

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE COBERTORES
PARA CAMIONES EN LA EMPRESA NOVOFIBRAS**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR

Bach. MACETAS VARGAS, MIGUEL ANGEL

Bach. SALAS PADILLA, GARY ANDREW

ASESOR: Mg. RIVERA LYNCH, CÉSAR ARMANDO

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico la tesis a mi familia, en especial a mi madre, quien fue un pilar para mí, me brindó soporte durante todo este camino recorrido y es gracias a ella que pude llegar a donde estoy ahora.

Miguel Angel Macetas Vargas

Esta tesis es dedicada a mi familia materna, quienes fueron los que me dieron su apoyo incondicional y me impulsan a mejorar día a día.

Gary Andrew Salas Padilla

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Ricardo Palma, nuestra casa de estudios y alma mater, en la que fuimos formados no solo como profesionales, sino como seres humanos de calidad; a la empresa Novofibras, por permitirnos el acceso para hacer posible el presente trabajo de investigación; y a nuestros docentes, quienes nos guiaron a lo largo de este trayecto.

Miguel Angel Macetas Vargas

ÍNDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos.....	3
1.2. Objetivo general y específicos.....	8
1.3. Delimitación de la investigación	9
1.4. Importancia y justificación del estudio.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Marco histórico.....	13
2.2. Antecedentes del estudio de investigación	16
2.3. Estructura teórica que sustenta el estudio.....	20
2.4. Definición de términos básicos	27
2.5. Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis	28
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	30
3.1. Hipótesis	30
3.2. Variables.....	30
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	32
4.1. Enfoque, tipo y nivel	32
4.2. Diseño de la investigación.....	33
4.3. Población y muestra del estudio	33
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	37
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	39
5.1. Presentación de resultados.....	39
5.2. Análisis de resultados	74
5.3. Resultados de investigación	89
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	96

Anexo 01: Matriz de consistencia	96
Anexo 02: Matriz de operacionalización	97
Anexo 03: Diagrama por qué – por qué	98
Anexo 04: Mantenimiento preventivo del compresor.....	99
Anexo 05: Diagrama de flujo del procedimiento – fallo de compresor pre-test.....	100
Anexo 06: Diagrama de flujo – Contingencia.....	101
Anexo 07: Hoja de ruta – Cobertor en fibra de vidrio	102
Anexo 08: Ficha de proceso.....	103
Anexo 09: Autorización de uso de datos de la empresa.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exterior Industrias Novofibras S.A.C.	3
Figura 2. Cobertor para camión en fibra de vidrio	4
Figura 3. Ingreso de ventas por producto (2017 - 2020)	5
Figura 4. Gráfico de Pareto 2017	5
Figura 5. Gráfico de Pareto 2018.....	6
Figura 6. Gráfico de Pareto 2020.....	7
Figura 7. Ishikawa: Baja productividad en producción de cobertores para camiones.....	8
Figura 8. Mapa de ubicación de Novofibras S.A.C.	9
Figura 9. Línea de tiempo Lean Manufacturing	16
Figura 10. Pensamiento tradicional vs Pensamiento Lean	21
Figura 11. Mantenimiento productivo total	22
Figura 12. Fundamento teórico que sustenta la hipótesis	29
Figura 13. Diseño de cobertor en fibra	40
Figura 14. Reparaciones de defectos	41
Figura 15. Ciclo PDCA.....	43
Figura 16. DAP de estructura metálica.....	45
Figura 17. DAP proceso de fabricación de cobertor para camiones.....	46
Figura 18. Control de inventario Novofibras S.A.C.....	47
Figura 19. Hoja resumen materiales Novofibras S.A.C.	48
Figura 20. Necesidad de compra de material - hoja resumen.....	48
Figura 21. Disponibilidad de material - hoja resumen Novofibras S.A.C.....	49
Figura 22. Molde matriz de cobertor pintado	50
Figura 23. Curado de molde matriz	51
Figura 24. Promedio de defectos 2019 vs 2021	52
Figura 25. Hoja de instrucción de trabajo - cobertor	57
Figura 26. Espaciado entre estructura y carcasa de fibra.....	58
Figura 27. Diagrama de análisis para estructura de fierro – PRE.....	59
Figura 28. Implementación de inspección en el proceso	59
Figura 29. Capacitación en soldado de materiales.....	60
Figura 30. Comparativa de reprocesos 2019 vs 2021	61
Figura 31. Estado previo de compresor de Novofibras	64
Figura 32. Tiempo de actividad promedio del compresor (Periodo pre-test).....	64

Figura 33. Estado de compresor mediante mantenimientos continuos.....	71
Figura 34. Tiempo de actividad promedio del compresor (post-test).....	71
Figura 35. Campana de Gauss	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. PDCA: Los 8 pasos.....	25
Tabla 2. Población y muestra: Pre-test y post-test.....	35
Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
Tabla 4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	37
Tabla 5. Defectos de fabricación/Unidad producida pre-test	41
Tabla 6. Defectos	42
Tabla 7. Comparativo tiempo en reparar defectos - pre y post.....	53
Tabla 8. Comparativa costos - reprocesos	53
Tabla 9. Muestra post - Defectos de fabricación	54
Tabla 10. Muestra pre - Reprocesos por error en mano de obra.....	55
Tabla 11. Tiempo total reprocesos (hr) 2019 vs 2021	61
Tabla 12. Costo material por reprocesos 2019 vs 2021	62
Tabla 13. Muestra post - Reprocesos por error en mano de obra	62
Tabla 14. Muestra pre - horas de actividad.....	65
Tabla 15. Especificaciones de compresor estacionario	67
Tabla 16. Características de compresor móvil.....	68
Tabla 17. Compresor estacionario vs móvil	69
Tabla 18. Inversión e indicadores financieros - compresor móvil.....	70
Tabla 19. Tabla resumen - implicancia de costos.....	70
Tabla 20. Resumen: paro-mantenimiento de compresor	73
Tabla 21. Muestra post-test mantenimiento planeado	73
Tabla 22. Variable, tipo de variable y de muestra - hipótesis.....	76
Tabla 23. Número de defectos Pre-test vs post-test.....	77
Tabla 24. Prueba de normalidad - variable 1	77
Tabla 25. Resultado de prueba de normalidad.....	78
Tabla 26. Elección de prueba de hipótesis - variable 1	79
Tabla 27. Prueba de hipótesis - variable 1	79
Tabla 28. Estadísticos descriptivos - variable 1.....	80
Tabla 29. Reprocesos por error en mano de obra Pre-test vs post-test.....	81
Tabla 30. Prueba de normalidad - variable 2.....	82
Tabla 31. Resultado prueba de normalidad - variable 2	82
Tabla 32. Elección de prueba de hipótesis - variable 2	83

Tabla 33. Prueba de hipótesis - variable 2	83
Tabla 34. Estadísticos descriptivos - variable 2.....	84
Tabla 35. Tiempo de actividad del equipo auxiliar Pre-test vs post-test	86
Tabla 36. Prueba de normalidad - variable 3	86
Tabla 37. Resultado prueba de normalidad - variable 3	87
Tabla 38. Elección de prueba de hipótesis - variable 3	88
Tabla 39. Resumen de prueba de hipótesis - variable 3.....	88
Tabla 40. Estadísticos descriptivos - variable 3.....	89
Tabla 41. Resumen de resultados	90
Tabla 42. Cálculo de la productividad - 2019.....	90
Tabla 43. Cálculo de la productividad - 2021	91

RESUMEN

El presente trabajo de investigación estuvo enfocado en mejorar la productividad en la fabricación de cobertores para camiones de la empresa Novofibras, una empresa manufacturera dedicada a fabricar toda clase de productos en fibra de vidrio; esta mejora fue basada en el uso de herramientas de Lean manufacturing. La investigación fue del tipo aplicado, teniendo un enfoque cuantitativo y un método explicativo.

La elección del producto “cobertor” se dio mediante el diagrama de Pareto para los productos de la empresa, siendo el producto que genera mayor ingreso a la empresa; de esta elección, se identificaron los problemas que generaban baja productividad usando el diagrama Ishikawa, estos fueron los defectos de fabricación, reprocesos y paros no planificados del equipo auxiliar.

El análisis de los datos se dio en el periodo enero a junio del año 2019, el cual fue utilizado para hacer de símil con sus posteriores datos para el mismo semestre del año 2021.

Se implementó el ciclo PDCA con el objetivo de reducir la cantidad de defectos generados, obteniendo resultados muy favorables en el corto plazo; para reducir la cantidad de reprocesos por errores en mano de obra se implementó el trabajo estandarizado, gracias a esto, el proceso tuvo un mejor rendimiento.

Se implementó el mantenimiento planeado con el fin de aumentar el tiempo de actividad del equipo auxiliar al reducir los paros no planificados del compresor de aire, que es el punto crítico en el proceso de fabricación de los cobertores, debido a que es fundamental en los procesos de pintado, el cual es cuello de botella del proceso.

Mediante la implementación del ciclo PDCA se redujeron los defectos en un 54 %, la implementación del trabajo estandarizado, los reprocesos por errores en mano de obra se redujeron en un 63.11 % y mediante el mantenimiento planeado, las horas de actividad del compresor aumentaron en un 10.07 %

Palabras clave: Lean manufacturing, productividad, PDCA, trabajo estandarizado, mantenimiento planeado.

ABSTRACT

The present research was focused on improving productivity in the manufacture of covers for trucks of the Novofibras company, a manufacturing company dedicated to produce all kinds of fiberglass products; This improvement was based on the use of Lean manufacturing tools. The research was of the applied type, having a quantitative approach and an explanatory method.

The choice of the product "cover for trucks" was given through the using of the Pareto diagram for the company's products, being the product that generates the greatest income for the company; from this choice, the problems that generated low productivity were identified using the Ishikawa diagram, these were manufacturing defects, reprocesses and unplanned stoppages of the auxiliary equipment.

The analysis of the data took place in the period January to June of the year 2019, which was used to make a simile with its subsequent data for the same semester of the year 2021.

The PDCA cycle was implemented in order to reduce the number of defects generated, obtaining very favorable results in the short term; to reduce the amount of reprocesses due to errors in workmanship, standardized work was implemented, thanks to this, the process had a better performance.

The planned maintenance was implemented in order to reduce the unplanned stoppages of the air compressor, which is the critical point in the manufacturing process of these covers for trucks, because it is fundamental in the painting processes, which is a bottleneck of process.

Through the implementation of the PDCA cycle, defects were reduced by 54%, the implementation of standardized work, rework due to errors in labor was reduced by 63.11% and through planned maintenance, the compressor uptime increased by 10.07%

Keywords: Lean manufacturing, productivity, PDCA, standardized work, planned maintenance.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal la mejora de la productividad en el proceso de fabricación de cobertores en la empresa Novofibras mediante la utilización de herramientas de Lean manufacturing.

El Lean manufacturing centra su metodología en mejorar continuamente y optimizar los procesos dentro de la organización, utiliza distintas herramientas para la eliminación de desperdicios, entendidos como todo aquello que no aportan valor dentro del proceso.

En el primer capítulo se abarca el planteamiento del problema, donde se delimita, justifica y resalta la importancia de la implementación de las herramientas de Lean manufacturing con el objetivo principal de mejorar la productividad en la fabricación de los cobertores para camiones en la empresa Novofibras, en este punto se describen las deficiencias del proceso de fabricación de estos cobertores para camiones, que han presentado una tendencia de baja productividad en ciertos aspectos del proceso, lo que obligaba a la empresa a realizar gastos no presupuestados.

El segundo capítulo trata la teoría e historia del Lean manufacturing, tanto antecedentes como definiciones y los fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis del trabajo de investigación, esto con el objetivo de poder adentrarse en el tema de investigación con fundamentos que respalden y complementen la práctica y el porqué de los cambios en proceso, lo cual brinda una adecuada visión de las herramientas idóneas y necesarias que se necesitará.

Centrado en el sistema de hipótesis, en el capítulo 3 se trató la hipótesis principal en base al problema principal; de la misma forma, las hipótesis específicas, planteadas partiendo de la base descrita en los problemas específicos.

Entrando al cuarto capítulo es donde se menciona la metodología de la investigación; esta toma los aspectos estadísticos (teóricos) en los que se analizarán los resultados mostrados por el estudio, definiendo el enfoque, métodos, tipo de investigación y mostrando a modo resumen las técnicas y procesamiento de los datos, obtenidos mediante el tratamiento de la información registrada durante el estudio en la empresa Novofibras.

En el quinto capítulo se presenta el análisis y los resultados de haber implementado el ciclo PDCA en el proceso de fabricación de cobertores en la empresa Novofibras para reducir los defectos de fabricación, la aplicación del trabajo estandarizado para evitar los

reprocesos y la implementación del mantenimiento planeado para de esta forma evitar los paros de equipos auxiliares no programados, reduciendo su tiempo de actividad, que llegan a ser críticos en puntos indispensables del proceso de fabricación, especialmente en el proceso de pintado donde se usa los equipos auxiliares, reduciendo las horas de actividad del equipo auxiliar. En este capítulo se detalla la muestra de datos pre, se describe detalladamente las herramientas que se implementaron y finalmente se detalla la muestra de datos post.

Este es el aspecto del trabajo netamente estadístico, el cual trata la información recolectada durante el tiempo de estudio, para la verificación de los resultados y validación de las hipótesis planteadas, estas validaciones implican directamente que los planteamientos dados generan o no resultados significativos.

Además de esto, las conclusiones muestran el resultado de lo aplicado en la investigación detallando el impacto que tuvo la implementación las herramientas de Lean manufacturing en el proceso de fabricación de cobertores, dentro de las conclusiones también se da a ver el contraste de los resultados pre test y post test.

Finalmente, las recomendaciones, donde se detallan y especifican los pasos a seguir para que lo implementado a través de las herramientas de Lean manufacturing en el proceso de fabricación de cobertores en la empresa Novofibras siga teniendo un impacto positivo y seguir en el camino de la mejora continua. Con la finalidad de un responsable uso de la data, imágenes, procesos y fichas de la empresa Novofibras se solicitó una autorización de uso y tratamiento de datos el cual se muestra en el anexo 09.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción y formulación del problema general y específicos

En este punto se describe el problema suscitado en la empresa en estudio y el planteamiento del problema general y específicos.

Descripción del problema

En las últimas décadas, la industria manufacturera ha tomado gran importancia debido a su impacto directo en la economía del país. En este sentido, se han creado varias MYPES para satisfacer las necesidades que el mercado exige.

Siendo el año 2005 y debido a esta necesidad nace la empresa Novofibras, una empresa creada con la finalidad de llevar al mercado productos de una excelente calidad y garantizar una satisfacción y fidelización de los clientes. (Ver figura 1).

La empresa Novofibras S.A.C. cuenta con más de 15 años de experiencia en el rubro de la manufactura de productos en fibra de vidrio, abarcando una amplia gama de productos, debido a la versatilidad que brinda trabajar con este material de excelentes características.



Figura 1. Exterior Industrias Novofibras S.A.C.

Fuente: Google Maps

Para el año 2020, la industria manufacturera ocupó el segundo sector más grande de nuestra economía debido a que obtuvo el 12.5 % de participación del PBI nacional, según indica la oficina de estudios económicos (OEE) de la dirección general de evaluación de impacto y estudios económicos (OGEIEE) del ministerio de la producción.

Dada la demanda del mercado, la empresa Novofibras ha ido incrementando la cartera de productos, llegando a tener actualmente cuatro líneas de producción: línea industrial, línea carrocera, línea del hogar y línea recreacional; de las cuales, en la línea industrial (la cual abarca el mayor porcentaje de ingresos de la empresa respecto a las otras líneas de producción) destacan los cobertores para camiones. (Ver figura 2).

Debido a que la peculiaridad de los productos elaborados a base de fibra de vidrio es su resistencia y la facilidad para repararlos, los cobertores para camiones en fibra de vidrio son la opción por excelencia de muchas empresas que cuentan con camiones de carga pesada.



Figura 2. Cobertor para camión en fibra de vidrio

Fuente: Novofibras

Estos cobertores de la línea industrial de la empresa, cuyo ingreso por ventas, tal como se muestra en la figura 3, ascienden en el periodo de tiempo 2017 - 2020 a S/ 1'285,292.48 que representan un total del 44.69 % de los ingresos de la empresa Novofibras para tal periodo, siendo seguidos directamente por las canastillas en fibra

de vidrio para 02 personas, con un total de ingresos por ventas, para el mismo periodo (2017 - 2020), de S/ 160,196.58 representando tan solo 5.57 % de los ingresos.



Figura 3. Ingreso de ventas por producto (2017 - 2020)

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

A su vez, se realizó un diagrama de Pareto respecto a las ventas anuales por productos vendidos en la empresa, tomando los años correspondientes al estudio.



Figura 4. Gráfico de Pareto 2017

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

Para el año 2017, la figura 4 muestra un amplio margen en lo que respecta a ingresos de la empresa, el producto resaltante en este año es el cobertor para camiones con una participación de 56.72 % en ingresos, siendo uno de los cinco productos “Clase A” en la distribución ABC del diagrama Pareto para el año en referencia.

La tendencia continúa de misma manera en los años siguientes, si bien llegan a mostrar una disminución en el volumen de ventas, la variación porcentual no es significativa.



Figura 5. Gráfico de Pareto 2018

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

Los cobertores para camiones se posicionan en el primer lugar del Pareto mostrado, con una participación de 50.73 % de ingresos por ventas para el año 2018, tal como lo muestra la figura 5.

Dada la coyuntura actual, el año 2020 presentó una disminución abrupta en las ventas de la empresa, a su vez, el porcentaje de ingresos por ventas de cobertores para camiones de la empresa también se vio disminuido, acercándose a las ventas de los otros productos clase A del diagrama Pareto. (Ver figura 6).

Por tal motivo, no se consideró los datos obtenidos del periodo enero-junio 2020.



Figura 6. Gráfico de Pareto 2020

Fuente: Datos de la empresa. Elaboración propia

La empresa Novofibras ha venido presentando problemas en la línea industrial, en los procesos de la fabricación del producto, generando diversos problemas que afectan su productividad (ver figura 7), entre los cuales destacan los siguientes:

- Este producto ha venido presentando defectos de fabricación, defectos que sí o sí tienen que ser corregidos, estos influyen directamente en la utilidad del producto debido al aumento de los costos de no calidad, en ocasiones puntuales genera insatisfacción en los clientes debido al retraso en la entrega.
- Se ha dado el caso de paros de los equipos auxiliares debido a averías repentinas, conllevando un considerable retraso en la producción, ya que queda el equipo en stand by mientras se soluciona, reemplaza o cambia la estación de trabajo para continuar el proceso productivo, por lo que es indispensable contar con un plan de mantenimiento que permita disminuir estos paros por no planificados debido a averías, tener planificado el proceso, estandarizarlo y mantener estos registros pensando a futuro.
- Los reprocesos y reparaciones de defectos requieren una cantidad de tiempo considerable (en algunos casos, las reparaciones de defectos toman el mismo tiempo que tardaría en fabricar el producto).

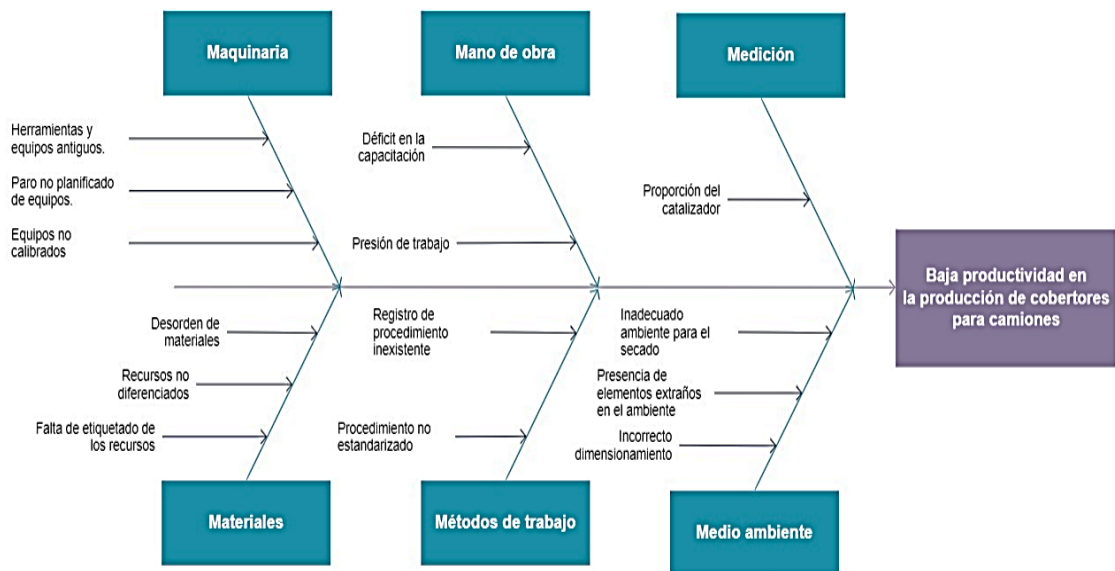


Figura 7. Ishikawa: Baja productividad en producción de cobertores para camiones

Fuente: Elaboración propia

Formulación del problema principal y específicos

Se formula el problema principal abarcado en el presente estudio y tres problemas específicos presentes.

- Problema principal
 - ¿Cómo mejorar la productividad en la fabricación de cobertores de la empresa Novofibras?
- Problemas específicos
 - a) ¿Cómo reducir los defectos de fabricación?
 - b) ¿Cómo reducir los reprocesos por errores en mano de obra?
 - c) ¿Cómo aumentar el tiempo de actividad del equipo auxiliar?

1.2. Objetivo general y específicos

Se formulan, en base a los problemas principal y específicos, los objetivos trazados para la investigación.

- Objetivo general
 - Aplicar Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de cobertores para camiones en la empresa Novofibras.

- Objetivos específicos
 - a) Implementar el Ciclo Deming PDCA para reducir los defectos de fabricación.
 - b) Implementar el trabajo estandarizado para reducir los reprocesos por errores de mano de obra.
 - c) Implementar el Mantenimiento Planeado para aumentar el tiempo de actividad del equipo auxiliar.

1.3. Delimitación de la investigación

Este punto se centra en tres delimitaciones para el presente estudio, la delimitación espacial, temporal y temática.

- Delimitación espacial

El estudio está delimitado a la zona de producción de la empresa Industrias Novofibras S.A.C. ubicada en el Jirón Forjadores ubicado en el parque industrial de Villa El Salvador, Lima – Perú. (ver figura 8).



Figura 8. Mapa de ubicación de Novofibras S.A.C.

Fuente: Google Maps

- Delimitación temporal

Este estudio es realizado dentro del período de producción semestral de cobertores para camiones por proyecto, para la producción de estos cobertores desde el inicio del periodo transcurrido entre enero de 2019 hasta finalizado el mes de junio del mismo año para la base de la implementación de las herramientas de Lean manufacturing en los primeros seis meses del año 2021.

- Delimitación temática

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque de mejora de productividad basado en la aplicación de herramientas de Lean manufacturing; concretamente, se abarcará el ciclo Deming, trabajo estandarizado y mantenimiento planeado.

1.4.Importancia y justificación del estudio

Se detalla a en los siguientes tres puntos la importancia de la aplicación de herramientas de Lean manufacturing en la empresa y la justificación tanto teórica como práctica del estudio.

