos para elaborar un análisis costo-beneficio son:

1. Estudiar las necesidades considerando límites, plantear objetivos y metas claras.
2. Definir el punto de vista desde el cual se analizarán los costos y beneficios.
3. Recolectar datos que provienen de factores importantes con cada una de sus decisiones.
4. Hallar los costos involucrados en cada factor. Algunos costos serán exactos mientras que otros pueden ser estimados.
5. Sumar todos los costos para cada propuesta.
6. Hallar los beneficios para cada decisión.
7. Relacionar las cifras de los costos totales con los beneficios totales. Esto se lo hace mediante una división que tiene como numerador a los beneficios, y en el denominador a los costos.
8. Comparar todas las divisiones de los beneficios y costos para las distintas decisiones que se proponen. La mejor decisión en término monetario es la que mayor cociente tenga. Aquella decisión es sin duda la que mayor beneficio neto tenga.

C. MATRIZ DE DECISIONES

Es una técnica utilizada para clasificar las alternativas de una solución y elegir las prioritarias. Su estructura consiste en una tabla que posee filas y columnas. Cada fila representa una alternativa mientras que las columnas representan los estados de las

variables no controlables (factores) en la cual tienen sus pesos. En el interior de la tabla se colocan las valoraciones respectivas de cada alternativa en relación con los factores que se deben tomar en cuenta.

Las fases para la construcción de la matriz de decisiones son:

1. Colocar las alternativas del proyecto o solución en filas.
2. Colocar los factores que afectan la decisión en columnas.
3. Valorar cada alternativa mediante números. Estos pueden ser del 1 al 3, 1 al 5, etc.
4. Examinar el peso de cada factor, agregarlo a la tabla y calcular de nuevo la valoración multiplicándola por los pesos.
5. Dicha ponderación indicará la alternativa que responda a las expectativas de la empresa.

2.3.5 HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS.

A. GRÁFICAS DE CONTROL

Los gráficos o cartas de control son recursos importantes utilizados en la evaluación de resultados. Se trata de gráficos en donde se representan mediciones de un proceso y permite ver si se cumple con los límites de control y/o especificaciones establecidos. El objetivo principal de estas gráficas de control es eliminar las variaciones anormales presentes.

En estos tipos de gráficos es posible ver también gráficamente la media representada como una línea central y que es considerado como la característica de calidad.

Existen diferentes tipos de gráficas de control dependiendo del tipo de variable en estudio, de las cuales tenemos las gráficas de control para atributos y las gráficas de control para variables.

- **Gráfica de control para atributo.** Esta gráfica se aplica a características de calidad que son cualitativas, es decir, que no pueden ser cuantificadas numéricamente. Ejemplos de estas características son: la fracción o porcentaje de unidades defectuosas en la producción (p), el número de unidades defectuosas en

la producción (np), el número de defectos por unidad producida (u), el número de defectos de todas las unidades producidas (c).

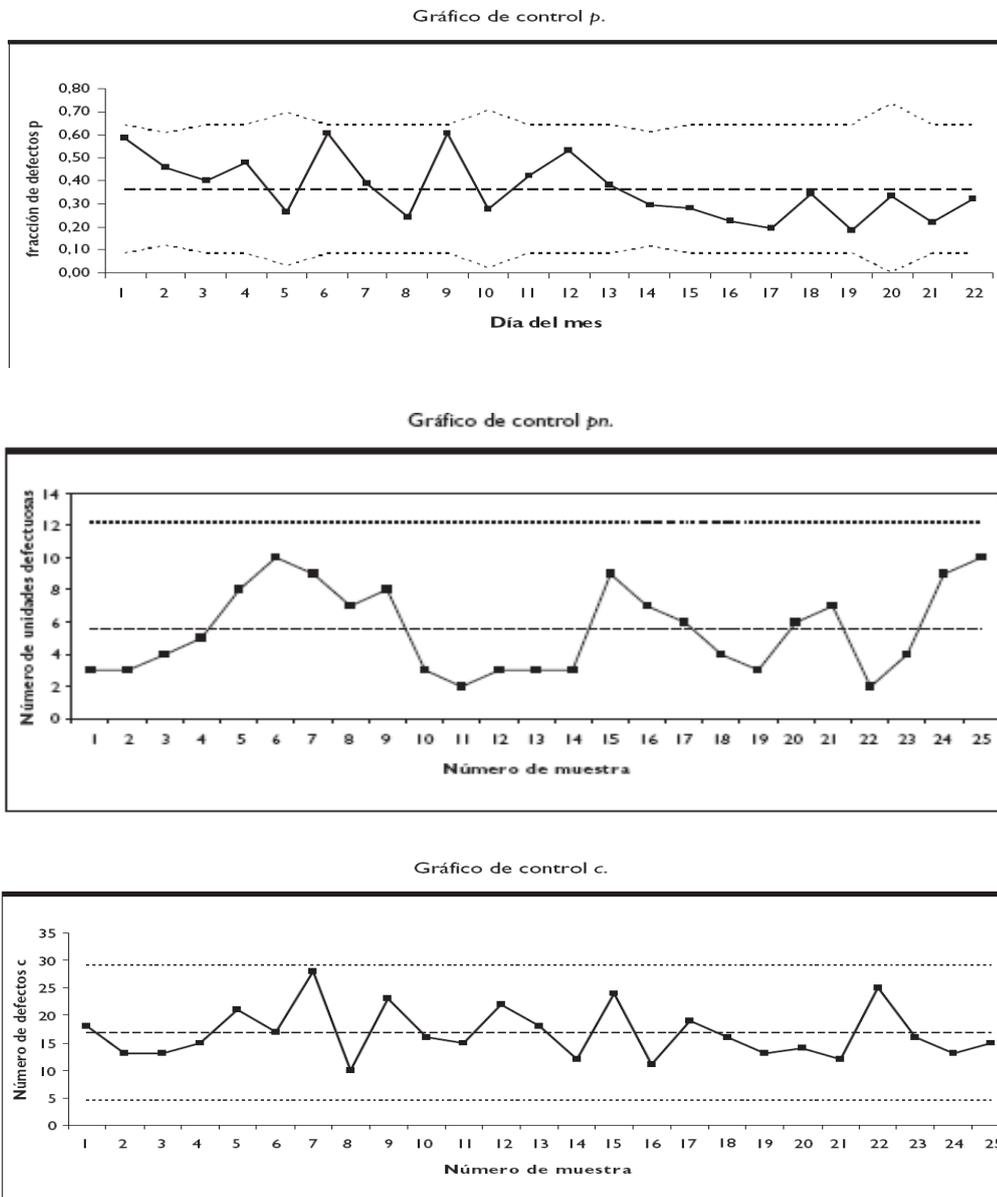


Ilustración 12 Cartas de Control para atributos
Elaborado por: autor

- **Gráfica de control para variable.** Este tipo de gráfica se aplica a características de calidad cuantificables (numéricas). Proporcionan más información que las gráficas de control por atributo sobre el rendimiento del proceso y permiten procedimientos de control más eficaces ya que se obtiene más información sobre

las causas que producen una situación fuera de control. También detectan mejor las pequeñas variaciones del proceso.

Los tipos de gráficas de control para variable son:

1. Gráfica de control de la media y el rango.
2. Gráfica de control de la media y la desviación.
3. Gráfica de control de la media y la varianza.
4. Gráfica de control de la media individual.

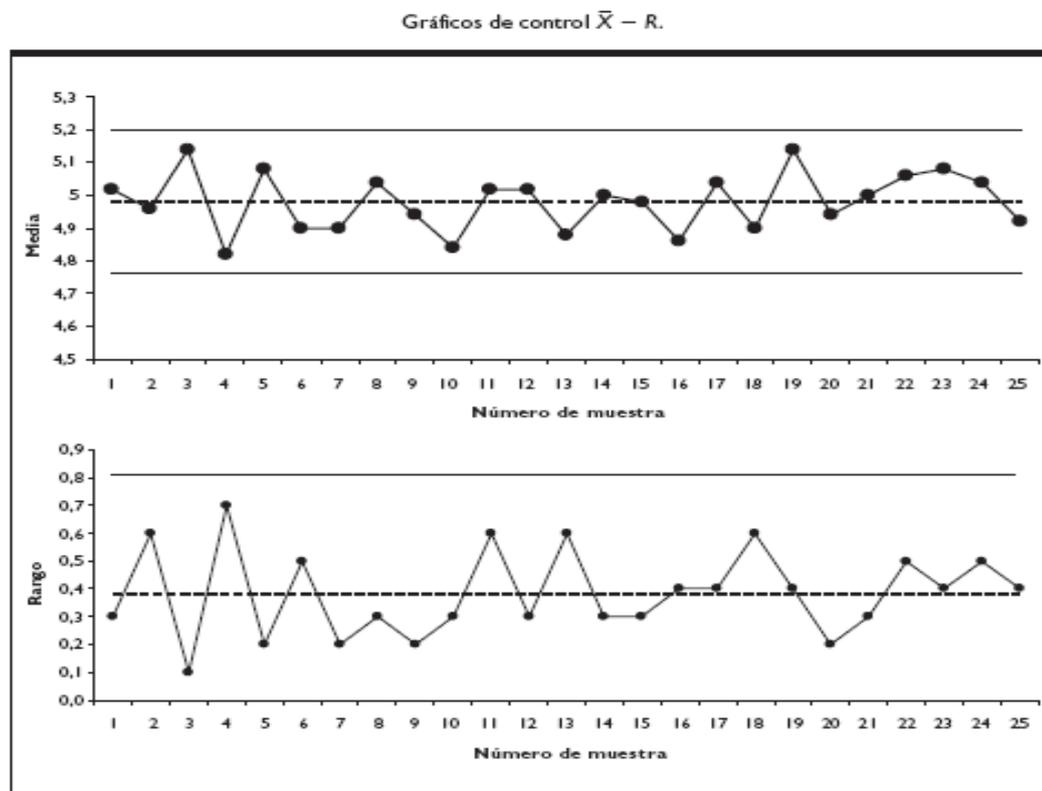


Ilustración 13 Cartas de Control para variables
Elaborado por: autor

2.4. MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)

2.4.1. ANTECEDENTES

La manufactura esbelta o “lean manufacturing” tuvo sus orígenes desde la primera revolución industrial con la producción en serie. Por el siglo XVIII, la industria utilizaba la energía hidráulica para sus procesos de fabricación de tal manera que las fábricas estaban organizadas físicamente en grupos funcionales homogéneos.

Con el paso del tiempo a través de la segunda revolución industrial surgieron tres personas que contribuyeron al desarrollo de la misma.

Frederick W. Taylor, padre de la organización científica del trabajo basado en los siguientes principios (Madariaga, 2013):

- Separación de la planificación del trabajo y la ejecución del trabajo (unos piensan y otros trabajan).
- Creación de los departamentos de métodos y tiempos (los que piensan).
- Análisis del trabajo mediante su división en elementos.
- Medición de los elementos de trabajo mediante la utilización del cronómetro.
- Asignación al trabajador de tareas cortas, repetitivas y fáciles de aprender.
- Establecimiento de un sistema de primas en función de la cantidad producida.

Hoy en día si bien es cierto no se utiliza ya el taylorismo, sin embargo, dos de sus principios, el análisis y la medición del trabajo siguen siendo válidos y son imprescindibles para el lean manufacturing.

Henry Ford, fundador de la Ford Motor Company y creador del Modelo T. El Modelo T consistía en la producción en masa de componentes de automóviles, lo que se logró gracias a los siguientes avances:

- Los nuevos métodos de fabricación de componentes intercambiables desarrollados previamente por Eli Whitney.
- En segundo lugar, el progreso de las máquinas y herramientas. Un ejemplo es la mecanización de piezas previamente endurecidas y eliminar los ajustes manuales con lima.
- En último lugar, la aplicación de los métodos de la gestión científica del trabajo desarrollado por Frederick W. Taylor.

Alfred P. Sloan, vicepresidente de General Motors (1918) y aportador de innovaciones en el campo del marketing y la gestión. Gracias a sus trabajos, se desarrollaron una amplia cantidad de productos a partir de los modelos Chevrolet, Pontiac, Buick, Oldsmobile y Cadillac con distintos tamaños, carrocerías, motorizaciones, acabados y precios. Creó la descentralización de la gestión mediante divisiones independientes, una para cada modelo. También descentralizó la producción de componentes. En la época de Alfred P.

Sloan se obtuvo el máximo esplendor de la producción en masa, de tal manera que casi el 100% del mercado americano estaba ocupado por los modelos de carros mencionados.

La línea de montaje móvil desarrollado por Ford sigue siendo válido a excepción de los grupos funcionales de trabajo, la búsqueda de óptimos locales, el “yo pienso, tú trabajas”, la ejecución del trabajo manual en ciclos ultracortos y el trabajo a prima serían sustituidos por un nuevo concepto.

Sistema de Producción Total Toyota (TPS), es un modelo productivo que superó la producción en masa; creado por Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno. Este modelo tiene como objetivo la mejora de la eficiencia de la producción mediante la eliminación constante del despilfarro. Este concepto no solo comprende los procesos de fabricación sino al resto de actividades de cualquier compañía.

2.4.2. DEFINICIÓN

La manufactura esbelta o “lean manufacturing” es un modelo de trabajo, basado en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios (Hernández Matías & Vizán Idope, 2013).

Los desperdicios mencionados por este modelo de trabajo se refieren a aquellos que tengan que ver con la sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Estas actividades que en sí no generan valor al cliente, tienden a ser eliminadas mediante el uso de la manufactura esbelta. Las técnicas utilizadas en este modelo de trabajo, abarcan a todas las áreas operativas de producción y ayudan a la organización de puestos de trabajo, a la gestión de la calidad, al flujo interno de producción, al mantenimiento, y a la gestión de la cadena de suministro.

2.4.3. TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA.

Las técnicas de manufactura esbelta son numerosas y se clasifican en tres grupos distintos (Hernández et. al., 2013).

Primer grupo. - formado por aquellas cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación, se hace posible ver en casi todas las empresas. Estas técnicas en muchas

ocasiones han sido de obligado cumplimiento ya que, si una empresa desea competir en el mercado, debe aplicar las mismas. Las técnicas de este grupo son:

- **Las 5S**, técnica que se utiliza para mejorar las condiciones del trabajo de una empresa organizando, ordenando y limpiando los puestos de trabajo.
- **SMED**, técnica empleada para disminuir los tiempos de preparación.
- **Estandarización**, técnica que elabora instrucciones escritas o gráficas que muestran el mejor método para hacer las cosas.
- **TPM**, conjunto de técnicas de mantenimiento productivo total cuyo objetivo es eliminar los tiempos de parada de las máquinas.
- **Control Visual (poka yoke)**, conjunto de técnicas de control e información visual cuyo objetivo es conocer el estado del sistema y ver los avances de las acciones de mejora.

Segundo grupo. - este grupo de técnicas son aquellas que se pueden aplicar a cualquier situación; sin embargo, se necesita un mayor compromiso y cambio cultural de todas las involucradas inclusive los mandos intermedios y directivos. Las técnicas para este grupo son:

- **Jidoka**, técnica que se basa en la incorporación de sistemas y dispositivos cuyas funciones se basan en la detección de errores de producción.
- **Técnicas de calidad**, conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de garantía de calidad que persiguen la disminución y eliminación de defectos.
- **Sistema de participación del personal (SPP)**, son sistemas de grupos de trabajo de personal organizados que supervisan y mejoran el sistema de manufactura esbelta.

Tercer grupo. - en este grupo se encuentran técnicas más específicas y avanzadas y que exigen recursos especializados para la implantación. Estas técnicas cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística. Las técnicas para este grupo son:

- **Heijunka**, técnicas que ayudan a planificar y nivelar la demanda de clientes, en volumen y variedad, durante un período de tiempo y que permiten a la evolución hacia la producción en flujo continuo, pieza a pieza.

- **Kanban**, sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas.

2.4.4. MAPEO DE LA CADENA DE VALOR (VSM)

El mapeo de la cadena de valor es un conjunto de acciones específicas requeridas para brindar un producto o servicio específico a través de las tareas de gestión críticas. Involucra todas las actividades en una sola vista para su análisis. Una vez estructurada se puede comparar con otro mapeo de la cadena de valor a futuro y así implementar las acciones de mejora. Esta herramienta se la utiliza como una herramienta de diagnóstico.

Las ventajas en el uso de esta herramienta son:

- Ayuda a ver y comprender el flujo de material e información del producto que se realiza a través de la cadena de valor.
- Identifica las actividades que generan y no generan valor.
- Es una base para la aplicación de las técnicas “Lean manufacturing”.

El Takt Time y el Tiempo de Ciclo Planificado.

El Takt time de un producto es el ritmo de la demanda del cliente y relaciona la demanda del cliente y el tiempo que se planifica para la producción. Sus unidades pueden ser en segundos, minutos u horas.

$$Takt\ Time = \frac{T_{planificado}}{Demanda\ del\ cliente}$$

El tiempo de la planificación es el tiempo del calendario laboral menos las paradas planificadas para descansos, tareas de las cinco S, mantenimiento, etc.

La relación que define al tiempo de ciclo planificado es la siguiente:

$$TCP = Takt\ time \times \frac{100\% - \%averías - \%cambios}{100}$$

En esta relación el porcentaje de cambios se refiere a los tiempos que se toma por cambiar de condiciones para elaborar otro producto que por lo general pertenece a la misma familia de fabricación. A esto se conoce como cambios de referencia.

Otro hecho importante es que el Tiempo de Ciclo Planificado es siempre menor que el Takt time, lo que indica que el ritmo de producción ha de ser mayor que el ritmo de la demanda del cliente. Mientras menos paradas no planificadas haya, más se aproxima el TCP al Takt time.

Por lo general siempre se toma en cuenta 8 horas laborales menos un 10% por averías y cambios. En otros casos se toma 7 horas laborales y sobre él se calcula el 10% por averías y cambios de referencia.

En los cálculos de los tiempos de ciclos de los operarios se debe tomar en cuenta que el Tiempo de Ciclo del Operario (TCO) debe siempre ser menor o igual al Tiempo de Ciclo Planificado.

El Lead Time y la Ley de Little en un mapeo de la cadena de valor.

El lead time como expresión tiene diferentes percepciones como por ejemplo el “lead time por pedido-entrega”, “lead time pedido-envío”, “lead time de fabricación”, “lead time de un lote”. Estas expresiones dan como definición al tiempo que transcurre, discurre o pasa el pedido, la materia prima o un lote desde la recepción hasta su expedición, envío o entrega al cliente.

En base a esto la Ley de Little aplicada a proceso de fabricación, relaciona las medias a largo plazo de la cadena de producción (unidades/tiempo), el inventario (unidades) y el lead time (tiempo).

La ecuación que define la Ley de Little es la siguiente:

$$\text{Inventario} = \text{Producción} \times \text{Lead Time}$$

En el mapeo de la cadena de valor esta ecuación es útil para encontrar el tiempo que demora el inventario en curso hasta ser proceso (WIP).

Definiendo el inventario en curso como WIP y como producción la demanda diaria, la ecuación que define el lead time queda de la siguiente manera:

$$\text{Lead time} = \frac{\text{WIP}}{\text{demanda diaria}}$$

En base a esta ley, se puede construir un gráfico en donde se incluyan todos los dato requeridos para obtener el lead time. Los pasos para la construcción de este gráfico son:

1. Selección de la familia de producto a ser evaluada.
2. Recolectar los requerimientos del cliente.
3. Identificar los principales procesos y recolectar información.
4. Recolectar información de inventarios y flujo de materiales.
5. Recolectar datos de flujo de información
6. Calcular el lead time.

Un ejemplo de esta herramienta se puede ver en las siguientes ilustraciones.

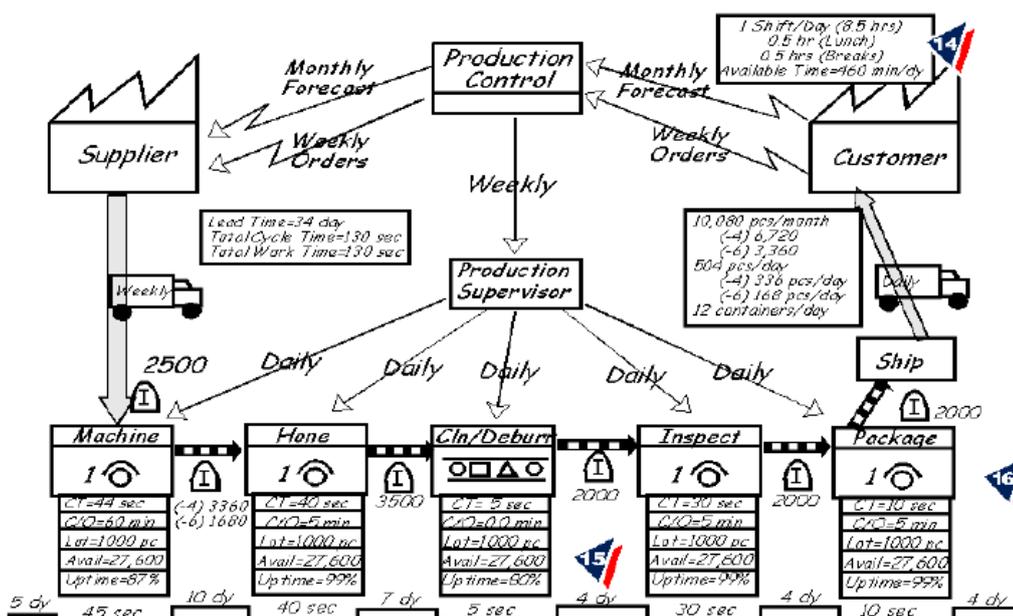


Ilustración 14. Mapeo de la cadena de valor de estado actual

Elaborado por: Martínez et al.

Fuente: www.monografias.com

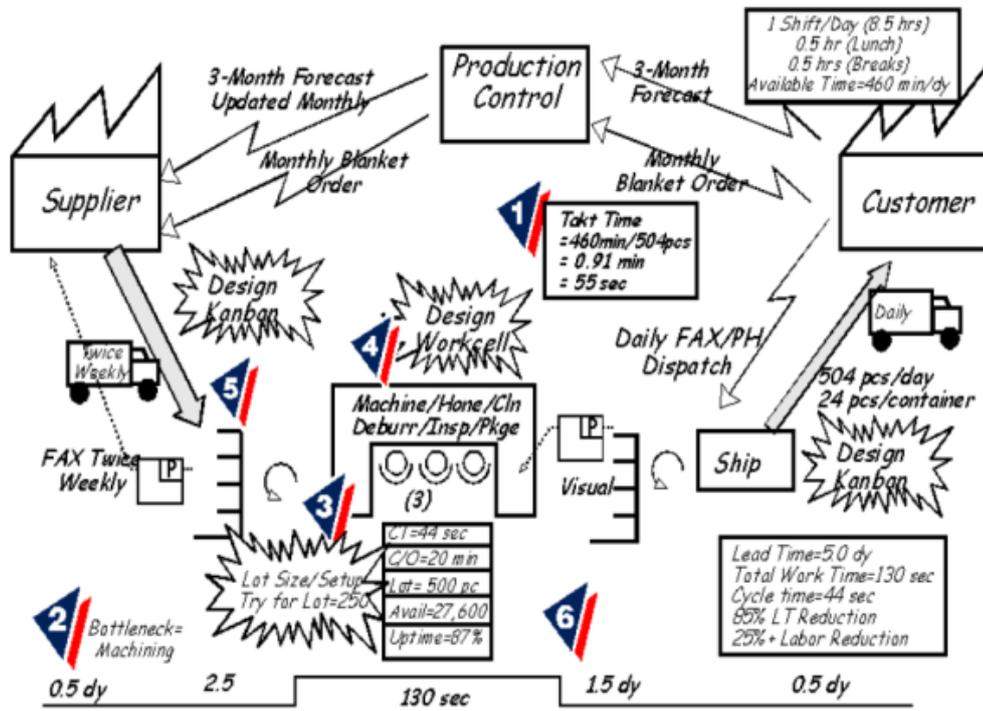


Ilustración 15. Ejemplo de un mapeo de la cadena de valor de estado futuro

Elaborado por: Martínez et al.