- Importancia del estudio

Es progresivo el avance de las nuevas tecnologías que las empresas utilizan en sus procesos productivos, dejando de lado los métodos rudimentarios o aquellos que no aportan valor, marcando una tendencia y diferenciándose de aquellas tradicionalistas.

Es así como la implementación de estas tres herramientas de Lean manufacturing en Novofibras implica la generación de no solamente un valor agregado, sino también la factibilidad de aplicar nuevas herramientas de ingeniería que contribuirán con su mejora continua y todo lo que ello implique.

Las falencias en el proceso de fabricación de cobertores, consecuencia de una escasa utilización de herramientas de ingeniería o desconocimiento de estas, tienen una implicancia negativa, que se ve reflejada a través de reprocesos, retrasos en los tiempos de entrega y costos extra. La implementación y aplicación de las herramientas de Lean manufacturing en el proceso permitirá reducir los defectos y reprocesos, que en conjunto llegan a representar un sobre costo que la empresa no debe permitirse; a su vez, el ahorro en tiempo permitirá un ajuste a

los tiempos de entrega propuestos a los clientes, el cual es fundamental para que Novofibras SAC fidelice a los clientes. El mantenimiento planeado para el equipo auxiliar es un punto fundamental por el cual recae la importancia de esta investigación, debido a que el equipo auxiliar está presente en el proceso que es cuello de botella, por ende, su enfoque está ligado directamente a la reducción de estos tiempos muertos, consecuencia de paros no programados en la producción.

De esta forma, se puede lograr la consecuente mejora de la productividad y reducción de costos extra que continuamente se generaban en la fabricación de cobertores. A su vez, la eficacia da una buena señal por parte de la empresa de cara a los clientes para el aspecto de fidelización.

Los beneficios no solo están limitados a este aspecto, ya que el conocimiento adquirido en el área (yendo desde la estandarización de procesos a la diagramación de procesos y adición de inspecciones a lo largo del proceso) da la generación de una buena trazabilidad y puede ser replicado para las diferentes líneas de producción que la empresa tiene, tanto en la línea recreativa hasta la línea del hogar, ajustando a las necesidades que sean requeridas para la consecución de logros.

- Justificación teórica

La presente investigación tiene como propósito aplicar herramientas de Lean manufacturing dentro del proceso productivo de los cobertores para camiones en fibra de vidrio, aportando de esta manera nuevas herramientas de ingeniería en sus procesos productivos y así servir como base en otros procesos de producción de la empresa Novofibras.

- Justificación práctica

Se hace esta investigación en la empresa debido a que este producto tiene el porcentaje más alto de volumen de ventas, promediando un 50 % de volumen de ventas anual para años previos al 2020 y el impacto de la mejora en la productividad referente a los cobertores para camiones significará un mayor margen de ganancia para la empresa.

La disminución de reprocesos en los cobertores para camiones está planteada en base a la estandarización procesos, esto con el fin de que cada trabajador de esta

línea tenga todas las pautas de trabajo correspondientes y esté en plena capacidad de continuar con el proceso productivo en las condiciones normales; de esta forma, aprovechar el recurso “mano de obra” de manera óptima.

La implementación del ciclo PDCA irá marcando hitos sobre qué y cómo se irá trabajando en la fabricación de cobertores para camiones, para así tener una nueva base en los posteriores procesos de fabricación de este producto e ir aplicando la mejora continua.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.Marco histórico

Desde la primera revolución industrial hasta el día de hoy, la evolución de la manufactura no ha parado, es más, hemos crecido de una manera exponencial. No es ajeno a esto el Lean manufacturing, pues poco a poco, a lo largo de los años fue convergiendo en lo que es actualmente, en la figura 9 se muestra la progresión de herramientas de ingeniería en una línea de tiempo hasta el surgimiento de lo que es el Lean manufacturing.

- ✓ James Watt marcó el inicio de la evolución de la manufactura moderna en el año 1776, con su invento (la máquina de vapor) dio el primer paso para poner en marcha la primera revolución industrial. Años más tarde (en 1798), Eli Whitney fabricó una novedosa (para la época) maquinaria de piezas intercambiables que dio un mayor ímpetu a la producción en masa, pues con ello sentó las bases de lo que hoy en día es la estandarización. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, p. 3).
- ✓ En 1801, el estadounidense Eli Whitney produjo un avance significativo, Eli Whitney desarrolló nuevos métodos de trabajo para producir armas de infantería a partir de piezas intercambiables, Whitney propuso realizar las piezas con troqueles, de modo que sus piezas sean tan similares que fueran intercambiables entre un arma y otra, dichos métodos estaban basados en la fabricación de componentes conforme a tolerancias, calibraciones y el uso de plantillas. Como consecuencia de esto, Whitney eliminó los laboriosos ajustes manuales que, hasta esa fecha, eran muy necesarios para poder ensamblar un arma. A partir de ese momento, los artesanos expertos en el montaje de armas serían sustituidos por trabajadores no calificados que, con un mínimo entrenamiento, montarían tales armas en serie que Ford utilizaría más adelante para la fabricación de automóviles.
- ✓ Frederick Taylor (1856-1915) es considerado como el padre de la gestión científica del trabajo (1911). El taylorismo es un sistema de organización científica del trabajo, el cual está basado en los principios mencionados a continuación:
 - Separar la planificación del trabajo (pensar) de la ejecución del trabajo (trabajo en sí).

- Crear los departamentos de métodos y tiempos (los que piensan). Análisis del trabajo mediante una subdivisión en elementos.
 - Medir los elementos de trabajo mediante la implementación y utilización del cronómetro.
 - Asignar al trabajador determinadas tareas cortas, repetitivas y fáciles de aprender.
 - Establecer un sistema de pagos extra en función de la cantidad producida.
- ✓ Hoy en día, el taylorismo no tiene ningún sentido en países e industrias avanzados. Sin embargo, dos de sus principios, el análisis y la medición del trabajo, siguen siendo válidos y son imprescindibles para el Lean manufacturing. Al abandonar el taylorismo, muchas empresas desterraron de sus fábricas el uso del cronómetro y, por consiguiente, el análisis del trabajo. (Madariaga, Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos, p. 3).
- ✓ Henry Ford, en el año 1896, diseñó y creó su primer automóvil; años después, crearía el modelo T (año 1908), del cual se fabricaron 15 millones de unidades aplicando los principios de Adam Smith de las labores específicas y el sistema de fabricación en serie de Whitney; con esto, Ford revolucionó la manera de trabajar en la manufactura, mediante una línea de ensamble en la que se utilizó un sistema de capacitación que permitió la transferencia eficiente y efectiva de habilidades a nueva fuerza laboral, tanto calificada como no calificada.
- ✓ Sakichi Toyoda, inventor y pensador japonés, creó el primer mecanismo automatizado que detenía el proceso cuando había un fallo e indicaba una señal visual para que el operador le diera atención, este fue conocido como Jidhoka, que significa automatización con enfoque humano, dio inicio a la mejora continua. Siendo 1894 nació su hijo Kiichiro Toyoda, quien lograría, bajo un enfoque técnico, que los equipos de sus telares trabajen ininterrumpidamente sin paros por fallos durante jornadas largas.
- El sistema de producción Toyota, conocido como Just in time (justo a tiempo), tuvo origen en Japón como resultado de la devastada economía que dejó la Segunda Guerra Mundial. Así fue que en un viaje que realizó Kiichiro Toyoda descubre que los obreros japoneses eran tres veces menos

competentes que los alemanes y casi 10 veces menos que los obreros estadounidenses, por lo que inicia un camino con mirada hacia la competitividad; aquí nace el sistema que asegura rentabilidad y participación en un mercado más competitivo.

- Tras la 2° guerra mundial, Edwards Deming, quien fue precursor del Total Quality Management, estuvo involucrado directamente en la asesoría y formación para el desarrollo de las organizaciones japonesas, y formó a estas en el ciclo “Diseñar – Producir – Vender – Rediseñar”, que él mismo había redefinido partiendo del ciclo de Shewhart, padre del control estadístico de procesos. Este enfoque estuvo basado en el desarrollo y la calidad del producto (una mejora del producto constante, basándose en constantes rediseños mejorados de tal). Esta aplicación llegó a occidente con una propia interpretación, “plan > do > check > act”, actualmente conocido como ciclo PDCA.
- ✓ En 1947, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo sientan las bases del Lean manufacturing mediante su estrategia de manufactura, convirtiéndose en pioneros.
- ✓ Este último se destaca por la creación de los dispositivos Poka Yoke, que eliminan los defectos producto de la eliminación de errores.
- ✓ En 1969, el doctor Shingo crea lo que hoy se conoce como SMED (single minute of exchange die) al lograr la disminución de los tiempos de preparación en prensas de 1000 toneladas para Toyota Motors Company, de 4 horas a 3 minutos entre cambio de series.

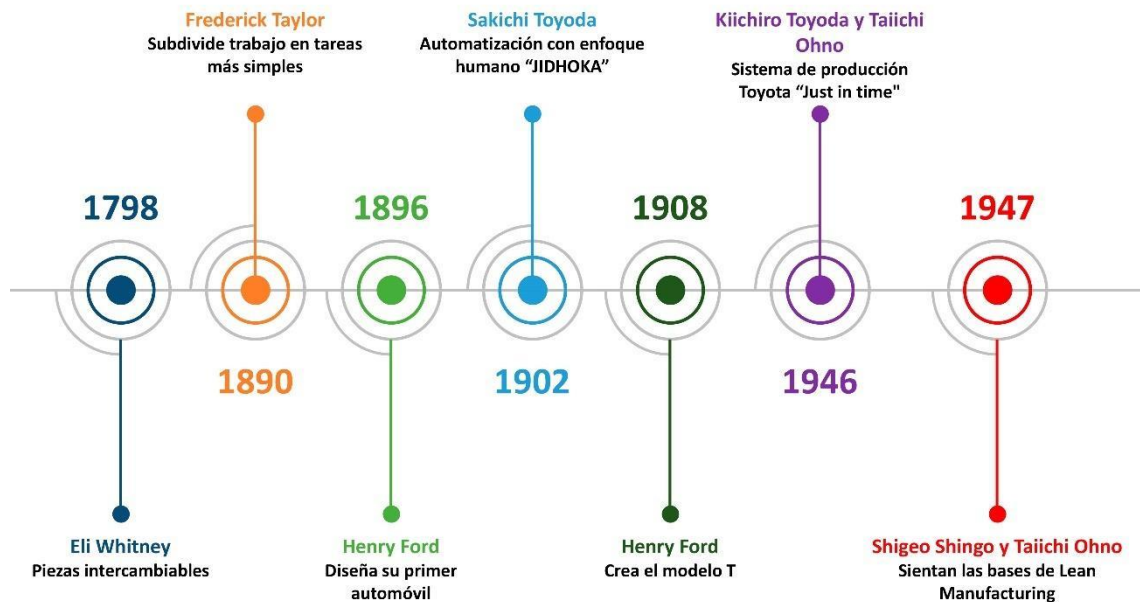


Figura 9. Línea de tiempo Lean Manufacturing

Fuente: Elaboración propia

2.2. Antecedentes del estudio de investigación

Nacionales

- NAVARRO (2017) realizó una investigación sobre la aplicación de “Lean manufacturing para la mejora de la productividad en la línea de fabricación de sólidos en la empresa Teva Perú S.A- Lima”, la cual es una investigación con variables cuantitativas y cuasi experimental.

Su objetivo fue determinar de qué manera la aplicación de la herramienta SMED y TPM mejora la productividad en la línea de producción de sólidos en la empresa TEVA PERU S.A. El método de investigación utilizado por Navarro fue del tipo aplicado y explicativo, con la finalidad de conseguir una mejora en la productividad en TEVA PERÚ.

En tal investigación, el problema principal fue la pérdida de tiempo en cambios de formato y cómo esto afectaba a la fabricación del lote de producción, esto debido a un inexistente flujo de información y controles para actividades, los cuales carecían de un procedimiento de medición de tiempos y no había una evaluación previa ni posterior de las actividades. Luego de la aplicación de Lean Manufacturing la empresa incrementó su productividad en un 11.81%, su eficiencia aumentó en 11.81%, eficacia en 10%.

El presente trabajo de investigación propone usar uno de los pilares del TPM y aplicación de ciclo Deming PDCA tanto para reducir defectos como el aumento de tiempo de actividad del equipo auxiliar, de tal forma que la productividad en la línea industrial de producción se vea afectada positivamente.

- PALOMINO, M. (2012), en su investigación para optar el título de Ingeniería Industrial realizó una investigación “Aplicación de herramientas de Lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes”, presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, consideró lo siguiente:

El objetivo general fue lograr la mejora de la eficiencia en las líneas de envasado de una planta de fabricación de lubricantes, mediante un análisis exhaustivo del rendimiento se determinó como principal problema el tiempo excesivo de paradas. Para mitigar el impacto de estas paradas se aplicaron las herramientas SMED, 5S y JIT logrando una reducción significativa del 73%, 27% y 80% en cada uno de los tiempos a los cuales fueron direccionados dando una mejora de 20% en el indicador OEE (por las siglas en inglés “Overall Equipment Effectiveness”), a su vez, se logró un ahorro de horas hombre, mayor capacidad productiva, un mejor tiempo de respuesta y cumplimiento de entregas, incremento de ventas y una mejor rentabilidad.

Los tiempos por paros de equipos afectan directamente el rendimiento en los procesos productivos, por lo tanto, es un factor a tomar en cuenta en el trabajo de investigación, de tal forma que su reducción nos proporcionará una mejora cuantificable que será identificada mediante el indicador.

- CABALLERO (2019) realizó una investigación sobre: “Aplicación de herramientas Lean Manufacturing y DOE Taguchi en una empresa de plásticos peruana”, consideró lo siguiente:

El problema principal fue la alta tasa de productos defectuosos, que impactan a su vez negativamente en un 4.37% del costo de fabricación. Debido a eso se propuso la implementación de un modelo basado en la filosofía Lean Manufacturing para la reducción de la tasa de productos defectuosos.

Consiguiendo finalmente un decremento del 60.41% en la tasa de defectos.

En el presente trabajo de investigación se aplica, como uno de los objetivos específicos, aplicación del ciclo Deming PDCA para reducir la tasa de defectos.

- PORTOCARRERO, F (2020), en su investigación para optar por el título de ingeniero industrial realizó la investigación “Propuesta de mejora del área de producción de una empresa dedicada a la elaboración de señales usando herramientas de Lean Manufacturing”, presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú consideró lo siguiente:

Su objetivo general fue lograr una mejora en los indicadores del área de producción de una empresa dedicada a la elaboración de señales usando herramientas de Lean Manufacturing. Para conseguir la mejora de estos indicadores, aplicaron esta filosofía y diversos conceptos de Ingeniería Industrial, entre ellos: generación de valor, eliminación de desperdicios, y aplicación de 5S's. Gracias al análisis económico se pudo comprobar la viabilidad de la propuesta, debido a la implementación de las diferentes herramientas a utilizar, la inversión inicial realizada brindó un VAN de S/. 87,084.01 y un TIR bordeando un 68%.

Si bien, el objetivo principal en el presente trabajo de investigación es el de mejorar la productividad mediante herramientas de Lean manufacturing, su implementación conlleva una mejora económica que la haga viable.

- ALE, M. y JUAN DE DIOS, G. (2020), en su tesis para optar por el grado de Ingeniero industrial “Propuesta de aplicación de las herramientas del Lean manufacturing para reducir los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima 2020” consideraron lo siguiente:

Su objetivo fue reducir los tiempos muertos de las operaciones del proceso de reencauche, mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing como 5'S, Poka Yoke y SMED.

El tipo de investigación fue explicativa y descriptiva, siendo esta de diseño cuasi experimental.

Mediante observación directa hicieron el análisis 5S's, registro de los fallos para Poka Yoke y estudio de tiempos de los procesos en el caso de SMED.

Las conclusiones fueron favorables con la hipótesis, ya que indicaron una reducción en los tiempos muertos globales en 45.57 %.

El presente trabajo de investigación busca reducir los tiempos de actividad del equipo auxiliar, estos conllevan a tiempos muertos en la producción, la aplicación de herramientas de Lean manufacturing, al igual que Ale y Juan De Dios, reducirán los tiempos muertos generados por estos.

Internacionales

- MUÑOZ, K. (2017) en su investigación para optar por el grado de Ingeniera Civil Industrial “Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de Control de Calidad de la empresa Maderas Arauco”, presentada en la Universidad Austral de Chile, consideró lo siguiente:

El objetivo general fue una propuesta de mejora para la gestión del área de Control de Calidad, por medio del análisis de los datos históricos y estudio del trabajo realizado por los inspectores del área. Para ellos se aplicarán las herramientas: 5S, SMED Y TPM con las cuales se pretenden disminuir los desperdicios y a la vez mejorar los indicadores que se manejan en las áreas como son: los tiempos muertos, rendimiento y el factor de uso.

Se concluyó que se implementó herramientas en el área, se diseñaron estándares en las áreas intervenidas con el fin de mantener controlada la generación de desperdicios del área y ver la situación de soluciones que fueron efectuadas.

La relación con el presente trabajo de investigación, se centran en la mejora de indicadores referidas a tiempos muertos, mediante aplicación de herramientas de Lean manufacturing, en este caso, el TPM es el utilizado (mantenimiento planeado como pilar de TPM).

- Benavides, R. (2020) en su investigación para optar por el grado de Mg. Industrial y de sistemas “Propuesta de un modelo de Lean Manufacturing para empresas de servicio de la industria forestal”, consideró lo siguiente:

El objetivo general fue proponer un modelo conceptual de implementación de Lean Manufacturing, para poder ser aplicado en las empresas contratistas que prestan sus servicios en la planta de fabricación de paneles, en particular a los servicios de equipos rodantes, aseo industrial y operaciones. Para ello propone

utilizar una metodología cualitativa, aplicando entrevistas de administradores de contrato y personal clave de las empresas contratistas que prestan servicio en la planta, para entender cómo pueden mejorar sus procesos a través de un modelo que se adhiera al de la planta. Los datos que muestran las empresas contratistas no han sido adecuadamente integrados en la implementación de Lean Manufacturing de la planta de fabricación.

Se concluye, que es factible implementar un modelo de mejora continua en las empresas contratistas que actualmente trabajan en la planta de fabricación de paneles.

Lo que aporta esta tesis es el modelo de implementación de Lean Manufacturing a la empresa y los posibles inconvenientes que se van presentado, ayudando a solucionarlo y prevenirlo.

2.3. Estructura teórica que sustenta el estudio

Lean Manufacturing

El Lean manufacturing se puede definir como una metodología que, mediante aplicación de herramientas, tiene como objetivo eliminar los desperdicios. Estos desperdicios se entienden como todo lo que no aporte valor alguno al producto y por el cual los clientes no pagarán. (Ver figura 10).

La filosofía Lean Manufacturing busca mejorar y optimizar el sistema de producción, eliminando todas las actividades que dentro del mismo no generen valor en el proceso productivo. Esta filosofía está basada en diferentes sistemas de producción (...). A su vez, es un conjunto de técnicas, que, combinadas entre sí, permiten la eliminación y reducción de los “siete desperdicios”. Estas técnicas permitirán que la cadena de valor sea más flexible y a su vez, más eficiente. (Gisbert et al, 2018, p. 59).

Los clientes constantemente tienen a las compañías bajo presión para reducir los costos y los tiempos de entrega, así como para tener la más alta calidad. El pensamiento tradicional dicta que el precio de venta es calculado por el costo más el margen de utilidad que se desea. Pero en el ambiente económico de hoy, eso es un problema. El mercado es tan competitivo que hay siempre alguien listo para tomar su lugar. Los clientes pueden marcar el precio y usted no tendrá la ganancia que espera. Bajo estas circunstancias, el único camino para obtener una ganancia es

eliminando desperdicios de sus procesos, por lo tanto, reduciendo los costos. (Tapping, Luyster y Shuker, Value Stream Management. 2002).

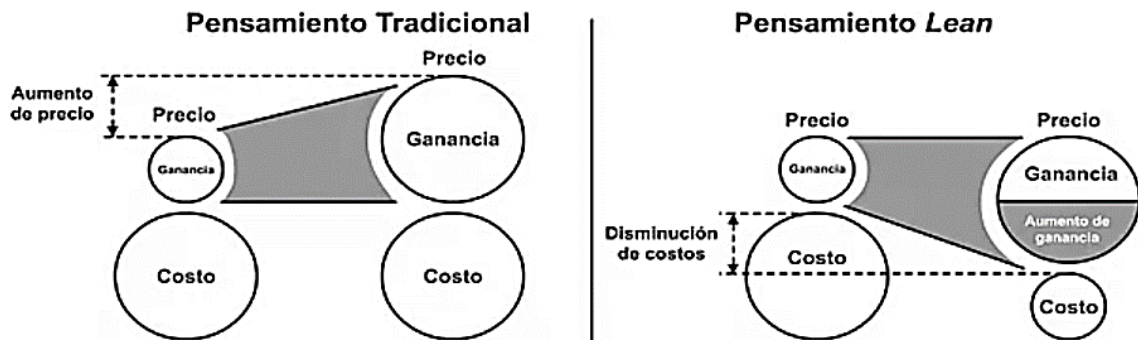


Figura 10. Pensamiento tradicional vs Pensamiento Lean

Fuente: Galindo, Manual de Lean manufacturing, 2007, p. 19.

TPM

El TPM (Total Productive Maintenance) es un sistema de gestión de mantenimiento que tiene como objetivo la eliminación de pérdidas en la producción por posibles malfuncionamientos o averías; el personal de trabajo es implicado directamente para lograr este objetivo. (Ver figura 11).

El objetivo del TPM (mantenimiento productivo total) es asegurar que los equipos de fabricación se encuentren en óptimas condiciones y que continuamente produzcan componentes de acuerdo a los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es tarea que depende de todos, desde los directivos hasta ayudantes de los operarios. El Lean manufacturing exige que cada máquina esté lista para empezar a trabajar en cualquier momento en respuesta a los requerimientos de los clientes. Conforme se aproxima al ideal de la producción sin stocks, se intenta asegurar que el equipo sea altamente fiable desde el arranque hasta la parada y con un funcionamiento perfecto y sin averías. (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 139-140).

- Importancia de su implementación
 - Mejorar la calidad de los productos.
 - Mejorar la productividad.
 - Disponibilidad de máquinas
 - Dar continuidad a las operaciones de la planta.

- Mejor aprovechamiento de los equipos.
- Reducir notoriamente los gastos que generen los mantenimientos correctivos (paros de equipos no planificados).
- Reducir el número de defectos y productos rechazados debido a máquinas en mal estado.
- Reducir costos de operación.