Fuente: www.monografias.com

CAPÍTULO 3

3. LA ORGANIZACIÓN Y SU PROCESO PRODUCTIVO

3.1. ANTECEDENTES

ABC S.A. es una empresa metalmecánica especializada en el diseño y construcción de sistemas de combustión a gas para cocinas de uso doméstico. Inició sus operaciones el 14 de abril del 2008 como un taller metalmecánico en un área de 150 m². En la actualidad posee una instalación de 1800 m² con un área de construcción de 800 m². Hoy en día es una fábrica con una estructura organizacional formal.

Inicialmente ABC S.A. empezó fabricando un solo producto y en la actualidad fabrica más de 140 items.

Sus principales clientes son los fabricantes nacionales de línea blanca. En nuestro país actualmente existen dos importantes fabricantes de línea blanca, cuyas ventas se han disminuido a nivel nacional e internacional significativamente debido a la contracción de la economía a nivel mundial y por no tener el país moneda propia (dolarizado). Estos problemas se han trasladado directamente a sus proveedores por lo cual es de carácter imperativo empezar un proceso de productividad y eficiencia en ABC S.A.

3.2. ESTABLECIMIENTO

Las instalaciones de la empresa están distribuidas de la siguiente manera: área de compresores, línea 1, 2, 3 y 4 de producción, un taller de mantenimiento y las oficinas administrativas. La ilustración 16 muestra el layout de las áreas de fabricación.

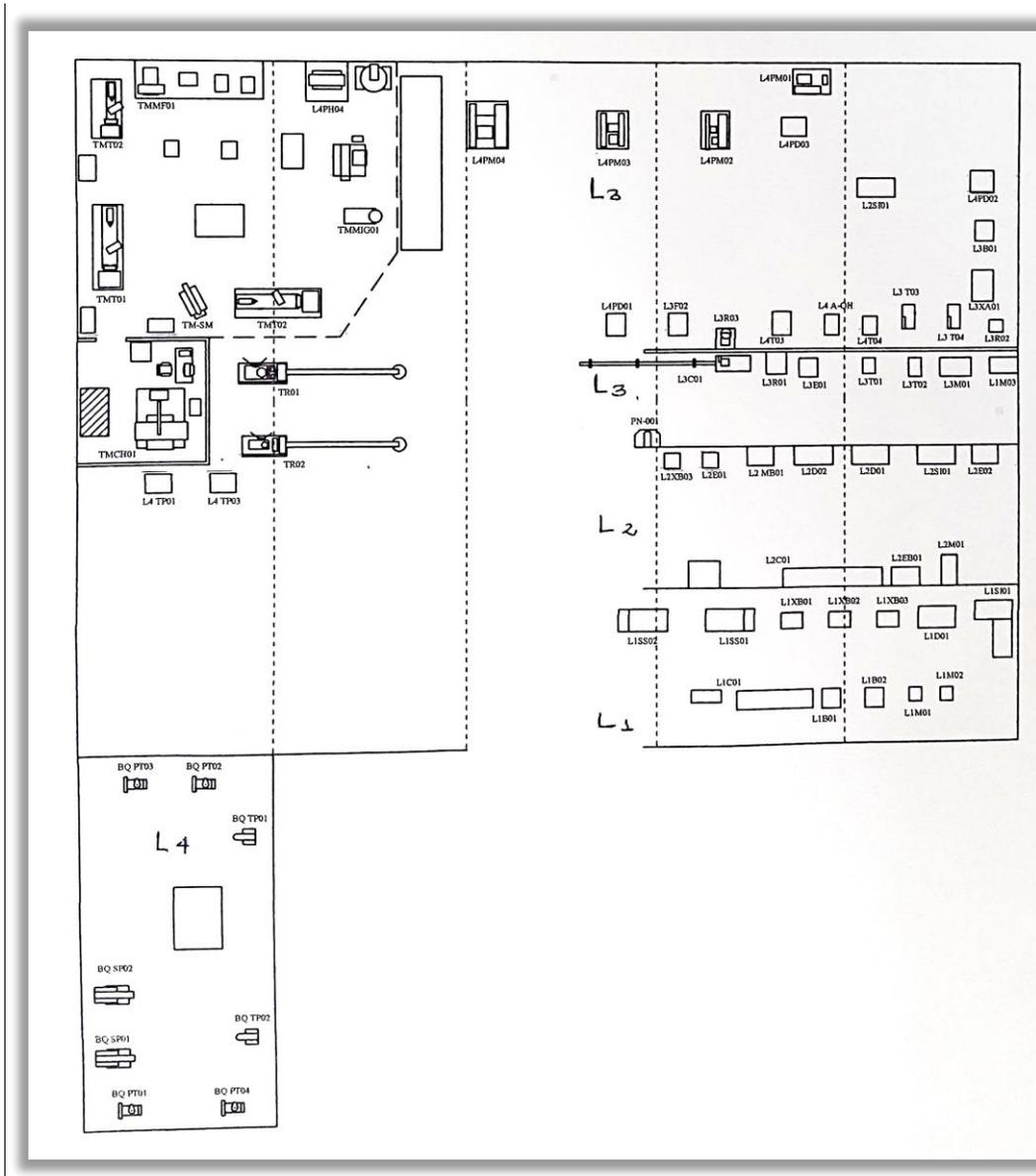


Ilustración 16. Layout del área de fabricación de ABC S.A.
Fuente: Gerencia General

3.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La empresa cuenta con un personal capacitado para las funciones necesarias con el fin de lograr la producción planificada. La característica de esta organización es la responsabilidad de cumplir los objetivos de la manera más efectiva manteniendo al personal en armonía y con protección.

Para el efecto, la empresa mantiene la siguiente estructura organizacional (ver figura 2.1):

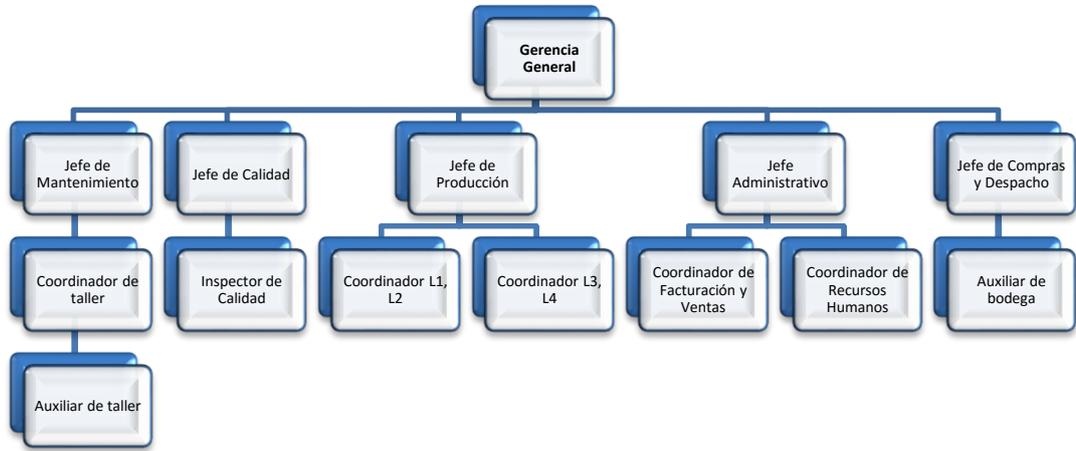


Ilustración 17. Estructura organizacional de la empresa ABC S.A.
Fuente: Gerencia General

3.4. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PRODUCTO

El proceso de fabricación del producto se describe detalladamente en la ilustración 18.

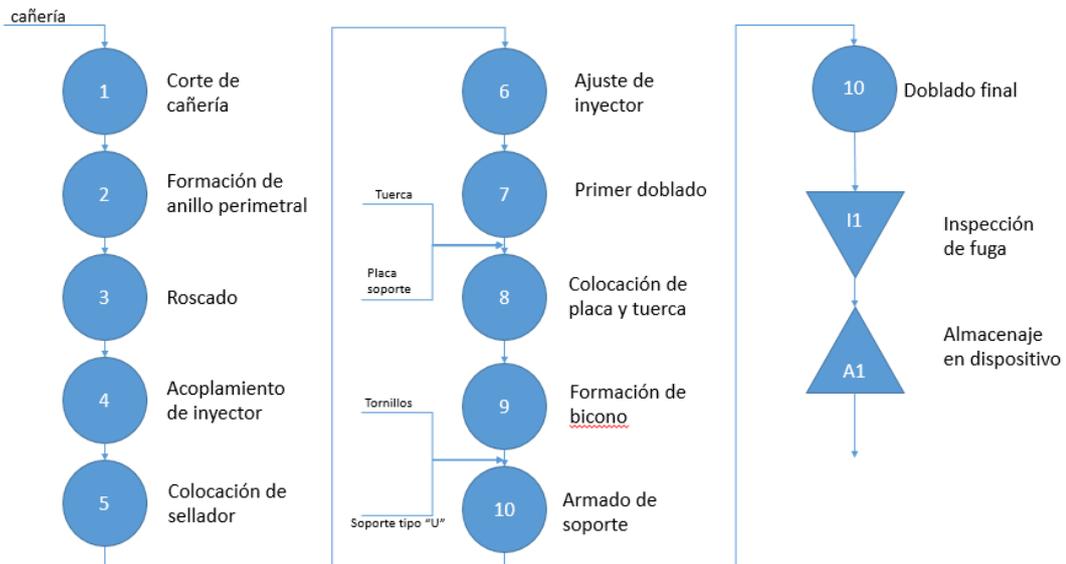


Ilustración 18. Diagrama OTIDA de la empresa ABC S.A.
Fuente: Gerencia General

3.5. EL PRODUCTO Y SU NIVEL DE PRODUCCIÓN.

El producto llamado “tubo de alimentación de quemador superior” es utilizado en los quemadores superiores de una cocina doméstica a gas. Estos se clasifican de acuerdo al gas utilizado para la combustión en una cocina doméstica a gas que pueden ser: Gas Natural y el Gas Licuado de Petróleo (GLP).



Ilustración 19. Tubo de alimentación de quemador superior.
Fuente: Gerencia General

El tubo de alimentación consta de las siguientes partes constitutivas:

Item	Foto	Cantidad por pieza	Nombre del componente	Función	Presentación de empaque	Almacenamiento	Material
1		1	Inyector o esprea	Dosificador de gas (natural ó GLP)	Paquetes 10000 unidades	Paquetes 100 unidades	Latón
2		1	Soporte "U"	Soporte del tubo alimentador	Cajas de 5000 unidades	Cajas de 5000 unidades	Acero galvanizado de 0,9 mm
3		1	Cañería del alimentador	Alimentar gas	Rollos de 60 kg	Rollos de 60 kg	Aluminio
4		1	Placa soporte	Fijar tubo de alimentación a soporte "U"	Cajas de 10000 unidades	Cajas de 10000 unidades	Acero galvanizado de 0,7 mm
5		2	Tornillo autoroscante	Fijar placa soporte	Paquete de 10000 unidades	Paquete de 10000 unidades	Acero
6		1	Tuerca	Fijar tubo alimentador a válvula	Paquetes de 2000 unidades	Paquetes de 2000 unidades	Zamak

Tabla 2 Tabla de componentes del producto.

Elaborado por: autor

La empresa fabricante dependiendo del tipo de gas a utilizar y el diámetro de salida del inyector, presenta la siguiente producción en promedio:

Gas utilizado	Inyector (mm)	Turno 8hr (unidades)	Mes (22 días) (unidades)	Anual (unidades)
Gas Natural	0,70	3280	72160	865920
	0,80	1080	23760	285120
GLP	0,9	13080	287760	3453120
	1,10	4360	95920	1151040

Tabla 3 Producción diaria, mensual y anual del producto.
Fuente: Gerencia General

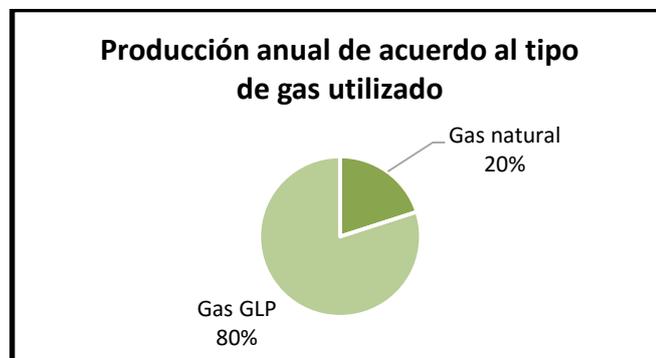


Gráfico 1 Porcentaje de producción de acuerdo al tipo de gas utilizado
Elaborado por: autor
Fuente: Gerencia General

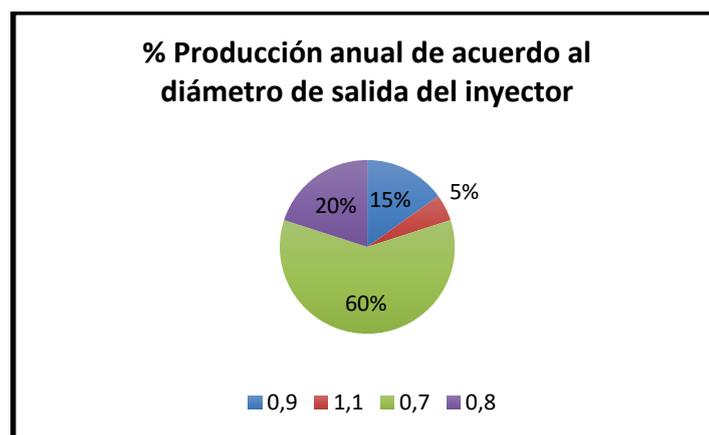


Gráfico 2 Porcentaje de producción de acuerdo al diámetro de salida del inyector
Elaborado por: autor
Fuente: Gerencia General

Las gráficas 1 y 2 correspondientes a la tabla 3 demuestran que la mayor producción de tubos se hace para GLP en 80%. Así mismo para este gas, el diámetro de salida de inyector que más se utiliza es de 0,70 mm con un porcentaje de 60%.

Esta producción es una estimación anual por lo que tiene su variabilidad no definida. La secuencia de la producción depende principalmente del cliente y del aspecto externo, por lo que medir esta variación es importante para una buena planificación de la empresa.

CAPÍTULO 4

4. METODOLOGÍA

Para la aplicación de la metodología se debe tomar en cuenta las etapas del ciclo de mejora continua y sus herramientas aplicables para la implantación sistemática. Cabe recalcar que la metodología es cíclica ya que una vez terminada la última etapa, se comienza de nuevo el ciclo y así sucesivamente para incorporar mejoras.

Se comenzará definiendo cual es el problema, cuantificarlo de tal manera que se pueda medir. Una vez realizada la medición, podremos planificar las posibles mejoras de tal manera que si en la implementación de estas, no se logra mejorar, se repite el ciclo hasta conseguir un resultado positivo.

Para esto, se utilizarán herramientas estadísticas en la medición y verificación de las acciones implementadas. Dichas herramientas serán solo las aplicables de acuerdo a la situación actual y hacia donde se desea llegar.

4.1. DEFINICIÓN.

Como primer paso vamos a establecer la situación actual de la empresa ABC S.A., delimitando y analizando la magnitud del problema.

A continuación, se presentan los problemas hallados de la empresa en estudio:

- Disminución en la producción del producto.
- Aumento del costo del producto.
- Falta de control de inventario.
- Procesos de fabricación no estandarizados.
- Falta de procedimientos establecidos, políticas y principios organizativos.
- Tiempo de entrega del producto al cliente elevado.

Una vez identificado los problemas, se procede a analizar las posibles soluciones con el fin de disminuir estos inconvenientes.

Dentro de las soluciones la empresa ha definido trabajar paso a paso para lograr resultados óptimos de acuerdo a su capacidad económica y humana. Es así que la empresa ha escogido como primera instancia mejorar el proceso de fabricación del tubo de alimentación de quemador superior. En este proceso el área utilizada es la línea de producción 1.

De los resultados obtenidos se espera conseguir lo siguiente:

- Aumentar la rentabilidad de la línea de fabricación en un 5%.
- Definir algunos estándares de producción de acuerdo al proceso de fabricación y disminuir los tiempos de las actividades que no generan valor agregado.
- Disminución del tiempo de entrega del producto al cliente.

4.2. MEDICIÓN

A fin de lograr los objetivos planteados, se realiza una investigación de la producción mensual promedio del producto entre el año 2014 y 2016.

Gas utilizado	Inyector (mm)	Producción por mes 2016	Producción por mes 2014	Reducción (%)
Gas Natural	0,9	72160	116520	38
	1,1	23760	37540	37
GLP	0,7	287760	474680	39
	0,8	95270	156170	39

Tabla 4 Reducción de la producción entre el año 2014 y 2016

Elaborado por: Autor

Fuente: Gerencia General

Una vez calculada la producción, se hizo un recorrido a través de la línea de producción 1 para conocer todas las actividades que se realizan, los equipos utilizados y la mano de obra capacitada. Una vez conocido el proceso, se procedió a realizar mediciones de tiempos y flujo de material. También se hizo una recopilación de los defectos de fabricación encontrados.

4.2.1. TOMA DE DATOS DE LOS PROCESOS

Para esta toma de datos se escogió dos días normales y laborables; después se procedió a recolectar la información necesaria. Los datos describen la actualidad de la empresa en esos días laborables.

Requisitos del cliente. - los requisitos del cliente se detallan en la siguiente tabla:

Requisitos	
Identificación del cliente	Fabricante de cocinas de uso doméstico a gas. Ellos desean producción sin aumento de costo por materiales y material prima.
Demanda actual	125 000 unidades de tubería mensual
Cronograma de entrega	1 mes contado a partir de la entrega de los dispositivos (inyectores)
Circunstancias especiales	Descuento por retraso

Tabla 5 Requisitos del cliente.
Elaborado por: Autor
Fuente: Gerencia General

Identificación e información de los principales procesos. -

Los principales procesos de acuerdo a la información de la empresa son:

- Corte de cañería
- Formación de anillo perimetral
- Roscado
- Acoplamiento de inyector
- Colocación de sellador
- Ajuste de inyector
- Primer doblado
- Colocación de placa y tuerca
- Formación de bicono
- Armado de soporte
- Doblado final
- Almacenaje en dispositivo

La información para cada uno de estos procesos son el tiempo de ciclo, tiempo de preparación, número de trabajadores y defectos.

A continuación, se muestra los datos obtenidos para cada uno de los procesos.

- **Corte.-** Para el corte se toma en cuenta el tiempo de preparación, el tiempo empleado para el corte y el número de trabajadores. En este proceso la longitud total de la bobina para el corte es de 1600 m. y se utiliza un solo operario. No se detectaron defectos.

El tiempo de preparación es el tiempo empleado para limpiar y ajustar cuchilla en esta etapa

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	Tiempo de preparación (s)	TCO (s/u)	Longitud de corte promedio (mm)
Lunes	52	70,0	6,0	1,5	406
Lunes	50	63,0	8,0	1,4	406
Lunes	50	67,0	7,0	1,5	406
Lunes	50	63,0	8,0	1,4	407
Lunes	51	69,0	9,0	1,5	406
Lunes	50	61,0	7,0	1,4	406
Lunes	51	73,0	9,0	1,6	407
Lunes	50	65,0	7,0	1,4	406
Lunes	50	67,0	6,0	1,5	407
Lunes	50	68,0	8,0	1,5	407
Lunes	51	69,0	8,0	1,5	406
Lunes	50	66,0	7,0	1,5	406
Lunes	50	65,0	8,0	1,5	407
Viernes	51	67,0	7,0	1,5	407
Viernes	52	71,0	9,0	1,5	407
Viernes	50	69,0	7,0	1,5	406
Viernes	50	65,0	6,0	1,4	406
Viernes	51	68,0	8,0	1,5	407
Viernes	52	72,0	7,0	1,5	407
Viernes	50	67,0	9,0	1,5	407
Viernes	50	65,0	6,0	1,4	406
Viernes	51	69,0	7,0	1,5	407
Viernes	50	65,0	6,0	1,4	407
Viernes	50	64,0	8,0	1,4	407
Viernes	50	67,0	8,0	1,5	406

Tabla 6 Datos del proceso de corte
Elaborado por: Autor
Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

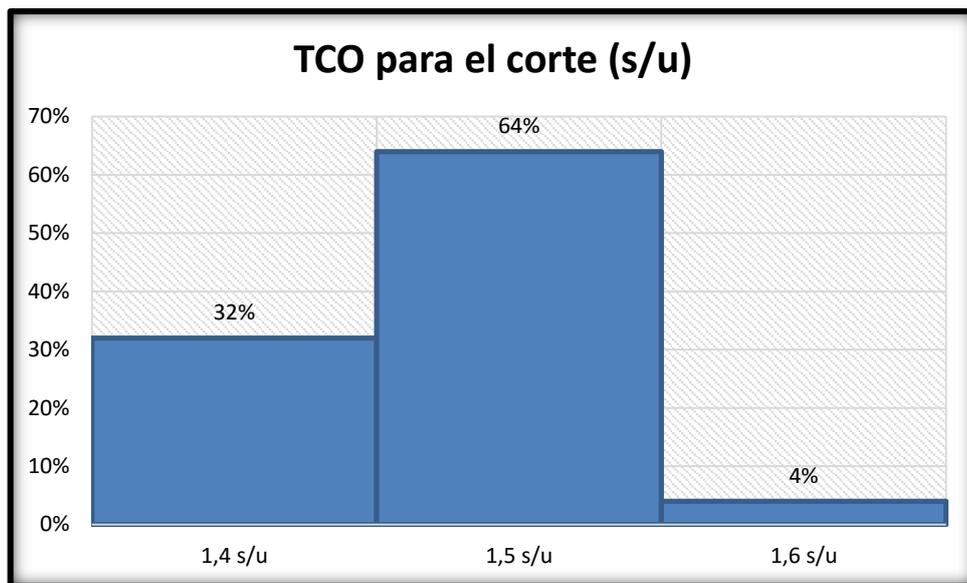


Gráfico 3 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario en el proceso de corte
Elaborado por: Autor

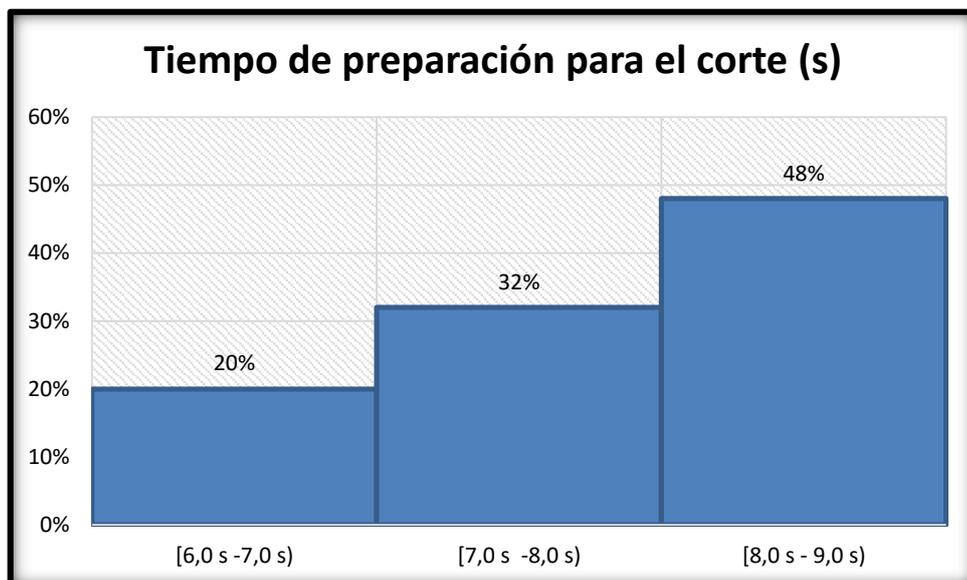


Gráfico 4 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación en el proceso de corte
Elaborado por: Autor

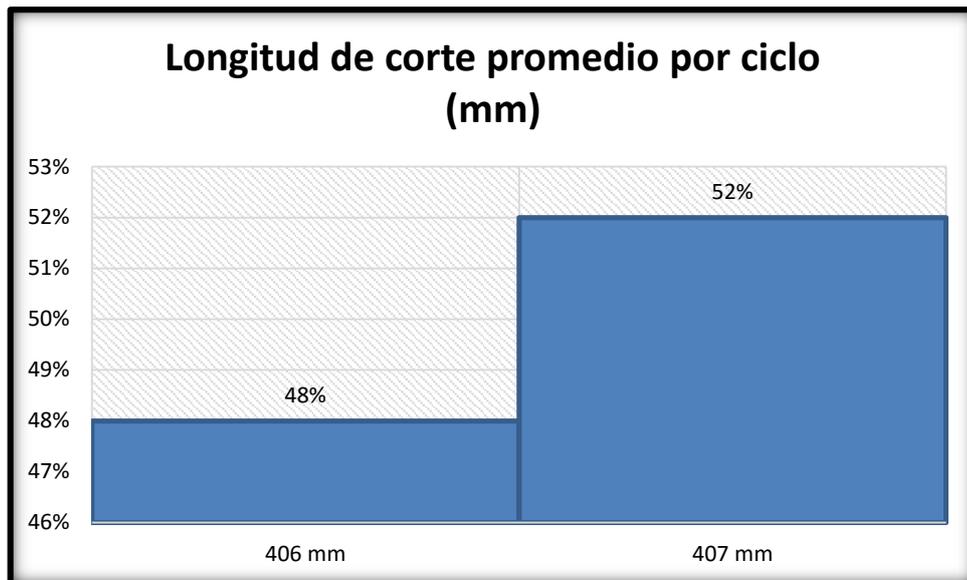


Gráfico 5 Histograma de frecuencias de la longitud de corte.
Elaborado por: Autor

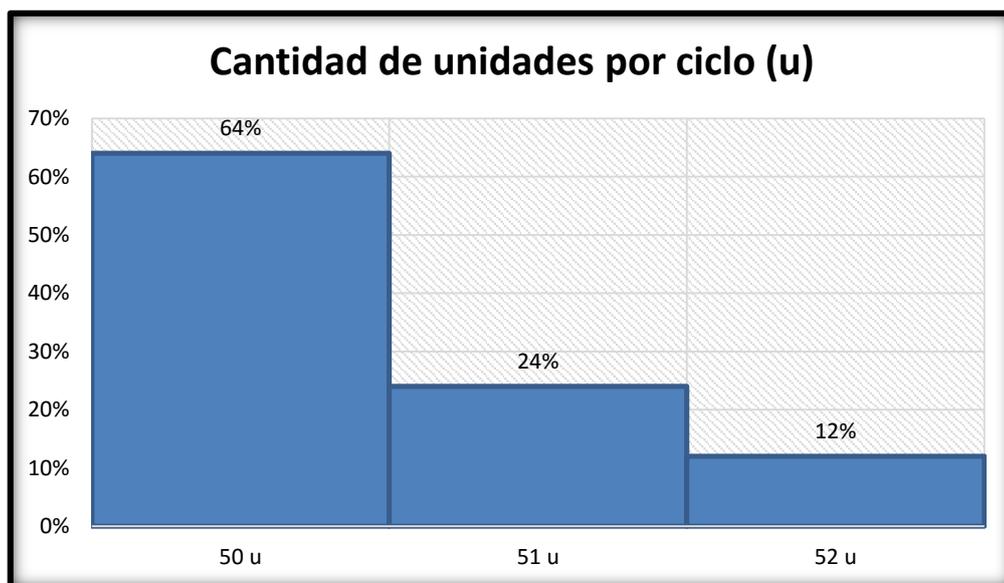


Gráfico 6 Histograma de frecuencias de la cantidad de unidades en el corte
Elaborado por: Autor

- **Formación de anillo perimetral.** - En este proceso se tomaron los datos del tiempo empleado para las cantidades detalladas, el tiempo de preparación y los defectos. La cantidad de operarios es uno.

El tiempo de preparación es aquel destinado a la nivelación de la base y ajuste de la boquilla.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	Tiempo de preparación (s)	Defectos (unidades)	TCO (s/u)
Lunes	26	49,0	3,0	0	1,5
Lunes	20	39,0	3,0	2	1,4
Lunes	24	37,0	3,0	0	1,5
Lunes	24	33,0	3,0	0	1,4
Lunes	30	53,0	2,0	0	1,5
Lunes	24	52,0	3,0	0	1,4
Lunes	25	32,0	3,0	2	1,6
Lunes	26	37,0	3,0	0	1,4
Lunes	24	39,0	3,0	0	1,5
Lunes	26	37,0	3,0	0	1,5
Viernes	26	40,0	4,0	0	1,5
Viernes	24	45,0	3,0	2	1,5
Viernes	25	40,0	3,0	0	1,5
Viernes	26	35,0	4,0	0	1,5
Viernes	26	37,0	3,0	0	1,5
Viernes	24	35,0	4,0	1	1,5
Viernes	24	38,0	4,0	0	1,4
Viernes	23	33,0	3,0	0	1,5
Viernes	22	31,0	3,0	0	1,5
Viernes	28	35,0	3,0	2	1,5

Tabla 7 Datos del proceso de formación de anillo perimetral.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

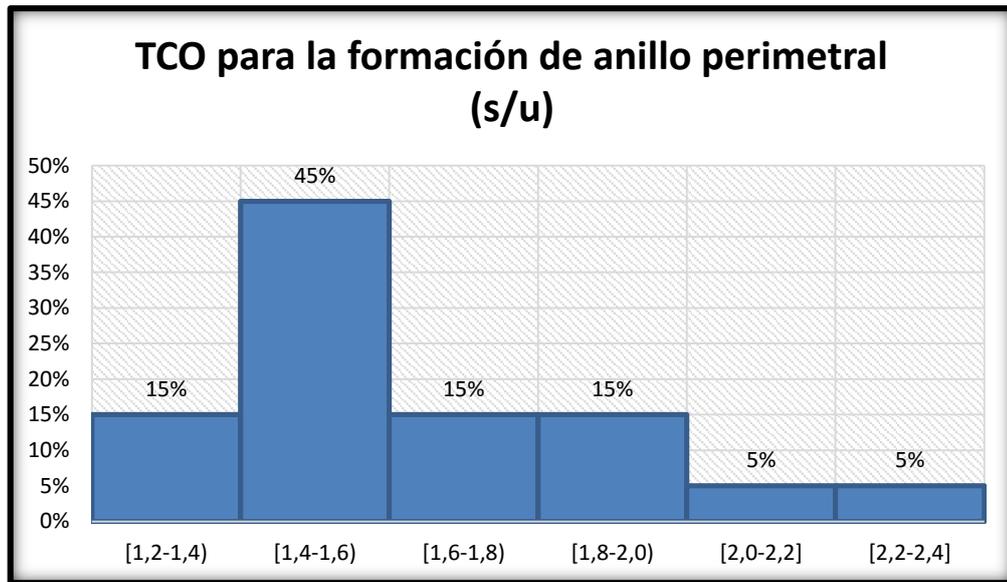


Gráfico 7 Histograma de frecuencia del tiempo del ciclo del operario de la formación de anillo perimetral
Elaborado por: Autor

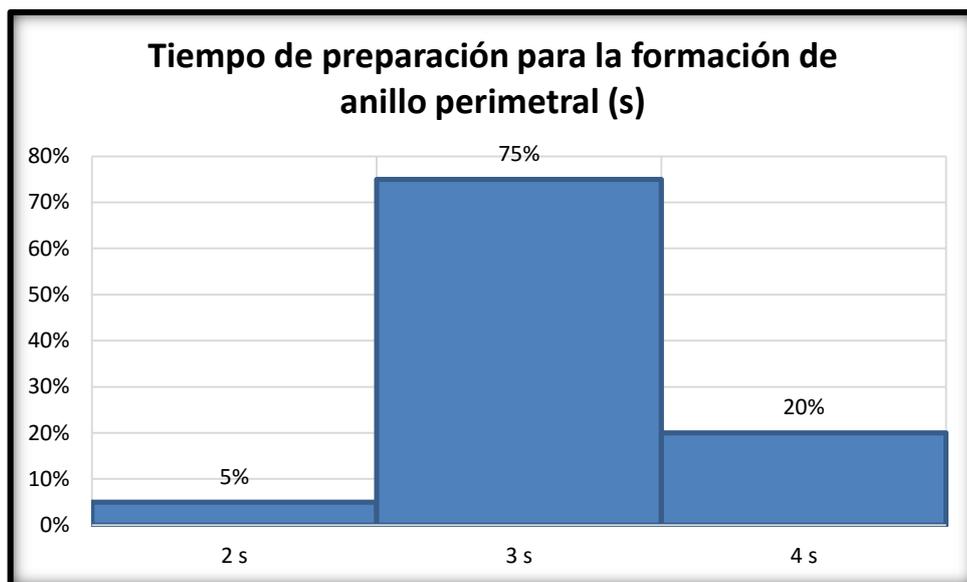


Gráfico 8 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación en el proceso de formación de anillo perimetral
Elaborado por: Autor

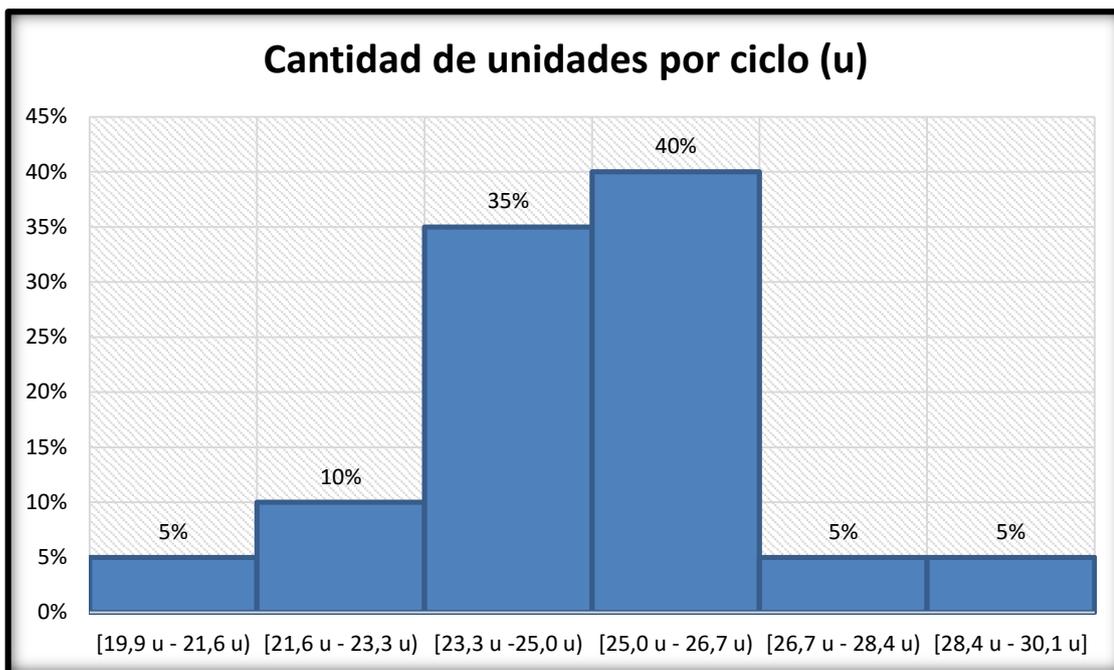


Gráfico 9 Histograma de frecuencias de la cantidad de unidades en el proceso de formación de anillo perimetral
Elaborado por: Autor

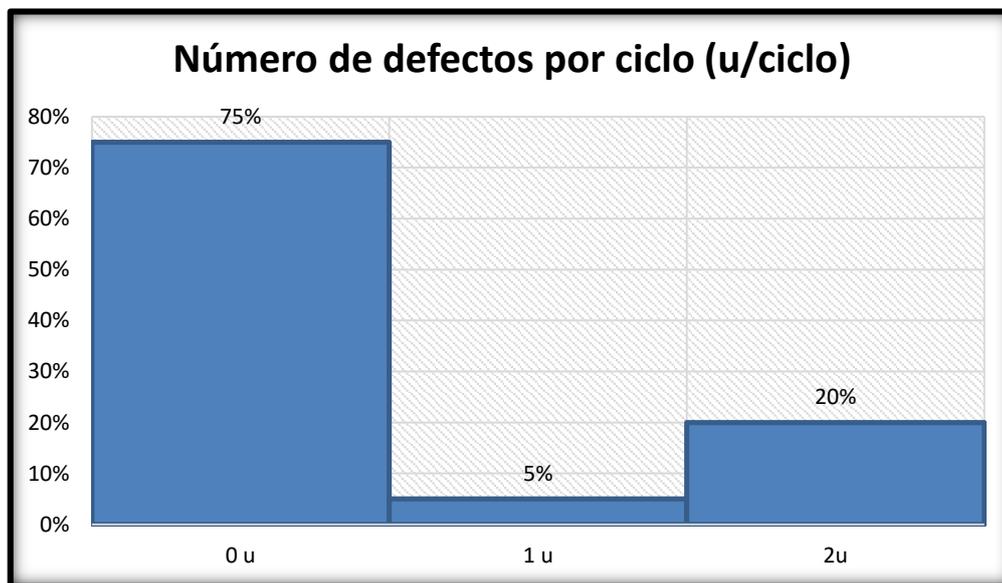


Gráfico 10 Histograma de frecuencias de la cantidad de defectos en el proceso de formación de anillo perimetral
Elaborado por: Autor

- **Roscado.** - En el proceso de roscado se toma en cuenta el tiempo empleado para las cantidades detalladas, el tiempo de preparación y el número de operarios. En este proceso la cantidad de operarios es dos y no se detectó defectos.

El tiempo de preparación es el usado para la limpieza y lubricación del machuelo.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	OPERARIO 1				OPERARIO 2			
	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	Tiempo de preparación (s)	TCO (s/u)	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	Tiempo de preparación (s)	TCO (s/u)
Lunes	16	51,0	1,0	3,2	18	58,0	2,0	3,2
Lunes	13	39,0	2,0	3,0	18	53,0	2,0	2,9
Lunes	13	39,0	1,0	3,0	15	55,0	2,0	3,7
Lunes	12	38,0	1,0	3,2	17	53,0	1,0	3,1
Lunes	13	46,0	1,0	3,5	18	52,0	2,0	2,9
Lunes	16	56,0	2,0	3,5	17	58,0	2,0	3,4
Lunes	13	41,0	1,0	3,2	18	55,0	1,0	3,1
Lunes	12	49,0	1,0	4,1	17	52,0	1,0	3,1
Lunes	13	39,0	1,0	3,0	17	54,0	2,0	3,2
Lunes	15	52,0	2,0	3,5	18	55,0	2,0	3,1
Viernes	13	51,0	2,0	3,9	17	56,0	2,0	3,3
Viernes	13	40,0	2,0	3,1	16	58,0	1,0	3,6
Viernes	15	38,0	1,0	2,5	18	53,0	1,0	2,9
Viernes	14	51,0	1,0	3,6	18	53,0	2,0	2,9
Viernes	12	42,0	1,0	3,5	18	55,0	1,0	3,1
Viernes	13	39,0	2,0	3,0	17	56,0	2,0	3,3
Viernes	16	52,0	2,0	3,3	18	55,0	2,0	3,1
Viernes	13	39,0	1,0	3,0	18	58,0	2,0	3,2
Viernes	13	39,0	1,0	3,0	17	52,0	1,0	3,1
Viernes	16	55,0	1,0	3,4	16	51,0	1,0	3,2

Tabla 8 Datos del proceso de roscado
Elaborado por: Autor
Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

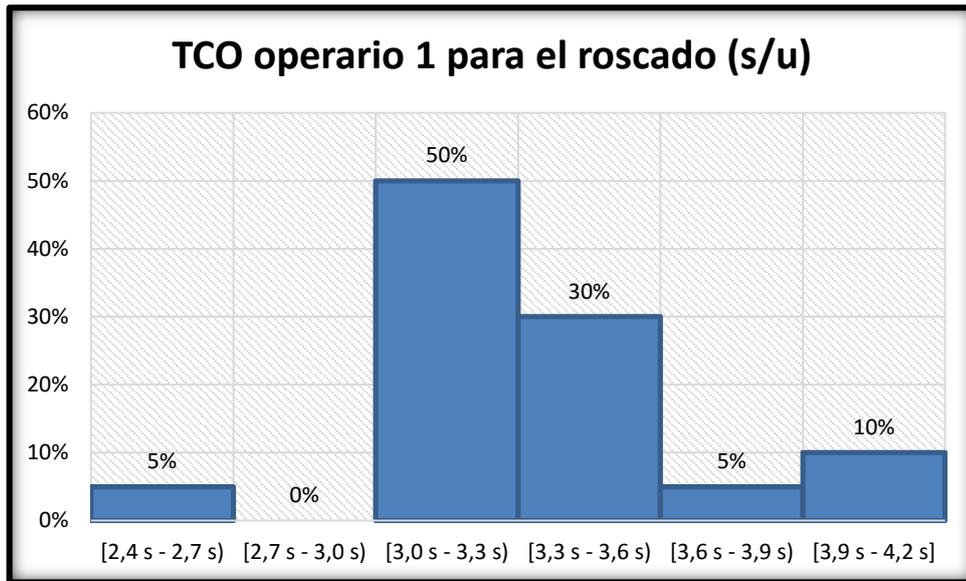


Gráfico 11 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario 1 en el proceso de roscado
Elaborado por: Autor

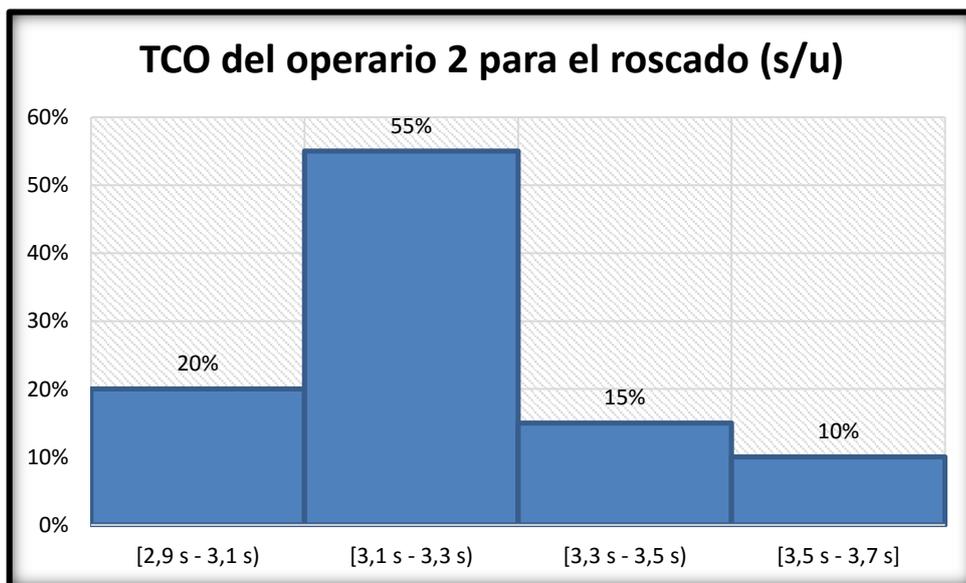


Gráfico 12 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario 2 en el proceso de roscado
Elaborado por: Autor

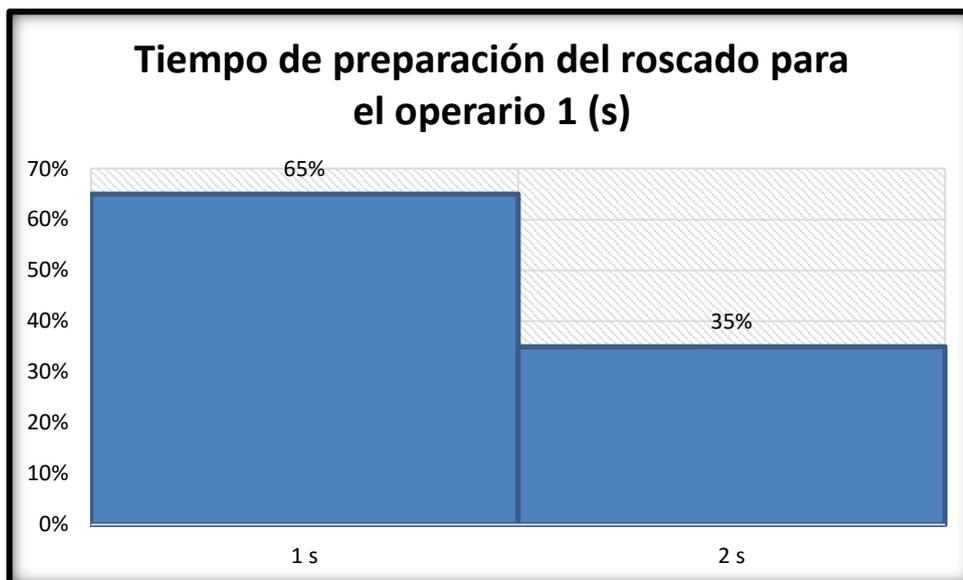


Gráfico 13 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación para el roscado del operario 1
Elaborado por: Autor

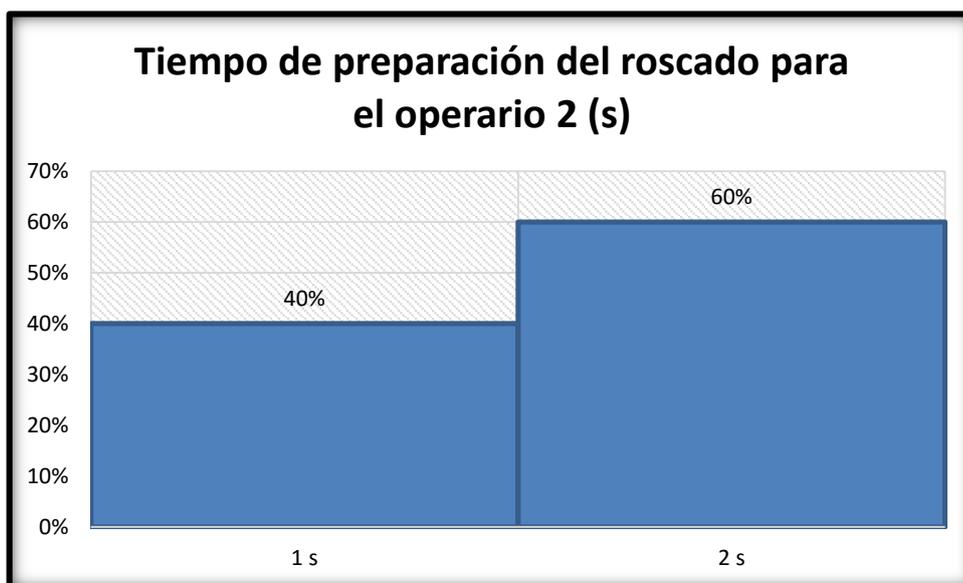


Gráfico 14 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación para el roscado del operario 2
Elaborado por: Autor