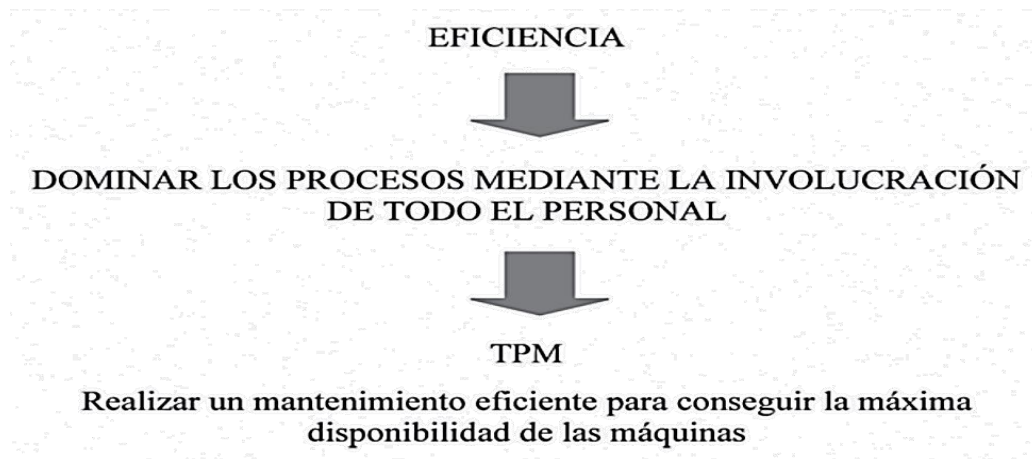


Figura 11. Mantenimiento productivo total

Fuente: Rajadell y Sánchez, 2010, p. 140

Mantenimiento planeado

Mantenimiento planeado consiste en lograr mantener el equipo y el proceso en estado óptimo por medio de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente a fin de evitar paradas innecesarias.

Para conseguir mantener el equipo y proceso en estado óptimo, se establecen unas medidas como son:

- a) Establecimiento de contramedidas cada día.
- b) Confirmar planes y acciones de mantenimiento programado.
- c) Mejorar la vida útil de equipos e instalaciones.
- d) Tener un adecuado control de repuestos y stock.
- e) Perfeccionar el análisis, la capacidad de diagnóstico y la prevención de averías.
- f) Confirmar planes de lubricación.

(Fernández & González, 2018. Tesis de maestría).

Indicadores de Mantenimiento planeado:

- Mean time to fail (MTTF)

Este indicador, que por su nombre en inglés se entiende como “Tiempo medio para fallar”, mide el tiempo en promedio que es capaz de operar un equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El Tiempo Promedio para Fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio hasta la Falla”

- Mean time to repair (MTTR)

Conocido como “Tiempo medio para reparar”, este segundo indicador viene a ser la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema; en otras palabras, mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento.

La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

- Mean time between failures (MTBF)

El Tiempo Promedio Entre Fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”. Mientras más grande sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de esta confiabilidad constituye el MTBF, es por esta razón que debe ser tomado como un indicador más que represente de manera

alguna el comportamiento de un equipo específico. Del mismo modo, para determinar el valor de este indicador se deberá utilizar la data primaria histórica almacenada en los sistemas de información.

El análisis de fallos es el paso más importante en la determinación de un programa de mantenimiento óptimo y éste depende del conocimiento del índice de fallos de un equipo en cualquier momento de su vida útil.

El estudio de la confiabilidad se utiliza en el análisis de data operativa para mantenimiento. Es posible conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de:

- Una eficiente prevención y optimización del uso de los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento.
- Diseñar y/o modificar las políticas de mantenimiento que serán utilizadas a futuro.
- Efectuar los cálculos de instantes óptimos de sustitución económica de equipos.
- Lograr el establecimiento de las frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento.

(Amendola L. Universidad Politécnica de Valencia, España)

La fórmula para determinar el MTBF es la siguiente:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo de inactividad}}{\text{Número de paros}}$$

Ciclo PDCA

El ciclo Plan > Do > Check > Act (por sus siglas “PDCA”) es una herramienta de calidad que permite controlar los procesos de manera eficiente, tanto internos como externos, esto con el fin de reducir errores y ser un apoyo para mejorar la toma de decisiones en las áreas de la empresa.

El ciclo PDCA consta de las siguientes fases:

- Planificar (Plan)

Comprender el estado actual del proceso.

En función de la naturaleza de la mejora podemos utilizar, entre otras, las siguientes herramientas:

- Cálculo del OEE (en español “ETE” que significa la eficiencia total de los equipos) y desglose de las pérdidas en un equipo/máquina.
- Tabla de observación de tiempos.
- Hoja de trabajo estándar.
- Diagrama de trabajo estándar.
- Tabla de capacidad del proceso.
- Gráfico de equilibrado de operarios.
- Formato SMED para analizar el cambio de referencia.

Definir el objetivo de la mejora (el nuevo estándar).

Identificar los factores que pueden contribuir a la mejora.

Determinar las acciones necesarias para alcanzar la mejora.

Evaluar las acciones según su dificultad, coste de implantación y su impacto en seguridad, calidad, servicio y productividad.

Elaborar un plan para llevar a cabo las acciones (qué, quién y cuándo).

- Ejecutar el plan (Do).
- Evaluar los resultados (Check).
- Actuar en función de los resultados (Act).

Actualizar la documentación y estandarizar el nuevo método.

Si no se ha obtenido el resultado esperado, se repetirá el ciclo de mejora.

(Madariaga, 2020, p. 246-247).

Según lo dicho por Pulido, el ciclo PDCA consta de ocho pasos para solucionar problemas, cada paso requiere una serie de posibles técnicas que se utilizarán (variable dependiendo del proceso, problemas y la solución que se quiera dar); la tabla 1 detalla, subdividido en las cuatro etapas del ciclo PDCA y partiendo desde la definición, el análisis y la magnitud del problema, los pasos y las posibles técnicas que se utilizan en la aplicación del ciclo.

Tabla 1. PDCA: Los 8 pasos

Etapas del ciclo	Paso	Nombre del paso	Posibles técnicas a usar
Plan	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, h. de verificación, histograma, c. de control
	2	Buscar las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama Ishikawa

	3	Investigar la causa más importante	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d. Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	¿Por qué? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuánto? ¿Cómo?
Do	5	Poner en práctica las medidas	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Check	6	Revisar los resultados	Histograma, Pareto, c. de control, h. de verificación
Act	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, h. de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

Fuente: Pulido, 2020, p. 120-121

Trabajo estándar

El trabajo estándar tiene como principal fundamento a la excelencia operacional. Sin este, no se podría garantizar que en las operaciones siempre se elaboren los productos de la misma manera. El trabajo estandarizado hace posible la aplicación de los elementos de Lean Manufacturing, ya que define de la manera más eficiente los métodos de trabajo para lograr la mejor calidad y los costos más bajos. (Socconini, 2019, p. 297)

Estandarizando operaciones se establece la línea base para evaluar y administrar los procesos y evaluar su desempeño, lo cual será el fundamento de las mejoras. La documentación del trabajo estándar es necesaria para:

- Aseguramiento de la repetibilidad de la secuencia de acciones.
- Apoyar el control visual, creando un ambiente con el fin de detectar anomalías más fácilmente.
- Ofrecer una ayuda para comparar la documentación con los procesos actuales.
- Iniciar acciones de mejora.
- Facilitar la documentación de las mejoras.
- Establecer un banco de información que se puede consultar cuando sea necesario.
- Ayudar a mantener un alto nivel de repetibilidad.

- Asegurar que las operaciones sean más seguras y efectivas.
- Mejorar la productividad.
- Facilitar el balance de tiempos de ciclo de todas las operaciones.
- Reducir la curva de aprendizaje de los operadores.

2.4. Definición de términos básicos

Estandarización

Es el proceso por el cual se ajustan o adaptan las características en un producto, servicio o procedimiento; con el fin de que se asemeje a un tipo, modelo o norma en común. (Secretaría de Economía, Gobierno de México, 2015)

Gel coat

Es la primera capa que se le aplica al molde preparado, cuyas funciones son protegerlas contra la intemperie y la humedad, además que confiere un acabado más fino, liso y brillante a la superficie de la pieza y, por último, este sirve de capa para la aplicación de una pintura posterior.

Es un material elaborado con resina modificada, que le confiere acabado de alta calidad en la superficie de materiales compuestos reforzados con fibra. (Real Academia de Ingeniería, <http://diccionario.raing.es>)

Mantenimiento

Es la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablecen a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2004, p. 29).

Planificación

La planificación se entiende como una disciplina metodológica, como un proceso de reflexión y acción racional, la cual permite determinar las acciones en el presente o en el futuro para el logro de los objetivos trazados. Es la previsión de actividades y recursos, tanto humanos como materiales, para lograr los objetivos que se desean alcanzar, es un proceso para determinar a dónde ir de una manera más eficiente y económica posible. (Molina, 2006).

Proceso

Es cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes. (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 4).

Enfibrado

Proceso por el cual la fibra es empapada con resina y dejada secar para así obtener un producto con características conferidas por la fibra como dureza, reparabilidad y resistencia. (TP Team, <https://tuningpedia.org>, 2008)

Manufactura

Se define como aquella “obra hecha a mano y con auxilio de una máquina”. (RAE, 2012).

2.5. Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis

La figura 12 muestra, en base a los fundamentos teóricos, el sustento de la hipótesis, teniendo como punto de partida la aplicación de Lean manufacturing para la línea industrial de producción de la empresa, con el objetivo de mejorar la productividad. Desde este inicio, diverge hacia tres principios de esta herramienta. La implementación del ciclo PDCA permitirá el control eficiente de los procesos de fabricación de los cobertores y así poder reducir los defectos de fabricación, el trabajo estandarizado permitirá tener un registro de los procedimientos necesarios a ejecutar en el proceso de fabricación, con el fin de reducir los errores de mano de obra y sus consecuentes reprocesos debido a estos errores, y la implementación de mantenimiento planeado permitirá reducir los paros no planificados de equipos auxiliares aumentando de esta manera el tiempo de actividad del equipo auxiliar.

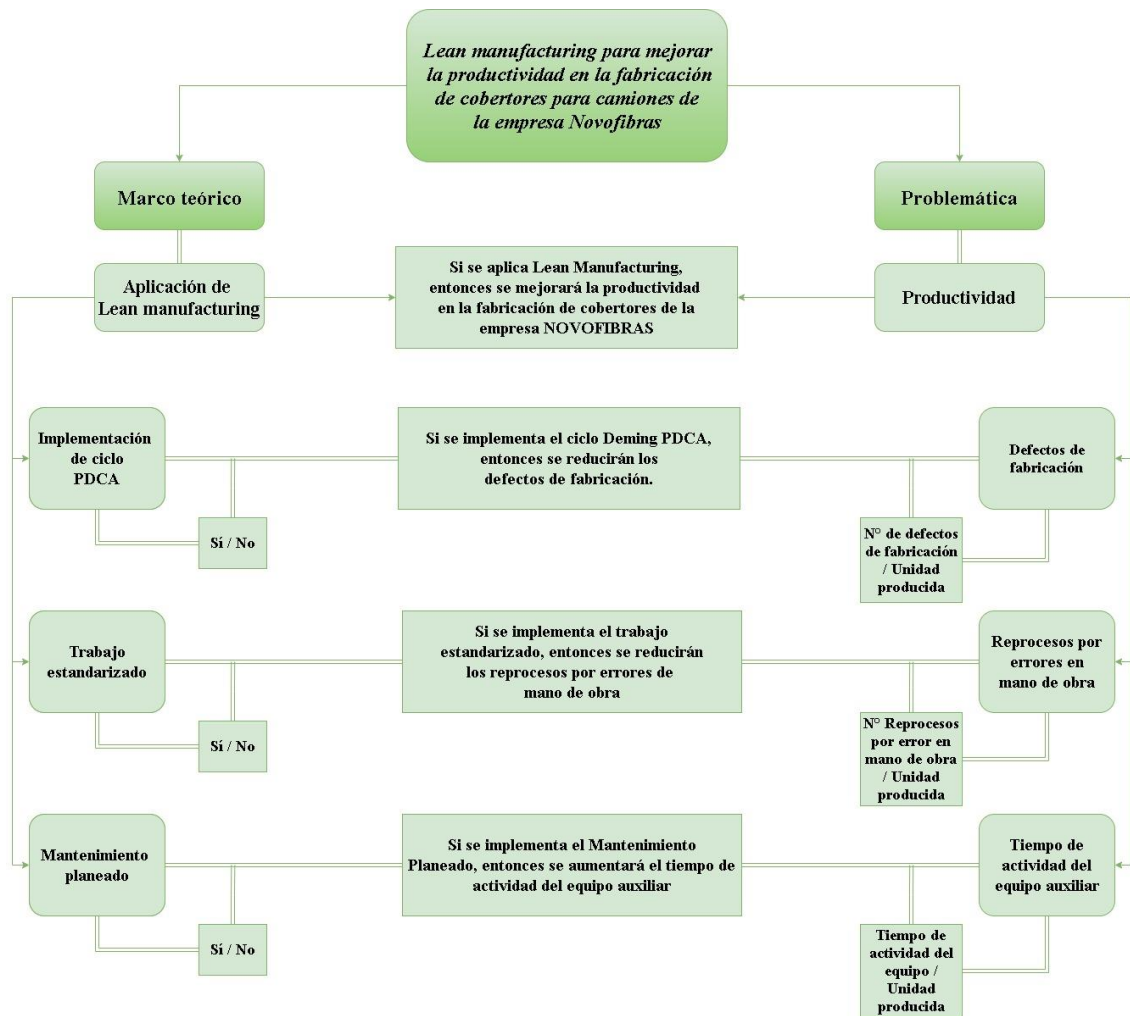


Figura 12. Fundamento teórico que sustenta la hipótesis

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1.Hipótesis

En base al problema principal y a los específicos, han sido planteadas las hipótesis, las cuales son la estructura del trabajo de investigación.

Hipótesis principal

Si se aplica Lean Manufacturing, entonces se mejorará la productividad en la fabricación de cobertores de la empresa Novofibras.

Hipótesis específicas

- a) Si se implementa el ciclo Deming PDCA, entonces se reducirán los defectos de fabricación.
- b) Si se Implementa el trabajo estandarizado, entonces se reducirá los reprocesos por errores de mano de obra.
- c) Si se implementa el Mantenimiento Planeado, entonces se aumentará el tiempo de actividad del equipo auxiliar.

3.2.Variables

Se presentan las variables independientes, que serán las aplicaciones teóricas aplicadas a la práctica en la empresa Novofibras, enfocadas en resarcir los problemas planteados y reflejados en las variables dependientes; siendo representados para su análisis de forma numérica en los indicadores de estas variables.

Independientes

- Lean Manufacturing
 - o PDCA
 - o Trabajo estandarizado
 - o Mantenimiento planeado

Dependientes

- Productividad
 - o Defectos de fabricación
 - o Reprocesos por errores en mano de obra
 - o Tiempo de actividad del equipo auxiliar

Indicadores de variables dependientes

- N° de defectos de fabricación / Unidad producida
- N° Reprocesos por errores en mano de obra / Unidad producida
- Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Enfoque, tipo y nivel

Se presenta en este capítulo bajo qué enfoque, tipo y nivel está desarrollado el presente trabajo de investigación.

- Enfoque

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), “el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de los datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y mediante análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

El presente trabajo de investigación es desarrollado bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se recolectan datos para su posterior análisis, con el fin de medir en cuánto se incrementó la productividad del proceso de fabricación de cobertores para camiones en fibra de vidrio.

Esto permite comprobar las hipótesis que se plantea.

- Tipo

La investigación de tipo aplicada, según Behar (2008)

Busca confrontar la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas específicos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. La investigación aplicada, movida por el espíritu de la investigación fundamental, ha enfocado la atención sobre la solución de teorías. (p. 20).

El presente trabajo corresponde al tipo de investigación aplicada, pues el propósito es reducir los defectos de fabricación, reprocesos y aumentar el tiempo de actividad del equipo auxiliar (reduciendo los paros de equipos auxiliares) mediante implementación de tres herramientas de Lean manufacturing en el proceso de fabricación, siendo estas el ciclo PDCA, estandarización de trabajo y mantenimiento planificado.

- Nivel

Según Behar (2008), los niveles o métodos explicativos:

Están orientados a la comprobación de hipótesis causales; con esto se refiere a identificar y analizar las causas (variables independientes) y sus resultados, que se expresan en hechos verificables (variables dependientes). Los estudios de este tipo implican un esfuerzo del investigador y gran capacidad de análisis, síntesis e interpretación. También debe señalar las razones por las cuales el estudio puede considerarse explicativo. Su realización supone el ánimo de contribuir al desarrollo del conocimiento científico. (p. 18).

La presente investigación está desarrollada bajo el nivel explicativo, ya que busca explicar las causas de los factores que generan una baja en la productividad en la fabricación de cobertores en la empresa y el impacto que la aplicación de herramientas Lean manufacturing representa en la línea de producción.

4.2. Diseño de la investigación

Según Cook & Campbell (1986), ellos consideran al tipo de diseño cuasi experimental como alternativa a experimentos de asignación aleatoria. No se puede presumir que los diversos grupos de tratamiento sean inicialmente equivalentes dentro de los límites del error muestral. Pero sí se puede manipular la variable independiente.

Según lo citado por Cook & Campbell, el diseño del presente trabajo de investigación es cuasi experimental, debido a que en las tres hipótesis planteadas se manipulan las variables independientes para un posterior análisis de las variables que dependen de tales.

4.3. Población y muestra del estudio

Este punto empieza con una pequeña base teórica de lo que es la población y la muestra, para luego poder hacer el enfoque en el estudio.

- Población

La población será determinada teniendo en cuenta que el estudio se centra en el área de producción de la empresa Novofibras, siendo específicamente la producción de cobertores para camiones la línea industrial de producción

“Conjunto de individuos, objetos o eventos que tienen las mismas características y sobre el que estamos interesados en obtener conclusiones”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2010).

- Muestra

La muestra será determinada en relación a la población, siendo que, si la población es pequeña, la muestra será igual a la población, de no ser el caso, se determinará como muestra una fracción de esta población.

“La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2010).

Se presenta en la tabla 2 la población y muestra que se empleó por cada una de las variables dependientes de la investigación:

- Defectos de fabricación: N° de defectos / Unidad producidas
 - Población PRE

La población fueron las 36 unidades de cobertores para camiones producidas en el periodo enero-junio de 2019.
 - Muestra PRE

La muestra es igual a la población.
 - Población POST

La población fueron las 44 unidades de cobertores para camiones producidas primer semestre del año 2021.
 - Muestra POST

La muestra es igual a la población.
- Reprocesos por errores en mano de obra: N° de reprocesos / semana
 - Población PRE

La población fueron las 36 unidades de cobertores para camiones producidas en el periodo enero-junio de 2019.
 - Muestra PRE

La muestra es igual a la población.
 - Población POST

La población fueron las 44 unidades de cobertores para camiones producidas primer semestre del año 2021.

- Muestra POST

La muestra es igual a la población.

- Tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar: Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida

- Población PRE

La población fue 1 equipo auxiliar utilizado para producir cobertores para camiones en el periodo enero-junio de 2019.

- Muestra PRE

La muestra es igual a la población.

- Población POST

La población fue 1 equipo auxiliar utilizado para producir cobertores para camiones en el primer semestre del año 2021.

- Muestra POST

La muestra es igual a la población.

Tabla 2. Población y muestra: Pre-test y post-test

Variable dependiente	Indicador	Población PRE	Muestra PRE	Población POST	Muestra POST
Defectos de fabricación	N° de defectos de fabricación / Unidad producida	36 unidades producidas en el periodo enero-junio de 2019.	La muestra es igual a la población	44 unidades producidas en el periodo enero-junio de 2021	La muestra es igual a la población
Reprocesos por errores en mano de obra	N° Reprocesos / semana	36 unidades producidas en el periodo enero-junio de 2019.	La muestra es igual a la población	44 unidades producidas en el periodo enero-junio de 2021.	La muestra es igual a la población
Tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar	Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida	1 equipo utilizado en el periodo enero-junio de 2019.	La muestra es igual a la población	1 equipo utilizado en el periodo enero-junio de 2021	La muestra es igual a la población

Fuente: Elaboración propia

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente punto se plantea, por cada indicador referente a las variables, las técnicas e instrumentos utilizados para el desarrollo y análisis del estudio. Las técnicas de recolección de datos según Arias (2006), “son las distintas formas o maneras de obtener la información.”

En la presenta investigación se usó como instrumento la ficha de registro de contenido documental según Arias (2006), “los instrumentos son cualquier recurso, dispositivo o formato que se destina para obtener, registrar o almacenar información.

Las fichas de registro de contenido según detalla Gavagnin (2009), “un modo de recolectar y almacenar información, que aparte de contener una extensión, le da una unidad y un valor”

Según detalla Solís (2003), “el análisis documental es la operación que consiste en seleccionar las ideas informativamente relevantes de un documento a fin de expresar su contenido sin ambigüedades para recuperar la información en él contenida.”

- Técnicas e instrumentos: El consolidado se realizó en la tabla 3.

Defectos de fabricación: N° de defectos / Unidad producidas

- Técnica

Análisis documental

- Instrumento

Ficha de registro de contenido del documento “Línea industrial - procesos”

Reprocesos por errores en mano de obra: N° de reprocesos / semana

- Técnica

Análisis documental

- Instrumento

Ficha registro de contenido del documento “Incidencias”

Tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar: Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida

- Técnica

Análisis documental

- Instrumento

Ficha de registro de contenido del documento “Equipos y herramientas”

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Defectos de fabricación	Nº de defectos de fabricación / Unidad producida	Análisis documental	Ficha de registro de contenido del documento “Línea industrial - procesos”
Reprocesos por errores en mano de obra	Nº Reprocesos / Semana		Ficha de registro de contenido del documento “Incidencias”
Tiempo de actividad del equipo auxiliar	Tiempo de actividad de equipo auxiliar / Unidad producida		Ficha de registro de contenido del documento “Equipos y herramientas”

Fuente: Elaboración propia

Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Criterio de validez del instrumento

- Los instrumentos serán validados por la empresa.

Criterio de confiabilidad del instrumento

- La confiabilidad de los instrumentos estará dada por la empresa.

4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se presentan en la tabla 4, las técnicas con las que se procesaron y analizaron los datos, concernientes a las variables dependientes.

Tabla 4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Variable dependiente	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Defectos de fabricación	Nº de defectos de fabricación / Unidad producida	Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	T- Student para muestras no relacionadas

Reprocesos por errores en mano de obra	N° Reprocesos / Unidad producida	Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	T- Student para muestras no relacionadas
Tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar	Tiempo de actividad de equipo / Unidad producida	Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	Wilcoxon para muestras relacionadas

Fuente: Elaboración propia

El programa utilizado para el análisis de resultados fue SPSS Statistics 21, el cual ayudó con la validación / rechazo de las hipótesis.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Presentación de resultados

Se presentan los resultados del trabajo de investigación para el periodo post-test, en el cual se muestran las herramientas que fueron utilizadas para el propósito de la mejora.

Generalidades

La empresa Industrias Novofibras S.A.C. (o por su nombre comercial “Novofibras SAC”) es una empresa creada el 22 de junio del año 2005, del rubro de manufactura dedicada a la fabricación de productos a base de fibra de vidrio, perteneciendo a la fabricación de bienes intermedios según la clasificación industrial internacional uniforme.

Novofibras SAC tiene una única sede, ubicada en el Jirón Los Forjadores del parque industrial de Villa El Salvador, Lima; para el año 2021 cuenta con 12 trabajadores.

Como base para mejorar la productividad en la fabricación de cobertores para camiones, se implementaron tres mejoras a través de las herramientas de Ingeniería; la implementación del ciclo PDCA como base para una reducción de defectos, el trabajo estandarizado, con un enfoque en la disminución de reprocesos por errores en mano de obra y, por último, el mantenimiento planeado a fin aumentar el tiempo de actividad del equipo auxiliar, consecuencia de reducir los paros de equipos.