- **Acoplamiento de inyector.** - En este proceso de acoplamiento de inyector se toma en cuenta el tiempo empleado para las cantidades detalladas y el número de operarios. El tiempo de preparación es imperceptible ya que solamente ese proceso consiste en tomar el inyector y darle una vuelta de hilo en el tubo roscado; la cantidad de operarios es dos y se detectaron algunos defectos.
El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	OPERARIO 1				OPERARIO 2			
	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	Número de defectos (u)	TCO (s/u)	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	Número de defectos (u)	TCO (s/u)
Lunes	22	49,0	0	2,2	24	42,0	0	1,8
Lunes	44	80,0	1	1,8	36	71,0	1	2,0
Lunes	26	64,0	0	2,5	35	68,0	0	1,9
Lunes	47	105,0	0	2,2	36	73,0	0	2,0
Lunes	47	89,	0	1,9	33	62,0	0	1,9
Lunes	39	80,0	3	2,1	32	64,0	1	2,0
Lunes	27	62,0	0	2,3	38	74,0	0	1,9
Lunes	42	88,0	0	2,1	36	72,0	0	2,0
Lunes	33	65,0	1	2,0	37	72,0	1	1,9
Lunes	41	92,0	0	2,2	35	70,0	0	2,0
Viernes	37	73,0	2	2,0	36	70,0	1	1,9
Viernes	26	58,0	0	2,2	33	62,0	0	1,9
Viernes	30	68,0	1	2,3	37	70,0	0	1,9
Viernes	38	79,0	0	2,1	35	64,0	1	1,8
Viernes	45	98,0	0	2,2	36	69,0	0	1,9
Viernes	44	89,0	0	2,0	28	56,0	0	2,0
Viernes	34	71,0	2	2,1	35	67,0	0	1,9
Viernes	42	95,0	1	2,3	29	54,0	1	1,9
Viernes	29	64,0	0	2,2	33	66,0	0	2,0
Viernes	32	78,0	0	2,4	35	65,0	0	1,9

Tabla 9 Datos del proceso de acoplamiento de inyector

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

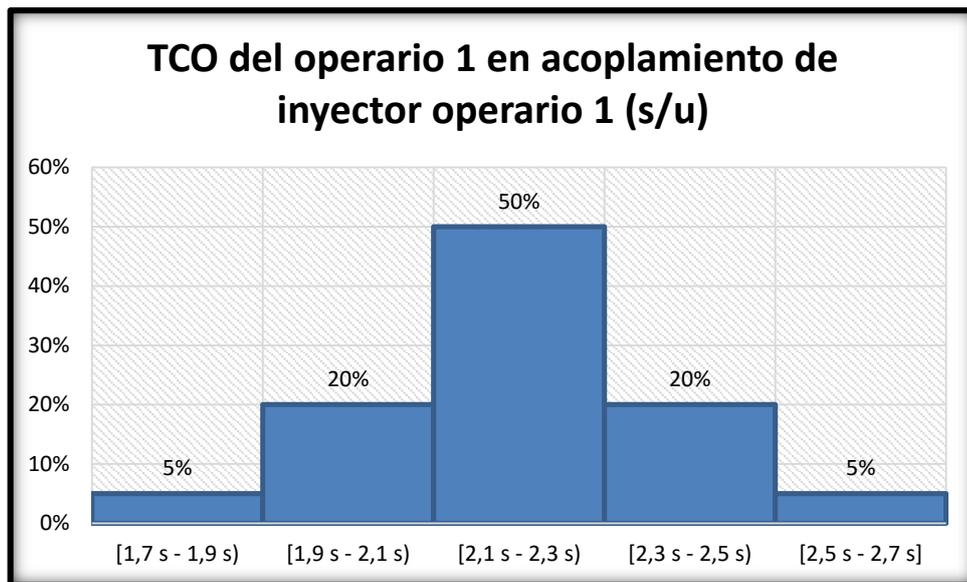


Gráfico 15 Histograma de frecuencias de del tiempo de ciclo del operario en el proceso de acoplamiento de inyector para el operario 1
Elaborado por: Autor

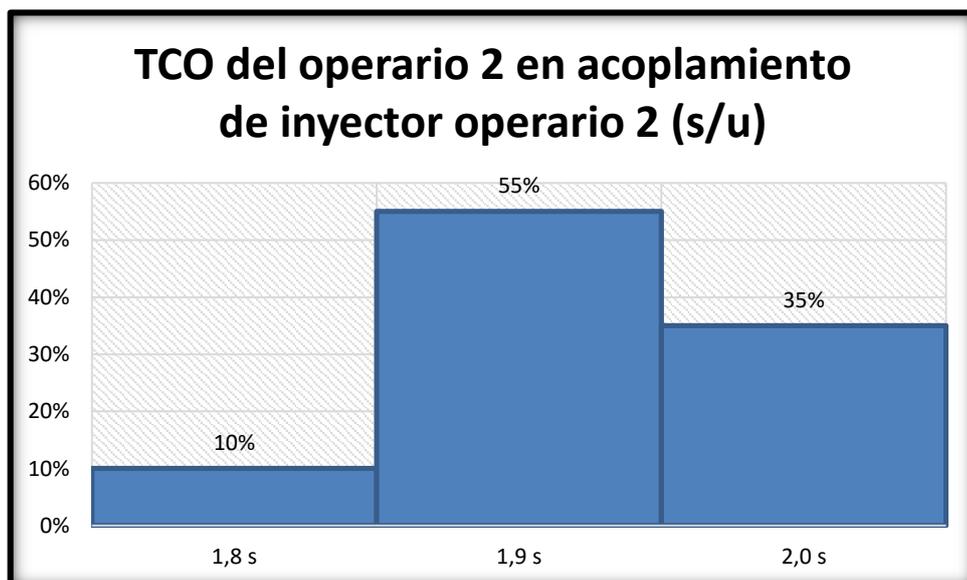


Gráfico 16 Histograma de frecuencias de del tiempo de ciclo del operario en el proceso de acoplamiento de inyector para el operario 2
Elaborado por: Autor

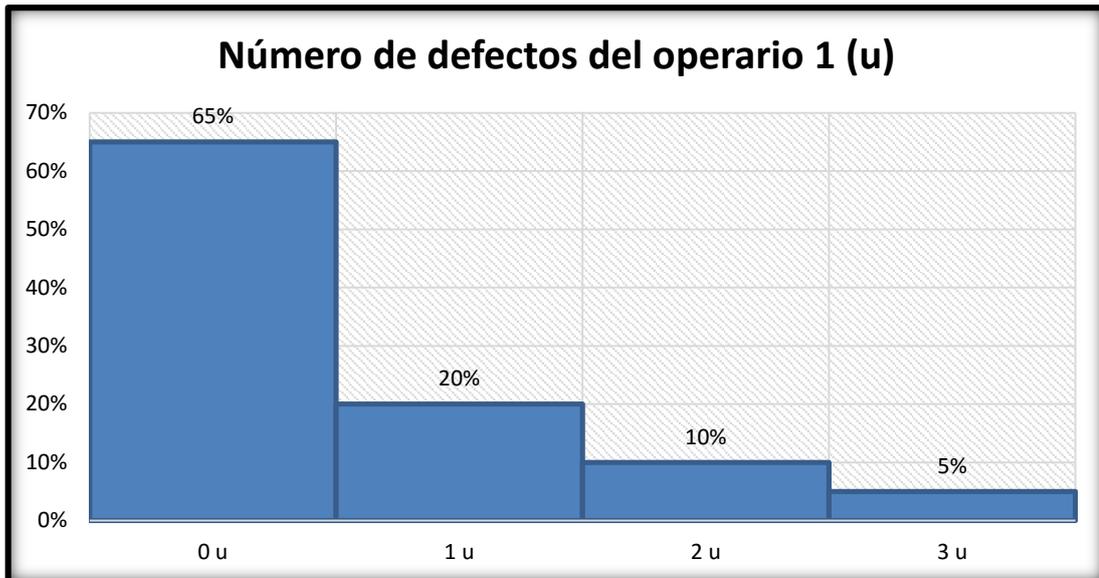


Gráfico 17 Histograma de frecuencias de los defectos en el acoplamiento de inyector para el operario 1
Elaborado por: Autor

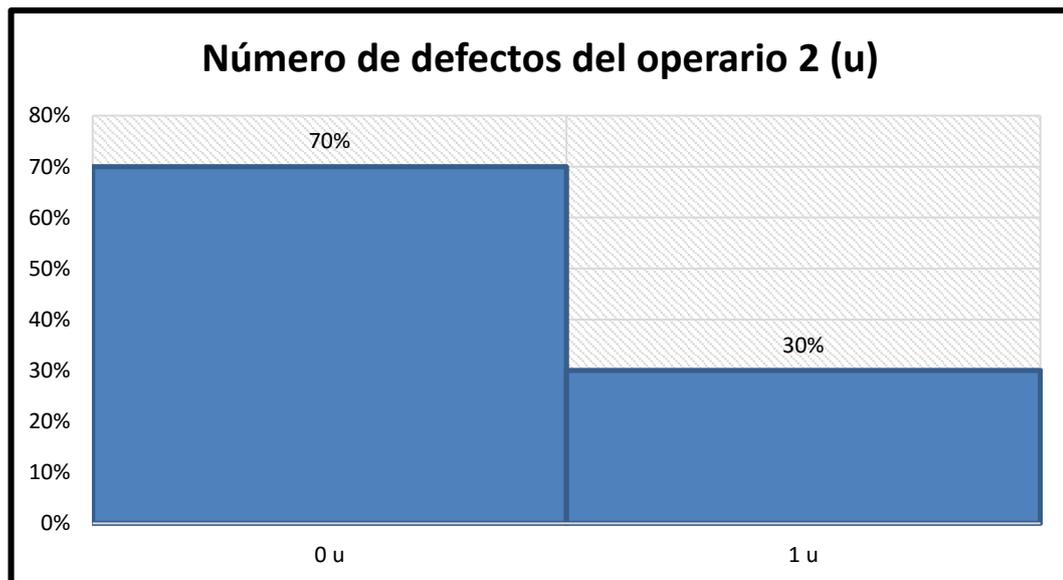


Gráfico 18 Histograma de frecuencias de los defectos en el acoplamiento de inyector para el operario 2
Elaborado por: Autor

- **Colocación de Loctite.-** En este proceso de colocación de Loctite, se toma en cuenta el tiempo de preparación y el tiempo empleado para las cantidades detalladas. Solo se trabaja con un solo operario y no se detectaron defectos. El tiempo de preparación consiste en limpiar bien la superficie de la rosca del inyector y la tubería por si acaso haya rebabas o limallas.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo de preparación (s)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	43	4,0	37,0	1,0
Lunes	42	4,0	44,0	1,1
Lunes	51	3,0	53,0	1,1
Lunes	55	5,0	49,0	1,0
Lunes	59	6,0	45,0	0,9
Lunes	57	5,0	52,0	1,0
Lunes	55	5,0	43,0	0,9
Lunes	52	4,0	54,0	1,1
Lunes	49	5,0	48,0	1,1
Lunes	50	4,0	45,0	1,0
Viernes	44	3,0	40,0	1,0
Viernes	52	4,0	40,0	0,8
Viernes	49	4,0	54,0	1,2
Viernes	45	3,0	45,0	1,1
Viernes	54	4,0	53,0	1,1
Viernes	49	3,0	43,0	0,9
Viernes	50	3,0	43,0	0,9
Viernes	52	4,0	45,0	0,9
Viernes	47	4,0	42,0	1,0
Viernes	43	4,0	46,0	1,2

Tabla 10 Datos del proceso de colocación de Loctite

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

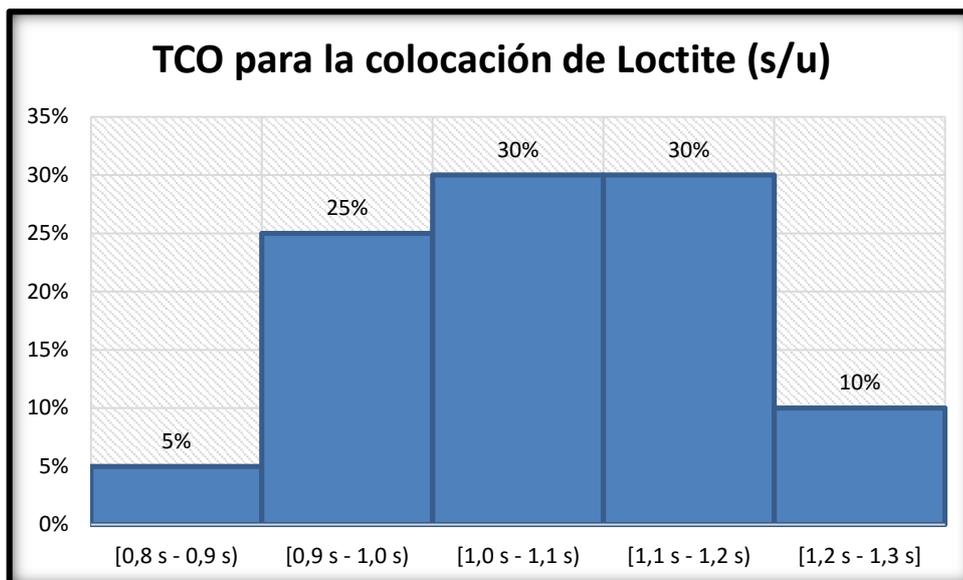


Gráfico 19 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario en el proceso de colocación de Loctite
Elaborado por: Autor

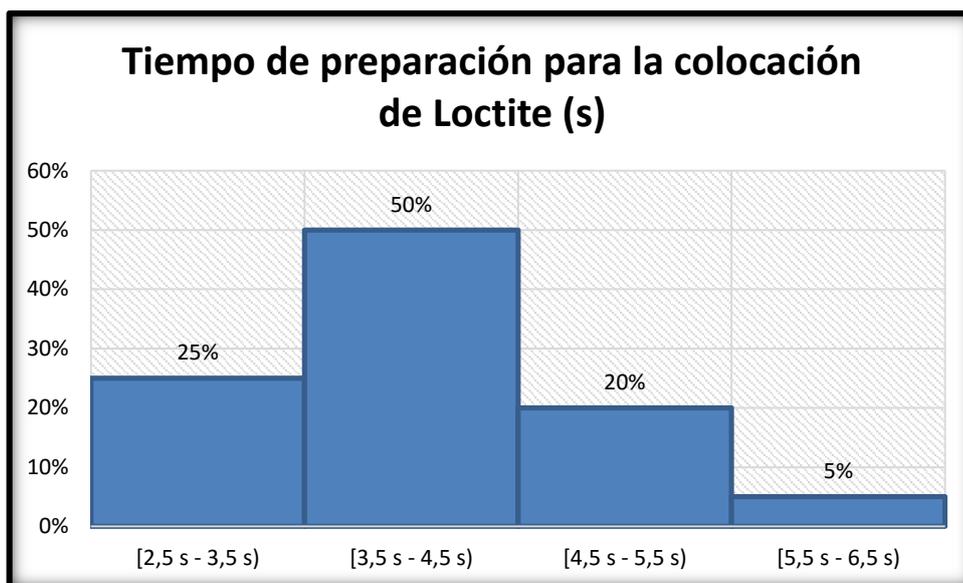


Gráfico 20 Histograma de frecuencias del tiempo de preparación en la colocación de Loctite
Elaborado por: Autor

- **Ajuste de inyector.-** En este proceso de ajuste de inyector, se tomó en cuenta el tiempo de preparación, el tiempo empleado para las cantidades detalladas y los defectos. Solo se trabajó con un solo operario.

El tiempo de preparación es aquel utilizado para ajustar el mandril del taladro al banco de trabajo.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo de preparación (s)	Tiempo empleado (s)	Número de defectos (u)	TCO (s/u)
Lunes	29	1,0	37,0	1	1,3
Lunes	27	2,0	35,0	2	1,4
Lunes	22	2,0	25,0	2	1,2
Lunes	27	1,0	28,0	1	1,1
Lunes	29	1,0	34,0	1	1,2
Lunes	22	2,0	23,0	2	1,1
Lunes	26	1,0	31,0	1	1,2
Lunes	28	2,0	30,0	2	1,1
Lunes	24	1,0	28,0	1	1,2
Lunes	16	1,0	26,0	1	1,7
Viernes	22	2,0	26,0	2	1,3
Viernes	23	1,0	29,0	1	1,3
Viernes	27	2,0	32,0	2	1,3
Viernes	28	1,0	36,0	1	1,3
Viernes	25	2,0	35,0	2	1,5
Viernes	29	1,0	38,0	1	1,3
Viernes	24	2,0	29,0	2	1,3
Viernes	29	1,0	39,0	1	1,4
Viernes	26	2,0	32,0	2	1,3
Viernes	27	1,0	36,0	1	1,4

Tabla 11 Datos del proceso de ajuste de inyector

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

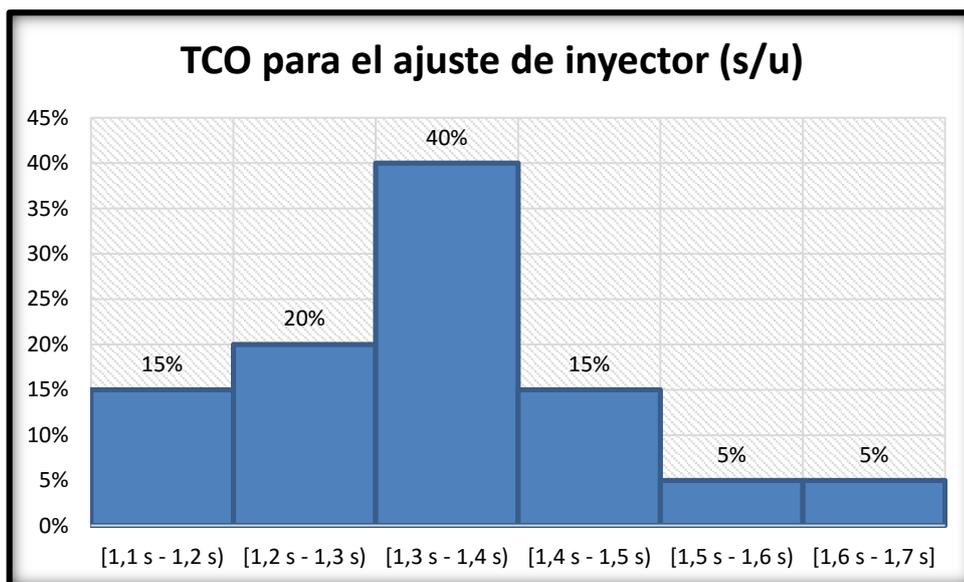


Gráfico 21 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario en el proceso de ajuste de inyector
Elaborado por: Autor

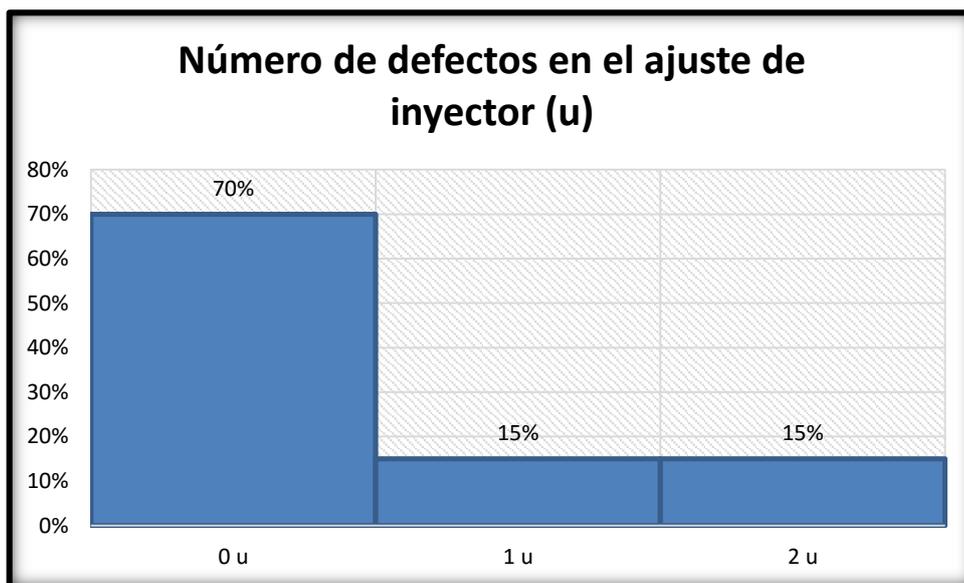


Gráfico 22 Histograma de frecuencias del número de defectos en el ajuste del inyector.
Elaborado por: Autor

- **Primer Doblado.-** En este proceso de primer doblado, se tomó en cuenta el tiempo de preparación y el tiempo empleado para las cantidades detalladas. Solo se trabajó con un solo operario y se registraron algunos defectos.

El tiempo de preparación consiste en aquel tiempo empleado en el ajuste de la matriz de doblado a la mesa.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo de preparación (s)	Tiempo empleado (s)	Número de defectos (u)	TCO (s/u)
Lunes	41	3,0	57,0	0	1,5
Lunes	136	3,0	178,0	0	1,3
Lunes	117	4,0	189,0	0	1,6
Lunes	178	4,0	277,0	2	1,6
Lunes	187	3,0	269,0	0	1,5
Lunes	123	3,0	167,0	0	1,4
Lunes	147	3,0	222,0	0	1,5
Lunes	132	3,0	195,0	1	1,5
Lunes	129	4,0	189,0	0	1,5
Lunes	154	4,0	235,0	0	1,6
Viernes	164	4,0	245,0	1	1,5
Viernes	138	3,0	202,0	0	1,5
Viernes	174	3,0	275,0	0	1,6
Viernes	146	3,0	230,0	0	1,6
Viernes	163	4,0	241,0	0	1,5
Viernes	181	3,0	264,0	1	1,5
Viernes	136	4,0	183,0	0	1,4
Viernes	157	3,0	223,0	0	1,4
Viernes	169	3,0	254,0	0	1,5
Viernes	141	4,0	227,0	1	1,6

Tabla 12 Datos del proceso de primer doblado

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

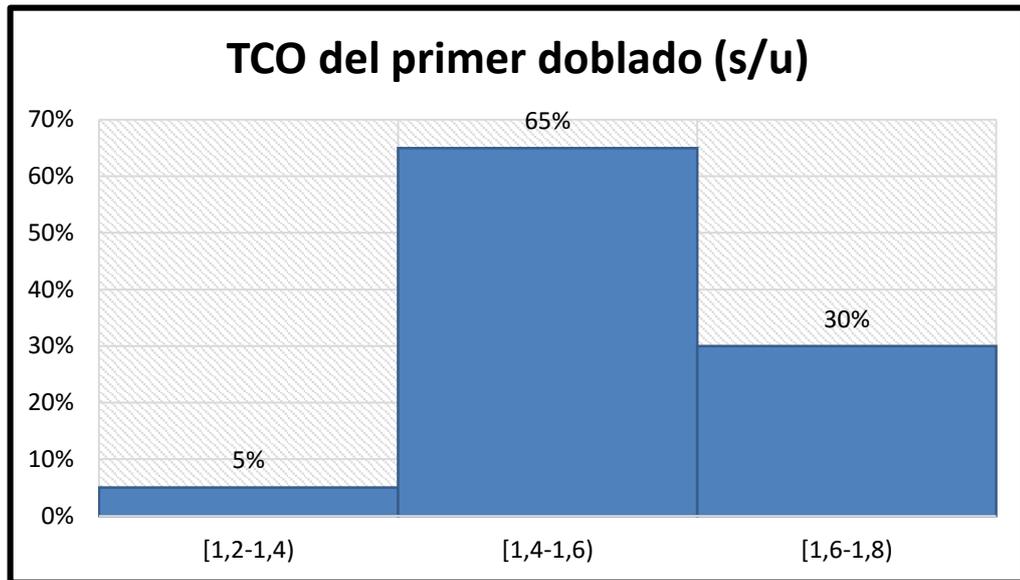


Gráfico 23 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de primer doblado. Elaborado por: Autor

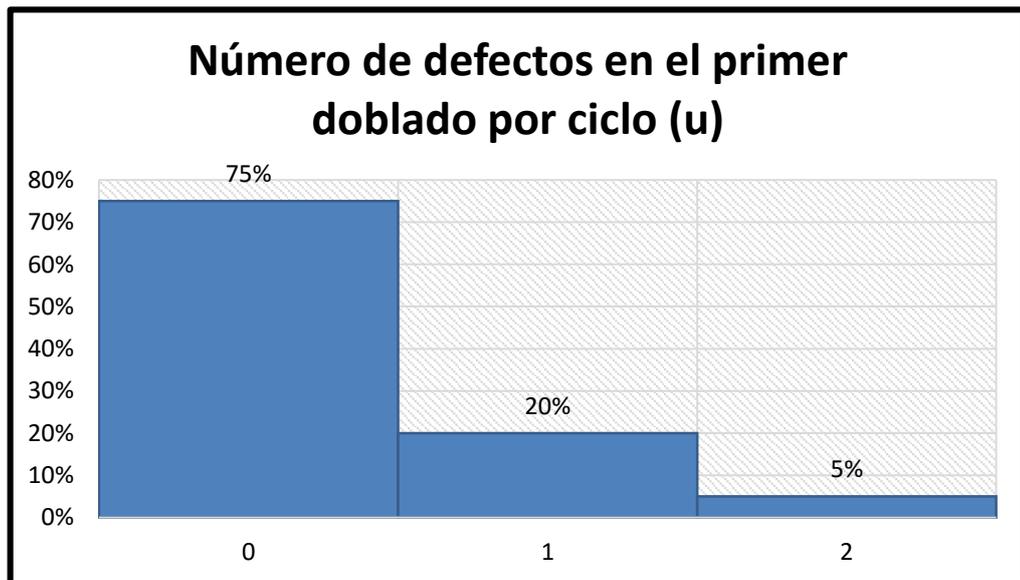


Gráfico 24 Histograma de frecuencias de defectos en el primer doblado. Elaborado por: Autor

- **Colocación de placa.** - En este proceso de colocación de placa, se tomó en cuenta el tiempo de preparación y el tiempo empleado para las cantidades detalladas. Solo se trabajó con un solo operario y no hubo defectos.