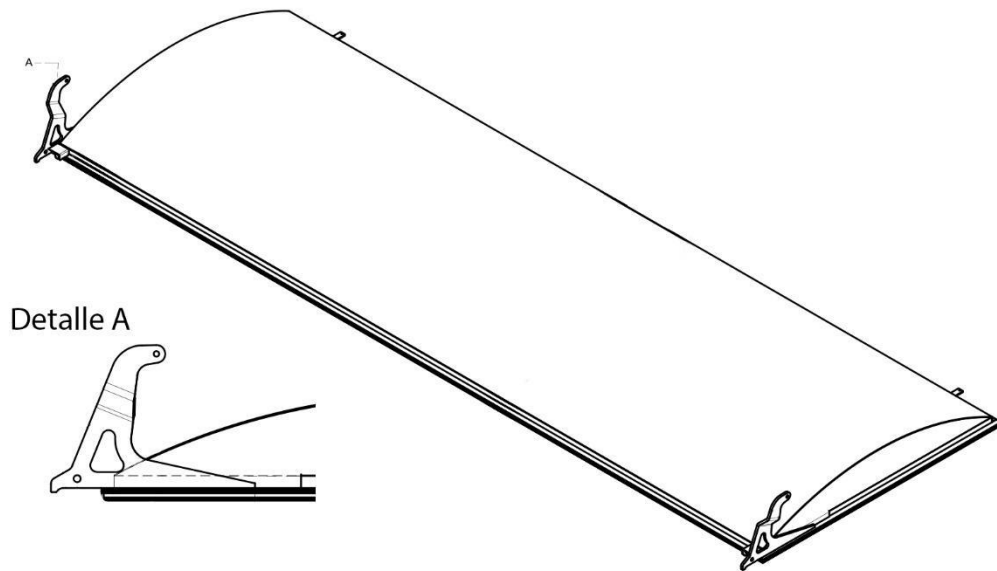


Figura 13. Diseño de cobertor en fibra

Fuente: Industrias Novofibras

Objetivo específico 1: Implementar el ciclo Deming PDCA para reducir los defectos de fabricación

Situación Antes (Pre Test)

En la producción de cobertores para camiones (ver figura 13) se encuentran dos tipos de defectos ya comunes en el cobertor al salir del molde matriz, estos son las oquedades debido a la aparición de burbujas y el pintado no homogéneo reflejado en zonas traslúcidas donde la fibra de vidrio es notoria en la zona exterior del cobertor (parte visible de este al ser instalado).

Las oquedades debido a aparición de burbujas tienden a crear una suerte de “zona débil” en la fibra, generando una tendencia a rajaduras además de un aspecto de mal acabado.

En el caso del pintado no homogéneo, este es mucho más notorio que el primer defecto, a pesar de que no afecta la funcionalidad del cobertor, la empresa Novofibras, buscando una excelencia en la calidad, no desea presentar un trabajo de ese tipo, a fin de superar las expectativas de los clientes.

Los productos obtenidos para el periodo 2019 presentaron una serie de huecos irregulares (dimensiones diferentes) en distintas partes del producto. La masilla poliéster es el método que se usa para reparar estos defectos (ver figura 14), a esto

lo llaman “Curado de producto”, pero siempre implicando un gasto tanto de recursos, de tiempo y de mano de obra sólo tomando en cuenta el curado, ya que además de esto se debe volver a pintar la zona para que se note un pintado regular según las especificaciones del cliente.

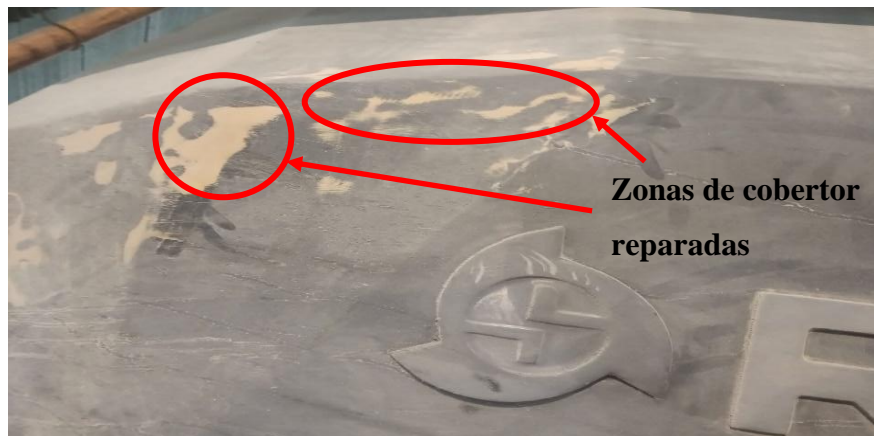


Figura 14. Reparaciones de defectos

Fuente: Industrias Novofibras S.A.C.

Muestra antes

Para una muestra de 36 productos (igual a la población total de productos fabricados en el periodo en estudio de enero – junio 2019) se tomó el promedio de defectos de fabricación por unidad producida en periodos de dos semanas, teniendo así un aproximado de 3 cobertores fabricados entre periodos; esto para la comparativa con el periodo posterior a la mejora. Ver tabla 5.

Tabla 5. Defectos de fabricación/Unidad producida pre-test

Semanas periodo 2019	Defectos de fabricación / unidad producida
Enero 01 - enero 14	8.14
Enero 15 - enero 28	8.14
Enero 29 - febrero 11	9.75
Febrero 12 - febrero 25	9.63
Febrero 26 - marzo 11	8.50
Marzo 12 - marzo 25	12.50

Marzo 26 - abril 08	8.75
Abril 09 - abril 22	11.00
Abril 23 - mayo 06	9.63
Mayo 07 - mayo 20	9.50
Mayo 21 - junio 03	12.00
Junio 04 - junio 17	9.63
Junio 18 - junio 30	8.00
PROMEDIO	9.63

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

La tabla 6 muestra los dos defectos que aparecen en los cobertores y el tiempo de secado luego de la corrección del defecto, en horas para ambos casos.

Tabla 6. Defectos

Defectos	Tiempo de secado en horas (Ts hr)
Aparición de burbujas	1.00
Pintado no homogéneo	1.50

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

Se utilizó una fórmula determinada para el tiempo total de corrección de defectos:

- TC AB:

$$TC AB = N^{\circ} \text{ Burbujas} * \frac{1}{6} + (\text{Ts hr Aparición de burbujas})$$

$$TC AB = N^{\circ} \text{ Burbujas} * \frac{1}{3} + (\text{Ts hr Aparición de burbujas})$$

Donde:

TC AB: Tiempo de corregir aparición de burbujas.

- TC PNH:

$$TC PNH = PNH * \frac{1}{6} + (\text{Ts hr Pintado no homogéneo})$$

$$TC\ PNH = PNH * \frac{1}{3} + (Ts\ hr\ Pintado\ no\ homogéneo)$$

Donde:

TC PNH: Tiempo de corregir pintado no homogéneo.

Se destaca de ambas fórmulas la variación del valor en el numerador, que se debió a que los tiempos de secado diferían debido al factor clima, siendo los tres primeros meses (enero – marzo) en los que el secado ocurría de manera más rápida que los siguientes tres meses (abril – junio), esto se pudo corroborar mediante la observación directa del proceso (se recurrió a la revisión del registro videográfico del proceso de fabricación de un cobertor).

Aplicación del ciclo Deming – PDCA:

Se aplicaron las cuatro fases del ciclo Deming a lo largo del proceso (ver figura 15), con el objetivo de tener resultados en el corto – mediano plazo, ya que mediante el estudio del proceso se mostraban errores que parecían ser ínfimos y sin mucha relevancia, la propuesta y puesta en práctica corroboraron que los cambios simples mostraban resultados



Figura 15. Ciclo PDCA

Fuente: Elaboración propia

a) 1° Fase: Plan

Análisis de situación pre estudio

Si bien el proceso de fabricación de los cobertores en la empresa es algo habitual, y se le ha estado tomando la importancia debida a la materia prima

que se utiliza para su fabricación, los insumos utilizados son dejados en segundo plano en este aspecto, lo que termina generando retrasos de leves a moderados, críticos y que afectan al producto en el proceso de secado, lo cual es un punto muy importante del proceso, además de ser el “cuello de botella”.

La gestión adecuada de los insumos tiene como objetivo el de prevenir retrasos en ciertas operaciones, previas y durante el proceso de enfibrado, ya que la mezcla de resina con peróxido de metil etil cetona tienen un tiempo determinado de uso antes de dejar secar, ese tiempo útil debe ser preciso y suficiente para dejar lista la estructura base en fibra del cobertor.

En base a lo observado en este proceso productivo, se elaboró un diagrama por qué – por qué, con el objetivo de determinar causas raíces del problema. (Ver anexo 03)

Se elaboró una ficha de procesos (ver anexo 08) y teniendo eso de base, se planteó lo siguiente:

- Elaboración de un registro para controlar el stock de materias primas e insumos que entran en el proceso productivo de los cobertores para camiones.
- Elaboración del diagrama de análisis de procesos para las tomas de decisiones.
- Documentación de los resultados.

b) 2° Fase: Do

Diagrama de análisis del proceso

Teniendo en cuenta que en la empresa no tenían diagramados los procesos, se diagramó el proceso de fabricación de la estructura de fierro y los cobertores, de tal forma que sea más fácil identificar todos los procesos, darles una mayor trazabilidad y así tener una idea más clara de su funcionamiento.

Este diagrama de análisis del proceso (ver figura 17) sirvió como punto de partida para realizar el análisis, la toma de decisiones y la posterior mejora en base a esto.

Empezando por señalar al DAP correspondiente a la estructura metálica detallado en la figura 16, para seguir con el DAP correspondiente a los cobertores mostrado en la figura 17.

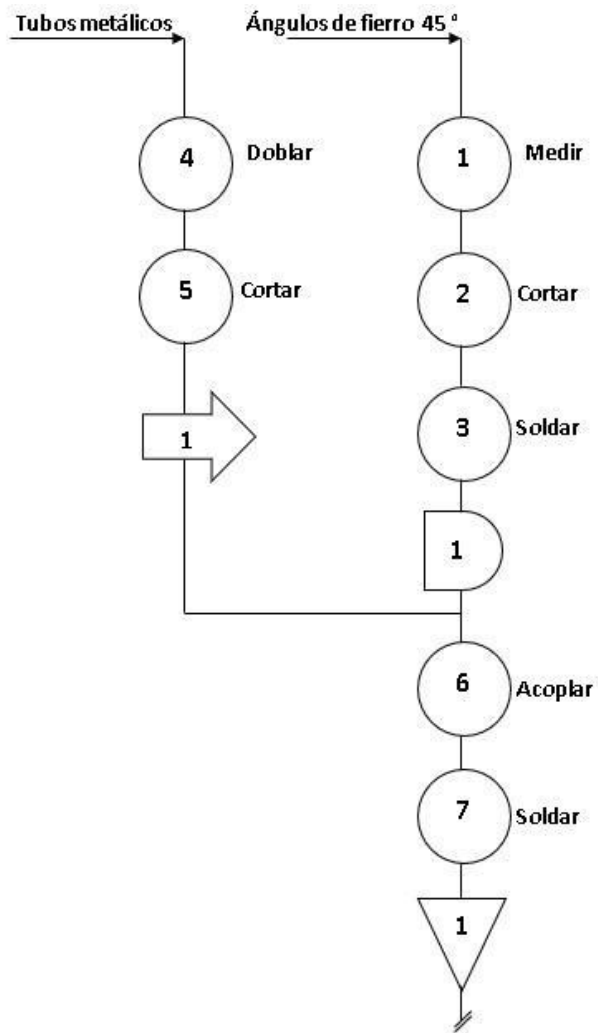


Figura 16. DAP de estructura metálica

Fuente: Elaboración propia

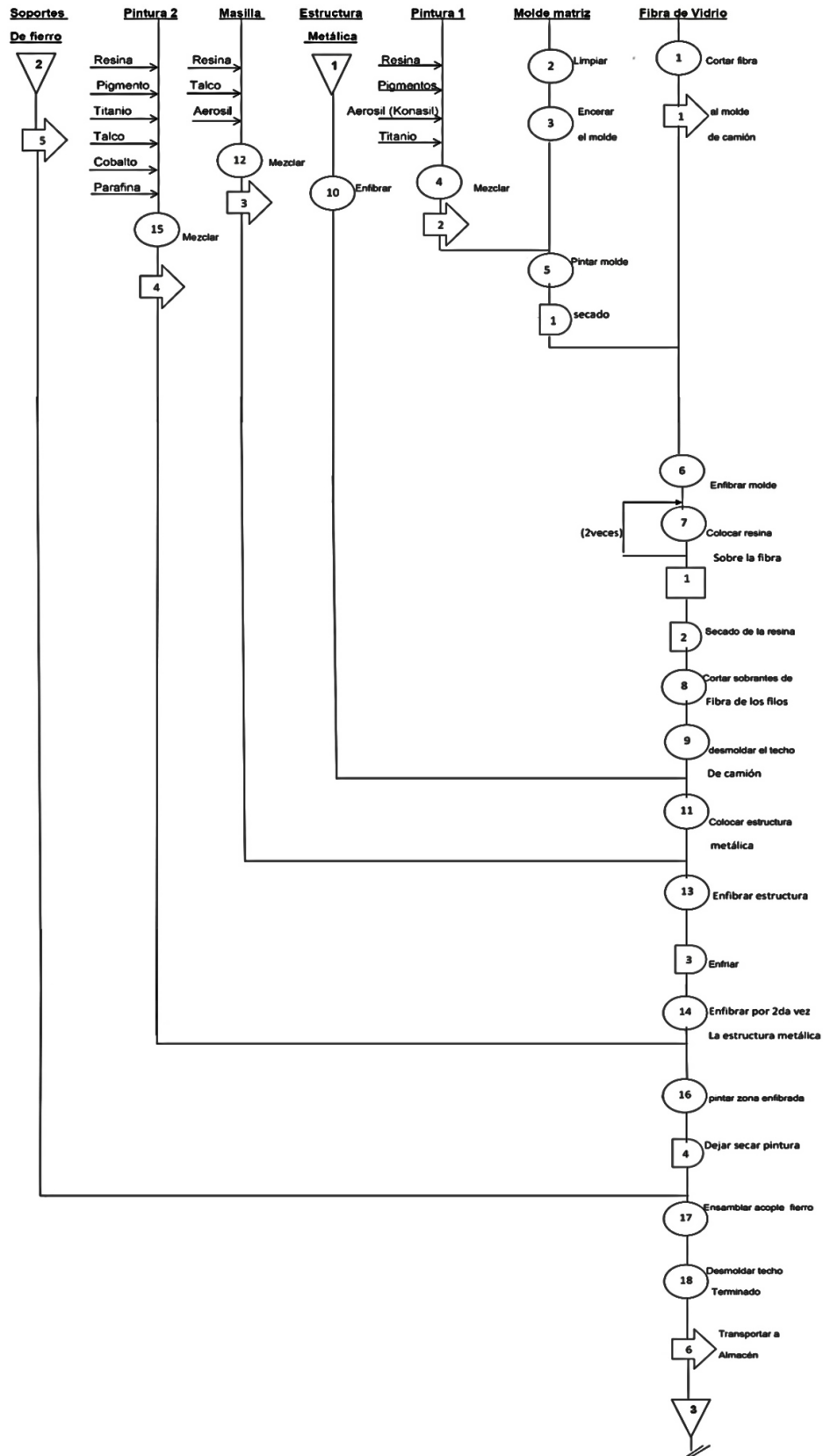


Figura 17. DAP proceso de fabricación de cobertor para camiones

Fuente: Elaboración propia

Control de materias primas e insumos:

Debido a que la empresa no manejaba los datos de sus materias primas de manera digital, se procedió a revisar los archiveros con los registros de compras para poder digitalizarlos y así tenerlos de una manera más ordenada, de un más fácil alcance, para un mejor tratamiento de esta data y la respectiva toma de decisiones en base a esto.

Se generó una base de datos con el registro de tanto los materiales como los insumos utilizados mensualmente para la fabricación de los cobertores tal como muestra la figura 18. El programa utilizado para esto fue Excel, ya que es el más sencillo de utilizar y no requiere mucha capacitación.

CONTROL INVENTARIO								
ITEM	NOMBRE DEL PRODUCTO	PROMEDIO MENSUAL DE CONSUMO	Unidades	COSTO POR UNIDAD (\$/.)	PRECIO	Consumo actual	Cantidad restante	%
CMP001	Fibra de vidrio MATT(espesor 450)	1000	kg	7.93	7930	800	200	20.00%
CMP002	Resina de poliéster (oscuro)	1100	Kg	6.73	7400	800	300	27.27%
CIM001	Monómero de estireno	950	Kg	6.86	6519.75	650	300	31.58%
CIM002	Cera desmoldante	12	Unidades	60.00	720	6	6	50.00%
CIM003	Discos de corte	100	Unidades	0.75	75	90	10	10.00%
CIM004	Peróxido de MEC(metil etil cetona)	90	kg	5.60	504	80	10	11.11%
CMP003	Dióxido de titanio DuPont Ti-Pure	75	kg	5.33	399.64	50	25	33.33%
CMP004	Aerosil	30	kg	10.53	315.95	28	2	6.67%
CMP005	Komasil	30	kg	9.79	293.64	10	20	66.67%
CMP006	Talco americano	30	kg	20.00	600	10	20	66.67%
CMP007	Pigmentos para fibra de vidrio Valperu color negro	1	kg	48.32	48.32	0.5	0.5	50.00%
CMP008	Pigmentos para fibra de vidrio Valperu color rojo	1	kg	48.32	48.32	0.5	0.5	50.00%
CMP009	Pigmentos para fibra de vidrio Valperu color amarillo	1	kg	48.32	48.32	0.5	0.5	50.00%
CMP010	Pigmentos para fibra de vidrio Valperu color verde	1	kg	48.32	48.32	0.5	0.5	50.00%
CIM005	lijas de madera 60-1 1/2 E	25	kg	13.40	335	18	7	28.00%
CIM006	lijas de madera 60-1 1/2 E	25	kg	12.00	300	14	11	44.00%
CIM007	Lijas de agua 150-4/0 C	100	Pliero	0.53	52.8	20	80	80.00%
CIM008	Lijas de agua P 180 A	200	Pliero	0.25	50.86	45	155	77.50%
CIM009	Lijas de agua P 240 A	200	Pliero	0.26	51.3	45	155	77.50%

Figura 18. Control de inventario Novofibras S.A.C.

Fuente: Datos proporcionados por Novofibras. Elaboración propia

Este registro se creó con un formato condicional, en el cual, al tener un 30 % de stock del material o menos, solicita “Generar orden de compra”, de esta forma se llegó a saber cuándo es pertinente tomar la decisión de compra.

Ya que la información de la hoja de control de inventario es extensa, se decidió crear también una hoja de resumen, mostrada en la figura 19, como cuadro de inicio, vinculada directamente a la tabla de control de inventario.

HOJA RESUMEN MATERIALES NOVOFIBRAS			
Nombre producto	<input type="text" value="Fibra de vidrio MATT(espesor 450)"/>	Código	<input type="text" value="CMP001"/>
Unidad	<input type="text" value="kg"/>	Stock	<input type="text" value="20%"/>
Cantidad inicial	<input type="text" value="1000"/>	Compra	<input type="button" value="Generar orden de compra"/>
Cantidad restante	<input type="text" value="200"/>		

Figura 19. Hoja resumen materiales Novofibras S.A.C.

Fuente: Datos proporcionados por Novofibras. Elaboración propia

La hoja de resumen se creó de forma tal que sea de fácil utilización y con una vista en modo de lista (ver figura 20) que fue integrada para evitar pérdidas de tiempo en búsqueda de algún producto.

HOJA RESUMEN MATERIALES NOVOFIBRAS			
Nombre producto	<input type="text" value="Fibra de vidrio MATT(espesor 450)"/> <ul style="list-style-type: none"> Fibra de vidrio MATT(espesor 450) Resina de poliéster (oscura) Monómero de estireno Cera desmoldante Discos de corte Peróxido de MEC(metil etil cetona) Dióxido de titanio DuPont Ti-Pure Aerosil 	Código	<input type="text" value="CMP001"/>
Unidad		Stock	<input type="text" value="20%"/>
Cantidad inicial		Compra	<input type="button" value="Generar orden de compra"/>
Cantidad restante	<input type="text" value="200"/>		

Muestra la necesidad de compra de materia prima

Figura 20. Necesidad de compra de material - hoja resumen

Fuente: Datos proporcionados por Novofibras. Elaboración propia

Del mismo modo que en el registro “Control de inventario”, la hoja resumen indica si es necesario generar una orden de compra o en su defecto, si aún hay disponibilidad del producto (teniendo en cuenta el 30 % de stock mencionado previamente). (Ver figura 21)

HOJA RESUMEN MATERIALES NOVOFIBRAS			
Nombre producto	<input type="text" value="Dióxido de titanio DuPont Ti-Pure"/>	Código	<input type="text" value="CMP003"/>
Unidad	<input type="text" value="kg"/>	Stock	<input type="text" value="33%"/>
Cantidad inicial	<input type="text" value="75"/>	Compra	<input type="text" value="Hay disponibilidad"/>
Cantidad restante	<input type="text" value="25"/>	<p>Muestra que aún se puede trabajar con la cantidad actual</p>	

Figura 21. Disponibilidad de material - hoja resumen Novofibras S.A.C.

Fuente: Datos proporcionados por Novofibras. Elaboración propia

De esta manera se tiene en cuenta no sólo la cantidad de materia prima con la que se está trabajando, evitando los retrasos en el proceso de fabricación de los cobtores, sino también los insumos necesarios e indispensables para asegurar la calidad del producto final y continuidad del proceso de fabricación.

El uso del thinner, cobalto, monómero de estireno y ciertas herramientas manuales son muy necesarios durante la producción; el correcto timing durante el proceso de secado de los cobtores es indispensable para evitar la aparición de burbujas luego del proceso de enfibrado del molde matriz; tener los insumo necesarios y diferenciados en el momento justo en el que se necesitan para el enfibrado repercute en el adecuado tratamiento de la fibra con la resina antes de que el catalizador utilizado surta efecto (el tiempo de trabajabilidad de la fibra antes que acelere el secado).

Molde matriz:

El molde utilizado para la fabricación de cobtores tiene que tener la característica de ser lo más liso posible, que es lo idóneo; el material del molde está hecho de fibra MAT 600, una fibra de mayor calidad a la utilizada en la fabricación de los cobtores (MAT 450) ya que el acabado de este es más liso (este tipo de fibra es utilizado generalmente para productos que requieren un mejor acabado además de su funcionalidad) y la mayor resistencia y durabilidad respecto a los moldes hechos de melamina.

El problema presentado del pintado no homogéneo del cobertor se venía presentando constantemente porque la pintura aplicada al molde matriz se quedaba pegada (en ciertas partes) al molde, debido a dos motivos: aplicación de cera desmoldante de forma dispareja, molde desgastado por el uso constante; esto generaba que al momento de desmoldar el cobertor haya zonas despintadas, donde sólo se veía la zona enfibrada, mas no su cobertura de color base (ver figura 22).

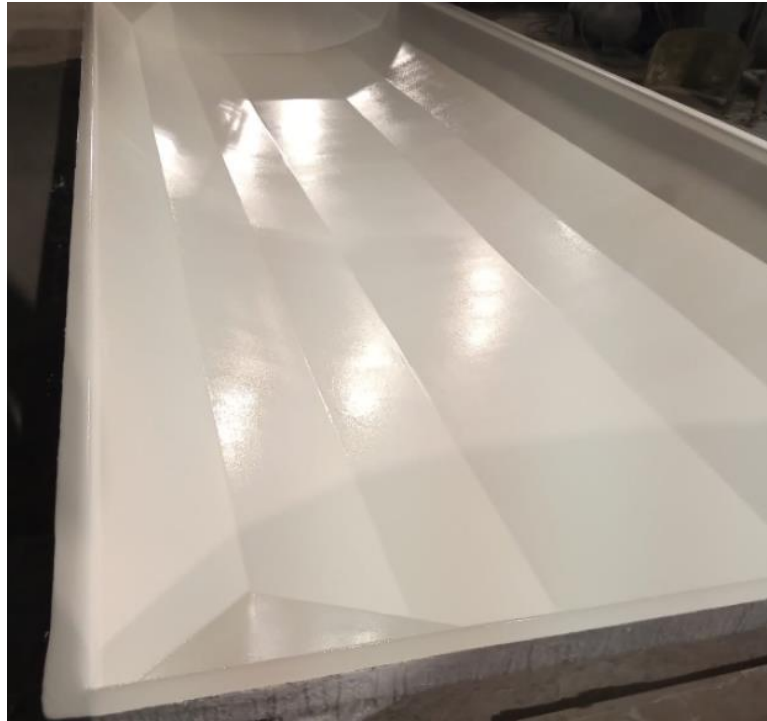


Figura 22. Molde matriz de cobertor pintado

Fuente: Novofibras

Es de este segundo motivo que se hizo una revisión del molde para hacer la corrección, el “curado del molde matriz” (ver figura 23). Dadas las cualidades de los productos en fibra de vidrio, repararla es muy factible, por ende, se hizo una reparación de las zonas en donde se encontraron la mayoría de los defectos de este tipo, que repercutieron en la reducción considerable de este defecto.



Figura 23. Curado de molde matriz

Fuente: Imagen proporcionada por la empresa

Las zonas negras fueron las zonas curadas en el molde, con el objetivo de mitigar el desgaste que fue ocasionado por el constante uso y reducir la rugosidad, a su vez, la fricción.

Si bien puede parecer un proceso de curado simple, el objeto de esto recayó en que se mostró una mejoría en el acabado de los cobertores, teniendo una notoria disminución de productos con mal acabado (pintura no homogénea en la capa del cobertor, debido a que quedaba pegada en el molde).

c) 3° Fase: Check

Se coordinó con el encargado del área de producción sobre la inspección de los moldes matriz por cada cantidad de cobertores producidos.

Para esto, se establecieron dos puntos:

1. Cada 10 cobertores producidos se hace una inspección del estado molde matriz, siempre y cuando esté trabajando en condiciones normales.

Nota: se está considerando condición normal a todo proceso en el que no se presenten defectos fuera de la media.

2. Se hará una inspección de molde matriz inmediata, siempre que la salida tenga defectos continuos superiores al promedio de defectos del periodo pre-test (se estableció este promedio como punto comparativo).

d) 4° fase: Act

Para los resultados obtenidos en el periodo post-test, se tomó el promedio como punto de inicio y comparación para, en base a esto, tener de objetivo salidas similares, aun con esto, se estableció como objetivo el de reducir los picos más altos en el proceso, estableciendo la meta de tener una línea de defectos lo más baja posible y a su vez lo más lineal posible. (Ver figura 24).

Situación Después (Post Test):

Se mostró una notable mejoría en el corto plazo, teniendo una reducción de promedio de defectos por unidad producida (54.02 %), teniendo a los puntos más críticos del proceso (que generaban los defectos) más controlados, regulados y ajustados a una media, haciendo posible establecer límites superiores e inferiores de control para eventuales controles de calidad.

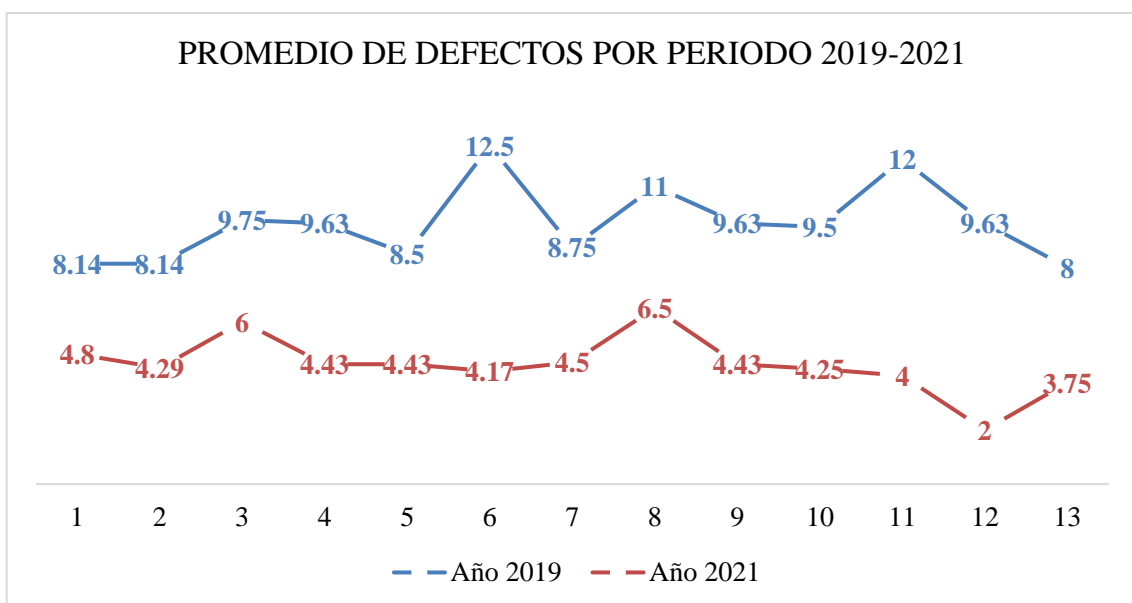


Figura 24. Promedio de defectos 2019 vs 2021

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

El tiempo promedio de reparación de defectos en los cobertores se redujo de 4.48 horas a 3.00 horas, tal como muestra la tabla 7, teniendo como variación porcentual una disminución de 33.14 % el tiempo promedio de reparación de defectos.

Tabla 7. Comparativo tiempo en reparar defectos - pre y post

2019			2021		
Fecha	Defectos	Tiempo en reparar defectos	Fecha	Defectos	Tiempo en reparar defectos
15/01/2019 - 28/01/2019	57.00	27.00	01/01/2021 - 14/01/2021	24.00	14.83
29/01/2019 - 11/02/2019	39.00	16.50	15/01/2021 - 28/01/2021	30.00	21.00
12/02/2019 - 25/02/2019	14.00	5.50	29/01/2021 - 11/02/2021	24.00	11.50
26/02/2019 - 11/03/2019	3.00	1.50	12/02/2021 - 25/02/2021	5.00	3.67
12/03/2019 - 25/03/2019	25.00	10.33	26/02/2021 - 11/03/2021	2.00	1.33
01/01/2019 - 14/01/2019	41.00	20.00	12/03/2021 - 25/03/2021	18.00	14.00
26/03/2019 - 08/04/2019	31.00	17.33	26/03/2021 - 08/04/2021	18.00	10.67
09/04/2019 - 22/04/2019	48.00	18.67	09/04/2021 - 22/04/2021	13.00	8.00
23/04/2019 - 06/05/2019	12.00	6.50	23/04/2021 - 06/05/2021	4.00	3.83
07/05/2019 - 20/05/2019	26.00	16.17	07/05/2021 - 20/05/2021	13.00	10.33
21/05/2019 - 03/06/2019	8.00	5.17	21/05/2021 - 03/06/2021	8.00	6.17
04/06/2019 - 17/06/2019	16.00	7.83	04/06/2021 - 17/06/2021	12.00	13.00
18/06/2019 - 26/06/2019	16.00	8.83	18/06/2021 - 29/06/2021	15.00	13.50
Total general	336	161.33	Total general	186	131.83

Tiempo promedio de reparación de defectos en los cobertores	4.48	Tiempo promedio de reparación de defectos en los cobertores	3.00
--	-------------	--	-------------

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, se produjo una disminución en el costo de materiales necesarios requeridos para la reparación de defectos, como muestra la tabla 8, el costo de materiales requeridos para corregir los defectos bajó de S/ 1,176.00 en el periodo 2019 a S/ 397.25 para el periodo 2021, llegando así a una reducción porcentual de 66.22 %

Tabla 8. Comparativa costos - reprocesos

2019			2021		
Defectos		Costo de materiales	Defectos		Costo de materiales
Aparición de burbujas	Pintado No homogéneo	Costo total (S/)	Aparición de burbujas	Pintado No homogéneo	Costo total (S/)
39.00	18.00	199.50	13.50	7.00	71.75
30.00	9.00	136.50	7.50	4.00	40.25
10.00	4.00	49.00	2.83	1.00	13.42
3.00	0.00	10.50	0.00	1.00	3.50
18.00	7.00	87.50	5.33	2.00	25.67
28.00	13.00	143.50	10.33	5.00	53.67
18.00	13.00	108.50	10.33	4.00	50.17
35.00	13.00	168.00	8.83	4.00	44.92
8.00	4.00	42.00	2.83	1.00	13.42
18.00	8.00	91.00	7.17	3.00	35.58
3.00	5.00	28.00	3.17	1.00	14.58
10.00	6.00	56.00	3.50	1.00	15.75
14.00	2.00	56.00	2.17	2.00	14.58
234.00	102.00	1176.00	77.50	36.00	397.25

Fuente: Elaboración propia

Muestra después: Se muestran los datos agrupados en 14 días. Ver tabla 9.

Tabla 9. Muestra post - Defectos de fabricación

Semana periodo 2021	Defectos de fabricación / unidad producida
Enero 01 - enero 14	4.80
Enero 15 - enero 28	4.29
Enero 29 - febrero 11	6.00
Febrero 12 - febrero 25	4.43
Febrero 26 - marzo 11	4.43
Marzo 12 - marzo 25	4.17
Marzo 26 - abril 08	4.50
Abril 09 - abril 22	6.50
Abril 23 - mayo 06	4.43
Mayo 07 - mayo 20	4.25
Mayo 21 - junio 03	4.00
Junio 04 - junio 17	2.00
Junio 18 - junio 30	3.75
PROMEDIO	4.42

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

Objetivo específico 2: Implementar el trabajo estandarizado para reducir los reprocesos por errores en mano de obra

Situación Antes (Pre Test):

Se encontraron, principalmente, 3 errores que generaban reprocesos en la producción de cobertores, errores que costaban una considerable cantidad de tiempo valioso para la empresa, debido a los compromisos de entrega:

- Mal acople de la estructura metálica

Los cobertores de fibra como tal requieren una estructura metálica que sirva de “esqueleto” y dé el soporte adecuado a este, esta estructura es acoplada a la fibra ya sacada del molde, para esto, tiene que coincidir perfectamente la curvatura de la fibra con la de esta estructura. Aquí se daba el primer problema, los soportes de fierro no tienen la curvatura correcta y todas las

uniones deben ser esmeriladas para arreglar el problema y luego volver a soldar la estructura metálica, siendo este el problema más común presentado.

- Mal soldado de brazo de acople a pistón

El brazo de acople a pistón es pieza fundamental para que el cobertor cumpla la función de apertura y cierre, el mal soldado implica una menor fuerza de soporte a la presión ejercida al momento de la apertura y el cierre, que debilitaría gradualmente este brazo, produciendo posibles fallos en su utilización posterior.

Estos errores van desde una mala apertura que implican el quiebre de la fibra hasta un posible desprendimiento del brazo metálico, el cual sería perjudicial.

- Fibra arrugada

La fibra arrugada es un defecto considerado grave, debido a que la reparabilidad de este está descartada, ya que la mejor opción en este caso es volver a procesar un segmento de dimensiones similares a las de la zona afectada y hacer una unión posterior, que toma el mismo tiempo que fabricar el cobertor de fibra.

Muestra antes: Se muestran los datos agrupados en 14 días. Ver tabla 10.

Tabla 10. Muestra pre - Reprocesos por error en mano de obra

Semana periodo 2019	Reprocesos por error en mano de obra / unidad producida
Enero 01 - enero 14	1.40
Enero 15 - enero 28	1.57
Enero 29 - febrero 11	0.75
Febrero 12 - febrero 25	1.55
Febrero 26 - marzo 11	2.00
Marzo 12 - marzo 25	1.55
Marzo 26 - abril 08	1.75
Abril 09 - abril 22	1.25
Abril 23 - mayo 06	1.55

Mayo 07 - mayo 20	1.75
Mayo 21 - junio 03	0.50
Junio 04 - junio 17	1.55
Junio 18 - junio 30	3.00
PROMEDIO	1.55

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

- Aplicación del trabajo estandarizado:

Se procedió a digitalizar la información referente al proceso, teniendo como estructura principal al diagrama de análisis del proceso (ver figura 17), de tal forma que todo el paso a paso de la fabricación quedó registrado, siendo más fácil de tratar, consultar y tener a la mano para futuras capacitaciones a posibles nuevos trabajadores en lo que respecta a fabricación de cobertores, este formato también fue creado para hacer una trazabilidad en el proceso, en caso de posibles errores durante la fabricación y determinar responsabilidades.

Hoja de instrucción de trabajo:

En base al diagrama de análisis de procesos, se documentaron y digitalizaron los procedimientos; partiendo de esto, se crearon manuales de trabajo (ver figura 25), con el procedimiento especificado de cada actividad de manera ordenada. Se determinaron a la vez a los operarios que fueron asignados y son responsables del cumplimiento de los procesos.



	PROCEDIMIENTO		PR - DO -00
	PROCESO DE FABRICACIÓN DE COBERTORES PARA CAMIONES		Fecha: __/__/__
			Versión: 1.0
			Página: 1 de 18
Unidad Administrativa		Área Responsable: Producción	
Descripción de Actividades			
Paso	Responsable	Actividad	Documento de Trabajo (clave)
1	Jorge C.	<p>El trabajador coloca el rollo de fibra de vidrio en la mesa de trabajo, luego procede a hacer las medidas para el cortado respectivo, al hacer las medidas de 1.42 x 1.50 metros, procede a cortar con un cutter.</p> <p>Realiza esta operación 16 veces para la fabricación de cada techo de camión.</p> <p>De este procedimiento, va a haber un sobrante de fibra, que es guardado para ser reutilizado</p> <p>Nota: la ventaja de la fibra de vidrio es que puede ser reutilizado si hay sobrantes - no botar.</p>	Hoja de ruta de cobertor de apertura lateral
			

Figura 25. Hoja de instrucción de trabajo - cobertor

Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración propia

La hoja de instrucción de trabajo para el cobertor se dejó a la mano teniendo a los responsables de las actividades, y al área responsable (producción). Se determinaron responsabilidades con el objetivo de establecer un control por parte del responsable del área, en el que se mitigasen los errores producidos en algún

punto del proceso. Aunado a esto, se creó la hoja de ruta para los procesos del cobertor, que sirva de sustento de las hojas de instrucción, verificable por responsable área. (Ver anexo 07).

Implementación de inspección en proceso:

Para el proceso de fabricación de la estructura metálica se determinó que el doblado de los tubos de fierro no estaba controlado, ya que la gran mayoría de cobertores presentaba el problema de tener una mala curvatura en este esqueleto que da soporte al cobertor.



Figura 26. Espaciado entre estructura y carcasa de fibra

Fuente: Novofibras

El problema presentado en la figura 26 se presentaba debido a que la estructura metálica se hacía teniendo en cuenta la medición previa de la curvatura del molde matriz y se soldaba en base a la medida teórica dada, sin algún tipo de inspección previa antes del soldado de uniones. La consecuencia de este error continuo recae en la funcionalidad del producto, que terminaría con una estructura despegándose

de la carcasa de fibra luego del proceso de enfibrado y disminuyendo el rendimiento óptimo del cobertor, provocando posibles rajaduras o quiebres más fácilmente en lapsos cortos de tiempo. La figura 27 muestra que no se tenía un proceso de inspección en todo este proceso.

ÁNGULOS DE FIERRO 45°							
Nº	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	TIPO					TIEMPO (minutos)
		Operación	Inspección	Demora	Transporte	Almacenado	
1	Medir	○					10
2	Cortar	○					20
3	Soldar	○					45
4	Dejar enfriar			D			45
5	Acoplar	○					20
6	Soldar	○					45
7	Almacenar					▽	5
Tiempo total en horas							3.17

Figura 27. Diagrama de análisis para estructura de fierro – PRE

Fuente: Elaboración propia

A fin de evitar esto, se tenían que cortar todas las uniones, adecuar la curvatura de los fierros acorde a la carcasa de fibra para recién volver a soldar todo de nuevo. La implementación de un proceso de inspección, tal como muestra la figura 28, fue necesaria para evitar este error, agregándose también a la hoja de instrucción de trabajo, esto se dio teniendo de base al DAP de la figura 16.

ÁNGULOS DE FIERRO 45°							
Nº	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	TIPO					TIEMPO (minutos)
		Operación	Inspección	Demora	Transporte	Almacenado	
1	Medir	○					10
2	Cortar	○					20
3	Soldar	○					45
4	Dejar enfriar			D			45
5	Acoplar	○					20
6	Inspeccionar		□				20
7	Soldar	○					45
8	Almacenar					▽	5
Tiempo total en horas							3.50

Figura 28. Implementación de inspección en el proceso

Fuente: Elaboración propia

Capacitación en tema de soldadura:

- Se coordinó con el responsable del área en conjunto con el gerente de operaciones sobre la realización de capacitación sobre el correcto soldado de piezas y uniones de piezas, adecuado uso de la máquina soldadora y parámetros de rangos de amperaje-voltaje, tipos de electrodos para materiales de soldado. (ver figura 29).
- Para esto se tomó como responsable de la capacitación a un experto en soldado de estructuras.
- Se implementó una hoja simple de registro de capacitación para verificar que se hayan cumplido con la asistencia a la capacitación, y chequeo de los puntos tratados en tal.



Figura 29. Capacitación en soldado de materiales

Fuente: Novofibras

Situación Después (Post Test):

El promedio de reprocesos debido a errores en mano de obra por unidad producida se redujo en 63.11 % con una tendencia más ajustada. La data mostrada en la figura 30 es muestra clara de su reducción significativa.

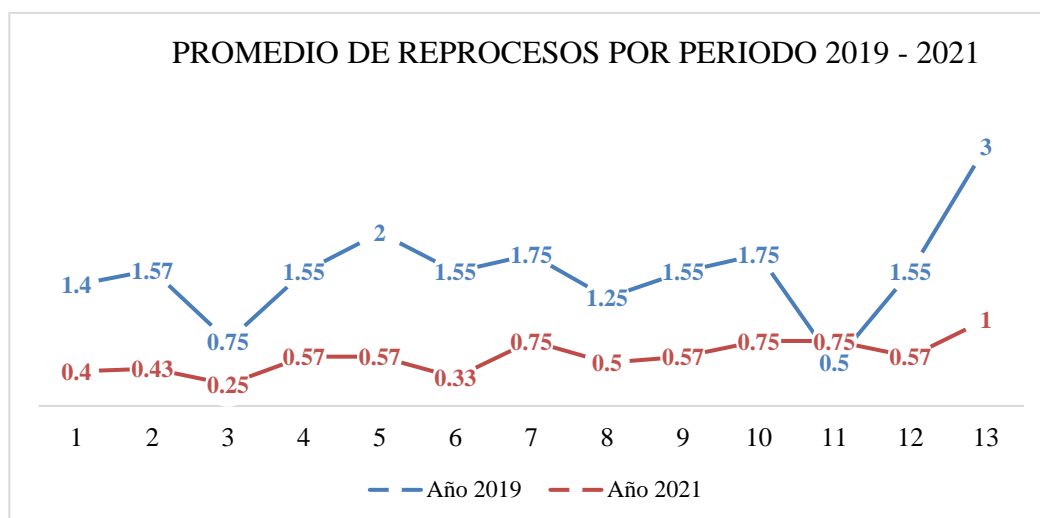


Figura 30. Comparativa de reprocesos 2019 vs 2021

Fuente: Elaboración propia

El tiempo promedio que tomaban los reprocesos se redujo, como muestra la tabla 11, de 2.48 a 1.47 horas, reflejando una reducción porcentual de 41.01 %

Tabla 11. Tiempo total reprocesos (hr) 2019 vs 2021

2019			2021		
Fecha	Reprocesos	Tiempo total de reproceso hr	Fecha	Reprocesos	Tiempo total de reproceso hr
01/01/2019 - 14/01/2019	7	9.99	01/01/2021 - 14/01/2021	2	6.5
15/01/2019 - 28/01/2019	11	16.32	15/01/2021 - 28/01/2021	3	7.33
29/01/2019 - 11/02/2019	3	3.16	29/01/2021 - 11/02/2021	1	1.33
12/02/2019 - 25/02/2019	2	1.83	12/02/2021 - 25/02/2021	1	0.5
26/02/2019 - 11/03/2019	1	1.33	26/02/2021 - 11/03/2021	0	0
12/03/2019 - 25/03/2019	5	6.83	12/03/2021 - 25/03/2021	1	0.5
26/03/2019 - 08/04/2019	7	9.49	26/03/2021 - 08/04/2021	3	6.5
09/04/2019 - 22/04/2019	5	8.66	09/04/2021 - 22/04/2021	1	1.33
23/04/2019 - 06/05/2019	3	6	23/04/2021 - 06/05/2021	2	6
07/05/2019 - 20/05/2019	4	7.83	07/05/2021 - 20/05/2021	2	6.5
21/05/2019 - 03/06/2019	1	6	21/05/2021 - 03/06/2021	1	6
04/06/2019 - 17/06/2019	0	0	04/06/2021 - 17/06/2021	2	7.33
18/06/2019 - 26/06/2019	6	12	18/06/2021 - 29/06/2021	5	14.66
Total general	55	89.44	Total general	24	64.48

Tiempo promedio de los reprocesos en los cobertores	2.48	Tiempo promedio de los reprocesos en los cobertores	1.47
--	------	--	------

Fuente: Elaboración propia

El costo de materiales generado por los reprocesos se redujo de S/ 3,300.00 a S/ 1,230.00, mostrando una reducción porcentual de 62.73 % de reducción en el tema de costo de materiales. Ver tabla 12.

Tabla 12. Costo material por reprocesos 2019 vs 2021

2019			2021		
Reprocesos		Costo de materiales	Reprocesos		Costo de materiales
Mal soldado	Fibra arrugada	Costo total (S/)	Mal soldado	Fibra arrugada	Costo total (S/)
6	1	440.00	1	1	90.00
9	2	670.00	2	1	160.00
3	0	210.00	1	0	70.00
2	0	140.00	1	0	70.00
1	0	70.00	0	0	-
4	1	300.00	1	0	70.00
6	1	440.00	2	1	160.00
4	1	300.00	1	0	70.00
2	1	160.00	1	1	90.00
3	1	230.00	1	1	90.00
0	1	20.00	0	1	20.00
0	0	-	1	1	90.00
4	2	320.00	3	2	250.00
44	11	3,300.00	15	9	1,230.00

Fuente: Elaboración propia

Muestra después: Se muestran los datos agrupados en 14 días. Ver tabla 13.