El tiempo de preparación es aquel tiempo que consiste en proporcionar las placas en la mesa de trabajo.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo de preparación (s)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	16	3,0	39,0	2,6
Lunes	15	3,0	37,0	2,7
Lunes	13	3,0	26,0	2,2
Lunes	12	3,0	25,0	2,3
Lunes	8	3,0	15,0	2,3
Lunes	17	3,0	32,0	2,1
Lunes	14	3,0	31,0	2,4
Lunes	15	3,0	33,0	2,4
Lunes	17	3,0	36,0	2,3
Lunes	15	3,0	31,0	2,3
Viernes	15	3,0	33,0	2,4
Viernes	16	3,0	38,0	2,6
Viernes	17	3,0	39,0	2,5
Viernes	16	3,0	36,0	2,4
Viernes	14	3,0	28,0	2,2
Viernes	17	3,0	36,0	2,3
Viernes	15	3,0	33,0	2,4
Viernes	15	3,0	32,0	2,3
Viernes	16	3,0	36,0	2,4
Viernes	16	3,0	37,0	2,5

Tabla 13 Datos del proceso de colocación de placa

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

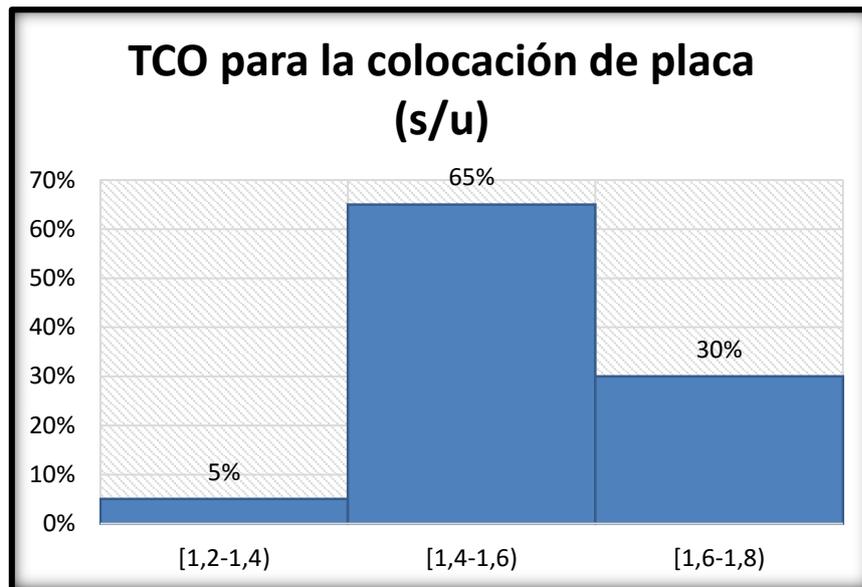


Gráfico 25 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de colocación de placa.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

- **Colocación de tuerca.-** En este proceso de colocación de tuerca, se tomó en cuenta el tiempo de preparación y el tiempo empleado para las cantidades detalladas. Solo se trabajó con un solo operario y no hubo defectos. El tiempo de preparación es aquel tiempo que consiste en proporcionar la tuerca y ordenar los tubos de tal manera que la placa no se desvincule del mismo. El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo de preparación (s)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	16	4,0	40,0	2,8
Lunes	14	4,0	32,0	2,6
Lunes	18	4,0	37,0	2,3
Lunes	20	4,0	44,0	2,4
Lunes	16	4,0	40,0	2,8
Lunes	20	4,0	44,0	2,4
Lunes	16	4,0	33,0	2,3
Lunes	15	4,0	35,0	2,6
Lunes	17	4,0	38,0	2,5
Lunes	15	4,0	34,0	2,5
Viernes	18	4,0	38,0	2,3
Viernes	16	4,0	35,0	2,4
Viernes	17	4,0	40,0	2,6
Viernes	15	4,0	35,0	2,6
Viernes	15	4,0	33,0	2,5
Viernes	17	4,0	39,0	2,5
Viernes	16	4,0	35,0	2,4
Viernes	15	4,0	33,0	2,5
Viernes	17	4,0	40,0	2,6
Viernes	16	4,0	36,0	2,5

Tabla 14 Datos del proceso de colocación de placa

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

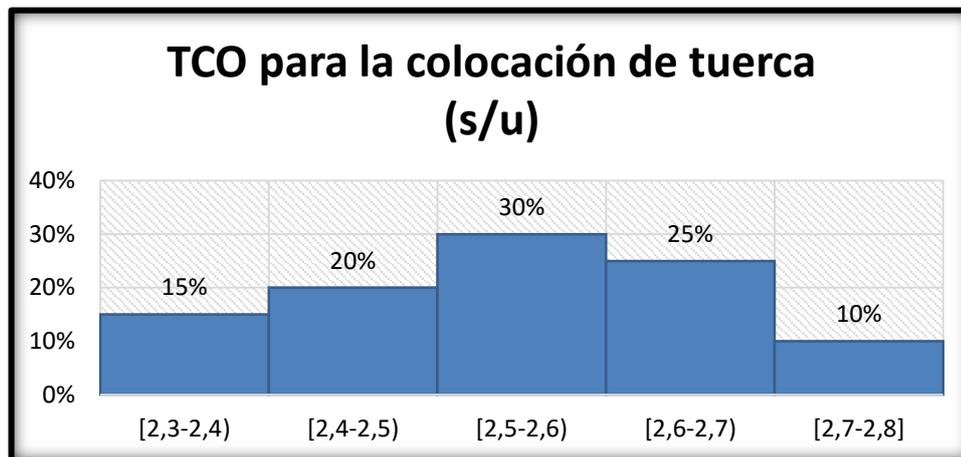


Gráfico 26 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de colocación de tuerca.

Elaborado por: Autor

- **Formación de bicono.-** En este proceso de formación de bicono, se tomó en cuenta el tiempo de preparación y el tiempo empleado para las cantidades detalladas. Solo se trabajó con un solo operario y no hubo defectos.

El tiempo de preparación es el tiempo empleado para ajustar el mandril de la máquina y el banco de trabajo.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo la suma del tiempo de preparación y el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo de preparación (s)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	14	4,0	43,0	2,8
Lunes	21	4,0	69,0	2,6
Lunes	22	4,0	71,0	2,3
Lunes	15	4,0	61,0	2,4
Lunes	15	4,0	63,0	2,8
Lunes	15	4,0	56,0	2,4
Lunes	18	4,0	63,0	2,3
Lunes	16	4,0	52,0	2,6
Lunes	17	4,0	57,0	2,5
Lunes	20	4,0	74,0	2,5
Viernes	18	4,0	64,0	2,3
Viernes	15	4,0	51,0	2,4
Viernes	19	4,0	72,0	2,6
Viernes	16	4,0	58,0	2,6
Viernes	20	4,0	69,0	2,5
Viernes	17	4,0	59,0	2,5
Viernes	17	4,0	55,0	2,4
Viernes	15	4,0	56,0	2,5
Viernes	18	4,0	65,0	2,6
Viernes	14	4,0	54,0	2,5

Tabla 15 Datos del proceso de formación de bicono

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

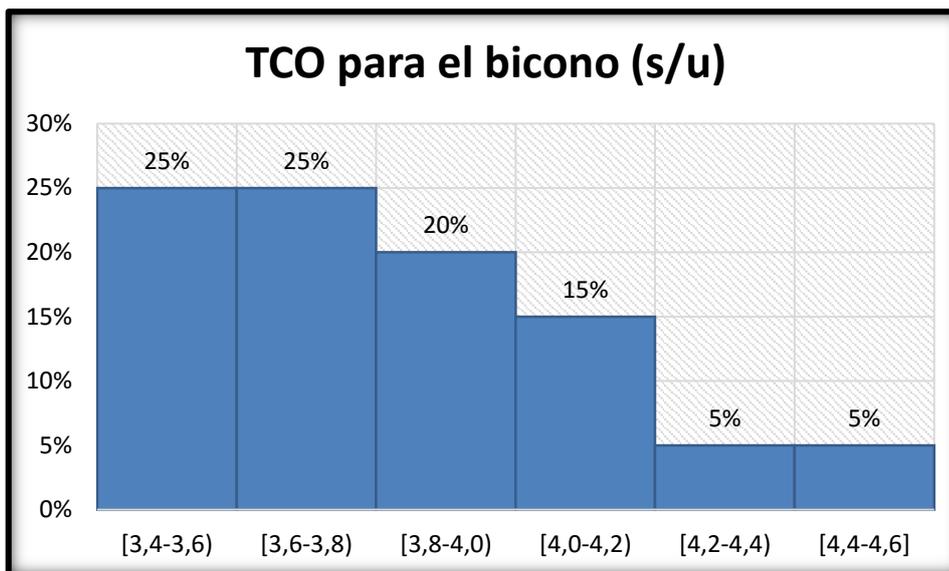


Gráfico 27 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del operario del proceso de formación de bicono.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

- **Armado de placa y soporte “U”.** - En este proceso de armado de placa y soporte “U”, se tomó en cuenta el tiempo de ciclo. Para el tiempo empleado, se tomó en un solo día los tiempos para las cantidades detalladas. El tiempo de preparación es muy pequeño por lo que se despreció, y el número de operarios fueron cuatro. No hubo defectos en este proceso.

OPERARIO 1			
Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	20	86,0	2,8
Lunes	20	108,0	2,6
Lunes	20	100,0	2,3
Lunes	20	96,0	2,4
Lunes	20	108,0	2,8
Lunes	20	100,0	2,4
Lunes	20	95,0	2,3
Lunes	20	107,0	2,6
Lunes	20	124,0	2,5
Lunes	20	106,0	2,5
Lunes	20	96,0	2,3
Lunes	20	100,0	2,4

Tabla 16 Datos del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 1

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

OPERARIO 2			
Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	15	86,0	5,7
Lunes	15	108,0	7,2
Lunes	15	100,0	6,7
Lunes	15	96,0	6,4
Lunes	15	108,0	7,2
Lunes	15	100,0	6,7
Lunes	15	95,0	6,3
Lunes	15	107,0	7,1
Lunes	15	124,0	8,3
Lunes	15	106,0	7,1
Lunes	15	96,0	6,4
Lunes	15	100,0	6,7

Tabla 17 Datos del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 2

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

OPERARIO 3			
Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	20	122,0	6,1
Lunes	20	133,0	6,7
Lunes	20	136,0	6,8
Lunes	20	152,0	7,6
Lunes	20	127,0	6,4
Lunes	20	123,0	6,2
Lunes	20	125,0	6,3
Lunes	20	127,0	6,4
Lunes	20	109,0	5,5
Lunes	20	132,0	6,6
Lunes	20	127,0	6,4
Lunes	20	132,0	6,6

Tabla 18 Datos del proceso de armado de placa y soporte “U” del operario 3

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

OPERARIO 4			
Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	15	108,0	7,2
Lunes	15	116,0	7,7
Lunes	15	118,0	7,9
Lunes	15	121,0	8,1
Lunes	15	107,0	7,1
Lunes	15	114,0	7,6
Lunes	15	194,0	12,9
Lunes	15	127,0	8,5
Lunes	15	110,0	7,3
Lunes	15	115,0	7,7
Lunes	15	118,0	7,9
Lunes	15	106,0	7,1

Tabla 19 Datos del proceso de armado de placa y soporte "U" del operario 4
Elaborado por: Autor
Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

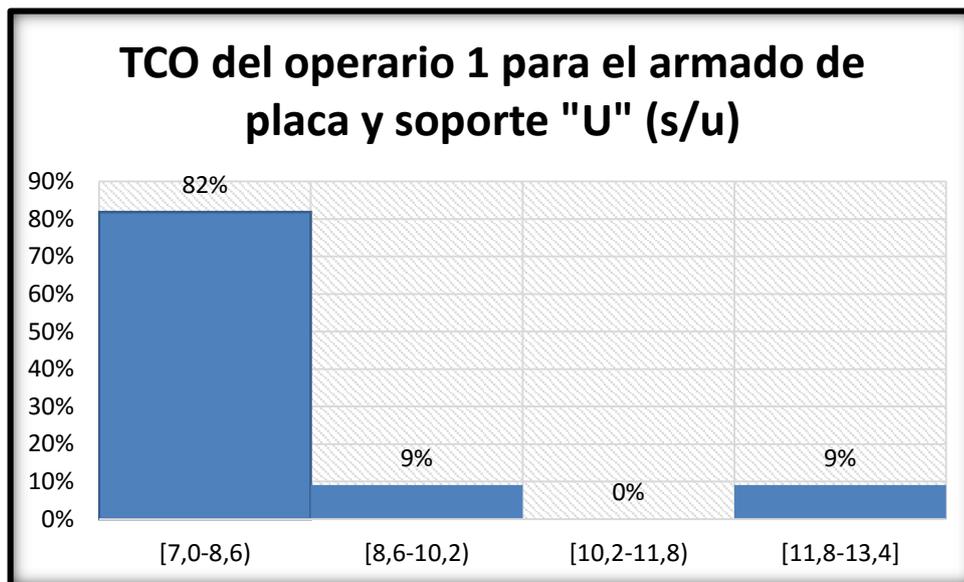


Gráfico 28 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte "U" del operario 1
Elaborado por: Autor

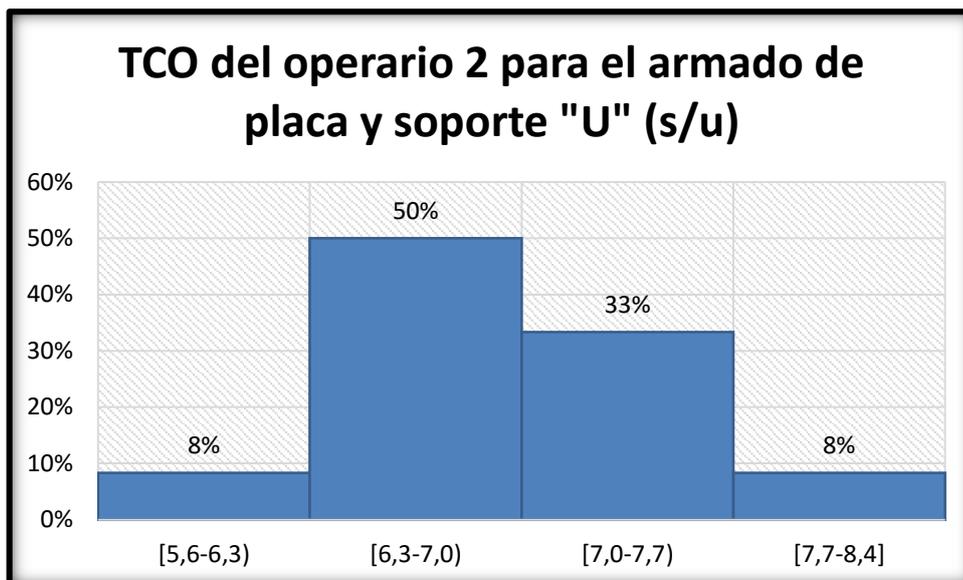


Gráfico 29 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte "U" del operario 2
Elaborado por: Autor

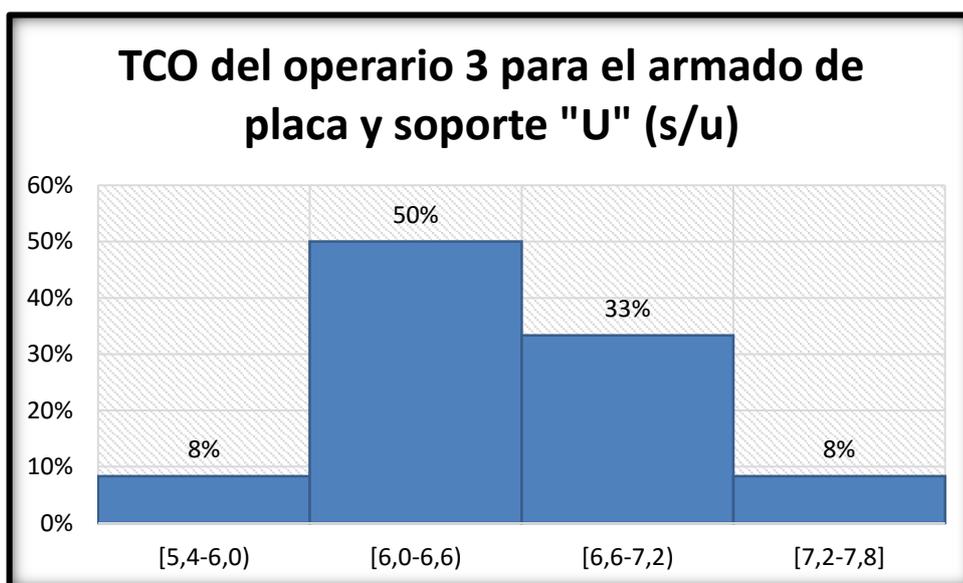


Gráfico 30 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte "U" del operario 3
Elaborado por: Autor

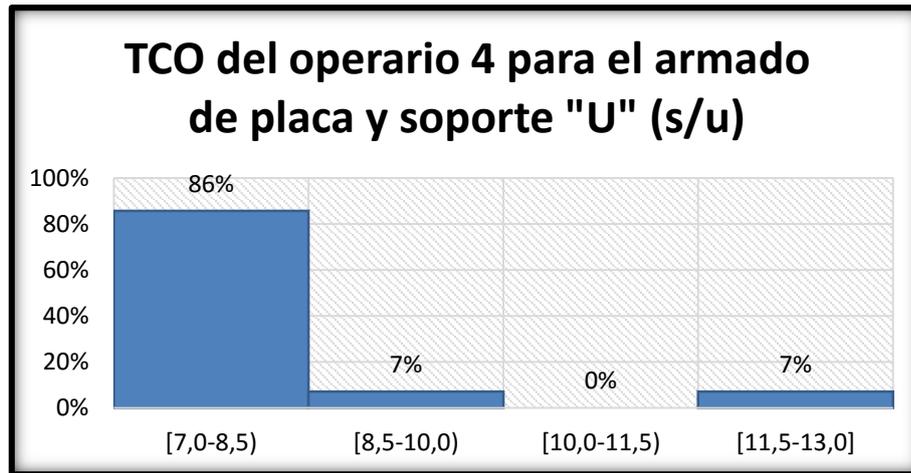


Gráfico 31 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de armado de placa y soporte "U" del operario 4
Elaborado por: Autor

- **Doblado final.-** En este proceso de doblado final, se tomó en cuenta el tiempo empleado para las cantidades detalladas. No se tomó en cuenta el tiempo de preparación ya que es despreciable. Se trabajó con un solo operario y no hubo defectos en este proceso.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	71	297,0	4,2
Lunes	70	299,0	4,3
Lunes	71	290,0	4,1
Lunes	72	337,0	4,7
Lunes	71	306,0	4,3
Lunes	71	325,0	4,6
Lunes	71	290,0	4,1
Lunes	72	307,0	4,3
Lunes	71	303,0	4,3
Lunes	71	329,0	4,6
Viernes	71	310,0	4,4
Viernes	71	301,0	4,2
Viernes	71	295,0	4,2
Viernes	72	313,0	4,3
Viernes	70	291,0	4,2
Viernes	70	296,0	4,2
Viernes	71	304,0	4,3
Viernes	71	298,0	4,2
Viernes	71	306,0	4,3
Viernes	71	294,0	4,1

Tabla 20 Datos del proceso de doblado final

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

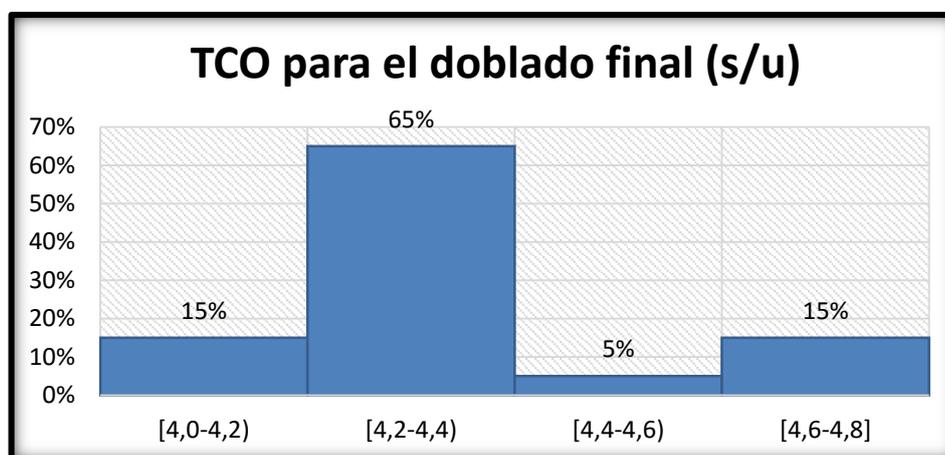


Gráfico 32 Histograma de frecuencias del tiempo de ciclo del proceso de doblado final

Elaborado por: Autor

- **Almacenaje en dispositivo.-** En este proceso de almacenaje en dispositivo, se tomó en cuenta el tiempo empleado para las cantidades detalladas. No hubo tiempo de preparación ya que la actividad solo es colocar el producto terminado

sobre un dispositivo. Se trabajó con un solo operario. No hubo defectos en este proceso.

El tiempo de ciclo del operario TCO (s/u) se lo obtiene dividiendo el tiempo empleado sobre la cantidad trabajada.

Día	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	48	45,0	0,9
Lunes	48	43,0	0,9
Lunes	48	42,0	0,9
Lunes	48	49,0	1,0
Lunes	48	50,0	1,0
Lunes	48	51,0	1,1
Lunes	48	51,0	1,1
Lunes	48	42,0	0,9
Lunes	48	42,0	0,9
Lunes	48	39,0	0,8
Viernes	48	55,0	1,1
Viernes	48	45,0	0,9
Viernes	48	39,0	0,8
Viernes	48	51,0	1,1
Viernes	48	47,0	1,0
Viernes	48	47,0	1,0
Viernes	48	49,0	1,0
Viernes	48	42,0	0,9
Viernes	48	43,0	0,9
Viernes	48	54,0	1,1

Tabla 21 Datos del proceso de almacenaje en dispositivo

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

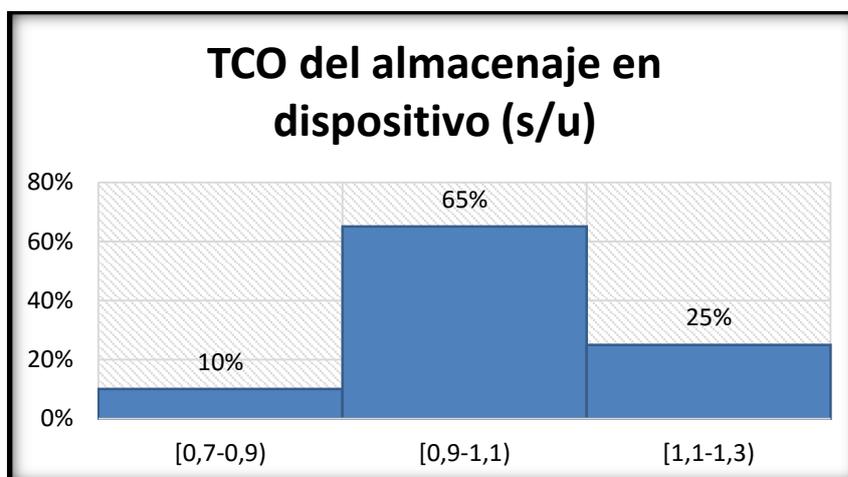


Gráfico 33 Histograma de frecuencias de la del tiempo de ciclo del proceso de almacenaje en dispositivo

Elaborado por: Autor

4.2.2. DEFECTOS DE FABRICACIÓN POR PROCESO.

A manera de resumen de la toma de datos, se muestran los números de defectos hallados en cada uno de los procesos. No todos los procesos tuvieron defectos de fabricación.

Proceso	Producción obtenida en medición	Defectos	Observación
Corte	1262	0	
Formación de anillo perimetral	497	9	Mala formación de anillo
Roscado	620	0	
Operario 1	274	0	No defectos
Operario 2	346	0	No defectos
Acoplamiento de inyector	1404	17	
Operario 1	725	11	Defecto encontrado de roscado
Operario 2	679	6	Defecto encontrado de roscado
Colocación de Loctite	998	0	No defectos
Ajuste de inyector	510	9	Inyectores no ajustados correctamente
Primer Doblado	2913	6	Diámetro de tubería afectado
Colocación de placa y tuerca	299	0	No defectos
Formación de bicono	342	0	No defectos
Armado de placa y soporte "U"	820	0	
Operario 1	220	0	No defectos
Operario 2	180	0	No defectos
Operario 3	240	0	No defectos
Operario 4	180	0	No defectos
Doblado final	1420	0	No defectos
Almacenamiento en dispositivo	960	0	No defectos

Tabla 22 Defectos de fabricación por proceso
Elaborado por: Autor
Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Con esta información se realiza un diagrama de Pareto para ver el grado de importancia de los defectos de fabricación en los procesos.

Defectos	Acop. Inyec.	Ajus. Inyec.	Form. Anillo	Primer dobl
Conteo	17	9	9	6
Porcentaje	41%	22%	22%	15%
%acumulado	41%	63%	85%	100%

Tabla 23 Resumen de los defectos de fabricación encontrados.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

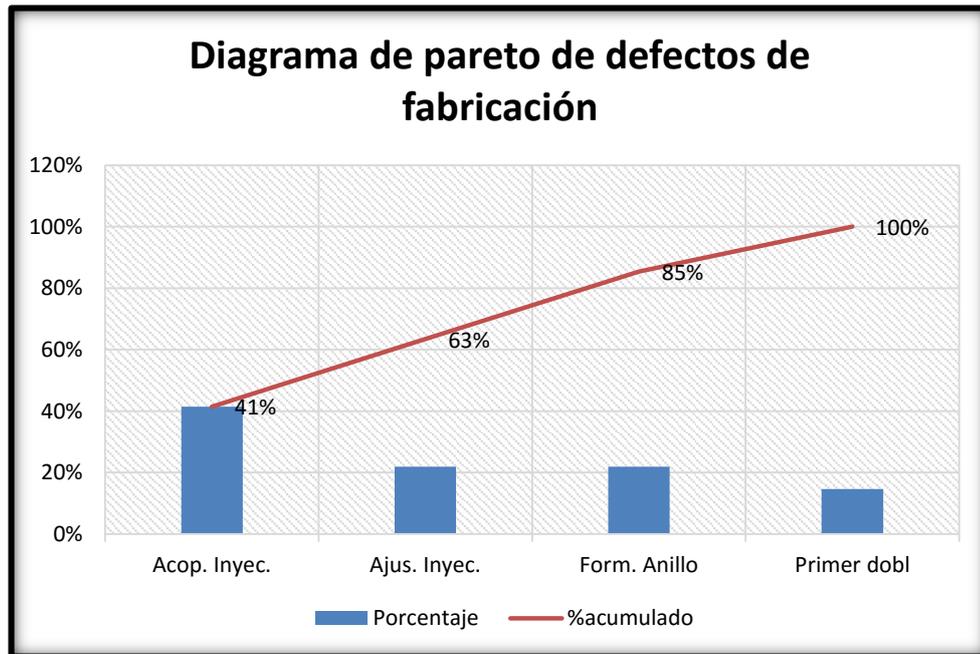


Gráfico 34 Diagrama de Pareto de los defectos de fabricación en los procesos
Elaborado por: Autor

En estos datos se aprecia que más del 60% de los defectos de fabricación son hallados en los procesos de acoplamiento en el inyector y ajuste del mismo.

4.3. PLANIFICACIÓN

Una vez identificado y medido los procesos, se procede a generar una lluvia de ideas para escoger la mejor alternativa. Al inicio se indicaron muchas ideas, pero de las que se resumieron están indicadas en la siguiente ilustración.

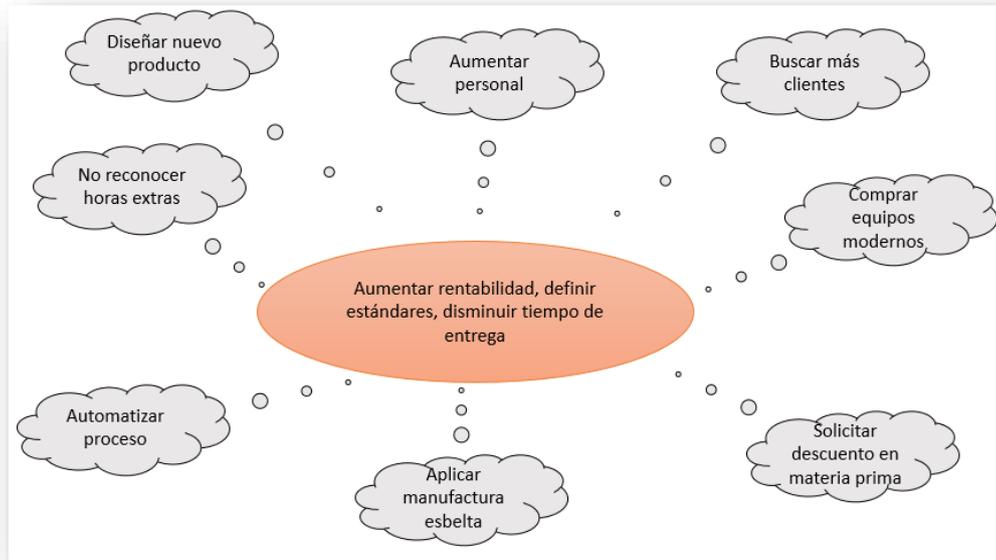


Ilustración 20. Lluvia de ideas para los problemas identificados.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

De estas ideas se comenzó a jerarquizar de acuerdo a lo solicitado. En la siguiente tabla se muestra el resultado de la priorización.

Alternativas		A	B	C	D	E	F	G	H								
Beneficios	Peso	Ponderación															
Aumento de rentabilidad	3	3	9	5	15	3	9	3	9	5	15	3	9	5	15	5	15
Definir estándares	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1	5	5
Disminuir tiempo de entrega	2	5	10	5	10	1	2	5	25	1	2	5	10	1	2	5	10
Totales	-	-	20	-	26	-	12	-	35	-	20		22	-	18	-	30
A – Automatizar proceso B – Diseñar nuevo producto C – No reconocer horas extras D – Aumentar personal E – Buscar más clientes F – Comprar equipos modernos G – Solicitar descuento en material prima H – Aplicar manufactura esbelta																	

Tabla 24 Matriz de decisión para la selección de la mejor alternativa

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Como se muestra en la tabla anterior, la priorización aplicar técnicas de manufactura esbelta con el fin de aumentar la rentabilidad, definir estándares y disminuir el tiempo de entrega.

4.3.1. DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

El diagrama de recorrido de la situación actual muestra el siguiente escenario:

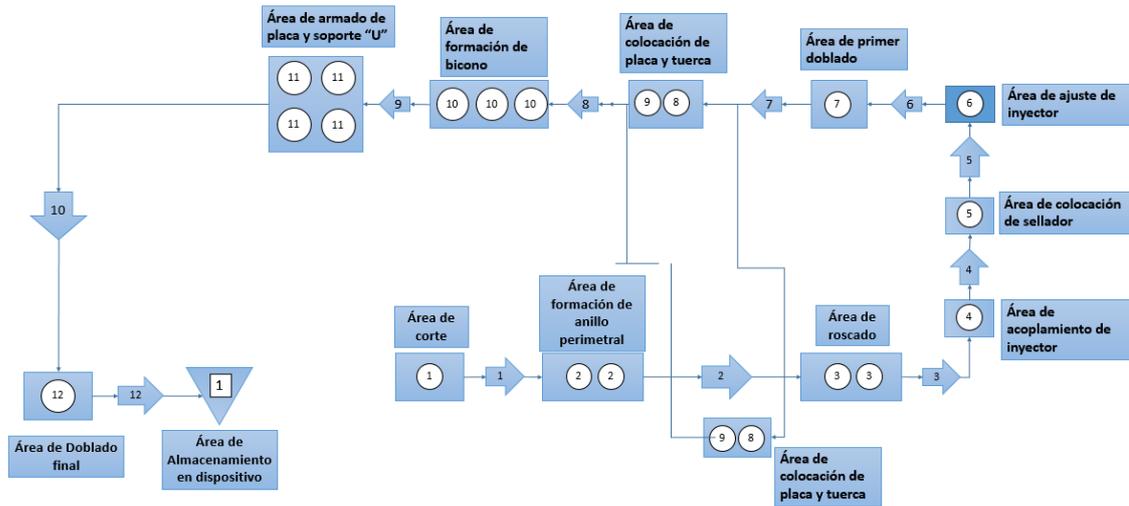


Gráfico 35 Diagrama de recorrido de la situación actual de la empresa ABC S.A.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Como se muestra en el gráfico anterior, el recorrido que hay desde el área de armado de placa y soporte “U” con el área de doblado es el más grande de todos ya que el doblado en sí se lo realiza lejos de los otros procesos.

4.3.2. MAPEO DE LA CADENA DE VALOR ACTUAL.

- **Familia de productos.** - Se identificó las familias F1, F2, F3 y F4. La siguiente tabla muestra las características de estas familias.

Gas utilizado	Familia	Inyector (mm)	Longitud	Proceso Línea 1	Proceso Línea 2
Gas Natural	F1	0,9	270	X	
		0,9	410	X	
	F2	1,1	270		X
		1,1	410		X
GLP	F1	0,7	270	X	
		0,7	410	X	
	F4	0,8	270		X
		0,8	410		X

Tabla 25 Familia de productos de la empresa ABC S.A.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

- **Requisitos del cliente.** - Los requisitos actuales del cliente para la familia F1 son:
 - Demanda total por mes para tubos con inyector 0,7 mm: 125.000 unidades
 - Demanda diaria para tubos con inyector 0,7 mm: 5200 unidades.
 - Descuento por retraso: 1% por día retraso.
 - No hay demanda de tubos para gas natural con inyector 0,9 mm.
- **Identificación y recopilación de los tiempos de los procesos.** - La siguiente tabla recopila la información de cada uno de los procesos.

Proceso	Tiempo de preparación de equipo (min)	Tiempo de preparación promedio en etapa (s)	Tiempo de ciclo del operario-TCO (s)	Unidades promedio por ciclo (u)	Defectos en muestreo (u)
Corte	10	7,5	1,5	51	-
Formación de anillo perimetral	5	3,2	1,7	25	9
Roscado	6	Oper. 1: 1,4 Oper. 2: 1,6	Oper. 1: 3,3 Oper. 2: 3,2	Oper. 1: 14 Oper. 2: 18	-
Acoplamiento de inyector	4	Oper. 1: 1,4 Oper. 2: 1,6	Oper. 1: 2,2 Oper. 2: 1,9	Oper. 1: 36 Oper. 2: 34	Oper. 1: 11 Oper. 2: 6
Colocación de Loctite	3	5,0	1,0	52	-
Ajuste de inyector	5	1,5	1,3	26	9
Primer doblado	4	3,4	1,5	146	6
Colocación de placa y tuerca	P: 2 T: 3	P: 3,0 T: 4,0	P: 2,4 T: 2,5	P: 15 T: 17	P: - T: -
Formación de bicono	6	4,0	3,8	17	-
Armado de soporte	5	Oper. 1: - Oper. 2: - Oper. 3: - Oper. 4: -	Oper. 1: 8,3 Oper. 2: 6,8 Oper. 3: 6,4 Oper. 4: 7,9	Oper. 1: 20 Oper. 2: 15 Oper. 3: 20 Oper. 4: 15	Oper. 1: - Oper. 2: - Oper. 3: - Oper. 4: -
Doblado final	3	-	4,3	71	-
Almacenaje en dispositivo	10	-	1,0	48	-

Tabla 26 Recopilación de datos en el proceso de fabricación.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

El tiempo de preparación del equipo se refiere al tiempo empleado al inicio de la jornada laboral para adecuar todos los equipos. Estas actividades incluyen

selección de la herramienta de trabajo, conexión al suministro eléctrico y obtención de elementos de seguridad personal.

- **Información de inventarios y flujo de materiales.** - La siguiente tabla recopila la información de inventarios. En estos datos se tomó en cuenta la demanda del cliente por día (5200 u/día).

No. Área	Área de inventario	Inventario promedio (u)	Lead time (días)
1	Bodega - Corte	208	0,040
2	Corte - Formación de anillo perimetral	525	0,101
3	Formación de anillo perimetral - Roscado	317	0,061
4	Roscado - Acoplamiento de inyector	125	0,024
5	Acoplamiento de inyector - Colocación de Loctite	276	0,053
6	Colocación de Loctite - Ajuste de inyector	421	0,081
7	Ajuste de inyector - Primer doblado	525	0,101
8	Primer doblado - Colocación de placa y tuerca	603	0,116
9	Colocación de placa y tuerca - Formación de bicono	317	0,061
10	Formación de bicono - Armado de soporte	120	0,023
11	Armado de soporte "U" - Doblado final	952	0,183
12	Doblado final - Almacenaje en dispositivo	525	0,101
13	Almacenamiento en dispositivo - transporte	0	0,00
	Total	4914	0,945

Tabla 27 Recopilación de datos en inventario.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

En el diagrama de Pareto se refleja que casi el 60% de los defectos del inventario se encuentra entre:

- El área entre el proceso de armado de soporte "U" y el doblado final.
- El área entre el primer doblado y colocación de placa y tuerca.
- El área entre corte y formación de anillo perimetral.
- El área entre ajuste de inyector y primer doblado.
- El área entre doblado final y almacenaje en dispositivo.

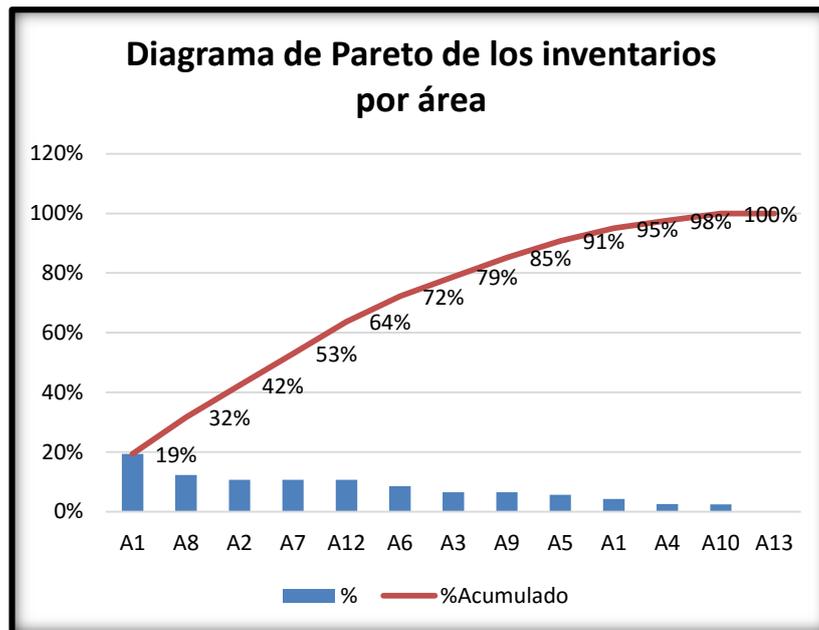


Gráfico 36 Diagrama de Pareto del inventario por área

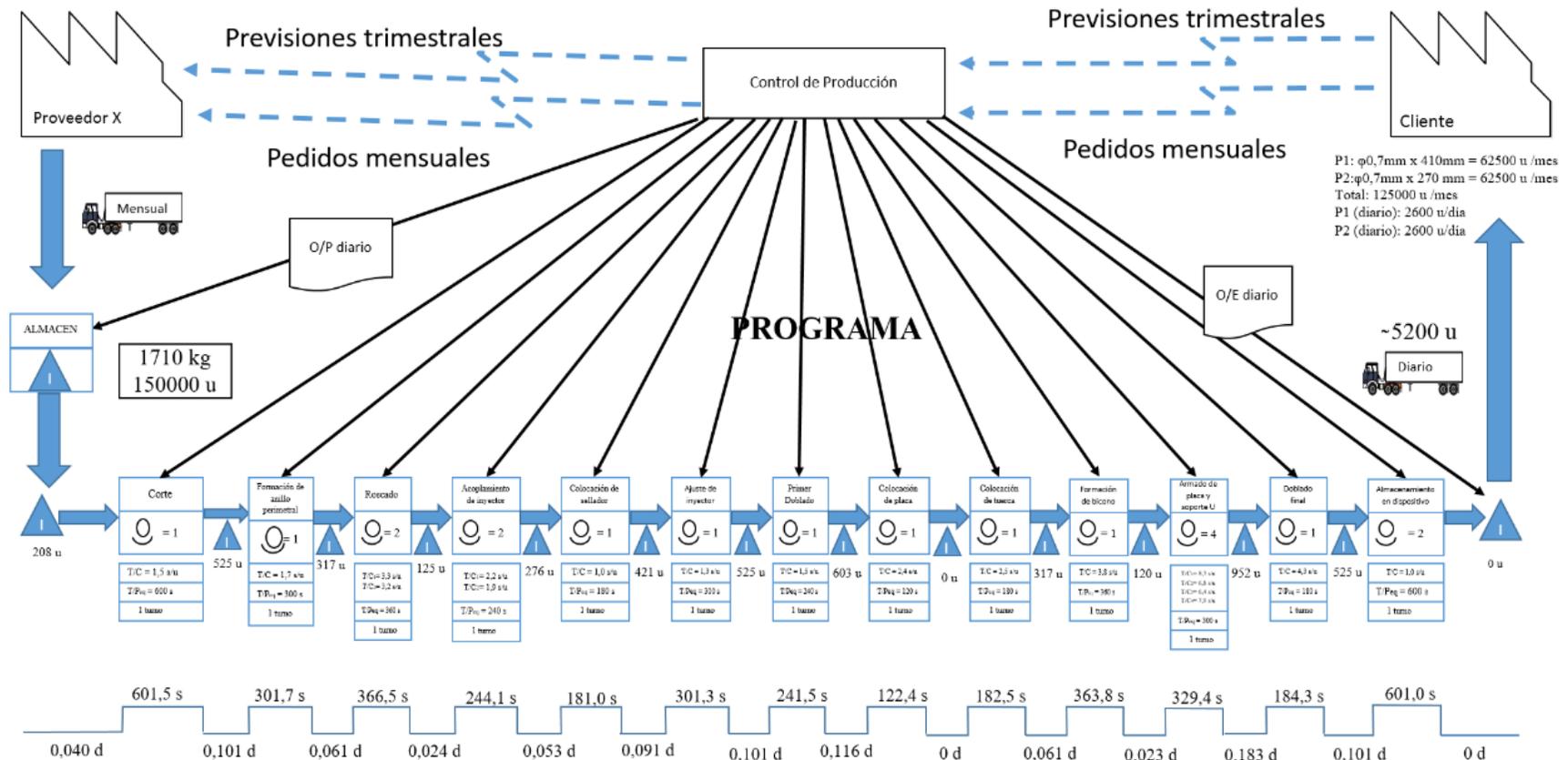
Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

El flujo de materiales se lo representa con una flecha entre procesos, comenzando con el inventario entre la bodega de materia prima en proceso y el proceso de corte hasta el inventario entre el almacenamiento en dispositivo y transporte. También se representa una flecha de envío desde la expedición hacia el cliente y desde el proveedor hasta el inventario de materia prima.

- **El flujo de información.** - En esta sección se identifican dos clases de flujo de información:
 - Flujo de información manual: órdenes de fabricación entre control de producción y los procesos, bodega de materia prima y ordenes de entrega para el despacho.
 - Flujo de información electrónica: pedidos mensuales entre proveedor y control producción, cliente y control de producción, previsiones trimestrales entre proveedor y control de producción, cliente y control de producción.

A continuación, se muestra el gráfico del mapeo de la cadena de valor actual con toda la información recopilada.



Lead time = 1,107 días
Tiempo de ciclo operario (s) = 4021,0

Gráfico 37 Mapeo de la cadena de valor de la situación actual de la empresa ABC S.A.
 Elaborado por: Autor
 Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

4.3.3. DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA SITUACIÓN FUTURO.

Como planteamiento de mejora se propuso hacer un área que incluya los procesos de armado de placa y soporte “U” junto con el doblado final. El gráfico ilustrativo se muestra a continuación.