Tabla 13. Muestra post - Reprocesos por error en mano de obra

Semana periodo 2021	Reprocesos por error en mano de obra / unidad producida
Enero 01 - enero 14	0.40
Enero 15 - enero 28	0.43
Enero 29 - febrero 11	0.25
Febrero 12 - febrero 25	0.57
Febrero 26 - marzo 11	0.57
Marzo 12 - marzo 25	0.33
Marzo 26 - abril 08	0.75
Abril 09 - abril 22	0.50
Abril 23 - mayo 06	0.57
Mayo 07 - mayo 20	0.75
Mayo 21 - junio 03	0.75
Junio 04 - junio 17	0.57

Junio 18 - junio 30	1.00
PROMEDIO	0.57

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

Objetivo específico 3: Implementar el mantenimiento planeado para aumentar el tiempo de actividad del equipo auxiliar

Situación Antes (Pre Test)

Un punto crítico en la fabricación de cobertores es el proceso de pintado, ya que es básico para poder continuar con los procesos posteriores, para este proceso de pintado es indispensable el uso de compresores de aire, que distribuyen la pintura gel-coat de forma uniforme al molde. La empresa cuenta, para este proceso, con un compresor Campbell Hausfeld de 80 galones de capacidad adquirido en el año 2011.

El paro no planificado en este tipo de compresores debido a malfuncionamiento implicaba un paro en la producción del cobertor hasta encontrar la solución y su posterior puesta en marcha.

Por tal motivo se necesitaba un funcionamiento correcto e ininterrumpido para poder garantizar la calidad y el cumplimiento en los tiempos de entrega. El mayor riesgo que presentaba el proceso era la parada del compresor dado que esto paralizaría las actividades y reduciría la calidad del producto.

La empresa, en el periodo del primer semestre de 2019, reportó varios paros no programados del compresor. Estos paros fueron generando un consecuente paro en las actividades diarias de los operarios y esto a su vez un costo en horas extras, incluso significó incumplimientos a nivel tiempo de entrega con los clientes.

Cuando ocurría este tipo de incidente donde el compresor dejaba de funcionar o su funcionamiento no era óptimo, se comunicaba al jefe de planta y este se comunicaba directamente con un técnico para que venga a realizar su acción correctiva. (Ver anexo 05)

La empresa contaba con un cuaderno donde se registraba las incidencias, pero no se realizó nunca un análisis con los datos obtenidos. Además de no contar con un plan de mantenimiento preventivo para evitar los paros de equipos auxiliares. Este

hecho, aunado al escaso mantenimiento dado al equipo (ver figura 31), terminaban siendo un problema recurrente durante el proceder de la empresa.



Figura 31. Estado previo de compresor de Novofibras

Fuente: Novofibras

Se procedió a digitalizar los datos del cuaderno de incidencias y se realizó un análisis sobre la situación en la que se encontraba el compresor, mostrados en la figura 32:

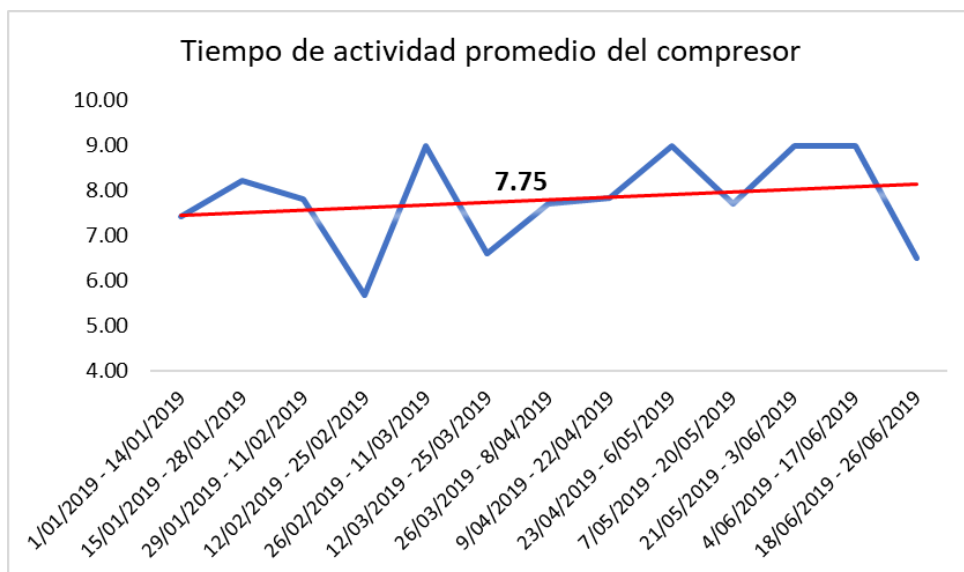


Figura 32. Tiempo de actividad promedio del compresor (Periodo pre-test)

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

Luego se analizó el registro de incidentes del cuaderno, donde se obtuvieron los siguientes datos:

- (a) Tiempo promedio que tardaba en llegar el técnico: 2.23 hr
- (b) Tiempo promedio que tardaba en solucionar el incidente: 2.27 hr
- (c) Tiempo de paro total dentro del 1er semestre 2019: 45.07 hr
- (d) Tiempo total de actividad dentro del 1er semestre 2019: 278.93 hr
- (e) Cantidad de paros dentro del 1er semestre 20219: 10 paros

Donde: (c) + (d) = Total de horas trabajadas: 324 hr

Equivalente: 36 días laborales.

Con estos datos anteriormente detallados se procedió a implementar dos indicadores de mantenimiento:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de paradas}}$$

$$\text{Entonces: } \frac{324-45.07}{10} = 27.89 \text{ hr} = 3.10 \text{ días}$$

Esto indicó el tiempo medio entre fallos

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Numero de paradas}}$$

Entonces:

$$\frac{45.07}{10} = 4.5$$

Con la ayuda de estos se pudo hacer el análisis de que el compresor solía presentar incidentes después de 27.89 hr de funcionamiento, esto ayudó a programar los mantenimientos preventivos con el fin de prevenir el fallo del equipo.

Muestra antes: Se muestran los datos agrupados en 14 días. Ver tabla 14.

Tabla 14. Muestra pre - horas de actividad

Semana periodo 2019	Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida
Enero 01 - enero 14	7.41
Enero 15 - enero 28	8.22

Enero 29 - febrero 11	7.8
Febrero 12 - febrero 25	5.67
Febrero 26 - marzo 11	9
Marzo 12 - marzo 25	6.61
Marzo 26 - abril 08	7.7
Abril 09 - abril 22	7.83
Abril 23 - mayo 06	9
Mayo 07 - mayo 20	7.7
Mayo 21 - junio 03	9
Junio 04 - junio 17	9
Junio 18 - junio 30	6.51
PROMEDIO	7.80

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

El 05 de octubre de 2020 se dio inicio a la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing con el objetivo de aumentar la productividad en la empresa Novofibras, para ello se decidió implementar lo siguiente:

1. Mantenimiento planeado: Con los datos obtenidos del primer semestre de 2019 se realizó una programación estratégica con el fin de prevenir un eventual incidente con el compresor.

a) Identificación de equipo a realizar Mantenimiento. Ver tabla 15.

Compresor: Campbell Hausfeld

Modelo: CE4104

Ubicación: área de pintado

Responsable: jefe de planta

b) Propuesta de mantenimiento preventivo

Se creó un formato para este punto, se observa el formato de mantenimiento preventivo. (Ver anexo 04).

c) Creación de ficha de mantenimiento preventivo

Se realizó el registro de todos los mantenimientos preventivos diarios, mensuales y trimestrales donde se ubicaron los responsables de cada mantenimiento.

d) Ficha técnica del compresor y manual

Se digitalizó un resumen de las condiciones técnicas del compresor indicando todo lo necesario para el equipo que realice el mantenimiento preventivo y se tiene dispuesto el manual para, en caso de posibles paros, poder consultar ya sean las especificaciones como el manual y poder hacer una trazabilidad, identificando las causas (o posibles causas) que afecten al equipo auxiliar, de esta forma se optimiza el tiempo de diagnóstico por parte del especialista en mantenimiento que llegue a reparar el equipo.

Tabla 15. Especificaciones de compresor estacionario

ESPECIFICACIONES	
COMPRESOR	CE4104
Motor HP	5
Voltaje	208-230V
Fase	1
Desplazamiento CFM	26.24
Entrega de aire CFM 90 PSI	17.3
Entrega de aire CFM 140 PSI	14.2
Max PSI	140
Rpm bomba	950
Capacidad tanque	80 galones
Peso	410 lbs
Amplificador	21
Ciclo de trabajo máx.	80/20
Salida de tanque	¾"
DIMENSIONES	
Largo	23 pulgadas
Ancho	31 pulgadas
Altura	71 pulgadas

Fuente: Campbell Hausfeld

2. Plan de contingencia: A fin de disminuir el impacto que causa una para de equipo auxiliar no programada, se creó un plan de contingencia.

- a) Evaluación: Se demostró que se pierde 4.5 horas en promedio por cada parada de equipo auxiliar, el impacto respecto al tiempo que tuvo en el año 2019 fue:

$$\text{Impacto \%} = \frac{\text{Tiempo de paro total}}{\text{Total de tiempo disponible}} = \frac{45.07}{324}$$

Esto dio un total de 13.9 % como impacto porcentual.

Esto indicaba que el primer semestre de 2019, el impacto generado por las paradas de equipo fue del 13.9% respecto al tiempo perdido.

Debido a lo anteriormente mencionado imperó la necesidad de disminuir el impacto generado por la parada de equipos auxiliares por lo cual se propuso: la compra de un compresor móvil de menor capacidad, el que cumplía con los requerimientos y considerando el presupuesto, fue el modelo COM-25 el cual se detalla técnicamente en la tabla 16.

Tabla 16. Características de compresor móvil

Compresor	
Capacidad del tanque	25 L
Potencia Máxima	3 HP
Potencia Nominal	2 HP
Tensión	127 V
Frecuencia	60 Hz
Tipo	Monofásico
Velocidad	3450 rpm
Presión máxima	116 PSI
Flujo aire	4.4 CFM 40 PSI 3.4 CFM 90 PSI
Aislamiento	1
Peso	24Kg

Fuente: Truper COM-25

- b) Planificación: Este compresor de menor capacidad sería usado por todas las áreas como medida de contingencia en caso el compresor principal en uso presente una falla, con esto se aseguró la continuidad de operaciones en planta, se realizó un flujograma de pasos a seguir en caso de que el compresor falle. (Ver anexo 06)
- c) Viabilidad: Se realizó un comparativo entre el compresor móvil y el estacionario. Ver tabla 17.

Tabla 17. Compresor estacionario vs móvil

	Estacionario	Móvil
Presión	140 PSI	116 PSI
Caudal	14.2 CFM	4.4 CFM
Potencia	5 HP	3 HP
Capacidad	302.8 L	25 L

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis entre los dos compresores:

$$K = \frac{\text{CFM estacionario}}{\text{CFM móvil}}$$

$$K = \frac{14.2}{4.4}$$

$$K = 3.2$$

Esto quiere decir que el compresor móvil tardará 3.2 veces en realizar la operación que el estacionario.

- d) Ejecución: Se realizó una reunión con los operarios y se explicó el procedimiento que se aplicaría en caso de una posible falla, se realizó una pequeña inducción con el nuevo compresor móvil y se especificó su objetivo.
- e) Recuperación: Se acordó un mantenimiento preventivo para reducir las paradas no planificadas de los equipos auxiliares para dejar ese plan de contingencia en caso de emergencia, a la vez que se modificó el flujograma para los casos de fallo. (Ver anexo 05)

Luego se presentó el proyecto a la gerencia: Ver tabla 18.

Proyecto: Compra de compresor móvil de contingencia

Tiempo de retorno: 12 meses.

Tabla 18. Inversión e indicadores financieros - compresor móvil

	Inversión	1	2	...	11	12
Proyecto	-S/ 5,150.00	S/1,465.83	S/ 1,465.83	...	S/ 1,465.83	S/1,465.83

VAN	S/4,370.66
TIR	26%
COK	10%

Fuente: Elaboración propia

Dando como resultado:

- Debido a que el VAN es positivo, se acepta el proyecto
- Debido a que el TIR > COK, entonces se acepta el proyecto
- La empresa asume un COK de 10% para proyectos < S/. 10,000.00.

Los montos de retribución se detallan en la tabla 19.

Tabla 19. Tabla resumen - implicancia de costos

Retribución	Monto semestral (S/)	Mensual (S/)	Observación
Servicio técnico por parada de equipo	1100.00	183.33	Se registró 10 paradas de equipo auxiliar, y por cada paro se gasto S/. 110.00
Horas extras ahorradas	945.00	157.50	Se registró 45 horas de inactividad lo que implica recuperar las horas para la realización del cobertor
No cumplir con el plazo aplica 5% dsct	<u>6750.00</u>	<u>1125.00</u>	Del total de cobertores el 50% no se entrego en el plazo acordado.
Total	8795.00	1465.83	

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

Situación Después (Post Test):

Después de la implementación de todo lo detallado líneas anteriores se recopiló los datos dentro del periodo comprendido en el primer semestre de 2021, el equipo auxiliar a estudiar sigue siendo el mismo compresor que ha sido sometido a un mantenimiento planeado preventivo diario, mensual, trimestral, anual. Estos mantenimientos a comienzos fueron netamente hechos por un proveedor externo, que ha iniciado una capacitación a nuestro personal. Si bien aún el mantenimiento es realizado semestralmente por una empresa externa, el chequeo diario y mensual de limpieza ha venido siendo realizado netamente por los operarios de Novofibras

(ver figura 33), y se previó que, con la continuidad de todos los procesos implementados en 12 meses, los operarios pudieran asumir el control total del mantenimiento y reparación del equipo auxiliar: compresor.



Figura 33. Estado de compresor mediante mantenimientos continuos

Fuente: Novofibras

Con datos anotados en la ficha, se procedió hacer un análisis post, mostrados en la figura 34:

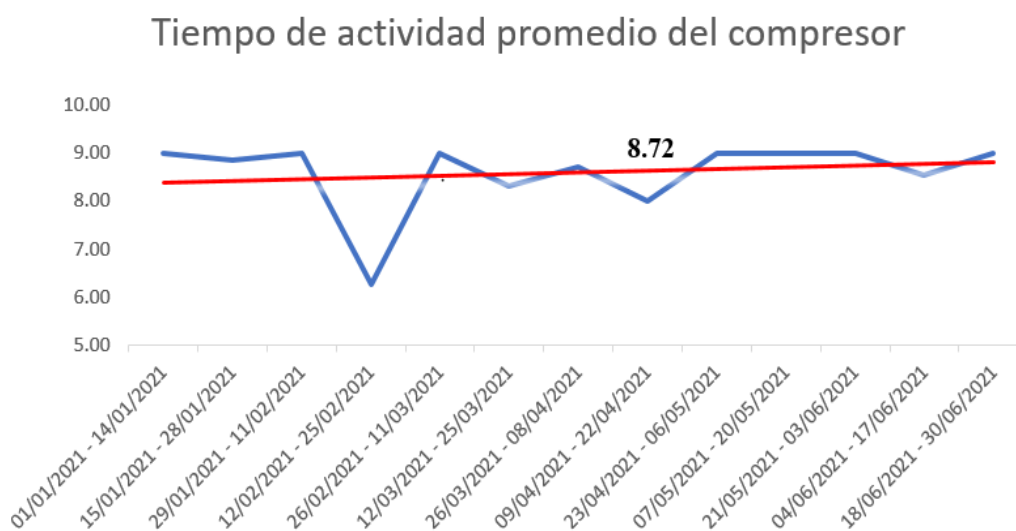


Figura 34. Tiempo de actividad promedio del compresor (post-test)

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

Luego se analizó el registro de incidentes de la ficha, donde se obtuvieron los siguientes datos:

- (a) Tiempo promedio que tardaba en llegar el técnico: 0.68 hr
- (b) Tiempo promedio que tardaba en solucionar el incidente: 1.26 hr
- (c) Tiempo de paro total dentro del 1er semestre 2021: 9.67 hr
- (d) Tiempo total de actividad dentro del 1er semestre 2021: 386.33 hr
- (e) Cantidad de paros dentro del 1er semestre 2021: 5 paros.

Donde: (c) + (d) = Total de horas trabajadas: 396 hr

Equivalente: 44 días laborales.

Con estos datos anteriormente detallados se procedió a actualizar nuestros indicadores de mantenimiento:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Numero de paradas}}$$

$$\text{Entonces: } \frac{396-9.67}{5} = 77.27 \text{ hr} = 8.59 \text{ días}$$

Esto nos indica el tiempo medio entre fallos.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Numero de paradas}}$$

$$\text{Entonces: } \frac{9.67}{5} = 1.93$$

Esto nos indicó el tiempo promedio de reparación.

Con la ayuda de estos se pudo hacer el análisis de que el compresor solía presentar incidentes después de 77.27 hr de funcionamiento.

De esta manera, se muestra en la tabla 20, el cuadro de resumen:

Tabla 20. Resumen: paro-mantenimiento de compresor

	2019	2021	%	Observaciones
Tiempo promedio que tarda en llegar un técnico	2.23 hr	0.68 hr	70	Se disminuyó en un 70% el tiempo de llegada del técnico.
Tiempo promedio que tarda en solucionar el incidente	2.27 hr	1.26 hr	44	Se disminuyó en un 44% el tiempo de solucionar el paro de equipo.
Tiempo de paro total	45.07 hr	9.67 hr	79	Se disminuyó el tiempo de paro total en un 79%
Cantidad de paros	10	5	50	Se disminuyó en un 50% la cantidad de paros
MTBF	27.89 hr	77.27 hr	177	Se incrementó el indicador MTBF en 177%
MTTR	4.5 hr	1.93 hr	57	Se disminuyó el indicador MTTR en 57 %

Fuente: Elaboración propia

Muestra después: Se muestran los datos agrupados en 14 días. Ver tabla 21.

Tabla 21. Muestra post-test mantenimiento planeado

Semana periodo 2021	Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida
Enero 01 - enero 14	9.00
Enero 15 - enero 28	8.86
Enero 29 - febrero 11	9.00
Febrero 12 - febrero 25	6.25
Febrero 26 - marzo 11	9.00
Marzo 12 - marzo 25	8.31
Marzo 26 - abril 08	8.71
Abril 09 - abril 22	8.00
Abril 23 - mayo 06	9.00
Mayo 07 - mayo 20	9.00
Mayo 21 - junio 03	9.00
Junio 04 - junio 17	8.54
Junio 18 - junio 30	9.00
PROMEDIO	8.60

Fuente: Datos de Novofibras. Elaboración propia

5.2. Análisis de resultados

Generalidades

En el presente capítulo se trataron los datos obtenidos de los tres indicadores, mediante el análisis de la información y datos de la empresa, tanto en el periodo enero - junio del año 2019 como el periodo enero - junio del año 2021, esto con el fin de realizar la contrastación de resultados estadísticos de las muestras en estudio. Las pruebas de normalidad e hipótesis fueron aplicadas mediante el uso del software SPSS Statistics.

Prueba de normalidad

Planteamiento de las hipótesis para la prueba de normalidad

Hipótesis nula (H_0): La distribución no es distinta a la distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): La distribución es distinta a la distribución normal.

A su vez, se establece el nivel de significancia (p-valor):

Sig. (α) = 0.05 = 5 %

Reglas de decisión:

Si el p-valor es mayor a 0.05 (5 %), entonces se acepta la hipótesis nula H_0 . Esto quiere decir que los datos de la muestra siguen una distribución normal.

Si el p-valor es menor a 0.05 (5 %), entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 . Por ende, los datos de la muestra no están siguiendo distribución normal.

Contrastación de hipótesis

Planteamiento de las hipótesis nula y alternativa para la contrastación de hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): No hay una diferencia estadística significativa entre la muestra pre y post test.

Hipótesis alternativa (H_1): Sí hay una diferencia estadística significativa entre la muestra pre y post test.

Nivel de significancia:

Sig. = 0.05 = 5 %

Reglas de decisión:

Si el nivel de significancia es menor a 0.05, entonces se acepta la hipótesis alternativa H_1 . Esto quiere decir que la hipótesis del investigador es aceptada.

Si el nivel de significancia es menor a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 . De ser este el caso, la hipótesis planteada por el investigador se rechaza. (Ver figura 35).

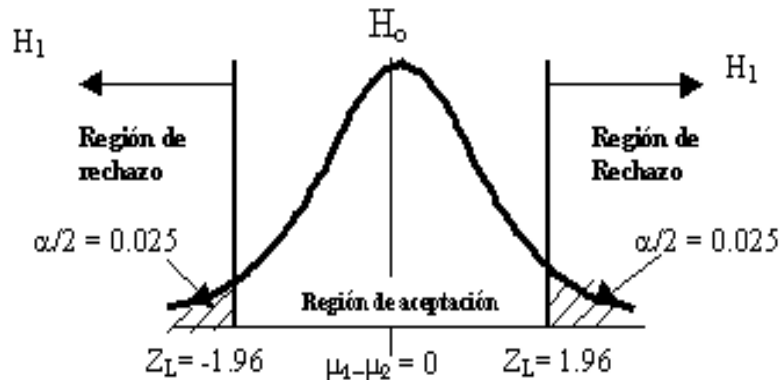


Figura 35. Campana de Gauss

Fuente: Instituto tecnológico de Chihuahua

Donde α es el p-valor o la significancia

Para el presente trabajo de investigación se tuvo que determinar el tipo de variable al que pertenecen los datos obtenidos y el tipo de muestra, los datos recogidos se muestran a continuación:

Tipo de variable

En el caso de las tres variables dependientes (tanto los defectos de fabricación, los reprocesos y los paros de equipos auxiliares), los datos recogidos y analizados son numéricos, por ende, entran en la categoría de variable cuantitativa.

Tipo de muestra

En el caso del tipo de muestra, para los defectos de fabricación y los reprocesos, estos están en base a distintos cobertores producidos durante los periodos del primer semestre del año 2019 y del mismo modo para el año 2021, por ende, las muestras son no relacionadas. El paro de equipos auxiliares sí se está haciendo sobre los mismos equipos, así que sólo para el caso de la tercera variable dependiente se aplica el tipo de muestra relacionada. Ver tabla 22.

Tabla 22. Variable, tipo de variable y de muestra - hipótesis

Variable dependiente	Tipo de variable	Tipo de muestras
Defectos de fabricación	Cuantitativa	No relacionadas
Reprocesos por errores en mano de obra	Cuantitativa	No relacionadas
Tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar	Cuantitativa	Relacionadas

Fuente: elaboración propia

Primera hipótesis específica (H_1):

La primera hipótesis que se planteó indica que, si se implementa el ciclo Deming PDCA, entonces se reducirán los defectos de fabricación.

En base a esto se procedió con la prueba de normalidad y contrastación de hipótesis.

- Prueba de normalidad

Para la prueba normalidad se tomaron las muestras del promedio de defectos proporcionadas por la empresa para el periodo de enero a junio del año 2019 (muestra pre-test). (Ver tabla 05)

El mismo fue el caso en la muestra post-test, se tomaron los datos obtenidos en el periodo de enero a junio del año 2021. (Ver tabla 09)

Se empleó el programa SPSS Statistics para aplicar la prueba de normalidad en los periodos pre-test y post-test de la primera variable dependiente. (

Tabla 23. Número de defectos Pre-test vs post-test

Número de defectos de fabricación / unidad producida		
	Periodo pre-test (2019)	Periodo post-test (2021)
Enero 01 - enero 14	8.14	4.80
Enero 15 - enero 28	8.14	4.29
Enero 29 - febrero 11	9.75	6.00
Febrero 12 - febrero 25	9.63	4.43
Febrero 26 - marzo 11	8.50	4.43
Marzo 12 - marzo 25	12.50	4.17
Marzo 26 - abril 08	8.75	4.50
Abril 09 - abril 22	11.00	6.50
Abril 23 - mayo 06	9.63	4.43
Mayo 07 - mayo 20	9.50	4.25
Mayo 21 - junio 03	12.00	4.00
Junio 04 - junio 17	9.63	2.00
Junio 18 - junio 30	8.00	3.75

Fuente: Elaboración propia

Con los datos previamente detallados, se procedió a aplicar la prueba de normalidad. (ver tabla 24).

Tabla 24. Prueba de normalidad - variable 1

	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre-test	,251	12	,036	,901	12	,165
Post-test	,294	12	,005	,875	12	,077

Fuente: SPSS Statistics 21.

Teniendo como n= número de datos de muestra

Si:

$n > 50$; aplica test de Kolmogorov-Smirnov.

$n \leq 50$; aplica test de Shapiro-Wilk.

Para ambas muestras, tanto pre-test y post-test, el número de datos “n” fue menor a 50, por ende, se aplicó el test de Shapiro-Wilk. Ver tabla 23 y 24.

En base a la significancia obtenida del test, se aplicó la regla de decisión:

Pre-test

Sig. = 0,165 > 0,05

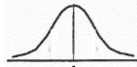
Se aceptó la hipótesis nula para prueba de normalidad, que indica que la distribución no es distinta a la distribución normal.

Post-test

Sig. = 0,077 > 0,05

Se aceptó la hipótesis nula para prueba de normalidad, que indica que la distribución no es distinta a la distribución normal.

Tabla 25. Resultado de prueba de normalidad

Prueba de normalidad		Resultado
Muestra pre-test	Muestra post-test	Son normales
Distribución normal	Distribución normal	

Fuente: elaboración propia

- **Contrastación de hipótesis**

El objetivo de esto fue comprobar la validez de la hipótesis planteada en el estudio para la variable dependiente “Defectos de fabricación”.

Hipótesis específica:

Si se implementa el ciclo Deming PDCA, entonces se reducirán los defectos de fabricación.

Validez de la hipótesis:

H₀: Si se implementa el ciclo Deming PDCA, entonces no se reducirán los defectos de fabricación.

H₁: Si se implementa el ciclo Deming PDCA, entonces se reducirán los defectos de fabricación.

Se aplicó la prueba de hipótesis T-Student para muestras no relacionadas, de acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba paramétrica de normalidad (normal) para variables cuantitativas. Ver tabla 25.

Tabla 26. Elección de prueba de hipótesis - variable 1

Prueba de normalidad	Tipo de variable	Prueba de hipótesis
Normal	Cuantitativa	T-Student para muestras no relacionadas

Fuente: Elaboración propia

En base a esto, los datos obtenidos fueron los presentados en la tabla 26.

Tabla 27. Prueba de hipótesis - variable 1

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
N° Defectos	Se han asumido varianzas iguales	1,395	,249	10,595	24	,000	5,20154	,49093	4,18830	6,21478
	No se han asumido varianzas iguales			10,595	21,706	,000	5,20154	,49093	4,18260	6,22047

Fuente: SPSS Statistics 21.

Se asumieron las varianzas iguales porque la significancia de Levene fue 0,249 (mayor a 5 %).

Entonces, como la significancia (bilateral) fue menor a 0,05 se rechazó la hipótesis nula.

De esto, se pudo validar la hipótesis alterna H₁: Si se implementa el ciclo Deming PDCA, se reducirán los defectos de fabricación.

- Estadísticos descriptivos

Se muestran a continuación los principales estadísticos descriptivos de las muestras pre-test (enero a junio de 2019) y post-test (enero a junio de 2021), referentes a la variable dependiente “defectos de fabricación”. Ver tabla 27.

Tabla 28. Estadísticos descriptivos - variable 1

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
Pre-test	Media		9,7525	,41296
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	8,8436	
		Límite superior	10,6614	
	Media recortada al 5%		9,6972	
	Mediana		9,6300	
	Varianza		2,046	
	Desv. típ.		1,43052	
	Mínimo		8,00	
	Máximo		12,50	
	Rango		4,50	
Post-test	Media		4,3958	,30819
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	3,7175	
		Límite superior	5,0742	
	Media recortada al 5%		4,3981	
	Mediana		4,3600	
	Mínimo		2,25	
	Máximo		6,50	
	Rango		4,25	

Fuente: SPSS Statistics

Segunda hipótesis específica (H₂):

La segunda hipótesis que se planteó indicaba que, si se implementa el trabajo estandarizado, entonces se reducirían los reprocesos por errores de mano de obra.

Al igual que con la primera hipótesis específica, se procedió con la prueba de normalidad y contrastación de hipótesis.

- Prueba de normalidad

Para la prueba normalidad se tomaron las muestras del promedio de número de reprocesos por errores en mano de obra, proporcionadas por la empresa

para el periodo de enero a junio del año 2019 (muestra pre-test). (Ver tabla 10)

El mismo fue el caso en la muestra post-test, se tomaron los datos obtenidos en el periodo de enero a junio del año 2021. (Ver tabla 13)

Se empleó el programa SPSS Statistics para aplicar la prueba de normalidad en los periodos pre-test y post-test de la segunda variable dependiente “Reprocesos por errores en mano de obra”.

Tabla 29. Reprocesos por error en mano de obra Pre-test vs post-test

	Nº reprocesos por error en mano de obra / unidad producida	
	Periodo pre-test (2019)	Periodo post-test (2021)
Enero 01 - enero 14	1.40	0.40
Enero 15 - enero 28	1.57	0.43
Enero 29 - febrero 11	0.75	0.25
Febrero 12 - febrero 25	1.55	0.57
Febrero 26 - marzo 11	2.00	0.57
Marzo 12 - marzo 25	1.55	0.33
Marzo 26 - abril 08	1.75	0.75
Abril 09 - abril 22	1.25	0.50
Abril 23 - mayo 06	1.55	0.57
Mayo 07 - mayo 20	1.75	0.75
Mayo 21 - junio 03	0.50	0.75
Junio 04 - junio 17	1.55	0.57
Junio 18 - junio 30	3.00	1.00

Fuente: elaboración propia

Con los datos de la tabla 29 se procedió a aplicar la prueba de normalidad (ver tabla 30).

Tabla 30. Prueba de normalidad - variable 2

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre-test	,241	12	,053	,888	12	,112
Post-test	,199	12	,200*	,955	12	,706

Fuente: SPSS Statistics 21.

Teniendo como $n =$ número de datos de muestra

Si:

$n > 50$; aplica test de Kolmogorov-Smirnov.

$n \leq 50$; aplica test de Shapiro-Wilk

Para ambas muestras correspondientes a esta variable dependiente, tanto pre-test y post-test, el número de datos “n” fue menor a 50, por ende, se aplicó el test de Shapiro-Wilk. Ver tabla 28 y 29.

En base a la significancia obtenida del test, se aplicó la regla de decisión:

Pre-test

Sig. = 0,112 > 0,05


Se aceptó la hipótesis nula para prueba de normalidad, que indica que la distribución no es distinta a la distribución normal.

Post-test

Sig. = 0,706 > 0,05

Se aceptó la hipótesis nula para prueba de normalidad, que indica que la distribución no es distinta a la distribución normal.

Tabla 31. Resultado prueba de normalidad - variable 2

Prueba de normalidad		Resultado
Muestra pre-test	Muestra post-test	Son normales
Distribución normal	Distribución normal	

Fuente: Elaboración propia

- **Contrastación de hipótesis**

El objetivo de esto fue comprobar la validez de la hipótesis planteada en el estudio para la variable dependiente “Reprocesos por errores en mano de obra”.

Hipótesis específica:

Si se implementa el trabajo estandarizado, entonces se reducirán los reprocesos por errores de mano de obra.

Validez de la hipótesis:

H₀: Si se implementa el trabajo estandarizado, entonces no se reducirán los reprocesos por errores en mano de obra.

H₁: Si se implementa el trabajo estandarizado, entonces se reducirán los reprocesos por errores en mano de obra.

Se aplicó la prueba de hipótesis T-Student para muestras no relacionadas, de acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba paramétrica de normalidad (normal) para variables cuantitativas. Ver tabla 30.

Tabla 32. Elección de prueba de hipótesis - variable 2

Prueba de normalidad	Tipo de variable	Prueba de hipótesis
Normal	Cuantitativa	T-Student para muestras no relacionadas

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó luego de esto la prueba de hipótesis, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 31.

Tabla 33. Prueba de hipótesis - variable 2

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Nº reprocesos	Se han asumido varianzas iguales	2,403	,134	5,620	24	,000	,97923	,17423	,61963	1,33883
	No se han asumido varianzas iguales			5,620	14,766	,000	,97923	,17423	,60735	1,35112

Fuente: SPSS Statistics 21

Se asumieron las varianzas iguales porque la significancia de Levene fue 0,134 (mayor a 5 %).

Ya que la significancia (bilateral) fue menor a 0,05 (0,000) se rechazó la hipótesis nula.

De esto, se pudo validar la hipótesis alterna H_1 , correspondiente a la segunda variable dependiente: Si se implementa el trabajo estandarizado, entonces se reducirá los reprocesos por errores de mano de obra.

- Estadísticos descriptivos

Se presentan en la siguiente tabla los estadísticos descriptivos más relevantes, obtenidos en base a los datos previamente proporcionados de las muestras correspondientes a la variable dependiente “reprocesos por errores en mano de obra”, tanto para el periodo pre-test como para el post-test. Ver tabla 32.

Tabla 34. Estadísticos descriptivos - variable 2

		Estadístico	Error tip.
Pre-test	Media	1,5642	,17871
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	1,1708 1,9575
	Media recortada al 5%	1,5435	
	Mediana	1,5500	
	Varianza	,383	
	Desv. típ.	,61905	
	Mínimo	,50	
	Máximo	3,00	
	Rango	2,50	
Post-test	Media	,5867	,05924
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	,4563 ,7171
	Media recortada al 5%	,5824	
	Mediana	,5700	
	Varianza	,042	
	Desv. típ.	,20522	
	Mínimo	,25	
	Máximo	1,00	
	Rango	75	

Fuente: SPSS Statistics 21

Tercera hipótesis específica (H₃):

La tercera hipótesis que se planteó indica que, si se implementa el mantenimiento planeado, entonces aumentará el tiempo de actividad del equipo auxiliar.

Para validar esta hipótesis, se empezó a aplicar la prueba de normalidad y luego la contrastación respectiva, a fin de corroborar lo planteado.

- Prueba de normalidad

Para la prueba normalidad se tomaron las muestras del promedio de número de horas de actividad del equipo, referentes a la fabricación de cobertores para camiones de la empresa, para el periodo de enero a junio del año 2019 (muestra pre-test). (Ver tabla 14)

El mismo fue el caso en la muestra post-test, se tomaron los datos obtenidos en el periodo de enero a junio del año 2021. (Ver tabla 21)

Se empleó el programa SPSS Statistics para aplicar la prueba de normalidad en los periodos pre-test y post-test referente a la tercera variable dependiente “tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar”.

Tabla 35. Tiempo de actividad del equipo auxiliar Pre-test vs post-test

Tiempo de actividad del equipo / unidad producida		
	Periodo pre-test (2019)	Periodo post-test (2021)
Enero 01 - enero 14	7.41	9.00
Enero 15 - enero 28	8.22	8.86
Enero 29 - febrero 11	7.80	9.00
Febrero 12 - febrero 25	5.67	6.25
Febrero 26 - marzo 11	9.00	9.00
Marzo 12 - marzo 25	6.61	8.31
Marzo 26 - abril 08	7.70	8.71
Abril 09 - abril 22	7.83	8.00
Abril 23 - mayo 06	9.00	9.00
Mayo 07 - mayo 20	7.70	9.00
Mayo 21 - junio 03	9.00	9.00
Junio 04 - junio 17	9.00	8.54
Junio 18 - junio 30	6.51	9.00

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla 35 se realizó la prueba de normalidad, de la cual, sus resultados han sido mostrados en la tabla 36.

Tabla 36. Prueba de normalidad - variable 3

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pre	,176	13	,200*	,905	13	,156
post	,298	13	,002	,610	13	,000

Fuente: SPSS Statistics 21

Teniendo como n = número de datos de muestra

Si:

$n > 50$; aplica test de Kolmogorov-Smirnov.

$n \leq 50$; aplica test de Shapiro-Wilk

Para ambas muestras correspondientes a esta variable dependiente, tanto pre-test y post-test, el número de datos “ n ” fue menor a 50, por ende, se aplicó el test de Shapiro-Wilk. Ver tabla 33 y 34.

En base a la significancia obtenida del test, se aplicó la regla de decisión:

Pre-test

Sig. = 0,156 > 0,05


Se aceptó la hipótesis nula para prueba de normalidad, que indica que la distribución no es distinta a la distribución normal.

Post-test

Sig. = 0,000 < 0,05

Se aceptó la hipótesis nula para prueba de normalidad, que indica que la distribución es distinta a la distribución normal.

Tabla 37. Resultado prueba de normalidad - variable 3

Prueba de normalidad		Resultado
Muestra pre-test	Muestra post-test	No son normales
Distribución normal	Distribución no normal	

Fuente: Elaboración propia

- **Contrastación de hipótesis**

El objetivo de esto fue comprobar la validez de la hipótesis planteada en el estudio para la variable dependiente “tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar”.

Hipótesis específica:

Si se implementa el mantenimiento planeado, entonces se aumentará el tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar.

Validez de la hipótesis:

H₀: Si se implementa el mantenimiento planeado, entonces no se aumentará el tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar.

H₁: Si se implementa el mantenimiento planeado, entonces se aumentará el tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar.

Se aplicó prueba de hipótesis Wilcoxon para muestras relacionadas, de acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba paramétrica de normalidad (normal) para variables cuantitativas. Ver tabla 35.

Tabla 38. Elección de prueba de hipótesis - variable 3

Prueba de normalidad	Tipo de variable	Prueba de hipótesis
No normal	Cuantitativa	Wilcoxon para muestras relacionadas

Fuente: Elaboración propia

En base a esto, se procedió a utilizar la información para la prueba de hipótesis, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 36.

Tabla 39. Resumen de prueba de hipótesis - variable 3

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1 La mediana de las diferencias entre pre y post es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,009	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05			

Fuente: SPSS Statistics 21

- Estadísticos descriptivos

Se presentan en la siguiente tabla los estadísticos descriptivos más relevantes, obtenidos en base a los datos previamente proporcionados de las muestras correspondientes a la variable dependiente “tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar”, tanto para el periodo pre-test como para el post-test. Ver tabla 37.

Tabla 40. Estadísticos descriptivos - variable 3

Descriptivos			Estadístico	Error tip.
pre	Media		7,8038	,29663
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	7,1575	
		Límite superior	8,4501	
	Media recortada al 5%		7,8559	
	Mediana		7,8000	
	Varianza		1,144	
	Desv. típ.		1,06951	
	Mínimo		5,67	
	Máximo		9,00	
	Rango		3,33	
post	Media		8,5900	,21437
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	8,1229	
		Límite superior	9,0571	
	Media recortada al 5%		8,6972	
	Mediana		9,0000	
	Varianza		,597	
	Desv. típ.		,77291	
	Mínimo		6,25	
	Máximo		9,00	
	Rango		2,75	

Fuente: SPSS Statistics 21

5.3.Resultados de investigación

En la tabla 38 se detalló la hipótesis de cada problema específico, las herramientas aplicadas y los indicadores usados para la medición y control de nuestros resultados pre-test y post-test. Luego se especifica la variación en unidades del indicador y finalmente se coloca la variación expresada en porcentajes.

En el problema específico 1 se logró un resultado de 54.66% reflejado en la disminución del número de defectos promedio por unidad producida.

En el problema específico 2 se logró un resultado de 64.05% reflejado en la disminución del número de reprocesos promedio por unidad producida.

En el problema específico 3 se logró un resultado de 10.14% reflejado en el incremento del tiempo promedio de actividad del equipo auxiliar por unidad producida.

Tabla 41. Resumen de resultados

	Hipótesis	Variable Independiente	Variable Dependiente	Indicador VD	Pretest	Postest	Variación	%
Problema específico 1	Si se implementa el ciclo Deming PDCA, entonces se reducirán los defectos de fabricación.	PDCA	Defectos de fabricación	Nº de defectos de fabricación / Unidad producida	9.33	4.23	-5.10	-54.66%
Problema específico 2	Si se Implementa el trabajo estandarizado, entonces se reducirá los reprocesos por errores de mano de obra	Trabajo Estandarizado	Reprocesos por errores en mano de obra	Nº Reprocesos por errores en mano de obra/ Unidad producida	1.53	0.57	-0.98	-64.05%
Problema específico 3	Si se implementa el Mantenimiento Planeado, entonces se reducirán los paros en los equipos auxiliares	Mantenimiento Planeado	Paros de equipos auxiliares	Nº horas actividad / Unidad producida	7.80	8.59	0.79	10.13%

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de productividad total

- Periodo primer semestre 2019

La tabla 39 muestra la productividad en el primer semestre del año 2019.

Tabla 42. Cálculo de la productividad - 2019

2019			
PRODUCTO		INSUMO	
Cantidad de productos	36	Tiempo de producción HH	342
Precio de venta por unidad	S/ 6,500.00	Costo de horas extra	S/ 3,985.37
		Salarios por hora	S/ 7.50
		Materias primas costo total	S/ 74,676.00
		Gastos generales totales	S/ 28,080.00

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Productividad: } \frac{\text{Productos}}{\text{Insumos}}$$

Productos: Cantidad de productos x Precio de venta por unidad

Insumos: Costo total del tiempo de producción + Costos de horas extra + Costo total de materias primas + Gasto generales totales

Productividad: 2.09; esto nos dice que la empresa recupera 2.09 veces lo invertido.

- Periodo primer semestre 2021

Para el primer semestre del año 2021 se calculó la productividad, con los datos vistos en la tabla 40.

Tabla 43. Cálculo de la productividad - 2021

2021			
PRODUCTO		INSUMO	
Cantidad de productos	44	Tiempo de producción HH	418
Precio de venta por unidad	S/ 7,500.00	Horas extra	S/ 3,318.10
		Salarios por hora	S/ 7.50
		Materias primas costo total	S/ 100,627.25
		Gastos generales totales	S/ 33,000.00

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Productividad: } \frac{\text{Productos}}{\text{Insumos}}$$

Productos: Cantidad de productos x Precio de venta por unidad

Insumos: Costo total del tiempo de producción + Costos de horas extra + Costo total de materias primas + Gasto generales totales

Productividad: 2.30; esto nos dice que la empresa recupera 2.30 veces lo invertido.

Se puede apreciar por el análisis que la productividad aumentó en un 10%.

CONCLUSIONES

1. Para nuestra primera variable se implementó el PDCA con el fin de reducir el número de defectos en la fabricación. Esta implementación nos ayudó a reducir 54.02 % en promedio de defectos por unidad producida y reducir un 33.14% en tiempo promedio de reparación de defectos. Se logró un ahorro de S/ 1,161.50 en los gastos de horas extras destinados a la reparación de defectos y S/ 778.75 destinados a materiales para la reparación de los defectos, logrando un ahorro de S/ 1,940.25
2. En nuestra segunda variable se implementó el trabajo estandarizado con el fin de reducir los reprocesos ocasionado por de mano de obra. Esta herramienta nos ayudó a reducir 63.11% en promedio de reprocesos por unidad producida y reducir un 41.01% en tiempo promedio de reparación de reprocesos. Se logró un ahorro de S/ 2,160.00 en los gastos de materiales destinados a los reprocesos.
3. En nuestra tercera variable se implementó el mantenimiento planeado con la ayuda del indicador para reducir los paros de equipos auxiliares y de esta manera aumentar las horas de actividad del equipo en cuestión. Dicha herramienta nos ayudó a reducir en un 50% los paros auxiliares y el tiempo promedio de actividad del equipo auxiliar aumentó en un 10.07%. En términos monetarios la empresa ahorro S/ 1,486.80 en gastos de hora extra, también se tuvo un ahorro de S/ 550.00 por reducción de parada de equipo y S/. 6,750.00 por el cumplimiento en los plazos de pedidos.
4. Con la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se logró un ahorro del S/ 11,310.03 lo que implica una reducción de 65.71% en los gastos horas extras, costo de materiales, revisiones técnicas debido a paros no planificados, incumplimiento en la fecha de entrega de los productos, gran cantidad de defectos por unidad producida y gran número de defectos.
5. Con la implementación de las herramientas Lean Manufacturing en nuestras tres variables se logró aumentar un 10% la productividad del proceso, logrando una reducción en el número de defectos, reducción en el número de reprocesos y un aumento en el tiempo promedio de actividad de nuestro equipo auxiliar.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda trabajar en la cultura de mejora continua, ya que la implementación de estas herramientas de Lean manufacturing, si bien presentaron resultados positivos al corto plazo debido a la muy escasa utilización de herramientas de ingeniería en los procesos de fabricación, se requiere trabajarlas continuamente para obtener los resultados deseados.
2. Se recomienda la implementación de la herramienta Kaizen en el área de producción con el fin de establecer un mejor orden, organización y control continuo de esto.
3. Se recomienda seguir con la concientización del personal mediante charlas semanales dirigidas por el jefe de planta, respecto a los mantenimientos diarios y semanales del equipo auxiliar por parte de los operarios de la empresa, dado que esto impacta directamente en el rendimiento del equipo auxiliar en el mediano y largo plazo, por lo cual es indispensable asegurar la continuidad del correcto mantenimiento de los equipos auxiliares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALE, M. & JUAN DE DIOS, G. (2020), *Propuesta de aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing para reducir los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima*. (Tesis de grado). Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe>
- BENAVIDES, R. (2020). *Propuesta de un modelo de implementación de Lean Manufacturing para empresas de servicios de la industria forestal*. (Tesis de grado). Obtenido de <https://repositorio.udd.cl/>
- FERNÁNDEZ, E. & GONZÁLES, R. (2018). *Gestión de mantenimiento: Lean maintenance y TPM*. (Tesis de maestría). Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/>
- Gobierno de México (2015). *¿Qué es la estandarización?*; México. Recuperado de www.gob.mx/se/articulos/que-es-la-estandarizacion
- GUTIÉRREZ, H. (2015). *Calidad total y productividad*. Tercera edición. D.F. México.
- KRAJEWSKY, L., RITZMAN, L. & MALHOTRA, M. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*.
- MADARIAGA, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Versión 2.3.
- PALOMINO, M. (2012). *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. (Tesis de grado). Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio>
- PORTOCARRERO, F. (2020). *Propuesta de mejora del área de producción de una empresa dedicada a la elaboración de señales usando herramientas de Lean Manufacturing*. (Tesis de grado). Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio>
- RAJADELL, M. y SÁNCHEZ, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid, España.
- SOCCONINI, L. (2019). *Lean Company: Más allá de la manufactura*. Primera edición. Barcelona, España.