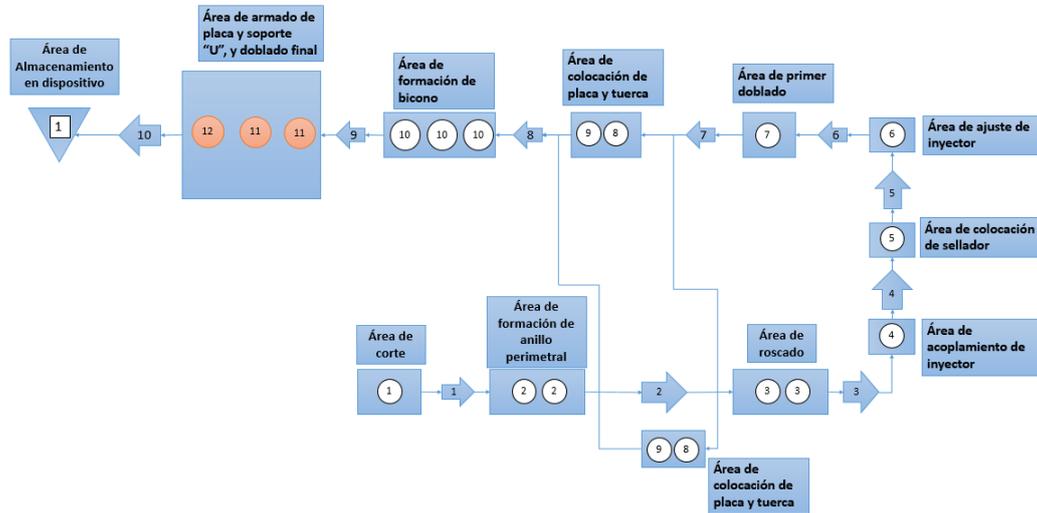


Gráfico 38 Diagrama de recorrido de la situación futuro de la empresa ABC S.A.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

4.3.4. MAPEO DE LA CADENA DE VALOR DE LA SITUACIÓN FUTURA.

El mapeo de la cadena de valor de la situación actual muestra los diferentes inventarios entre cada etapa del proceso. Es así que, como propuesta de mejora descrita en el nuevo diagrama de recorrido de la situación futura, se procedió a formular un nuevo mapa disminuyendo el inventario entre el área de armado placa - soporte “U” y doblado final. Esto debería reducir el Lead Time Total.

Para lograr la propuesta se procedió a analizar la capacidad de estos dos procesos tomando en consideración 7 horas laborales dedicadas a los mismos. A continuación, se muestra la tabla con las diferentes capacidades y operarios necesarios:

Proceso	TAKT TIME (s)	TCP (s)	TCO (s)	# Operarios necesarios
Armado de placa y soporte "u"	4,8	4,4	6,4	2
Doblado final	4,8	4,4	4,3	1

Tabla 28 Tabla de capacidad de proceso actual para el armado de placa y soporte "U", doblado final
Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

El tiempo de ciclo del operario seleccionado para el proceso de armado de placa y soporte "U" es 6,4 s. que corresponde al operario más rápido. En base a esto es necesario trabajar con dos operarios para este proceso, por lo cual va a hacer necesario para la prueba inicial dos operarios en el armado. En cuanto al proceso de doblado final, es suficiente un operario para este proceso.

Con estos cálculos se procedió a realizar los cambios en el mapeo de la cadena valor actual, y por ende el mapeo de la situación futuro con la movilización del equipo de doblado cerca de las mesas de armado de placa y soporte "U". Estos cambios se ven en los siguientes mapeos de la cadena de valor.

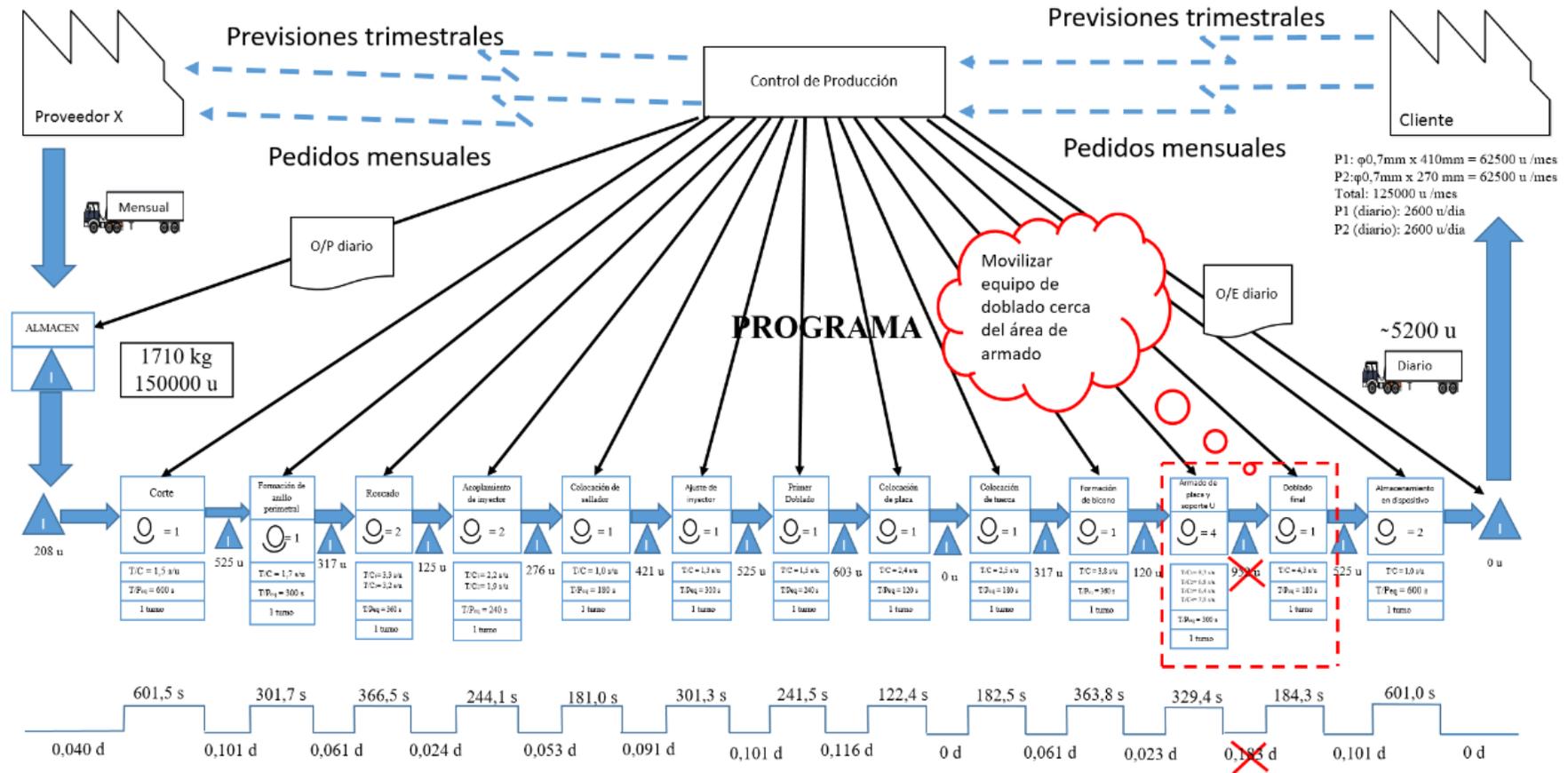
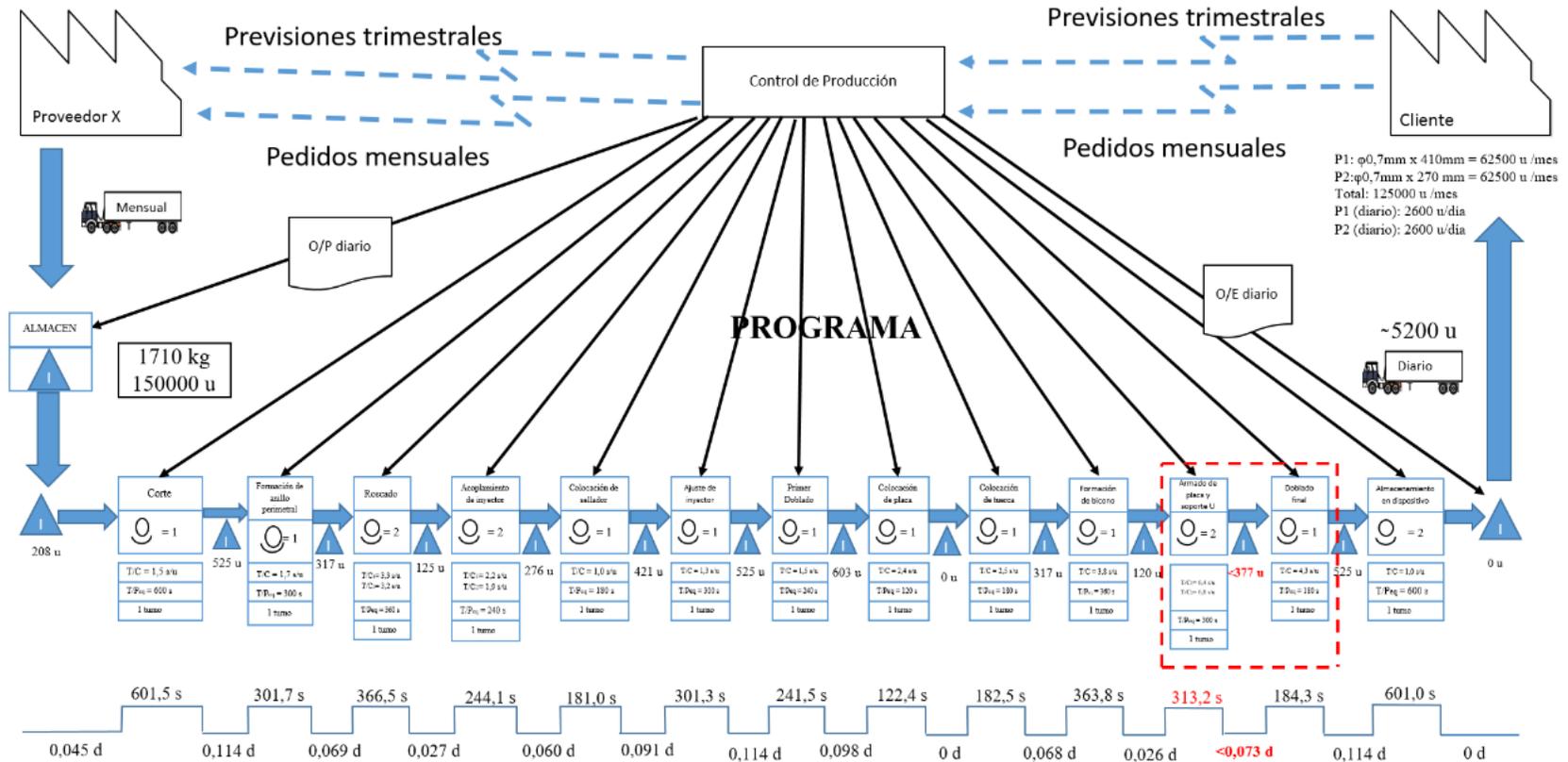


Gráfico 39 Mapeo de la cadena de valor de la situación actual de la empresa ABC S.A. con la idea de mejora
Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo
CAPÍTULO 4 - PAGINA 82



P1: φ0,7mm x 410mm = 62500 u./mes
 P2: φ0,7mm x 270 mm = 62500 u./mes
 Total: 125000 u./mes
 P1 (diario): 2600 u./dia
 P2 (diario): 2600 u./dia

Lead time < 0,997 días
 Tiempo de ciclo operario (s) = 4004,8

Gráfico 40 Mapeo de la cadena de valor de la situación futuro de la empresa ABC S.A. con la idea de mejora
 Elaborado por: Autor
 Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

4.3.5. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

La situación actual de la empresa presenta el siguiente análisis de modo de fallo relacionado al área de inventario entre el armado de la placa y soporte “U” con el doblado final.

Componente del producto / servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	G	O	D	GXOXD	Acciones recomendadas
Inyector	Que no de el consumo deseado	Fallo funcional	Confusión en los pedidos por exceso de inventario	Ensayo de Certificación, Queja de consumidores	8	7	3	168	Identificar de una forma diferente los pedidos
Tubería	Que no tenga el doblez suficiente	Fallo de ensamble en cocina	Apilamiento excesivo de producto	Ensamble en cocina	7	8	6	336	No acumular inventario
Entrega diaria	Que no se cumpla	Penalizaciones	Proceso no cumple con lo deseado	Quejas del cliente	9	6	7	378	Mejorar tiempo en el proceso

Tabla 29 AMFE de la situación actual en el área entre el armado de placa y soporte “U” con el doblado final
Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

4.3.6. PLANTEAMIENTO DE ACTIVIDADES.

Una vez planteado la situación de mejora se estableció la siguiente meta usando la metodología 5W +H.

¿Qué se va a mejorar?	Porqué	Cuándo	Dónde	Quién	Cómo
Disminución de los tiempos de producción y aumento de la rentabilidad	Representa una pérdida en productividad.	Antes de la siguiente orden de pedido del cliente	En el área de inventario del proceso de doblado de la línea 1 de producción	Producción con disposición de Gerencia General	Ubicando sitio de doblado final justo a lado de la mesa de armado de soporte “U”

Tabla 30 Acción de mejora para disminución del inventario de la empresa ABC S.A.
Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Para esta mejora se desglosa las siguientes tareas utilizando la misma metodología.

Tarea	Quién	Cuándo	Dónde	Qué	Cómo
<i>Definir Layout</i>	Diseñador	Primer mes	Área de diseño	Diseñar Layout línea 1	Incluyendo línea de doblado junto al proceso de armado de soporte “U”
<i>Instalar facilidad neumática</i>	Mantenimiento	Segundo mes	Línea 1	Colocar mangueras neumáticas, acoples y otros	Cortando flujo de aire desde el compresor y ensamblado a presión las mangueras.
<i>Instalar facilidad eléctrica</i>	Mantenimiento	Segundo mes	Línea 1	Extender alimentación eléctrica en nueva área de doblado	Empatando cables desde caja principal, instalando relés y la adaptación para 110 V.
<i>Realizar infraestructura metálica</i>	Mantenimiento	Segundo mes	Línea 1	Construir mesa de doblado	Utilizando perfiles de acero de acuerdo a diseño
<i>Diseñar contenedor</i>	Diseñador	Primer mes	Área de diseño	Diseñar envase para almacenamiento.	Tomando en cuenta la capacidad máxima que se desea tener en el inventario.
<i>Adquirir contenedor</i>	Compras	Segundo mes	Centros Comerciales	Comprar	Usando medidas de diseño.
<i>Realizar prueba piloto</i>	Producción	Tercer mes	Línea 1	Producir cantidades pequeñas	Tomando inventario del proceso de armado de soporte “U” y doblando al mismo instante
Estandarizar	Calidad	Tercer mes	Línea 1	Documentar trabajo	Mediante indicadores y gráficas de control.

Tabla 31 Actividades a realizar para la implementación de la mejora.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

4.4. IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN

Una vez desarrollada la nueva área, se procede a realizar la prueba piloto y la verificación. Se hicieron varias pruebas pilotos el primer día de la semana hasta obtener el mejor resultado. Después con esa configuración se trabajó los demás días para verificar si el proceso está bajo control. La información se muestra en la siguiente tabla:

Día	OPERARIO 1			OPERARIO 2		
	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)	Cantidad (unidades)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	10	72,0	7,2	10	82,0	8,2
Lunes	10	66,0	6,6	10	85,0	8,5
Lunes	10	69,0	6,9	10	83,0	8,3
Martes	10	73,0	7,3	10	81,0	8,1
Martes	10	71,0	7,1	10	86,0	8,6
Martes	10	67,0	6,7	10	82,0	8,2
Miércoles	10	72,0	7,2	10	86,0	8,6
Miércoles	10	68,0	6,8	10	80,0	8,0
Miércoles	10	68,0	6,8	10	84,0	8,4
Jueves	10	65,0	6,5	10	83,0	8,8
Jueves	10	69,0	6,9	10	86,0	8,6
Jueves	10	79,0	7,2	10	85,0	8,5
Viernes	10	67,0	6,7	10	90,0	9,0
Viernes	10	74,0	7,4	10	82,0	8,2
Viernes	10	70,0	7,0	10	85,0	8,5

Tabla 32 Datos de la implementación en el proceso de armado de placa y soporte “U”.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Día	Cantidad (u)	Tiempo empleado (s)	TCO (s/u)
Lunes	10	36,0	3,6
Lunes	10	31,0	3,1
Lunes	10	38,0	3,8
Martes	10	39,0	3,9
Martes	10	35,0	3,5
Martes	10	38,0	3,8
Miércoles	10	41,0	4,1
Miércoles	10	37,0	3,7
Miércoles	10	35,0	3,5
Jueves	10	40,0	4,0
Jueves	10	34,0	3,4
Jueves	10	36,0	3,6
Viernes	10	32,0	3,2
Viernes	10	35,0	3,5
Viernes	10	31,0	3,1

Tabla 33 Datos de la implementación en el proceso de doblado final.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Para analizar si este proceso está bajo control o no, procederemos a utilizar las gráficas de control para la media y el rango R. Lo primero es analizar si los datos del tiempo del ciclo del operario (TCO) tienen una distribución normal. Para esto se hace una prueba de normalidad utilizando la prueba de Ryan-Joiner para las medias de los procesos tratados ya que los datos son menores a 30 (muestras).

En esta prueba de Ryan-Joiner, la hipótesis nula sería que los datos tienen una distribución normal mientras que la hipótesis alternativa sería que los datos no tienen una distribución normal. El estadístico de prueba “p” para evidenciar si los datos tienen una distribución normal tendría que ser mayor a 0,05. Si no es así, se evidenciaría que los datos no tienen una distribución normal.

PROCESO ARMADO PLACA Y SOPORTE "U"						
Operario	Subgrupo	X1	X2	X3	R _m	X _m
1	1	7,2	6,6	6,9	0,4	6,9
1	2	7,3	7,1	6,7	0,6	7,0
1	3	7,2	6,8	6,8	0,4	6,9
1	4	6,5	6,9	7,2	0,7	6,9
1	5	6,7	7,4	7,0	0,7	7,0
2	1	8,2	8,5	8,3	0,3	8,3
2	2	8,1	8,6	8,2	0,5	8,3
2	3	8,6	8	8,4	0,6	8,3
2	4	8,8	8,6	8,5	0,3	8,6
2	5	9	8,2	8,5	0,8	8,6

Tabla 34 Cálculo de los rangos y medias en el proceso de armado de placa y soporte “U”.
Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

PROCESO DE DOBLADO FINAL						
Operario	Subgrupo	X1	X2	X3	R _m	X _m
1	1	3,6	3,1	3,8	0,7	3,5
1	2	3,9	3,5	3,8	0,4	3,7
1	3	4,1	3,7	3,5	0,6	3,8
1	4	3,9	3,4	3,6	0,5	3,6
1	5	3,2	3,5	3,1	0,4	3,3

Tabla 35 Cálculo de los rangos y medias en el proceso de doblado final.
Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

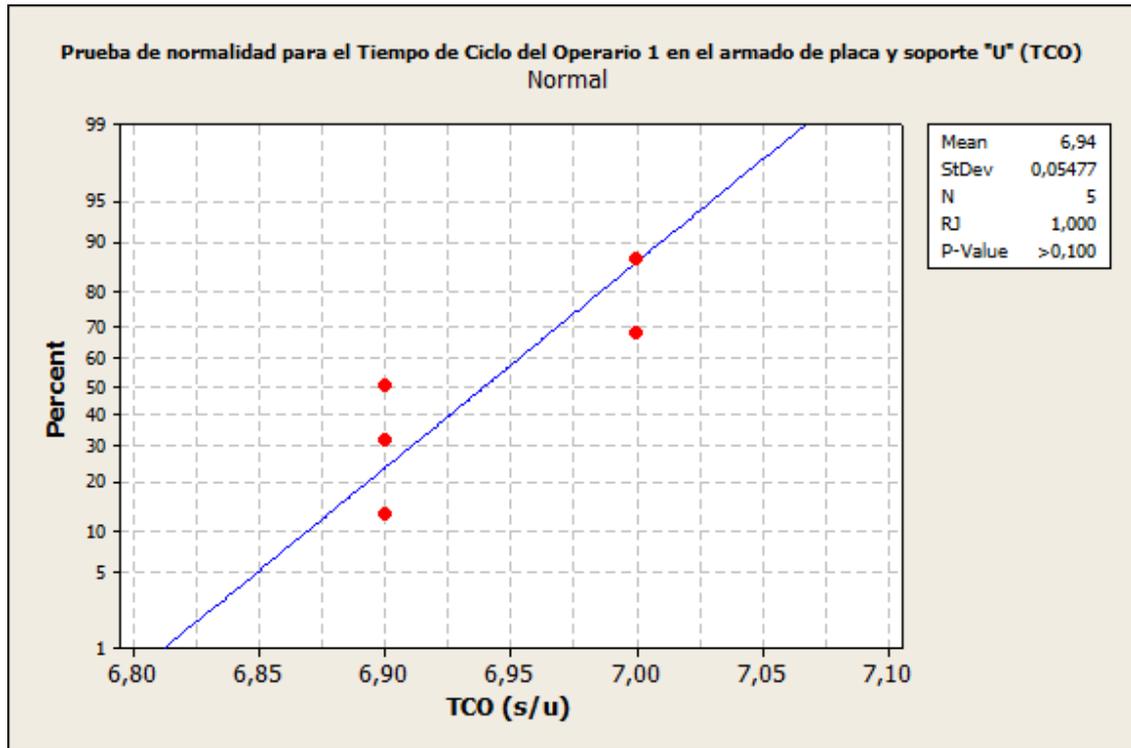


Gráfico 41 Prueba de normalidad para el tiempo de ciclo del operario 1 en el proceso de armado de placa y soporte "U"

Elaborado por: Autor
Herramienta: MINITAB 16

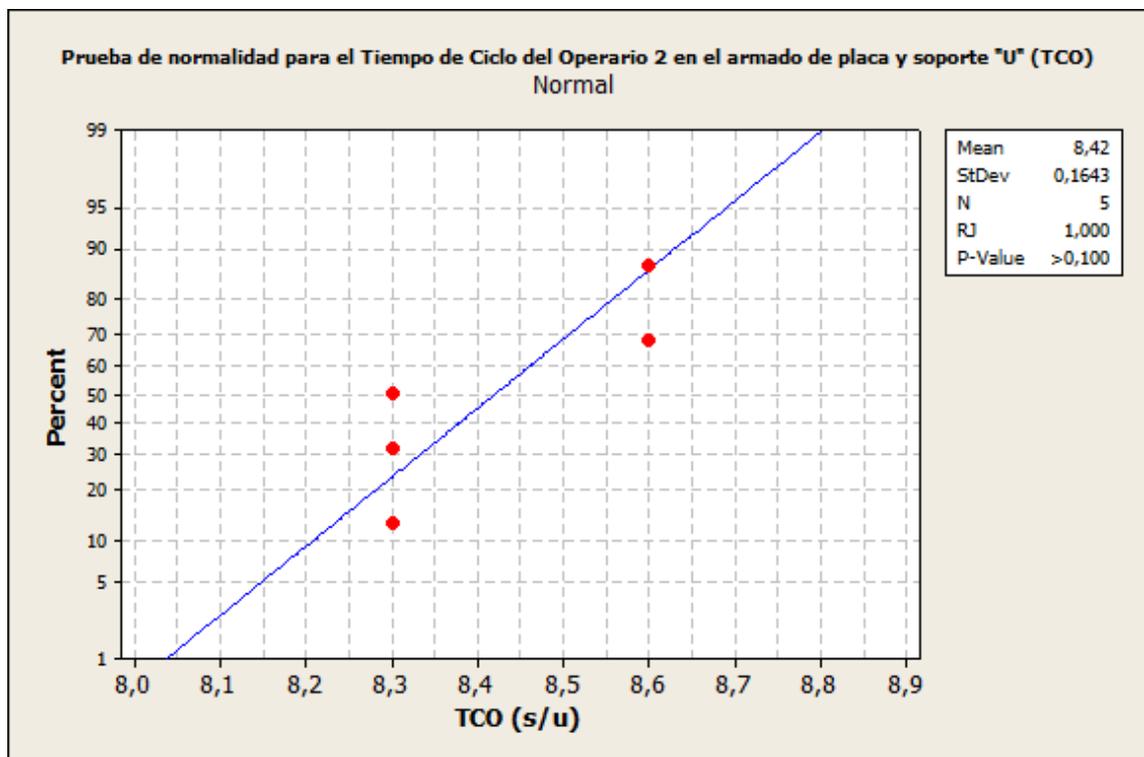


Gráfico 42 Prueba de normalidad para el tiempo de ciclo del operario 2 en el proceso de armado de placa y soporte "U"

Elaborado por: Autor
Herramienta: MINITAB 16

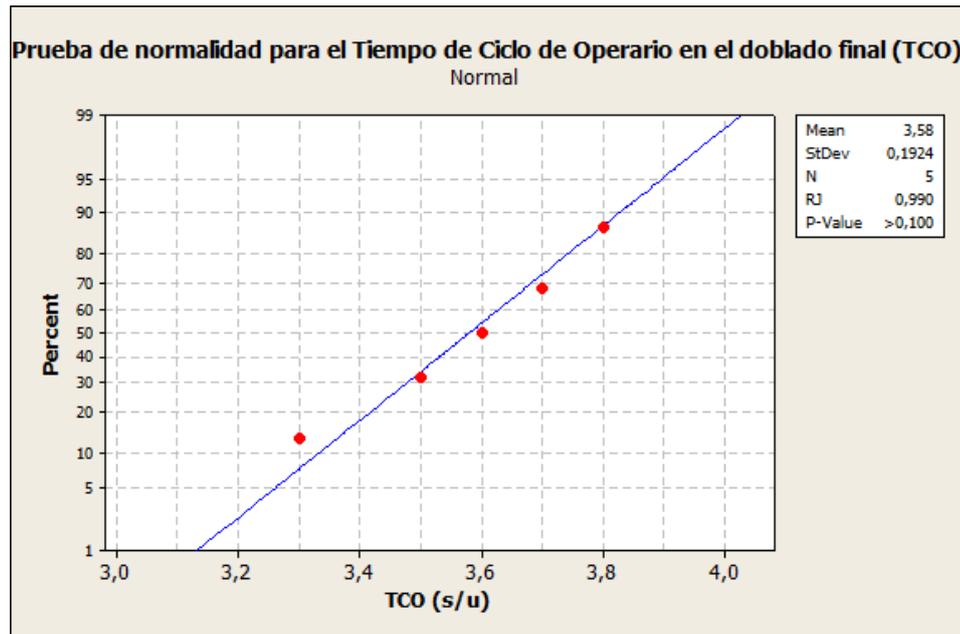


Gráfico 43 Prueba de normalidad par el tiempo de ciclo del operario en el proceso de doblado final
Elaborado por: Autor
Herramienta: MINITAB 16

Las gráficas de los procesos tratados indican que sí existen normalidad con los datos de los procesos tratados debido al factor $p > 0,05$.