SOCCONINI, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. Primera edición, Barcelona, España.

ANEXOS

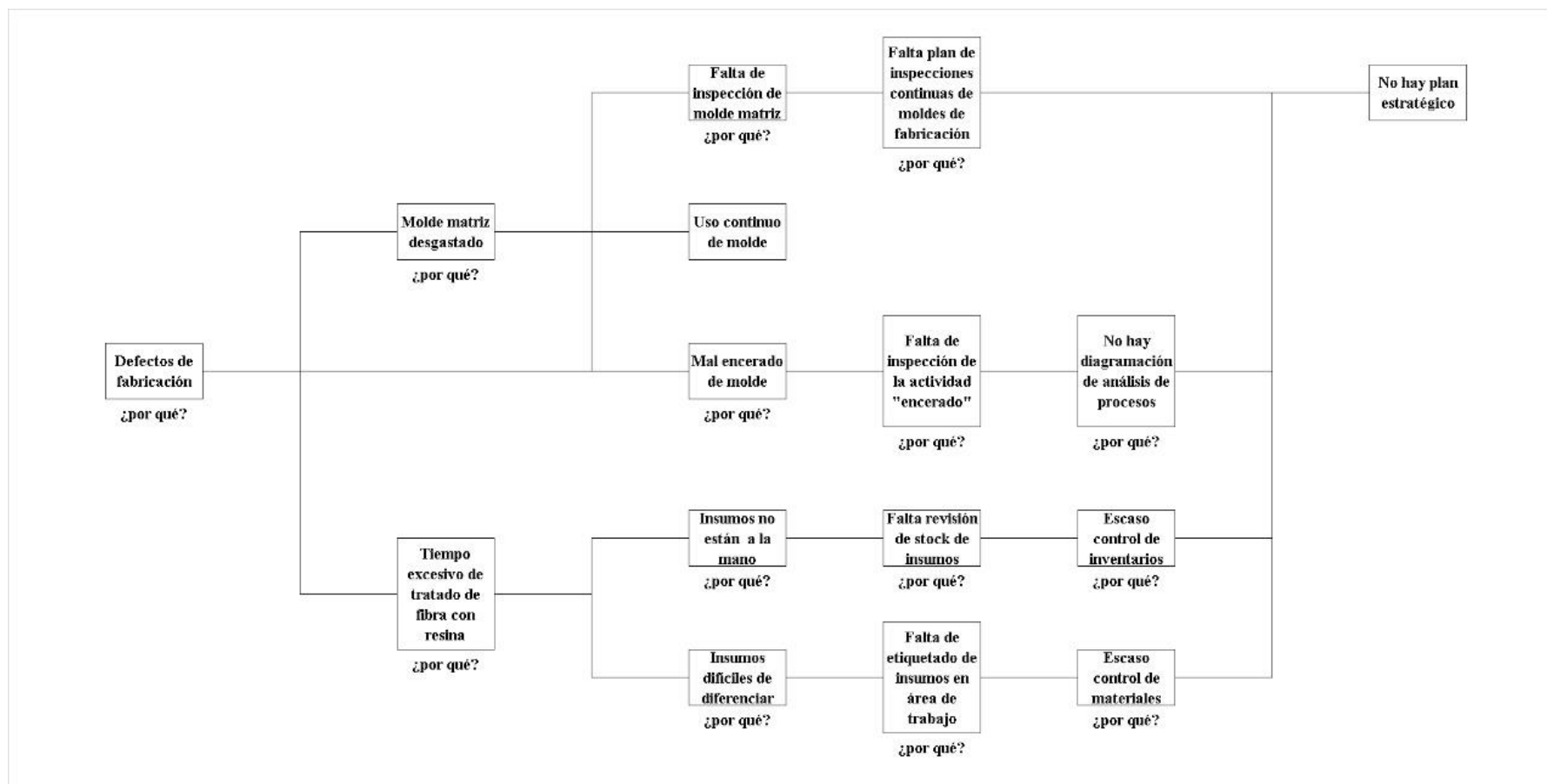
Anexo 01: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Independientes	Indicador VI	Variables Dependientes	Indicador VD
¿Cómo mejorar la productividad en la fabricación de cobertores de la empresa Novofibras?	Aplicar la Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de cobertores de la empresa Novofibras	Si se aplica Lean Manufacturing, entonces se mejorará la productividad en la fabricación de cobertores de la empresa Novofibras	Lean Manufacturing	--	Productividad	--
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables Independientes	Indicador VI	Variables Dependientes	Indicador VD
PE01. ¿Cómo reducir los defectos de fabricación?	Implementar el Ciclo Deming PDCA para reducir los defectos de fabricación.	Si se implementa el ciclo Deming PDCA, entonces se reducirán los defectos de fabricación.	PDCA	SÍ/NO	Defectos de fabricación	N° de defectos de fabricación / Unidad producida
PE02. ¿Cómo reducir los reprocesos por errores de mano de obra?	Implementar el trabajo estandarizado para reducir los reprocesos por errores de mano de obra.	Si se implementa el trabajo estandarizado, entonces se reducirá los reprocesos por errores de mano de obra	Trabajo Estandarizado	SÍ/NO	Reprocesos por errores en mano de obra	N° Reprocesos por errores en mano de obra/ Unidad producida
PE03. ¿Cómo aumentar el tiempo de actividad en el equipo auxiliar?	Implementar el Mantenimiento Planeado para aumentar el tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar.	Si se implementa el Mantenimiento Planeado, entonces se aumentará el tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar.	Mantenimiento Planeado	SÍ/NO	Tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar	Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida

Anexo 02: Matriz de operacionalización

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
PDCA	SI/NO	Se considera que es una de las técnicas fundamentales a la hora de identificar y corregir los defectos. El ciclo planificar-ejecutar-verificar-actuar, en el entorno Lean Manufacturing, debe guiar todo el proceso de mejora continua, tanto en las mejoras drásticas como en las pequeñas mejoras. <i>Fernández, Edgar. (2019). Gestión de Mantenimiento. Lean Maintenance y TPM. Trabajo Fin de Máster en Tecnologías Marinas y Mantenimiento. Escuela Superior De La Marina Civil De Gijón (pág. 49)</i>	Técnica para identificar y corregir los defectos en el proceso productivo.
Trabajo Estandarizado	SI/NO	El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso. <i>Maldonado, Guillermo (2008). Herramientas y técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad. Trabajo para obtener el grado de Bachiller en Ingeniería industrial. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo.</i>	Estudios de tiempos/ secuencia de tareas. takt time/ tiempo de ciclo
Mantenimiento planeado (Pilar de TPM)	SI/NO	Consiste en lograr mantener el equipo y el proceso en estado óptimo por medio de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente a fin de evitar paradas innecesarias. <i>Fernández, Edgar. (2019). Gestión de Mantenimiento. Lean Maintenance y TPM, Trabajo Fin de Máster en Tecnologías Marinas y Mantenimiento. Escuela Superior De La Marina Civil De Gijón (pág. 26)</i>	Plan de mantenimientos preventivos.
VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Defectos de fabricación	Nº de defectos de fabricación / Unidad producida	Son aquellos que, siendo su diseño normal y no defectuoso, han sufrido una desviación en su fabricación: el producto no tiene las características estándar, sino que peca por omisión o exceso. Se caracteriza porque la falla afecta sólo a algunos de los ejemplares de una serie. Como bien señala <i>Santa María Mecq, ib. Cit., p. 31</i> . Son defectos inherentes e inevitables en la moderna producción en masa y se deben a un fallo humano o mecánico. <i>Esquivel. L (2015). Responsabilidad civil por productos defectuosos: La información que deberíamos conocer,8.</i>	Defectos en los productos al salir del molde matriz.
Reprocesos por errores en mano de obra	Nº Reprocesos por error en mano de obra/ Unidad producida	Acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos. <i>Norma Internacional ISO 9001 (2015). Sistemas de gestión de la calidad: Fundamentos y vocabulario.</i>	Nº de productos terminados que regresan a producción para corregir errores.
Tiempo de actividad del equipo auxiliar auxiliar	Tiempo de actividad del equipo auxiliar / Unidad producida	Un paro de equipo significa el fallo o detención de máquina por razones desconocidas y representa una interrupción en el proceso. <i>Koh and Saad, 2003</i>	Nº de veces que se detiene la producción debido a paro de equipos auxiliares y su consecuente reducción de tiempo de actividad.

Anexo 03: Diagrama por qué – por qué



Anexo 04: Mantenimiento preventivo del compresor

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL COMPRESOR

TAREAS	MATERIALES	CANTIDAD	diario	mensual	trimestral	anual	Observaciones
Limpieza completa del equipo	Desengrasante y trapos	1	X	X	X	X	
Limpieza de carter	Desengrasante y trapos	1	X	X	X	X	
Cambio de aceite	Aceite multigrado 20 W-50	8	X	X	X	X	
Cambio de filtro de aceite	Filtro	1	X	X	X	X	
Control de correcta lubricacion de aros		1	X	X	X	X	
Limpieza de visores de lubricacion	Glicerina liquida	1	X	0	x	x	
Calibracion de sensibilidad de sensor de vibracion		1	0	R/C	x	x	
Control de calibracion de sensores de presion y temperatura	Según EI-0012	1	0	R/C	x	x	
Calibracion de sensor de fuga de gas		0	0	R/C	x	x	
Limpieza y revision general de tablero de instrumentos	Desengrasante y trapos	1	0	x	x	x	Revisar contactor, conexiones, ajustar y/o reajustar uniones
Limpieza de filtro conico de entrada de gas		1	0	x	x	x	
Cambio de filtro conico de entrada de gas cons sus respectivas juntas	Filtro conico	1	0	0	0	x	
	Junta Klinger	2	0	0	0	x	
Cambio de filtro coalescente y sus respectivos juntas	Filtro coalescente	1	0	0	x	x	
	O Ring 2-243 V	1	0	0	x	x	
	O Ring 2-129 V	1	0	0	x	x	
Cambio de filtro sinterizado de valvula reguladora de entrada	Conjunto filtro de valvula de entrada	1	0	0	x	x	
Cambio de valvulas antirretorno de lubricacion	Valvula antirretorno de lubricacion	2	0	0	x	x	El conjunto de trampa de aire se coloca una en cada etapa de compresion y la valvula antiretorno uno en cada portapaquete
	Conjunto de trampa de aceite	2					
Revisión y cambio de bomba de lubricacion	Kit de reparacion de bomba de levas	1	0	0	x	x	Una vez al año realizar una limpieza total
Alineacion de poleas y tensado de correas		1	0	0	0	x	
Engrase de rodamientos	Ver grasa recomendada en chapa motor	1	0	0	0	x	Verificar en el manual del motor las variaciones de cambio de grasa en funcion de la temperatura de trabajo
Cambio completa de grasa de rodamientos		1	0	0	0	x	
Cambio de valvula de purga auto	Valvula de purga	1	0	0	0	x	
Cambio de filtro de valvula de purga auto	Elemento filtrante de filtro sinterizado	1	0	0	0	x	

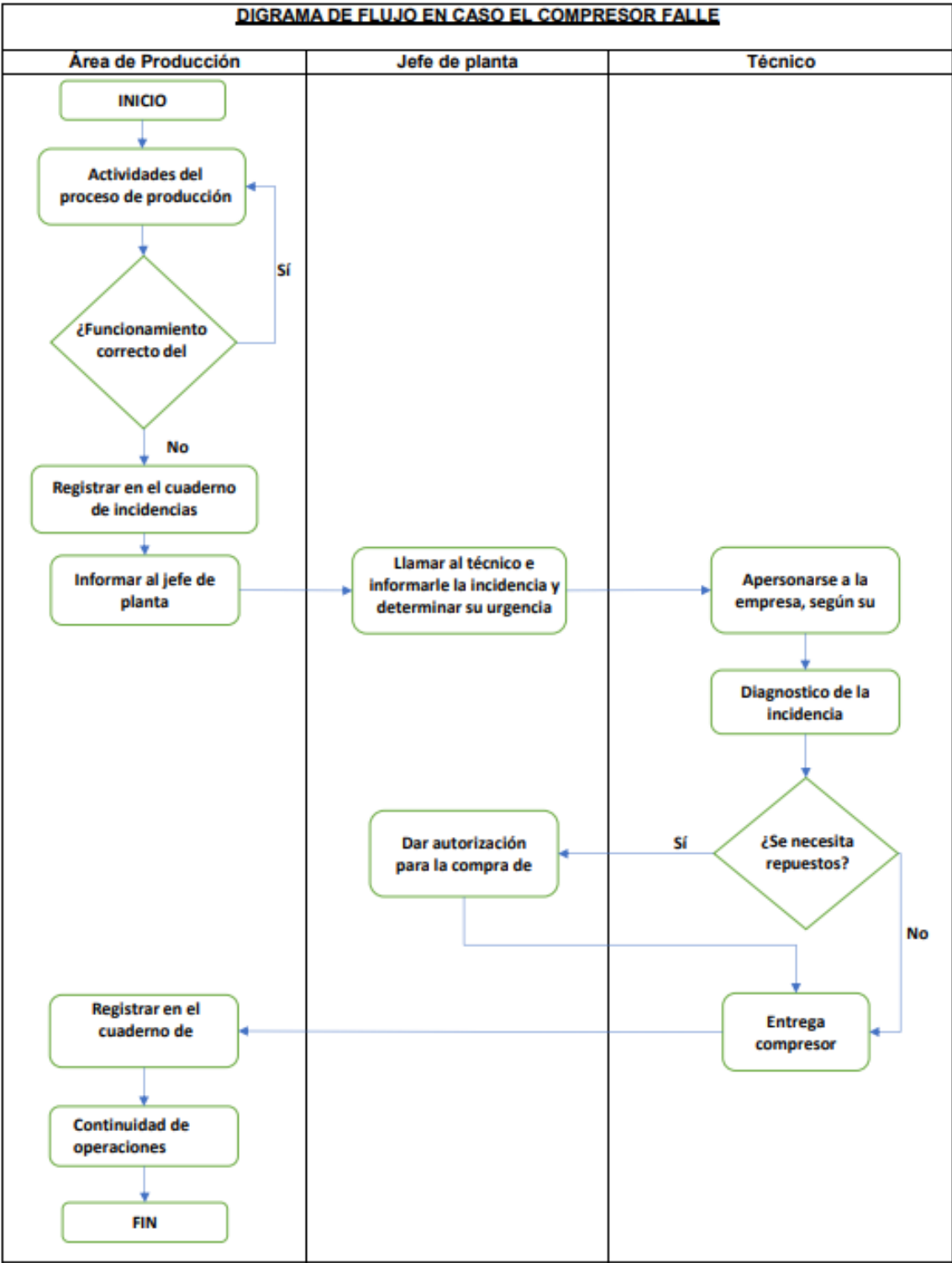
Leyenda:

X: se necesita
 0: No se necesita
 R/C: Repuesto de compresor.

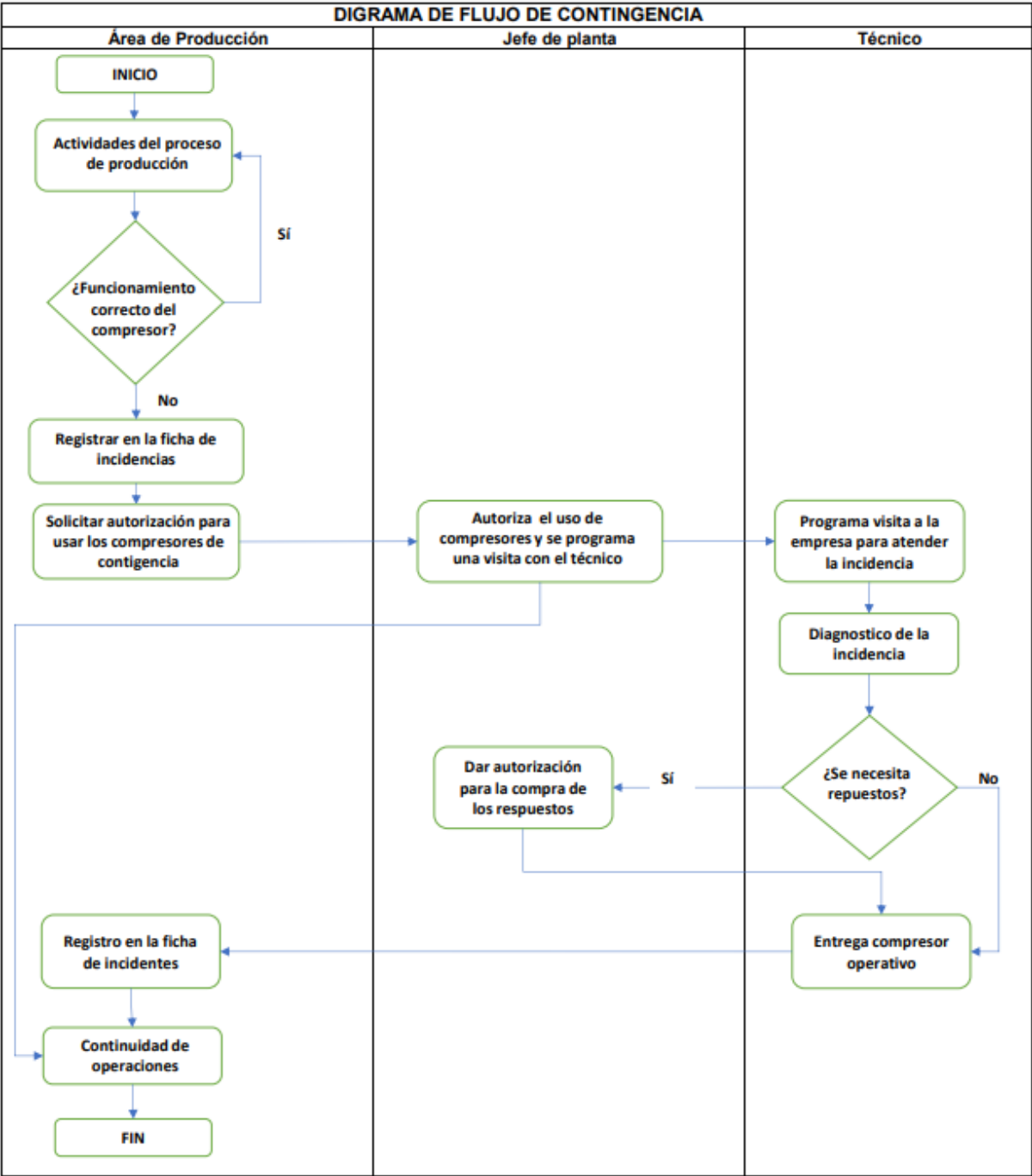
Encargados:

Diario: Todo el personal
 Mensual: Técnico
 Trimestral: Técnico
 Anual: Técnico

Anexo 05: Diagrama de flujo del procedimiento – fallo de compresor pre-test



Anexo 06: Diagrama de flujo – Contingencia



Anexo 07: Hoja de ruta – Cobertor en fibra de vidrio

NOVOFIBRAS		HOJA DE RUTA COBERTOR DE APERTURA LATERAL			
N° Parte		Nombre del sub proceso		N° Piezas	Pagina 1 de 1
PT-01		ENFIBRADO		1.00	
MATERIAL		TAMAÑO			FECHA
Cobertor enfibrado		7.5x2.5x0.5 mt			11/11/2020
N°	Operación	Equipo auxiliar o herramienta	Equipos de medición	Tiempo de operación (hr)	Operario
1	Cortado de fibra	Cutter	huincha	0.25	Miguel S.
2	Desplazamiento	Personal	-	0.08	Miguel S.
3	Colocación de fibra	Personal	fibras de 1.42x 1.5 mt	0.17	Miguel S y Jorge C.
4	Colocación de resina	Personal	Relación de resina y fibra (1 a 3)	0.75	Miguel S y Jorge C.
5	Secado	-	-	1.33	-
6	Corte del sobrante de la fibra	Cutter	No aplica	0.25	Miguel S y Jorge C.
7	Desmolde del techo	Personal	No aplica	0.50	Miguel S y Jorge C.
8	Ingreso de la estructura metálica	Personal	No aplica	0.08	Operarios
9	Enfibrado a la estructura	Personal	fibras de 1.42x 1.5 mt	0.50	Miguel S y Jorge C.
10	Secado	-	-	1.33	-
11	Enfibrado a la estructura	Personal	fibras de 1.42x 1.5 mt	0.75	Miguel S y Jorge C.
12	Pintado	Personal	Compresor	0.50	Miguel S y Jorge C.
13	Secado	-	-	1.33	-
14	Soldado de brazo de fierro	Personal	Soldadora Miller	0.75	Jorge C.
15	Desmoldar techo con estructura metálica	Personal	No aplica	0.25	Operarios
Total				8.83	
OBSERVACIONES: Para la inducción preguntar por Miguel S. tener en cuenta que estas actividades están detallados exclusivamente para el proceso de enfibrado.					
No se están considerando el transporte a almacén ni su tiempo de almacenado					
Recordar: Para realizar estas actividades es obligatorio el uso de Epps					

Anexo 08: Ficha de proceso

FICHA DE PROCESO- ÁREA PRODUCCIÓN		
PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN		Fecha rev. 15/10/2020
		Código FPP- 01
Proceso: Proceso de producción	Encargado del proceso: Jefe de Producción	
Objetivo: El proceso de producción busca realizar un conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes en este proceso intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas para cumplir con lo demandado.		Documentación relacionada: DAP de producción DAP de estructura metálica Flujograma del área Hoja de ruta
ALCANCE	INICIO: Llegada de requerimiento por el área comercial	
	INTERMEDIO: Procesos de producción exclusivamente del área	
	FIN: Confirmación del producto listo para enviar al cliente.	
ENTRADAS: ORDEN VENTA	SALIDAS: PRODUCTO GUIA DE REMISIÓN	PROCESOS: DAP y DOP
		CLIENTE: Empresa
REGISTRO: Se registra la demanda y los incidentes dentro del proceso de producción.	Variables de control: Se realiza un control de tiempos de actividad del equipo auxiliar para un análisis y mejor control.	Áreas interesadas: - Comercial - Almacén - Contabilidad - Despacho - Transportes - Producción - Cliente



INDUSTRIAS NOVOFIBRAS S.A.C.

Jirón Los Forjadores Mz. G-1 Lote 2 Parcela II, Parque industrial

Villa el Salvador - Lima ☎(01)287-2010 / 📞933748354

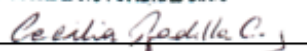
✉ventas@novofibras.com 🌐www.novofibras.pe

AUTORIZACIÓN DE USO Y TRATAMIENTO DE DATOS

Yo, Cecilia Padilla Castañeda, identificada con DNI N° 07618158, en calidad de representante legal de la empresa INDUSTRIAS NOVOFIBRAS S.A.C. doy mi consentimiento y autorización para el uso y tratamiento de datos de la empresa Novofibras por parte de los tesisistas Miguel Macetas y Gary Salas para el cumplimiento de objetivos de la investigación aplicada.

Del mismo modo, siempre que así sea estimado, se facilita el acceso a la información requerida para estos fines.

INDUSTRIAS NOVOFIBRAS S.A.C



Cecilia Padilla Castañeda
Gerente general