Después que hemos establecido normalidad de los datos para el tiempo de ciclo del operario (TCO), lo siguiente es establecer los subgrupos y el tamaño de los mismos. Para el proceso de armado de placa y soporte, el subgrupo lo denominamos a los días de la semana y el tamaño sería el número de observaciones tomadas. Es así que tenemos 5 subgrupos de tamaño igual a 3.

Para el cálculo de los límites superiores e inferiores en la carta de control para rangos, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Línea Central} = \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

Donde \bar{R} es el rango promedio y D_4 , D_3 son valores obtenidos de una tabla. Los valores de D_4 , D_3 aplicados para un tamaño de subgrupo igual a 3 son:

$$D_3 = 0, D_4 = 2,575.$$

Las ecuaciones para la carta de control para medias son las siguientes:

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{\bar{x}}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

Donde $\bar{\bar{x}}$ es el gran promedio, \bar{R} es el rango promedio y A_2 es una constante que se obtiene de tablas. El valor para A_2 aplicado para un tamaño de subgrupo igual a 3 es:

$$A_2 = 1,023$$

Con estos datos procedemos a realizar las respectivas cartas de control incluyendo los límites de control. Las gráficas se muestran a continuación:

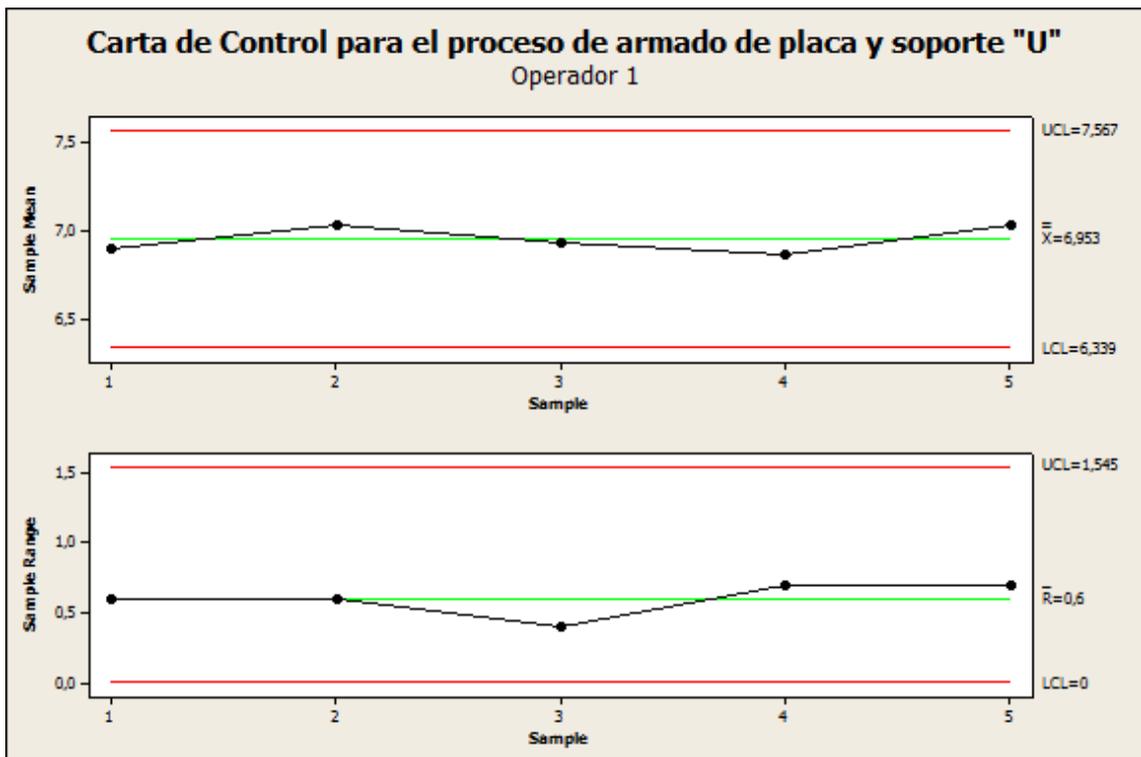


Gráfico 44 Carta de control para el proceso de armado de placa y soporte "U" del operario 1

Elaborado por: Autor

Herramienta: MINTAB 16

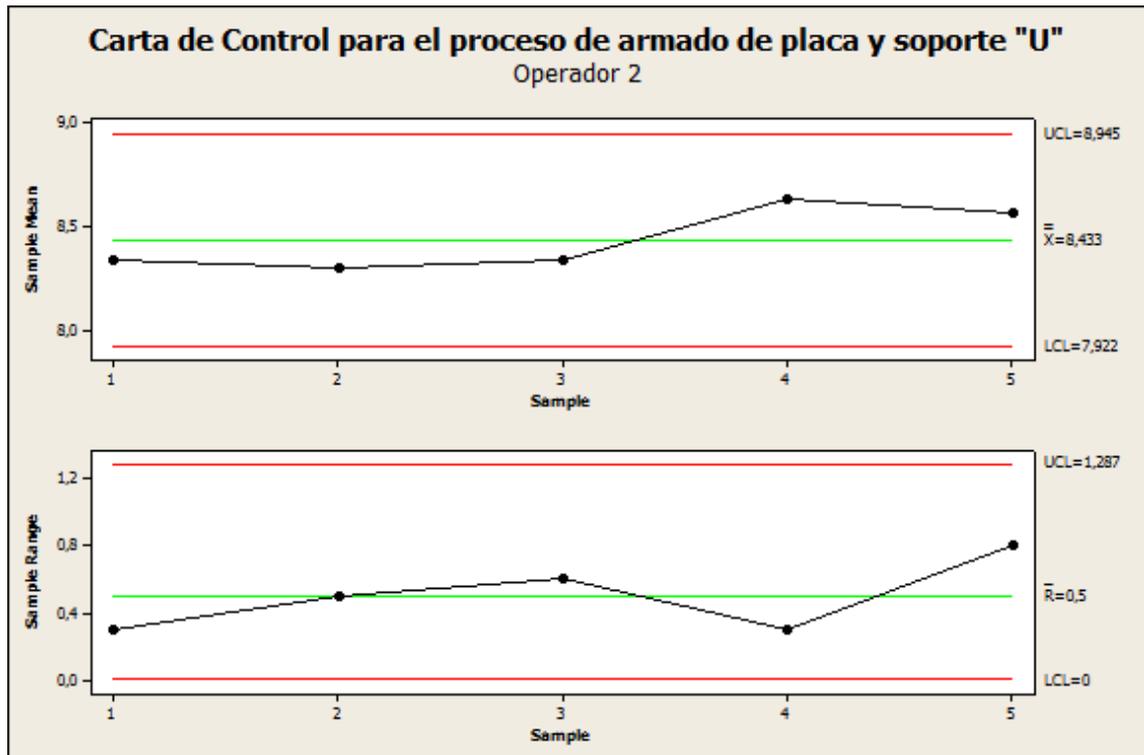


Gráfico 45 Carta de control para el proceso de armado de placa y soporte "U" del operario 2
Elaborado por: Autor
Herramienta: MINITAB 16

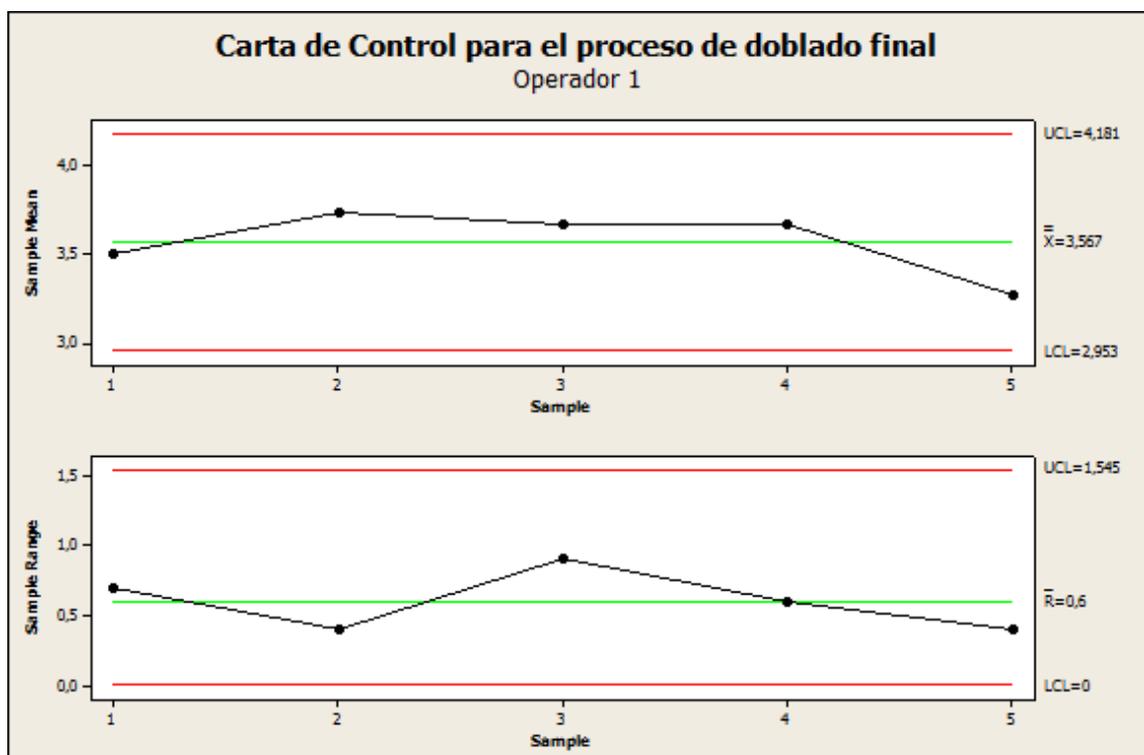


Gráfico 46 Carta de control para el proceso de doblado final
Elaborado por: Autor
Herramienta: MINITAB 16

De las gráficas anteriores se puede verificar que los tiempos de ciclo del operario para cada proceso están bajo control.

Una vez finalizado el análisis de los procesos, se procedió a revisar el comportamiento del inventario en la prueba piloto. La siguiente tabla muestra el comportamiento del inventario durante un período de tiempo.

Tiempo (s)	Inventario (u)
80,0	20
160,0	27
240,0	28
320,0	22
400,0	26
480,0	27
560,0	23
640,0	29
720,0	25
800,0	28

Tabla 36 Mediciones al inventario antes del doblado final.

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

De la misma manera se analiza si los datos tienen una distribución normal mediante la prueba de Ryan-Joiner.

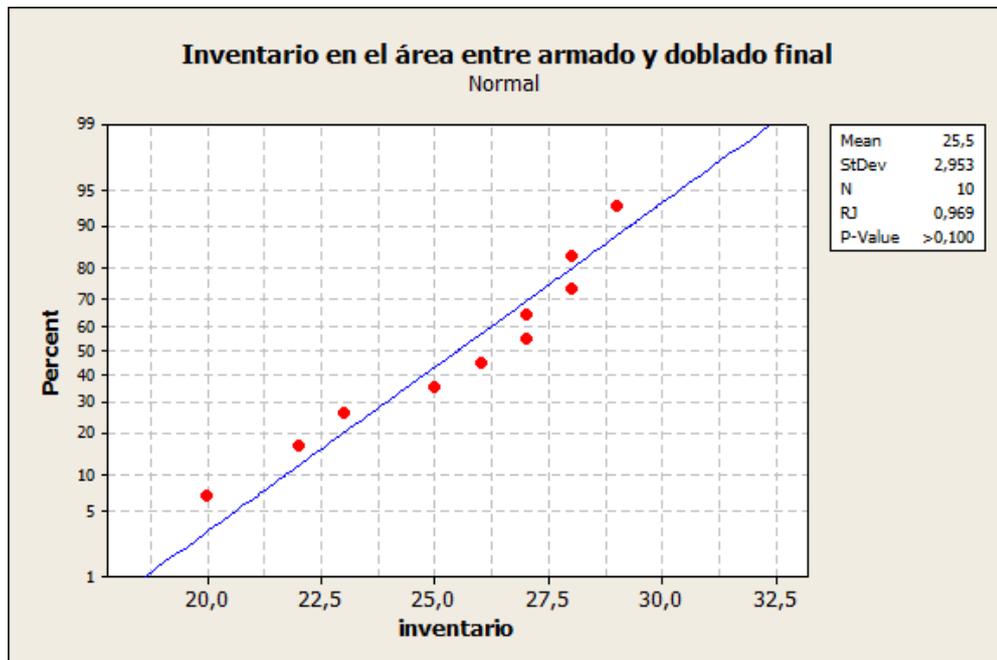


Gráfico 47 Prueba de normalidad para el inventario en el área entre el armado y doblado final.

Elaborado por: Autor

Herramienta: MINITAB 16

La gráfica evidencia que los datos tienen una distribución normal ya que el factor p es mayor a 0,05.

Con los datos de inventario se obtiene un promedio de 26 unidades. Con este valor se calcula un lead time de 0,005 días (con 5200 unidades por día como demanda del cliente).

Para los demás días se hizo el mismo análisis y se tomó en cuenta el inventario promedio de una muestra de datos. El resumen de los datos obtenidos se muestra en la siguiente tabla:

Día	Inventario (u)	Lead time del inventario en el área seleccionada (d)	% Reducción del Lead Time total del VSM actual
Lunes	26	0,005	16,1%
Martes	18	0,003	16,3%
Miércoles	32	0,006	16,0%
Jueves	21	0,004	16,2%
Viernes	35	0,007	15,9%
Promedio	26	0,005	16,1%

Tabla 37 Lead time de inventario en el proceso de doblado final después de la implementación

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Si se compara el inventario en el mapeo de la cadena de valor actual del área en mención, este era de 0,183 días. La reducción del lead time total (1,107 días) ahora es de 16% en promedio, es decir el lead time nuevo es de 0,929.

En cuanto a la rentabilidad, antes para cumplir con la demanda diaria se necesitaba trabajar dos horas extras. Cada hora extra se pagaba media hora laboral normal. También se consideraba comida, transporte y demás honorarios por fines de semana.

Con la implementación de la mejora, la empresa cumple el pedido dentro del horario normal de trabajo que es de ocho horas. Así se puede ver que la mejora en cuánto a la nómina del trabajador disminuyó en una hora laboral normal. En base esto se tiene un ahorro de 12,5% para la empresa.

Sueldo (\$)	Horas laborales normales por día (h)	Horas extras por día antes de la implementación (h)	Honorario por horas extras al día (\$)	Reducción del honorario por hora extra (%)
500,00	8	2	62,5	12,5

Tabla 38 Aumento de la rentabilidad de la implementación por nómina

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Por último, al analizar nuevamente los posibles riesgos mediante la herramienta AMFE con estos cambios realizados podemos ver los siguientes resultados:

Componente del producto / servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	G	O	D	GXOXD
Inyector	Que no de el consumo deseado	Fallo funcional	Confusión en los pedidos por exceso de inventario	Ensayo de Certificación, Queja de consumidores	8	3	2	48
Tubería	Que no tenga el doblez suficiente	Fallo de ensamble en cocina	Apilamiento excesivo de producto	Ensamble en cocina	7	2	1	14
Entrega diaria	Que no se cumpla	Penalizaciones	Proceso no cumple con lo deseado	Quejas del cliente	9	3	3	81

Tabla 39 AMFE de la implementación en el área entre el armado de placa y soporte "U" con el doblado final

Elaborado por: Autor

Fuente: Empresa donde se realiza el trabajo

Como se visualiza en la tabla, los riesgos debido al apilamiento excesivo disminuyeron ya que el material se deposita en contenedores apropiados y no en cartones.

Lo mismo sucede con el tiempo de entrega al cliente ya que después de implementado aquello, el cliente recibe más de 5200 unidades diarias y eso ayuda a su producción de cocinas domésticas.

CAPÍTULO 5

5. ESTANDARIZACIÓN.

En este capítulo se definirá la hoja de trabajo estándar al proceso de armado de placa y soporte “U” en base a la mejora implementada. Por último se definirá un indicador para el Lead Time y la cantidad de material en proceso después del ciclo de doblado final.

5.1. HOJAS DE TRABAJO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE ARMADO DE PLACA Y SOPORTE “U”.

La siguiente gráfica muestra la hoja de trabajo estándar para el proceso de armado de la placa y soporte “U” para el operario 1 y 2.

HOJA DE TRABAJO ESTÁNDAR							
PROCESO	MÁQUINA	# OPERARIO	TAKT	TCP	REALIZADO POR	FECHA	
ARMADO DE PLACA Y SOPORTE "U"	MESA 1	2	4,8 s	4,4 s	Q.C.	XX-XX-XXXX	
No.	Actividad de Trabajo	TIEMPO OPERARIO 1	TIEMPO OPERARIO 2				OBSERVACIONES
1	Colocación de soporte "U" en molde						
2	Colocación de tubo en molde						
3	Escoger tornillo						
4	Atornillar						
5	Inspeccionar						
6	Colocación en caja de producto terminado						
	Tiempo de Ciclo del Operador (TCO)	6,9	8,4				
	Tiempo de Ciclo del Operario promedio (TCOp)	3,8					
	$\frac{1}{TCp} = \frac{1}{TCO_1} + \frac{1}{TCO_2}$						

Gráfico 48 Hoja de trabajo estándar para el ciclo de armado de placa y soporte “U”.
Elaborado por: Autor

5.2. HOJAS DE TRABAJO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE DOBLADO FINAL.

La siguiente gráfica muestra la hoja de trabajo estándar para el proceso de doblado final.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES

- En general, el proceso de elaboración de la línea de fabricación del tubo de alimentación quemador superior mejoró gracias a la implementación de la técnica de manufactura esbelta (Lean Manufacturing).
- La situación actual de la producción del proceso de elaboración del tubo de alimentación quemador superior refleja un lead time de 1,107 días con una demanda diaria de 5200 unidades. La demanda mensual es de 125000 unidades. El tiempo de ciclo de los operarios es de 4021 segundos.
- Después de la implementación de la mejora se vio un resultado favorable reduciendo el estándar de tiempo (lead time) en un 18% al tercer mes, después de haber establecido la situación actual de la empresa.
- La rentabilidad de la línea de fabricación (negocio) al tercer mes, aumentó en un 12,5% ya que el período laboral disminuyó de ocho horas laborales más horas extras, a tan sólo ocho horas laborales.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en general, diseñar e implementar un sistema de calidad que está ajustado a las necesidades de la compañía, y así garantizar el proceso de mejora continua a través del tiempo.
- Se recomienda desarrollar un análisis de causa para encontrar una acción de mejora con el fin de disminuir los defectos de fabricación en los procesos de acople, ajuste de inyector, formación de anillo perimetral y primer doblado.
- Se recomienda registrar los valores del índice de producción en el primer mes y comparar con la demanda diaria del cliente. Así mismo registrar si existe cambios en la demanda del cliente para ajustarlo.

- Se recomienda aplicar Mantenimiento Productivo Total (TPM) con el fin de conocer y controlar la eficiencia global de las máquinas.
- Se recomienda desarrollar programas y charlas sobre calidad y mejora continua a los operarios y cursos de capacitación continua afines a la producción.

Bibliografía

- Arvelaez, J., Campbell, C., Ramirez, V., & Margely, S. (Diciembre de 2011). *Monografias.com*. Obtenido de www.monografias.com/trabajos-pdf5/herramientas-calidad-hoja-control/herramientas-calidad-hoja-control.shtml
- Campos Arenas, A. (2005). *Mapas Conceptuales, Mapas Mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Bogotá: Editorial Magisterio.
- Chang, R. Y., & Niedzwiecki, M. E. (1999). *Las herramientas para la mejora continua de la calidad*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.
- Galgano, A. (1995). *Los Siete Instrumentos de la Calidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Gilberto, Q. M. (2 de Septiembre de 2005). *El PHVA y las normas ISO 9000*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/el-phva-y-las-normas-iso-9000/>
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la Producción y de Operaciones*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idope, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Fundación EOI.
- Hitpass, B. (2014). *Business Process Management (BPM)*. Santiago de Chile: Edición Hispana.
- Jimeno Bernal, J. (6 de Noviembre de 2012). *PDCA HOME*. Obtenido de <http://www.pdcahome.com/2117/disenio-de-experimentos-para-que-sirve-y-como-realizarlo/>
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing*. Bubok Publishing.
- Martínez, E., Rivera, R. M., Vásquez, C. A., & Martínez Garza, C. (Noviembre de 2005). *Monografias.com*. Obtenido de www.monografias.com/trabajos28/cadena-de-valor/cadena-de-valor.shtml
- Real Academia de la Lengua. (9 de Julio de 2016). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=KUtnGU1>
- Trías, González, Fajardo, & Flores. (2011). Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos. *Revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay*, 20-27.
- Universidad de Granada. (10 de 07 de 2016). *Universidad de Granada*. Obtenido de http://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund3.pdf